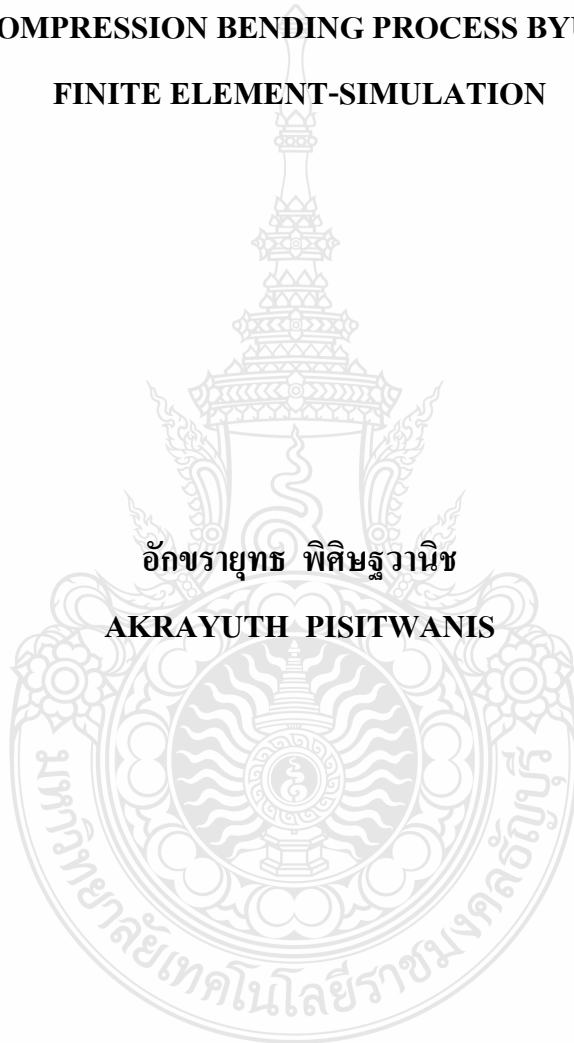


การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการดีดตัวกลับกับความเค้น
ในกระบวนการดัดโลหะแบบ Compression โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

A STUDY OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN SPRINGBACK AND STRESS
IN COMPRESSION BENDING PROCESS BY USING
FINITE ELEMENT-SIMULATION

อักขรายุทธ พิษฐวานิช

AKRAYUTH PISITWANIS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2554

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการดีดตัวกลับกับความเค้น
ในกระบวนการดัดโลหะแบบ Compression โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์



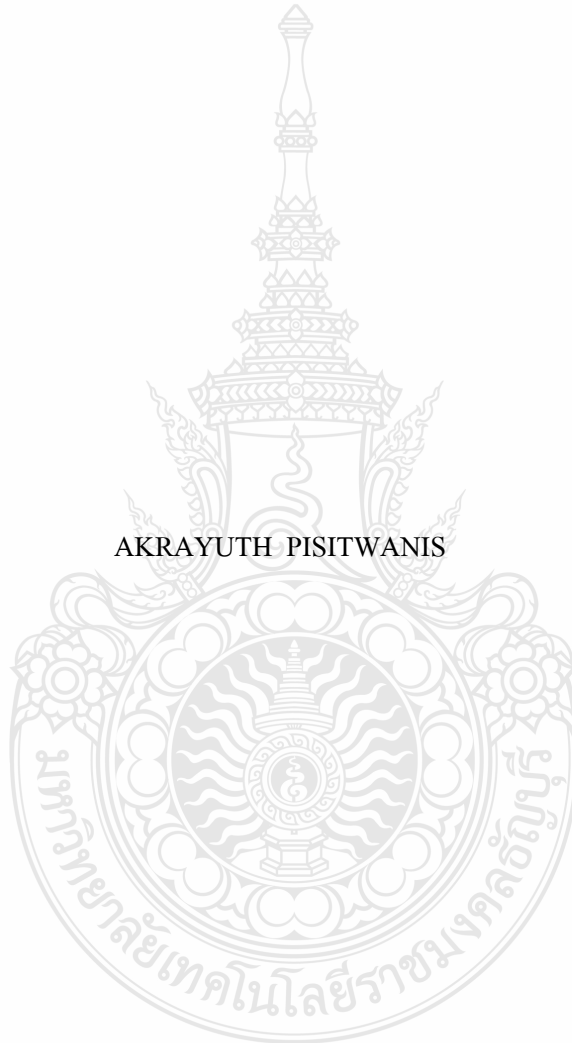
อัครราชทูต พิศุขวานิช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลบุรีรัมย์

พ.ศ. 2554

**A STUDY OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN SPRINGBACK AND STRESS
IN COMPRESSION BENDING PROCESS BY USING
FINITE ELEMENT-SIMULATION**

AKRAYUTH PISITWANIS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN MANUFACTURING ENGINEERING DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI

2011

| | |
|-----------------------------|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการติดตัวกลับกับความเค้น ในกระบวนการตัดโลหะแบบ Compression โดยการจำลอง ไฟไนต์เอลิเมนต์ |
| ชื่อนักศึกษา | นายอัษฎายุทธ พิเศษฐวานิช |
| รหัสประจำตัว | 115270440126-2 |
| ปริญญา | วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมการผลิต |
| ปีการศึกษา | 2553 |
| อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ | ดร. ศิริชัย ต่อสกุล |

บทคัดย่อ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการติดตัวกลับกับความเค้นในกระบวนการตัดโลหะแบบ Compression โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ จัดทำเพื่อศึกษาผลกระทบของกระบวนการตัดเหล็กเกรด DIN St 37 ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการศึกษาคือ เหล็กท่อกลวง เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ เหล็กแผ่น เนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์ และก่อสร้าง นิยมใช้การขึ้นรูปโลหะโดยกระบวนการตัด แต่การขึ้นรูปขึ้นที่อุณหภูมิห้องด้วยกระบวนการนี้จะเกิดความเค้นที่บริเวณส่วนโค้งของเหล็กเป็นจำนวนมาก อาทิ ความเค้นแรงดึง (Tensile Stress) และความเค้นอัด (Compression Stress) เป็นต้น ซึ่งความเค้นที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อทางด้านคุณภาพของเหล็กที่ผ่านกระบวนการตัดทำให้เหล็กเกิดข้อบกพร่องที่พบเห็นกันบ่อยๆ คือ รอยฉีกขาด หรือ แตก รอยบวม หน้าตัดของเหล็กไม่สม่ำเสมอ การบิดเบี้ยว ความหนาของผนังไม่เท่ากัน รอยขุ่น และการติดตัวกลับของเหล็ก ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับข้อบกพร่องอันมีสาเหตุมาจากความเค้นจะใช้หลักการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ และโปรแกรม MSC. Marc Mentat มาช่วยในการวิเคราะห์ความเค้น ความเครียด ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับเหล็กทั้ง 3 ประเภท ที่ใช้กระบวนการตัดแบบ Compression ด้วยแม่พิมพ์ตัดมัลติฟังก์ชันที่ออกแบบสร้างขึ้นมา

สำหรับการทดลองตัดเหล็กท่อกลวง เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ และเหล็กแผ่น จะกำหนดองศาในการตัดตามขอบเขตความสามารถในการตัดของแม่พิมพ์ตัดมัลติฟังก์ชัน ซึ่งสามารถตัดเหล็กได้สูงสุดเท่ากับ 90 องศา ดังนั้นจึงทำการทดลองตัดที่องศาในการตัดเท่ากับ 15 องศา จนถึง 90 องศา โดยการทดลองจะเตรียมเหล็กท่อกลวงเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 15.8 มิลลิเมตร ความหนาของผนังท่อเท่ากับ 0.4 มิลลิเมตร เหล็กเส้นกลมผิวเรียบเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร และเหล็กแผ่นกว้าง 25 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร ซึ่งเหล็กทั้ง 3 ประเภทจะใช้ความยาวเท่ากับ 1,000 มิลลิเมตร ซึ่งในการตัดเหล็กสำหรับงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การศึกษาการติดตัวกลับของเหล็กทั้ง 3 ประเภท แต่

ผลกระทบอันเนื่องมาจากความเค้นก่อให้เกิดข้อบกพร่องต่างๆ ที่สามารถศึกษาได้จึงทำการศึกษาเพิ่มในส่วนของหน้าตัดที่บัพพร่องของเหล็กท่อกลวง และความหนาของส่วนโค้งที่แตกต่างกันในแต่ละบริเวณของเหล็กท่อกลวง นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความเครียดบริเวณส่วนโค้งของเหล็กท่อกลวงโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของกริดแบบผสมมาช่วยในการคำนวณหาความเครียดหลัก และความเครียดรอง นอกจากนี้เพื่อเป็นการศึกษาหลักการไฟไนต์เอลิเมนต์จึงทำการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เชิงเส้นของเหล็กทั้ง 3 ประเภท ที่ผ่านกระบวนการตัดแบบ Compression ซึ่งผลเฉลยจากการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์จะมีดังนี้ ผลเฉลยการคิดตัวกลับของวัสดุอัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดบริเวณส่วนโค้งของเหล็กท่อกลวง และความหนาของผนังเหล็กท่อกลวงบริเวณส่วนโค้งที่น่าสนใจยิ่งคือการสอบเทียบโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ก่อนที่จะนำวิธีการ หรือ ผลการวิเคราะห์ไปใช้งาน ด้วยวิธีการคำนวณความหนาของผนังท่อบริเวณส่วนโค้งเปรียบเทียบกับการวัดความหนาโดยเครื่องมือวัด และผลการวิเคราะห์ความหนาที่ได้จากโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

จากการทดลอง และวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ของกระบวนการตัดเหล็กทั้ง 3 ประเภท โดยใช้องศาในการตัดที่แตกต่างกันตามที่กล่าวไว้ข้างต้นด้วยกระบวนการตัดแบบ Compression ปรากฏว่า เหล็กแผ่นเกิดการคิดตัวกลับในแต่ละองศาการตัดสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กอีก 2 ประเภท โดยองศาในการตัดที่เกิดการคิดกลับตัวของเหล็กแผ่นสูงที่สุดคือองศาในการตัดที่ 15 ซึ่งมีความเค้นพอนมิสเชสบริเวณส่วนโค้งเท่ากับ 679 MPa แต่เหล็กแผ่นจะเกิดการคิดตัวกลับที่องศาในการตัดเท่ากับ 75 โดยค่าคงที่การคิดกลับเท่ากับ 0.933 ซึ่งมีค่าความเค้นน้อยที่สุดเท่ากับ 638 MPa สำหรับเหล็กท่อกลวงจะเกิดการคิดตัวกลับน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กอีก 2 ประเภท โดยองศาในการตัดที่เหล็กคิดตัวกลับสูงสุดเท่ากับ 15 องศา เนื่องจากความเค้นบริเวณส่วนโค้งมากที่สุดเท่ากับ 648 MPa และองศาในการตัดที่ 60 องศา มีค่าความเค้นเท่ากับ 631 MPa ซึ่งเป็นองศาในการตัดที่ค่าความเค้นน้อยที่สุด และเกิดการคิดกลับน้อยที่สุด เมื่อคำนวณค่าคงที่ในการคิดกลับจะเท่ากับ 0.983 สูดท้ายเหล็กเส้นกลมผิวเรียบจะเกิดการคิดตัวกลับมากเป็นอันดับที่ 2 รองจากเหล็กแผ่น ซึ่งเกิดที่องศาในการตัดเท่ากับ 15 องศา และค่าคงที่ในการคิดตัวกลับเท่ากับ 0.867 ซึ่งมีความเค้นบริเวณส่วนโค้งเท่ากับ 700 MPa นอกจากนี้จากลักษณะทางกายภาพทั่วไปของเหล็กทั้ง 3 ประเภท หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการตัดพบว่าไม่ฉีกขาด หรือ แตก สำหรับเหล็กท่อกลวงความหนาของผนังบริเวณส่วนโค้งจะไม่เท่ากันตลอดความยาว และจะเกิดหน้าตัดที่มีความหนาเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละองศาในการตัด

คำสำคัญ : การคิดตัวกลับ ไฟไนต์เอลิเมนต์ กริด ความเค้น อัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียด

Thesis Title : A STUDY OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN
SPRINGBACK AND STRESS IN COMPRESSION BENDING
PROCESS BY USING FINITE ELEMENT - SIMULATION

Student Name : Mr. Akrayuth Pisitwanis

Student ID : 115270440126-2

Degree Award : Master of Engineering

Study Program : Manufacturing Engineering

Academic Year : 2010

Thesis Advisor : Dr. Sirichai Torsakul

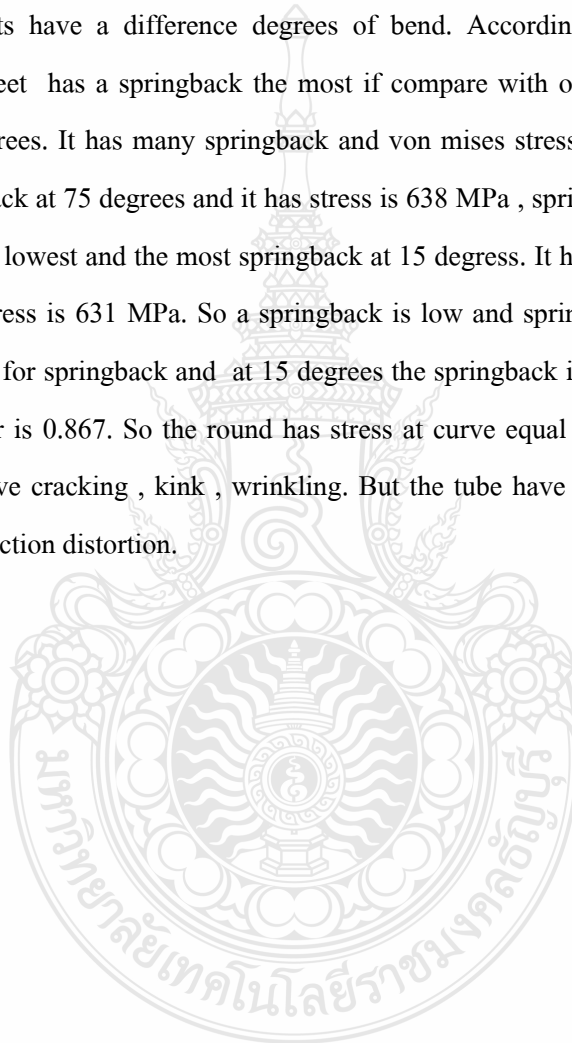
ABSTRACT

This thesis preparation is A study of the relationships between springback and stress in compression bending process by using finite element-simulation topic. The thesis was made by me and it useful for studying the impact of DIN St 37 steel from compression bending process. The materials used for study such as steel tube , round bar , steel sheet. In the furniture industry and construction industry today. Them often used metal forming by bending process. But the cold working process at room temperature. It has many stress at kink of steel for example tensile stress and compression stress etc. The stress has impact for quality of steel. The bending process has a defects such as cracking , splitting on outside bend radius , variation in wall thickness , cross section distortion , wrinkling and springback. Therefore , The study of defects caused by stress. It is going to use finite element principle and MSC. Marc Mentat program. The finite element program , It can analysis stress , strain and defects of compression bending process. By that , The compression bending process always used multifunction bend die.

For the experimental of bending steels such as tube , round bar and sheet. Them have boundary condition about bend radius from bend die. The bend die have a degrees of bend equal 90 degrees. Therefore , The experiments are going to bend 15 degrees to 90 degrees. The pre-processing such as prepare diameter of tube is 15.8 millimeter and wall thickness is 0.4 millimeter , Round bar has a diameter is 12 millimeter , finally steel sheet have a width is 25 millimeter and thickness is 2 millimeter. The length of most steel equal 1,000 millimeter. This research focus on springback defects. Furthermore , Effects due to stress cause defect. It can be more educational. For example wall thickness , major strain , minor strain and strain percents. The strain percents at curve

of tube can study by combination grid theory. Furthermore , The finite element is going to analysis nonlinear materials type of the experiments. The results of finite element program such as springback of tube , strain percents and wall thickness or thickness of element. The test of finite element program is very interesting. The finite element is going to test before brought for anoter analysis. The test is wall thickness calculates compare results of measurements and finite element results.

From the experiments and finite element analysis of compression bending process. The results of experiments have a difference degrees of bend. According to compression bending process. The steel sheet has a springback the most if compare with others type of steel. If bend degrees equal 15 degrees. It has many springback and von mises stress is 679 MPa. But the steel sheet a lot of springback at 75 degrees and it has stress is 638 MPa , springback factor is 0.933. The tube has a springback lowest and the most springback at 15 degree. It has stress is 648 MPa. At 60 degrees tube has a stress is 631 MPa. So a springback is low and springback factor is 0.983. The round bar is a second for springback and at 15 degrees the springback is large than others degrees. The springback factor is 0.867. So the round has stress at curve equal 700 MPa. Furthermore the experiments don't have cracking , kink , wrinkling. But the tube have a defects for example wall thickness and cross section distortion.



Keywords : Springback , Finite Element , Grid , Stress , Strain Percents

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายอัครายุทธ พิเศษวานิช



กิตติกรรมประกาศ

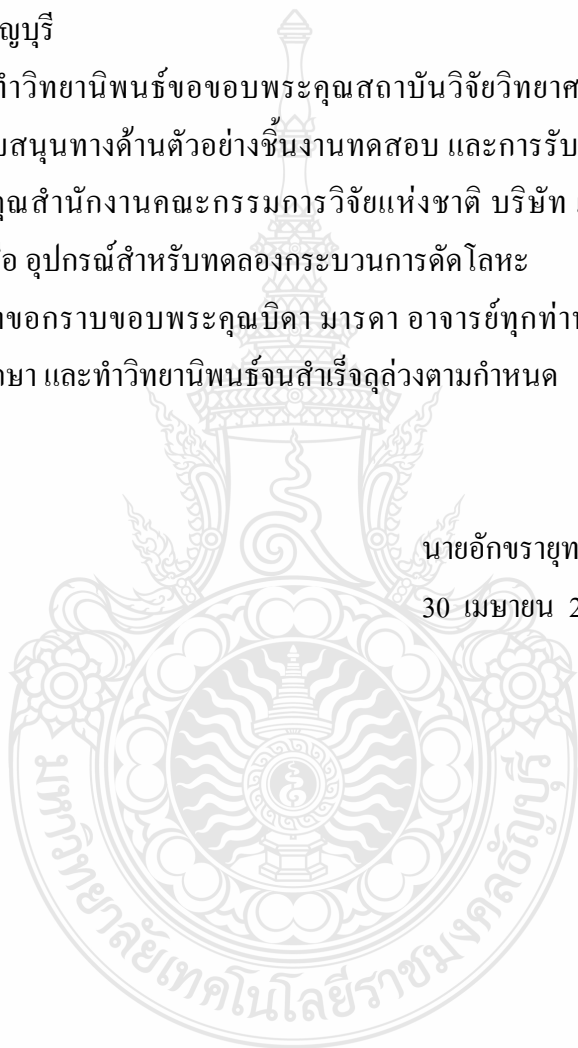
วิทยานิพนธ์หัวข้อการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการติดตัวกลับกับความเค้นในกระบวนการตัดโลหะแบบ Compression โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถสำเร็จลุล่วงตามกำหนดได้ด้วยดีทั้งด้านวิชาการ และปฏิบัติ เนื่องจากได้รับคำแนะนำ การแสดงความเห็นที่ดีต่างๆ จาก ดร. ศิริชัย ต่อสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร. สมศักดิ์ อธิธิโสภณกุล กรรมการ และ ดร. กิตติพงษ์ กิมะพงศ์ กรรมการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ข้าพเจ้าผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยที่ได้สนับสนุนทางด้านตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ และการรับรองสมบัติวัสดุ นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ บริษัท เน็กซ์เฟอร์นิชซึ่งที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือ อุปกรณ์สำหรับทดลองกระบวนการตัดโลหะ

ทำนุนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา อาจารย์ทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุน และแนะนำแนวทางการศึกษา และทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงตามกำหนด

นายอัษฎายุทธ พิศิษฐวานิช

30 เมษายน 2554





ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการบิดตัวกลับกับความ
เค้นในกระบวนการดัดโลหะแบบ Compression โดยการ
จำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

A STUDY OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN
SPRINGBACK AND STRESS IN COMPRESSION
BENDING PROCESS BY USING FINITE ELEMENT-
SIMULATION

ชื่อนักศึกษา

นายอักรายุทธ พิศิษฐวานิช

รหัสประจำตัว

115270440126-2

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมการผลิต

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ดร. ศิริชัย ต่อสกุล

วัน เดือน ปี ที่สอบ

30 เมษายน 2554

สถานที่สอบ

ห้องประชุมเฟื่องทอง ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ดร. สมศักดิ์ อธิธิโสภณกุล)

..... กรรมการ

(ดร. ศิริชัย ต่อสกุล)

..... กรรมการ

(ดร. วิฑูร อุทัยแสงสุข)

..... กรรมการ

(ดร. กิตติพงษ์ กิมะพงศ์)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมหมาย ผิวสอาด)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | จ |
| สารบัญ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญรูป | ฌ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 สมมติฐานการศึกษา | 2 |
| 1.4 ขอบเขตของการศึกษา | 3 |
| 1.5 ขั้นตอนการศึกษา | 4 |
| 1.6 ข้อจำกัดของการศึกษา | 5 |
| 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 6 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 7 |
| 2.1 นิยามศัพท์ที่สำคัญ | 7 |
| 2.2 แนวคิดของงานวิจัย | 8 |
| 2.3 การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ | 8 |
| 2.4 โปรแกรม Msc. Marc Mentat | 17 |
| 2.5 กริด | 37 |
| 2.6 การจูนรูปแบบเย็น | 40 |
| 2.7 การตัดโลหะ | 41 |
| 2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับวัสดุ | 60 |
| 2.9 วรรณกรรม และงานวิจัยที่ผ่านมา | 62 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน | 65 |
| 3.1 แผนการดำเนินงาน | 65 |
| 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ และวิเคราะห์ | 67 |
| 3.3 การออกแบบลูกตัด (Bend Die) | 68 |
| 3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ | 72 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 3.5 การทดสอบแรงดึงของเหล็ก St37 | 80 |
| 3.6 การเตรียมชิ้นงานตัด | 84 |
| 3.7 การเตรียมเครื่องมือวัด | 90 |
| 3.8 การตรวจสอบผลเฉลยจากการดำเนินการวิเคราะห์หีไฟไนต์เอลิเมนต์ | 91 |
| 3.9 การทดสอบการตัด และการวัดชิ้นงานโลหะ | 93 |
| 3.10 การคำนวณความเครียดของเหล็กท่อกลวง | 98 |
| บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน | 102 |
| 4.1 ผลการทดสอบการตัดชิ้นงาน โลหะ | 102 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ | 125 |
| 5.1 สรุปผลการประเมินข้อบกพร่องทางกายภาพ | 125 |
| 5.2 สรุปผลการทดสอบความหนาของผนังหน้าตัดส่วนโค้งของเหล็กท่อกลวง | 126 |
| 5.3 สรุปผลการทดสอบหน้าตัดเหล็กท่อกลวงที่เกิดความบิดเบี้ยว | 179 |
| 5.4 สรุปผลการทดสอบ และวิเคราะห์การดีดกลับ | 127 |
| 5.5 สรุปผลการวิเคราะห์อัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดในแต่ละองศาของ ชิ้นงานตัด 90 องศา | 128 |
| 5.6 ข้อเสนอแนะ | 128 |
| เอกสารอ้างอิง | 130 |
| ภาคผนวก | |
| ก การพยากรณ์ความเค้นในกระบวนการตัดของแม่พิมพ์แต่ละชนิด | 134 |
| ข การคำนวณความหนาผนังบริเวณส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อกลวง | 139 |
| ค ใบรับรองผลการทดสอบแรงดึงของเหล็กแผ่นเกรด St37 | 142 |
| ง แบบเครื่องตัดมัลติฟังก์ชัน | 146 |
| จ ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ | 152 |
| ประวัติผู้เขียน | 166 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า | |
|----------|---|-----|
| 2.1 | DOF ของลักษณะการวิเคราะห์แต่ละชนิด | 15 |
| 2.2 | การกำหนดค่า C (ระยะจากผิวด้านในจนถึงเส้นแกนกลาง) | 54 |
| 2.3 | เหล็กเส้นกลม DIN St 37 | 60 |
| 2.4 | ส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก DIN St37 | 61 |
| 2.5 | ลักษณะทั่วไป (General Characteristics) ของเหล็ก SKD 11 หรือเหล็ก 1.2379 | 62 |
| 3.1 | แผนการดำเนินโครงการตัดเหล็กปี 2553 – 2554 | 66 |
| 3.2 | แผนการดำเนินโครงการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ปี 2553 – 2554 | 66 |
| 3.3 | ผลการทดสอบแรงดึงวัสดุตามแนวยาว (Longitudinal) | 83 |
| 3.4 | ผลการทดสอบแรงดึงวัสดุตามแนวขวาง (Transverses) | 83 |
| 3.5 | เปรียบเทียบความหนาผนังท่อบริเวณส่วนโค้งด้านในโดยวิธีการที่ต่างกัน | 92 |
| 3.6 | การประเมินข้อบกพร่องทางกายภาพ | 93 |
| 3.7 | การทดสอบความหนาของผนังหน้าตัดส่วนโค้งของเหล็กท่อกลวง | 95 |
| 3.8 | การทดสอบหน้าตัดเหล็กท่อกลวงเมื่อเปรียบเทียบกับองศาในการตัด | 96 |
| 3.9 | การทดสอบติดกลับของชิ้นงาน โลหะที่ได้รับอิทธิพลจากองศาในการตัด | 98 |
| 3.10 | ความเครียดบริเวณส่วนโค้งในของเหล็กท่อกลวง | 101 |
| 4.1 | การประเมินข้อบกพร่องทางกายภาพ | 104 |
| 4.2 | ผลการทดสอบความหนาของผนังหน้าตัดส่วนโค้งของเหล็กท่อกลวง | 104 |
| 4.3 | ผลการทดสอบหน้าตัดเหล็กท่อกลวงเมื่อเปรียบเทียบกับองศาในการตัด | 109 |
| 4.4 | องศาการติดกลับ และค่าคงที่ของการติดตัวกลับ | 111 |
| 4.5 | เปอร์เซ็นต์การติดกลับของโลหะในแต่ละองศา | 119 |
| 4.6 | อัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดบริเวณส่วนโค้งในของเหล็กท่อกลวง | 120 |
| 4.7 | อัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดบริเวณส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อกลวง | 120 |
| 4.8 | อัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดส่วนโค้งในเหล็กท่อกลวงของ Experiment และ FEA | 121 |

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 1.1 แผนผังการศึกษา และการปฏิบัติงาน โดยสังเขป | 5 |
| 2.1 สมการรูปทั่วไปของไฟไนต์เอลิเมนต์แบบเมทริกซ์ (Matrix) | 10 |
| 2.2 ค่าแรงกระทำต่อเอลิเมนต์ (f) ที่ทำให้โหนดมีการเคลื่อนที่ (U) | 10 |
| 2.3 ตัวอย่างโหนดในเอลิเมนต์แต่ละมิติ | 11 |
| 2.4 การใช้ Beam Element ในงานโครงสร้าง | 12 |
| 2.5 การใช้ Shell Element ในงานที่มีลักษณะเป็นผนัง | 13 |
| 2.6 การใช้งาน Solid Element ในงานที่เป็นปริมาตรตันที่มีความหนา | 13 |
| 2.7 ชนิดของเอลิเมนต์ตั้งแต่ 1 – 3 มิติ | 13 |
| 2.8 ตัวอย่างโครงสร้างเอลิเมนต์ดั้งเดิม | 14 |
| 2.9 การออกแบบโดยแบ่งบริการนี้ออกเป็นส่วนย่อยของ Patran | 18 |
| 2.10 วงจรการวิเคราะห์ (The Analysis Cycle) | 19 |
| 2.11 ระบบของโปรแกรม MSC. Marc Mentat | 21 |
| 2.12 หน้าต่างของโปรแกรม MSC. Marc Mentat | 21 |
| 2.13 หน้าต่างพื้นฐานของโปรแกรม MSC. Marc Mentat | 24 |
| 2.14 พื้นที่หลักๆ ของโปรแกรม (กราฟฟิกส์ เมนู บทสนทนา) | 25 |
| 2.15 เอกลักษ์ณ์ของเอลิเมนต์ | 27 |
| 2.16 ชนิดเอลิเมนต์ | 28 |
| 2.17 ตัวอย่างกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) ที่หยาบ | 30 |
| 2.18 กลุ่มของเอลิเมนต์ที่เป็นแบบสามเหลี่ยม (Triangular Mesh) | 31 |
| 2.19 Overlay Mesh | 31 |
| 2.20 กลุ่มของเอลิเมนต์ที่เป็นแบบสี่เหลี่ยม (Quadrilateral Mesh) | 32 |
| 2.21 กลุ่มของเอลิเมนต์แบบ Tetrahedral (Tetrahedral Mesh) | 32 |
| 2.22 กลุ่มของเอลิเมนต์แบบ Hexahedral (Hexahedral Mesh) | 32 |
| 2.23 กลุ่มของเอลิเมนต์ที่เอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง (A Biased Mesh) | 33 |
| 2.24 การเปลี่ยนแปลงกลุ่มของเอลิเมนต์ (A Transition Mesh) | 34 |
| 2.25 การสัมผัสของผิวชิ้นงาน และแม่พิมพ์ (Contact) | 36 |
| 2.26 ตารางวงกลมบนโลหะแผ่นขณะที่ยังไม่เปลี่ยนรูป และเปลี่ยนรูปกริดวงกลม | 38 |
| 2.27 แบบกริดที่เปลี่ยนไปจากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับโลหะแผ่น | 38 |
| 2.28 กริดแบบวงกลมผสมสี่เหลี่ยม (Combination) | 39 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.29 การวัดความเครียดหลัก (e_1) ความเครียดรอง (e_2) | 39 |
| 2.30 รูปประกอบนิยามศัพท์ในการตัด | 42 |
| 2.31 ชุดแม่พิมพ์การตัดท่อแบบ Mandrel Bending | 43 |
| 2.32 ลักษณะของการตัดท่อแบบ Mandrel Bending | 44 |
| 2.33 ซ็อบพร้อมของกระบวนการตัด | 44 |
| 2.34 การตัดแบบ Ram Bending | 45 |
| 2.35 การตัดแบบ 3-roll Bending | 45 |
| 2.36 การตัดแบบ Rotary Draw Bending | 46 |
| 2.37 Compression Bending | 46 |
| 2.38 ลูกตัด (Bend Die) | 47 |
| 2.39 ลิ้มยึด (Clamp Die) | 47 |
| 2.40 ลิ้มตัด (Pressure Die) | 48 |
| 2.41 Disposable Inserts or Wiper Insert | 48 |
| 2.42 Square Back Wiper Die | 49 |
| 2.43 Mandrels | 49 |
| 2.44 การประกอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ตัด | 50 |
| 2.45 การตีคดกลับ (Springback) | 51 |
| 2.46 การออกแบบแม่พิมพ์รูปตัววีที่เพื่อการตีคดกลับ | 51 |
| 2.47 มอดูลส์หน้าตัดของพื้นที่หน้าตัดที่ควรทราบ | 52 |
| 2.48 การคำนวณความยาวเบื้องต้นของโลหะแผ่นตามหลักการ Ostergard | 54 |
| 2.49 แบบท่อโค้ง | 55 |
| 2.50 หน้าตัดของเหล็กท่อกลวง และตัวแปรในการคำนวณความหนาของผนัง | 56 |
| 2.51 ความไม่สม่ำเสมอของหน้าตัดผนังท่อ | 57 |
| 2.52 การเกิดรอยย่นของท่อ | 57 |
| 2.53 หน้าตัดของท่อที่เกิดความบิดเบี้ยว | 58 |
| 2.54 การตีคดกลับของเหล็กแผ่น | 59 |
| 2.55 การแตกของท่อ | 59 |
| 2.56 เหล็กเส้นกลม St 37 | 60 |
| 2.57 เหล็กกล้าคาร์บอน St 37 | 61 |

สารบัญรูป (ต่อ)

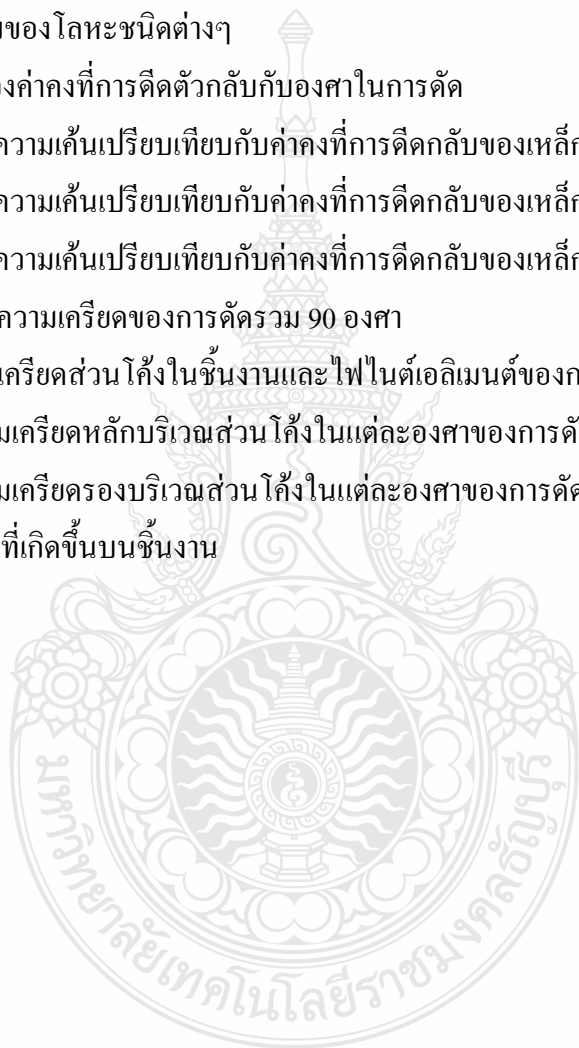
| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 3.1 คำสั่งที่ช่วยในการเขียนแบบ ออกแบบ | 67 |
| 3.2 โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ MSC. Marc Mentat | 68 |
| 3.3 ลูกคัตแบบที่ 1 | 68 |
| 3.4 ลักษณะการใช้งานของลูกคัตแบบที่ 1 | 69 |
| 3.5 ลูกคัตแบบที่ 2 | 69 |
| 3.6 ลักษณะการใช้งานของลูกคัตแบบที่ 2 | 70 |
| 3.7 ลูกคัตแบบที่ 3 | 70 |
| 3.8 ลักษณะการใช้งานของลูกคัตแบบที่ 3 | 71 |
| 3.9 ลิมิตที่ออกแบบ | 71 |
| 3.10 ลิมิตที่ออกแบบ | 71 |
| 3.11 แผนผังการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 2 มิติ | 72 |
| 3.12 การกำหนดเอลิเมนต์ และสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) แบบ 2 มิติ | 73 |
| 3.13 การสร้างผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงาน และแม่พิมพ์แบบ 2 มิติ | 74 |
| 3.14 การกำหนดเงื่อนไขการจับยึดชิ้นงานในแนวแกนแบบ 2 มิติ | 75 |
| 3.15 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 2 มิติ | 76 |
| 3.16 แผนผังการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติ | 77 |
| 3.17 การเตรียมปรับปรุงพื้นผิวของเหล็กที่ตกลง | 78 |
| 3.18 การสร้างผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงาน และแม่พิมพ์แบบ 3 มิติ | 78 |
| 3.19 การกำหนดเงื่อนไขการจับยึดแบบ 3 มิติ | 79 |
| 3.20 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติ | 80 |
| 3.21 การเตรียมวัสดุทดสอบแรงดึง | 81 |
| 3.22 Universal Testing Machine RSA | 81 |
| 3.23 การทดสอบแรงดึง (Tensile Test) | 82 |
| 3.24 ผลการทดสอบแรงดึงเหล็ก St37 | 84 |
| 3.25 เหล็กที่ตกลง St37 | 84 |
| 3.26 อุปกรณ์บด และแผ่นกริด | 85 |
| 3.27 แผ่นกริดแบบวงกลมผสมสี่เหลี่ยม (Combination) | 85 |
| 3.28 เครื่องปล่อยกระแสไฟฟ้า และสารเคมีที่ใช้กัดกรด | 86 |
| 3.29 การเทกรดลงบนแผ่นฟิล์ม และเหล็ก | 86 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 3.30 การปล่อยกระแสไฟฟ้าเพื่อทำการกัดผิวโลหะ | 87 |
| 3.31 เหล็กท่อกลวงที่ผ่านการตีกริด | 87 |
| 3.32 เหล็กแผ่น St37 | 88 |
| 3.33 เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ St37 | 88 |
| 3.34 เครื่องตัดเหล็กมัลติฟังก์ชัน | 89 |
| 3.35 ชุดแม่พิมพ์ตัดแบบ Compression | 89 |
| 3.36 เวอร์เนียจิกตัด | 90 |
| 3.37 ไบวัดมุม (Bevel Protractor) | 91 |
| 3.38 เปรียบเทียบผลการทดลอง และการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ | 92 |
| 3.39 การตัดเหล็กในแต่ละองศาการตัด | 93 |
| 3.40 ตำแหน่งหน้าตัดของเหล็กท่อกลวงบริเวณ A , B และ C | 94 |
| 3.41 ตำแหน่งหน้าตัดของชิ้นงานจริงบริเวณ A , B และ C | 94 |
| 3.42 ผนังหน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลงและความหนาขึ้นที่ผนังหน้าตัดวงใน | 96 |
| 3.43 การทดสอบการตัดเหล็กประเภท Compression Bending | 97 |
| 3.44 การวัดองศาหลังการตัดโดยใช้วัดมุม | 97 |
| 3.45 เหล็กท่อกลวงที่ผ่านขั้นตอนการสร้างกริด | 99 |
| 3.46 การวัดขนาดของกริดที่ส่วนโค้งในของเหล็กท่อกลวง | 99 |
| 3.47 การวัดขนาดของกริดที่ส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อกลวง | 100 |
| 3.48 การวัดขนาดของกริดตามมุมขององศาตัด 90 องศา | 101 |
| 4.1 ชิ้นงานตัดเหล็กทั้ง 3 ประเภท | 102 |
| 4.2 บริเวณส่วนโค้งด้านในของเหล็กท่อกลวง | 103 |
| 4.3 บริเวณส่วนโค้งด้านนอก และด้านข้างของเหล็กท่อกลวง | 103 |
| 4.4 ความหนาของผนังส่วนโค้งนอกภายใต้แรงดึง | 105 |
| 4.5 ความหนาของผนังส่วนโค้งในภายใต้แรงอัด | 106 |
| 4.6 ความหนาของผนังท่อ A3 – A4 ในแต่ละองศา | 107 |
| 4.7 ความหนาของผนังท่อ B3 – B4 ในแต่ละองศา | 107 |
| 4.8 ความหนาของผนังท่อ C3 – C4 ในแต่ละองศา | 108 |
| 4.9 หน้าตัดส่วนโค้งเหล็กท่อกลวงในแต่ละองศาการตัด | 109 |
| 4.10 ความสัมพันธ์ผนังหน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลงและความหนาขึ้นที่ผนังหน้าตัดวงใน | 110 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.11 ความสัมพันธ์ผนังหน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลงและค่าคงที่การดีดกลับ | 110 |
| 4.12 ผลการดีดกลับเหล็กที่อกลวง (Experiment) และไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) | 112 |
| 4.13 ผลการดีดกลับเหล็กเส้นกลม (Experiment) และไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) | 112 |
| 4.14 ผลการดีดกลับเหล็กแผ่น (Experiment) และไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) | 113 |
| 4.15 องศาการดีดกลับของโลหะชนิดต่างๆ | 115 |
| 4.16 ความสัมพันธ์ของค่าคงที่การดีดตัวกลับกับองศาในการดัด | 115 |
| 4.17 ผลการพยากรณ์ความเค้นเปรียบเทียบกับค่าคงที่การดีดกลับของเหล็กเส้นกลม | 116 |
| 4.18 ผลการพยากรณ์ความเค้นเปรียบเทียบกับค่าคงที่การดีดกลับของเหล็กแผ่น | 117 |
| 4.19 ผลการพยากรณ์ความเค้นเปรียบเทียบกับค่าคงที่การดีดกลับของเหล็กที่อกลวง | 118 |
| 4.20 อัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดของการดัดรวม 90 องศา | 121 |
| 4.21 เปอร์เซ็นต์ความเครียดส่วนโค้งในชิ้นงานและไฟไนต์เอลิเมนต์ของการดัดรวม 90 องศา | 122 |
| 4.22 เปรียบเทียบความเครียดหลักบริเวณส่วนโค้งในแต่ละองศาของการดัดรวม 90 องศา | 122 |
| 4.23 เปรียบเทียบความเครียดรองบริเวณส่วนโค้งในแต่ละองศาของการดัดรวม 90 องศา | 123 |
| 4.24 ความเครียดหลักที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน | 124 |



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานขึ้นรูปโลหะ (Metal Forming) เป็นกระบวนการผลิตประเภทหนึ่ง que เปลี่ยนวัสดุประเภทโลหะให้เป็นผลิตภัณฑ์ (Product) ตามรูปร่างที่ต้องการ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุอย่างถาวร (Plastic Deformation) หรือในทางวิชาการจะเรียกกระบวนการนี้ว่า งานเปลี่ยนรูปโลหะในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวร (Deformation Process) ซึ่งเป็น การขึ้นรูปขณะที่วัสดุเป็นสถานะของแข็งโดยอาศัย แม่พิมพ์เป็นเครื่องมือเฉพาะในการขึ้นรูปทำให้ไม่เกิดการเสียหายของวัสดุ เช่น กระบวนการดัด (Bending Process) กระบวนการลากขึ้นรูปลึก (Deep Drawing) กระบวนการตีขึ้นรูป (Forging) กระบวนการขึ้นรูปโลหะก้อน (Bulk Metal Forming Process) กระบวนการอัดขึ้นรูป (Extrusion Process) กระบวนการรีด (Rolling Process) ฯลฯ [1] ซึ่งกระบวนการขึ้นรูปประเภทหนึ่ง ที่นิยมมากในอุตสาหกรรมคือ กระบวนการดัด เป็นกระบวนการที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน การตัดท่อ เป็นต้น [2] ชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการดัดยังเกิดข้อบกพร่อง ความเสียหายให้เห็นดังเช่น การเกิดรอยย่น รอยบุบ เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานตลอดการดัดไม่สม่ำเสมอ รอยฉีกขาด และชิ้นงานดัดไม่ได้มุมตามองศาในการดัดอันเนื่องจากการติดกลับของวัสดุ เป็นต้น [3] เมื่อทำการศึกษาทฤษฎีพบว่า งานขึ้นรูปโลหะเป็นกระบวนการที่เกิดความเค้นสูงมากในเนื้อวัสดุ เนื่องจากการเปลี่ยนรูปเกิดในสถานะที่วัสดุเป็นของแข็งที่มีความแข็งแรงสูง นอกจากนี้การเปลี่ยนรูปร่างของวัสดุอย่างถาวรส่วนมากการเปลี่ยนรูปของวัสดุทุกส่วนเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน กรณีของกระบวนการดัดมักเปลี่ยนแปลงรูปร่างตรงบริเวณที่ถูกดัด โดยส่วนโค้งของชิ้นงานที่ได้จากการดัดจะมากขึ้นกับรัศมีของด้าย (Bend Die) ในทางทฤษฎีการดัดจะพบว่าเกิดความเค้นดัดที่บริเวณส่วนโค้งของชิ้นงาน นอกจากนี้ยังมีอีกหลายสาเหตุเช่น พฤติกรรมความเครียดในกระบวนการดัดวัสดุ ความเร็วในการขึ้นรูป ความเที่ยงตรงของเครื่องจักร และองศาในการดัด เป็นต้น [2]

จากความเสียหายของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการดัด ผู้จัดทำงานวิจัยจึงให้ความสำคัญกับการแก้ไขปัญหาโดยการออกแบบแม่พิมพ์ดัดใหม่ การพยากรณ์ผลลัพธ์ของชิ้นงานมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้จะได้ทำการปรับปรุงก่อนผลิตจริง การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นระเบียบการที่หาผลเฉลยของปัญหาทางวิศวกรรม โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงตัวเลข ด้วยการแก้สมการอนุพันธ์ หลักการนี้ถูกนำมาใช้งานตั้งแต่ปี 1,960 ตั้งแต่นั้นหลักการนี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการวิเคราะห์งานทางด้านกลศาสตร์ ในปัจจุบันการหาผลลัพธ์การวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมจะสามารถกระทำได้ทั้งในสถานะที่วัสดุมีความยืดหยุ่น (Elastic Deformation) หรือ ยืดตัว (Plastic Deformation) [2]

สำหรับการจำลองปัญหาทางวิศวกรรมโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองนั้น ขั้นแรกต้อง ออกแบบแบบจำลองโดยคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design : CAD) ซึ่ง ประโยชน์ของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบคือ สามารถแสดงลักษณะการทำงาน ขนาด สัดส่วนได้อย่างสมจริง อีกทั้งโปรแกรมสามารถเก็บบันทึกข้อมูล และเรียกขึ้นมาทำการแก้ไขได้ง่าย นอกจากนี้ข้อมูลที่ถูกรวบรวมก็ยังสามารถเปิดใช้ในโปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element) ได้ การใช้คอมพิวเตอร์วิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ขั้นแรกต้องกำหนดกรณีศึกษา ซึ่งมีหลายกรณีอาทิ การศึกษาความร้อน การศึกษาภาระแรงกระทำแบบสถิตย์ การศึกษาเชิงเส้น ไม่เชิงเส้น ฯลฯ จากนั้น ทำการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในปัญหาต่างๆ อาทิ เงื่อนไขการจับยึด การกำหนดแรง กระทำ เงื่อนไขการพาความร้อน เป็นต้น จากนั้นจึงทำการเลือกชนิดของเอลิเมนต์ให้เหมาะสมกับ แบบจำลอง และลักษณะของปัญหา ซึ่งขั้นตอนการเลือกชนิดเอลิเมนต์นี้บางโปรแกรมอาจจะต้อง กำหนดชนิดก่อนกำหนดเงื่อนไขต่างๆ เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการเตรียมการแล้ว โปรแกรมก็จะทำการ สร้างสมการทางเรขาคณิต และหาผลเฉลยของปัญหา สำหรับการแสดงผลลัพธ์นั้นจะแสดงเป็นกราฟ พิกัดแกนขั้วบนแบบจำลองทำให้ง่ายต่อการเห็นบริเวณที่บัพหรือเพราะบริเวณที่บัพหรือจะเป็นสี แดง ทำให้ทราบว่าเป็นบริเวณที่ต้องปรับปรุงให้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลการเปลี่ยนแปลง รูปร่างได้อีก ทำให้ทราบถึงกระบวนการเปลี่ยนรูปร่างก่อนทำการผลิตจริงได้ดียิ่งขึ้น

1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาโปรแกรม MSC. Marc Mentat และนำหลักการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์มา ช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear)

1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบ และข้อบกพร่องของชิ้นงานที่เกิดขึ้นแต่ละองศาในการตัดโดยใช้ แม่พิมพ์ตัดประเภท Compression Bending

1.2.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองศาในการตัด และความเค้นซึ่งทำให้เกิดการดีดกลับ

1.2.4 เพื่อศึกษาความเครียดที่เกิดขึ้นบริเวณส่วนโค้งของกระบวนการตัดเหล็กที่อกดวง 90 องศา โดยการใช้ระบบกริด และการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

1.3 สมมติฐานการศึกษา

จากการศึกษาทฤษฎีการตัดทำให้สามารถตั้งสมมติฐานถึงสาเหตุความเสียหาย และ ข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้นบนชิ้นงานตัดได้ อาทิเช่น การดีดกลับของวัสดุจำพวกเหล็ก ความแตกต่างของ ผนังท่อ เป็นต้น ซึ่งในการตัดเหล็กทั้ง 3 ประเภทคือ เหล็กที่อกดวง เหล็กเส้นกลม และเหล็กแผ่น โดย ใช้แม่พิมพ์ประเภท Compression Bending มีโอกาสเกิดการดีดกลับในแต่ละองศาการตัด และความ ต่างของผนังท่อจนทำให้เกิดการบิดเบี้ยวของหน้าตัดได้ ซึ่งอธิบายสมมติฐานได้ดังนี้

1.3.1 สมมติฐานการเกิดการตีคกลับ [3]

พฤติกรรมการตีคกลับของวัสดุอธิบายได้จากการเปลี่ยนรูปที่เกิดขึ้นหลังการเคลื่อนแม่พิมพ์ตัดออก ในการขึ้นรูปโลหะแผ่นจะมีโอกาสเกิดการตีคกลับมาก การตีคกลับจะคืนตัวในช่วงการเปลี่ยนรูปแบบยืดหยุ่นของวัสดุ ซึ่งความเค้นบริเวณที่ตัดคือความเค้นดึงจะเกิดสูงสุดที่ขอบด้านนอกของรัศมีการตัด และลดลงตามแนวความหนาจนเป็นศูนย์ที่เส้นแกนกลาง ส่วนความเค้นอัดสูงสุดจะเกิดบริเวณส่วนโค้งด้านในของรัศมีการตัด และลดลงที่เส้นแกนกลาง แต่ในส่วนผิวโค้งนอกสุดในสุด ความเค้นแรงดึง และแรงอัดจะเกินค่าแรงดึงครากทำให้เปลี่ยนรูปอย่างถาวร เมื่อนำแม่พิมพ์ออกส่วนที่เป็นการเปลี่ยนรูปแบบไม่ถาวรจะพยายามคืนตัวแต่ไม่สามารถทำได้ทั้งหมด เนื่องจากถูกยึดด้วยส่วนที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบถาวรไปแล้ว ดังนั้นจึงขึ้นรูปร่างได้บางส่วนเพื่อสร้างความสมดุลระหว่างส่วนที่เปลี่ยนรูปถาวร และไม่ถาวร [3]

การตีคกลับของเหล็กที่ความเค้นสูงจะมาก ถ้าความเค้นน้อยจะเกิดการตีคกลับน้อยองศาในการตัดมากขึ้นการตีคกลับจะลดลง การตัดในองศาที่มากกว่าจะได้องศาตามต้องการ และเมื่อตัดเหล็กเลยจุดแรงดึงสูงสุดจะทำให้ชิ้นงานแตก การตีคกลับจะมาก หรือ น้อยเป็นผลมาจากองศาในการตัด และรัศมีของแม่พิมพ์ตัด [3]

1.3.2 สมมติฐานความแตกต่างของผนัง [3]

จากความเค้นในกระบวนการตัดอ้างอิงจากงานวิจัยของ Rohit Agarwal [3] สามารถตั้งสมมติฐานของการตัดเหล็กที่ตกลงได้ว่า เหล็กที่ตกลงมีโอกาสที่จะเกิดความแตกต่างของผนังที่บริเวณส่วนโค้งด้านใน และด้านนอก เนื่องจากโมเมนต์ของการตัดก่อให้เกิดแรงในแนวแกนบริเวณวงใน และวงนอกโดยความผนังที่บริเวณวงในจะถูกควบคุมด้วยความเค้นอัด (Compressive Stress) และผนังที่บริเวณวงนอกจะถูกควบคุมด้วยความเค้นดึง (Tensile Stress) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะทำให้ความหนาของผนังที่บางลง

จากสมมติฐานผนังที่ถูกรักษาด้วยความเค้นมีโอกาสที่จะบางลง และการที่ผนังที่ด้านในถูกรักษาด้วยความเค้นอัด และผนังที่ด้านนอกถูกรักษาด้วยความเค้นดึง จึงมีแนวโน้มที่ปลายท่อจะมีโอกาสเปลี่ยนตำแหน่งไปจากเส้นแกนกลาง จนเกินหน้าตัดที่บิดเบี้ยวลักษณะเป็นวงรีคล้ายรูปไข่ โดยที่หน้าตัดวงนอกเกิดความบางลง (Extrados) และหน้าตัดวงในเกิดความหนาขึ้น (Intrados)

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Autodesk Inventor) ในการสร้างแบบจำลอง

1.4.2 ใช้โปรแกรม MSC. Marc Mentat วิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์การขึ้นรูปโลหะแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear)

1.4.3 ออกแบบสร้างแม่พิมพ์ตัดแบบ Compression Bending สำหรับตัดชิ้นงานเป็นมุมสูงสุด 90 องศา โดยทำการตัดชิ้นที่อุณหภูมิห้อง 25 องศา

1. เหล็กท่อกลวง DIN St 37 ความหนาของผนังท่อ 0.4 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 15.8 มิลลิเมตร ความยาว 1,000 มิลลิเมตร

2. เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ DIN St 37 เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ความยาว 1,000 มิลลิเมตร

3. เหล็กแผ่น DIN St 37 ความกว้าง 25 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร ความยาว 1,000 มิลลิเมตร

1.4.4 เปรียบเทียบผลเฉลยการติดกลับในแต่ละองศาการตัด และความเครียดของชิ้นงานจากการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear)

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 ศึกษาทฤษฎีการตัดเพื่อตั้งสมมติฐานหาสาเหตุของข้อบกพร่องที่เกิดบนชิ้นงานตัด

1.5.2 ศึกษาทฤษฎี และหลักการตัดโดยใช้แม่พิมพ์ตัดประเภท Compression Bending

1.5.3 ศึกษาระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์ และ โปรแกรม MSC. Marc Mentat

1.5.4 ออกแบบ สร้างแม่พิมพ์ตัดประเภท Compression Bending

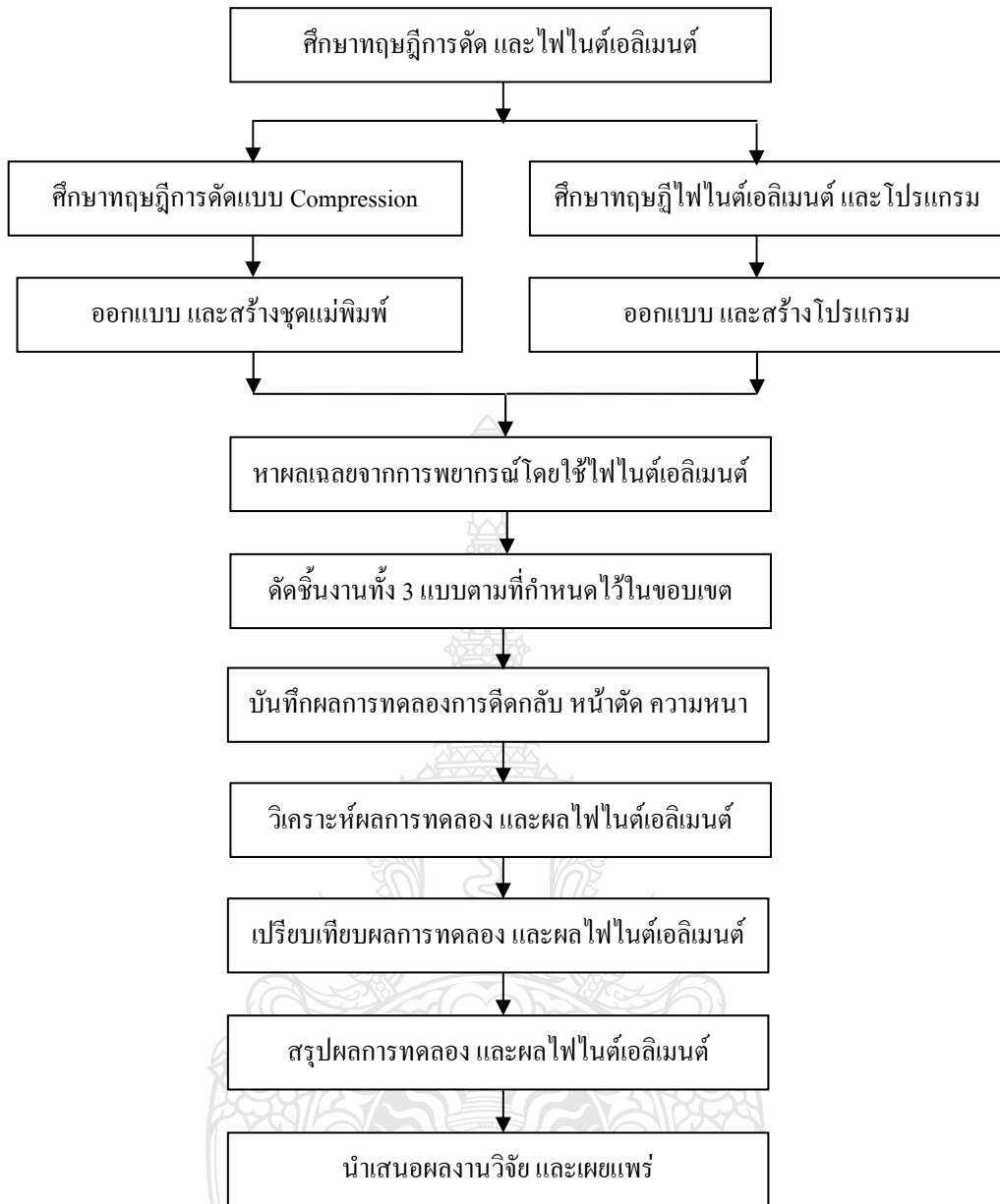
1.5.5 หาผลเฉลยของปัญหา และวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

1.5.6 ทดลองตัดเหล็กที่กำหนดตามขอบเขต โดยแม่พิมพ์ตัดประเภท Compression Bending

1.5.7 ทำการเก็บข้อมูลจากผลการทดลองจริงของชิ้นงานตัด และวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตัด

1.5.8 นำผลเฉลยโดยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง

1.5.9 วิเคราะห์ผลลัพธ์ และสรุปผลการวิเคราะห์ชิ้นงานตัดที่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 1.1 แผนผังการศึกษา และปฏิบัติงาน โดยสังเขป

1.6 ข้อจำกัดของการศึกษา

- 1.6.1 เหล็กเกรด DIN St 37 แต่ละประเภท และขนาดของเหล็ก
- 1.6.2 แม่พิมพ์ตัดประเภท Compression Bending และองศาในการตัดสูงสุดเท่ากับ 90 องศา
- 1.6.3 องศาในการตัดเหล็กทั้ง 3 ประเภทเท่ากับ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา
- 1.6.4 ใช้ระบบจับยึดแบบไฮดรอลิกส์ (Hydraulic) และชุดขับเคลื่อนกำลัง 3 แรงม้า
- 1.6.5 ขั้นตอนการเตรียมกระบวนการตามหลักการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.7.1 ความรู้ตามหลักการไฟไนต์เอลิเมนต์ และสามารถประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมได้
- 1.7.2 ทราบทฤษฎีในการตัด และสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องขึ้นที่ชิ้นงานตัด
- 1.7.3 สามารถออกแบบแม่พิมพ์ตัดที่ใช้งานได้จริงในอุตสาหกรรม
- 1.7.4 วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการตัดได้
- 1.7.5 สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อขององค์ความรู้ในงานชิ้นรูปโลหะ



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2 นี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่นำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาทดลอง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนอกจากนี้ได้อธิบายคำนิยามศัพท์ที่สำคัญที่เกี่ยวกับงานวิจัยในงานวิจัยเล่มนี้ ซึ่งในบทนี้จะให้ความสำคัญกับทฤษฎีการตัด และระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์ เนื่องจากขอบเขตของงานวิจัยเน้นความสำคัญเรื่องการออกแบบแม่พิมพ์ตัดแบบ Compression Bending และการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม ซึ่งในหัวข้อทฤษฎีของการตัดได้กล่าวถึง คำนิยาม หลักการตัด การคำนวณเพื่อใช้ประยุกต์ในการออกแบบ ความผิดพลาดที่เกิดในกระบวนการตัด ฯลฯ ในหัวข้อทฤษฎีระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์ได้กล่าวถึงคำนิยาม หลักการ ขั้นตอน การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น ฯลฯ เพื่อให้ทราบจุดมุ่งหมาย วัตถุประสงค์และความสำคัญของปัญหาทางวิศวกรรมที่ศึกษาในการจัดทำงานวิจัยนี้อย่างถ่องแท้ จึงได้นำเสนอแนวคิดที่ก่อให้เกิดหัวข้อของงานวิจัย เนื่องจากเนื้อหาในบทนี้มีมากจึงจัดแบ่งออกไว้เป็นส่วนๆ ตามลำดับความเหมาะสมตามลำดับขั้นตอนการศึกษาซึ่งแสดงดังนี้

2.1 นิยามศัพท์ที่สำคัญ

2.1.1 ลักษณะอัตราส่วน (Aspect Ratio, AR) ลักษณะอัตราส่วนเอลิเมนต์ หมายถึงผลหารระหว่างความยาวสูงสุด และความสั้นที่สุดของมิติเอลิเมนต์โดยอัตราส่วนนี้กำหนดให้มากกว่า หรือเท่ากับหนึ่ง [4]

2.1.2 การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear Materials Analysis) หมายถึง การวิเคราะห์หาผลเฉลย และแก้ปัญหาในสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นในวัสดุด้วยสมการพีชคณิต [4]

2.1.3 การเปลี่ยนรูปถาวร (Plastic Deformation) หมายถึง การเปลี่ยนรูปของวัสดุอย่างถาวรไม่กลับคืนรูปเดิมแม้แรงกระทำออกไปแล้ว ถ้าวัสดุได้รับแรงจะเกิดความเค้น ความเครียดจนเกินจุดอีลาสติกจะทำให้การเปลี่ยนรูปร่างของวัสดุเข้าไปสู่ช่วงพลาสติก [5]

2.1.4 ความเค้นฟอนมิสเชส (Von Mises Stress) หมายถึง ทฤษฎีความเค้นที่ประกอบด้วยความเค้น 6 ตัวแปรบนเอลิเมนต์ ซึ่งจะแบ่งความเค้นตามทิศทางคือ ความเค้นตั้งฉาก (Normal Stress) และความเค้นเฉือน (Shear Stress) [6]

2.1.5 แผนภาพขีดจำกัดการขึ้นรูป (Forming Limit Diagram : FLD) หมายถึง เทคนิคการวิเคราะห์ความเค้นที่พัฒนาเป็นผลลัพธ์ในลักษณะกราฟ โดยแสดงถึงขอบเขตที่ยอมให้การขึ้นรูปเกิดความเค้นได้ [7]

2.1.6 เคอร์เนล (Kernel) หมายถึง แก่นซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของระบบปฏิบัติการ โดยภายในเคอร์เนลประกอบด้วยโมดูล (Module) ต่างๆ บางครั้งเราอาจจะเรียกโมดูลเหล่านี้ว่าไดเวอร์ (Driver)

ซึ่งมีหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อกันระหว่างแอปพลิเคชัน (Application) หรือ ระบบปฏิบัติการกับ อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ทั้งหมด ทั้งภายในและนอกเครื่องคอมพิวเตอร์ [4]

2.2 แนวคิดของงานวิจัย

แนวความคิดของหัวข้อในงานวิจัยเล่มนี้มีที่มาจากการพบปัญหาความเสียหายของชิ้นงานตัด กระบวนการตัดเป็นกระบวนการที่นิยมใช้มากในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ อุตสาหกรรมการตัด ก่อสร้าง ฯลฯ ทั้งนี้ปัญหาอาจมีสาเหตุจากแม่พิมพ์ในการตัด ความเร็วในการขึ้นรูป เป็นต้น อีกทั้งชุดแม่พิมพ์ตัดมีความจำเป็นต้องทำการผลิตใหม่เมื่อเกิดการชำรุดเสียหายแม้กระทั่งขนาดของวัตถุดิบที่เปลี่ยนไป ในการออกแบบชุดแม่พิมพ์ หรือ แม้กระทั่งกระบวนการตัดผู้ผลิตต้องทำการตัดสินใจเลือกประเภทของการตัด และออกแบบชุดแม่พิมพ์ ปัจจุบันประเภทของการตัดจะมีอยู่ 4 ประเภทดังนี้ Ram Style Bending, Mandrel Bending, Rotary Draw Bending, Ring Roll Bending และการตัดแบบ Compression Bending ซึ่งประยุกต์มาจากการตัดแบบ Rotary Draw Bending จึงจำเป็นต้องเลือกประเภทของการตัดให้เหมาะสมกับงาน ซึ่งในการออกแบบสร้างชุดแม่พิมพ์ หรือ ผลิตภัณฑ์ ทางผู้ผลิตไม่สามารถทราบถึงผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นภายหลังกรรมวิธีการผลิตได้ ยกเว้นทางผู้ผลิตมีช่างเทคนิคผู้มีประสบการณ์มากในงานนั้นๆ [2]

การนำหลักการไฟไนต์เอลิเมนต์ และ โปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์มาช่วยพยากรณ์ผลลัพธ์ของปัญหาในงาน ทำให้ทราบข้อบกพร่องของแบบจำลองก่อนผลิตจริง ช่วยลดต้นทุน ลดขั้นตอนในการสร้างตัวแบบจำลอง (Prototype) เพื่อเป็นตัวอย่างต้นแบบในการผลิต การแสดงผลลัพธ์โดยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ จะแสดงผลเป็นกราฟฟิกส์ที่แบบจำลองโดยมีสีที่ต่างกัน ทำให้สะดวกต่อการแก้ไขแบบจำลอง และหาบริเวณที่ต้องแก้ไข ได้อย่างถูกต้อง จากข้อดีนี้ทางผู้จัดทำงานวิจัยจึงนำการใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์มาพยากรณ์ผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นบนชิ้นงานหลังการออกแบบลูกตัดแบบ Compression Bending เพื่อยืนยันผลการทดลอง ดังนั้นจึงทำการนำผลลัพธ์ของระเบียบการนี้มาเปรียบเทียบผลการทดลองจริง (Experiment)

2.3 การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis)

2.3.1 บทนำการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ (Introduction to Finite Element Analysis)

ระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis : FEA) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงตัวเลขเพื่อให้ได้ผลลัพธ์โดยประมาณของปัญหาที่หลากหลายในทางวิศวกรรม [8] ซึ่งประกอบด้วยสมการควบคุมระบบ และใช้เงื่อนไขขอบเขตเพื่อแก้สมการ ในระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์จะแบ่งโดเมนของปัญหาออกเป็นส่วนย่อยๆ เรียกว่า เอลิเมนต์ (Element) ซึ่งแต่ละเอลิเมนต์จะเชื่อมกันด้วยจุดโหนด (Node) ดังนั้น เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของปัญหาโดยประมาณต้องนำสมการควบคุมระบบมาสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของแต่ละเอลิเมนต์บนโดเมน จากนั้นจึงทำการแก้ปัญหา

ดังกล่าวซึ่งจะได้ผลเฉลยของปัญหาที่จุดต่อบนโดเมน แม้การพัฒนาระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์แรกเริ่มเดิมทีจะเน้นไปที่การศึกษาความเค้นในโครงสร้างที่ซับซ้อน ตั้งแต่นั้นระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางในสาขาที่เกี่ยวข้องทางกลศาสตร์ เพราะระเบียบการนี้มีความหลากหลาย อีกทั้งเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ที่มีความยืดหยุ่นได้ ซึ่งทำให้ได้รับความสนใจในสถานศึกษาทางด้านวิศวกรรม และในอุตสาหกรรม [9] ที่กล่าวข้างต้นระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิเคราะห์ที่ได้ดังนี้ ความแข็งแรงของโครงสร้าง (Structural Analysis) ระบบของความร้อน (Thermal System Analysis) การไหล และการไหลที่มีการนำพาความร้อน (Flow Analysis and Flow Convection Heat Transfer) กระบวนการเปลี่ยนรูปร่างของวัสดุเมื่อได้รับความร้อน (Thermo Mechanical Process Analysis) เช่น การตีขึ้นรูป (Forging) การรีดขึ้นรูป (Rolling) งานฉีดขึ้นรูป (Injection Molding) ฯลฯ [9]

จากข้างต้นระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์มีประสิทธิภาพมากก็จริงแต่ทว่า ก็ยังพบข้อเสียของการใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองสถานการณ์เพื่อหาผลลัพธ์ของปัญหา ซึ่งควรระลึกเสมอทุกครั้งที่มีการใช้ระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์ หรือ ระเบียบการที่มีหลักการคล้ายคลึงกันคือ อิทธิพลของความเค้นที่ให้ความสำคัญของปัญหา ตัวแปรอื่นอีก ดังเช่น สมบัติของวัสดุแต่ละชนิดที่นำมาวิเคราะห์ ลักษณะรูปทรงทางเรขาคณิตของชิ้นงาน และที่สำคัญคือ การป้อนข้อมูลเข้ากระบวนการ บางทีผลลัพธ์ของปัญหาอาจผิดพลาดถ้าหากป้อนข้อมูลที่ไม่ถูกต้องเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ซึ่งบางทีอาจถูกมองข้ามจากนักวิเคราะห์ หรือบางครั้งสิ่งที่สำคัญยิ่งคือ หลักการในการสร้างแบบจำลองตามทฤษฎีนั้นจะขึ้นอยู่กับทักษะการฝึกฝนของนักวิเคราะห์ โดยนักวิเคราะห์ต้องรู้จักวิเคราะห์ และประมวลผล ซึ่งจะทำให้การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นส่งผลให้ผลลัพธ์จากการทดลองมีความเป็นไปได้มาก [10]

ในการใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Software) ในการวิเคราะห์โดยปกติทั่วไปจะประกอบด้วย 3 หลักการที่สามารถจัดเรียงลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมกระบวนการ (Pre Processing) โดยทั่วไปใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองของส่วนที่จะทำการวิเคราะห์ ซึ่งแบ่งรูปทรงเรขาคณิตออกเป็นชิ้นส่วนย่อยๆ เรียกว่า เอลิเมนต์ โดยที่เอลิเมนต์แต่ละเอลิเมนต์จะเชื่อมต่อกันด้วยจุดโหนด แนนอนที่สุดโหนดนี้จะถูกกำหนดการเคลื่อนที่ และนอกเหนือจากนี้จะต้องทำการกำหนดแรง หรือ ภาระที่มากระทำกับชิ้นงานที่ต้องวิเคราะห์ ในขั้นตอนเตรียมการ การเตรียมแบบจำลองนี้จะต้องใช้เวลาในการเตรียมเป็นจำนวนมาก และนอกจากนี้ขั้นตอนเตรียมการบางกระบวนการสามารถรวมกับขั้นตอนออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบได้ [10]

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) ข้อมูลต่างๆ เช่นแบบจำลอง เอลิเมนต์ เงื่อนไขต่างๆ ฯลฯ ที่ได้ถูกเตรียมการจากขั้นตอนการเตรียมกระบวนการจะถูกนำมาใช้ป้อนเข้าสู่ระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์ตามหลักการของระเบียบการเอง ที่สร้าง และแก้ไขปัญหาแบบเชิงเส้น (Linear) หรือ

ไม่เชิงเส้น (Nonlinear) ด้วยสมการทางพีชคณิต โดยไฟไนต์เอลิเมนต์มีสมการรูปทั่วไป ดังแสดงในสมการที่ 2.1 สมการเมทริกซ์ ดังรูปที่ 2.1 [11]

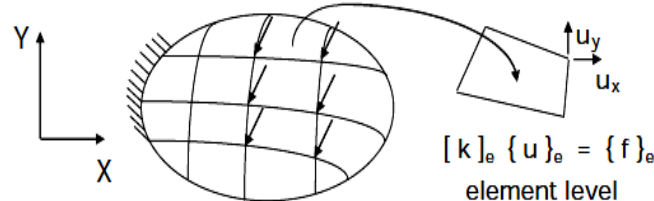
$$\{k\} \{d\} = \{f\} \quad (2.1)$$

- เมื่อ
- k = เมทริกซ์ความแข็งเกร็ง (Stiffness Matrix)
 - f = ค่าแรงที่มากระทำต่อเอลิเมนต์
 - d = ความเคลื่อนที่อิสระของโหนด เอลิเมนต์ (DOF)

$$\begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ \vdots \\ f_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & \dots & k_{2n} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & \dots & k_{3n} \\ \vdots & & & & \vdots \\ k_{n1} & & & \dots & k_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ \vdots \\ d_n \end{Bmatrix}$$

รูปที่ 2.1 สมการรูปทั่วไปของไฟไนต์เอลิเมนต์แบบเมทริกซ์ (Matrix) [11]

เมื่อมีการแทนที่ d และ f อีกทั้งมีการประยุกต์ใช้แรงภายนอกที่สำคัญ การสร้างสมการเมทริกซ์ K ขึ้นอยู่กับชนิดของปัญหาที่ถูกกระทำ และเกณฑ์ของการวัด หน่วยที่นำมาประกอบเป็นโครงผูกมัดนี้ทำให้เข้าใจประเด็น จุดหมายของโครงสร้างการวิเคราะห์ความเค้นที่ยืดหยุ่นแบบเชิงเส้น (Linear Elastic Stress Analyses) บางครั้งในรหัสการประมวลเอลิเมนต์ก็มีมาก ซึ่งเอลิเมนต์ที่มีความหลากหลายจะมีความเหมาะสมกับรูปแบบปัญหาแต่ละชนิด หลักเกณฑ์ที่เป็นข้อดีของหลักการไฟไนต์เอลิเมนต์คือ ปัญหาหลากหลายประเภทสามารถใช้รหัสการประมวลได้ด้วยรหัสเดียวกัน แก่การระบุชนิดของเอลิเมนต์จากคลังเก็บ หรือ ห้องสมุด (Library) [10]

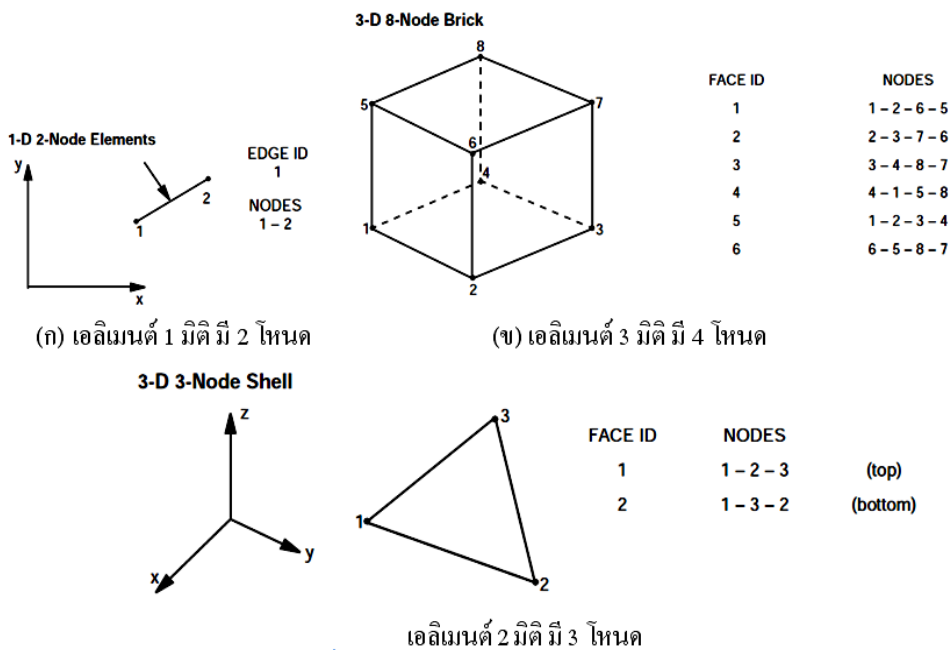


รูปที่ 2.2 ค่าแรงกระทำต่อเอลิเมนต์ (f) ที่ทำให้โหนดมีการเคลื่อนที่ (u) [12]

3. ขั้นตอนการนำเสนอกระบวนการ (Post Processing) ก่อนหน้าการวิเคราะห์ ผู้ใช้จะต้องพึงเอาใจใส่แถวของตัวเล็กที่ถูกสร้างขึ้น โดยรหัส (Code) การลงรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และความเค้นลงบนแบบจำลองให้มีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ด้วยวิธีนี้ทำให้พบข้อผิดพลาดได้ง่าย และจุดอันตราย อีกทั้งรหัสที่ทันสมัยจะใช้ภาพกราฟฟิกส์แสดงเพื่อให้ง่ายต่อการเห็นผลลัพธ์ ซึ่งรูปแบบของการนำเสนอทางกราฟฟิกส์จะแสดงเป็นระดับชั้นสีของความเค้นจนเต็มบนแบบจำลอง [10]

2.3.2 โหนด (Node)

โหนดเป็นตัวช่วยเชื่อมต่อโครงสร้างชิ้นเล็กๆ ที่เรียกว่าเอลิเมนต์ (Element) แต่ละเอลิเมนต์ให้ติดกันด้วยจุดของโหนด นอกจากนี้โหนดยังช่วยในการกำหนดรูปร่างของเอลิเมนต์ที่มีองศาอิสระ โดยปกติแล้วโหนดจะอยู่ที่มุมของเอลิเมนต์ หรือ จุดของเอลิเมนต์ แล้วกลุ่มของเอลิเมนต์ และโหนดจะอยู่ติดกันเป็นกลุ่มที่เรียกว่า แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Model) จะเป็นตัวแทนของชิ้นงานเพื่อนำไปจำลองเป็นสมการเมทริกซ์ (Matrix) เพื่อนำไปคำนวณที่ซับซ้อนต่อไป [11]

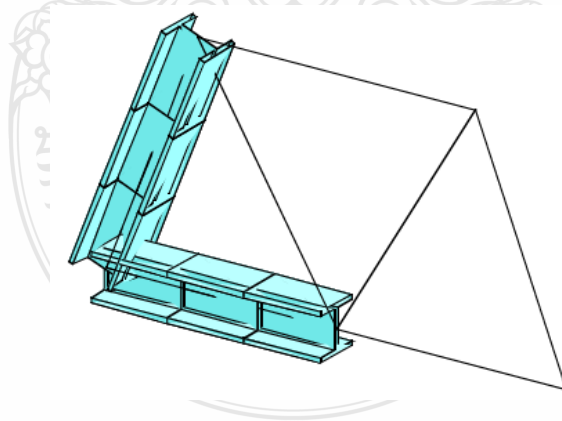


รูปที่ 2.3 โหนดในเอลิเมนต์แต่ละมิติ [12]

2.3.3 เอลิเมนต์ (Element)

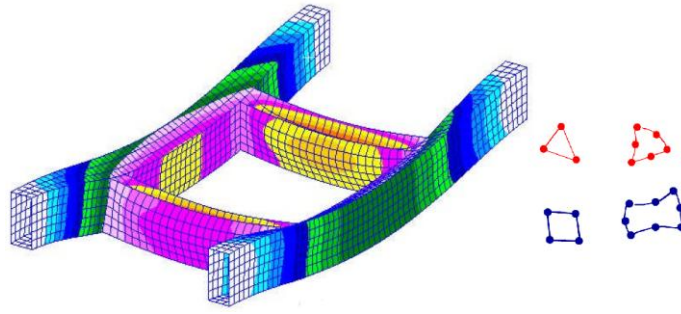
โดยทั่วไปแล้วเอลิเมนต์จะมีมิติอยู่ 1 ถึง 3 มิติ นอกจากนี้ยังมีเอลิเมนต์ชนิดพิเศษที่มีลักษณะ 0 มิติ ดังเช่น กลุ่มของจุด (Lumped Springs) เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่าเอลิเมนต์ที่ลักษณะ 1 มิติ จะเป็นเส้นตรง เส้นโค้ง (Beam Element) มักใช้ในการวิเคราะห์งานลักษณะที่เป็น โครง เอลิเมนต์ 2 มิติ (Shell Element) จะเป็นรูปร่างรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมที่มีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์งานที่เป็นพื้นผิว (Surface) ผนังบาง สุกท้ายแบบ 3 มิติ (Solid Element) โดยปกติส่วนมากรูปทรงเป็นแบบ Tetrahedral, Pentahedral, Hexahedral (Bricks) หรือ เป็นแบบปริซึม (Prisms) สามารถใช้กับงานที่เป็นปริมาตรตัน (Solid) ซึ่งเอลิเมนต์แต่ละมิติจะมีจุดที่สามารถสังเกตได้ง่าย จุดเหล่านี้เรียกว่า จุดโหนด (Nodal Points) หรือ โหนด (Node) ประโยชน์แบบทวีคูณของโหนดคือ เป็นตัวกำหนดรูปร่างทางเรขาคณิตของเอลิเมนต์กับเอลิเมนต์ที่รูปร่างมีองศาเป็นแบบอิสระ โดยปกติโหนดจะตั้งอยู่ที่มุม หรือ จุดปลายของเอลิเมนต์ดังแสดงในรูป มากกว่านั้นในทางกลศาสตร์เอลิเมนต์เหล่านี้จะมีความเฉพาะเจาะจงกับพฤติกรรมของวัสดุสำหรับตัวอย่างเช่น เชิงเส้นยืดหยุ่น (Linear Elastic) ในวัสดุที่เป็นท่อน (Bar Element) [13]

1. เอลิเมนต์ 1 มิติ มีลักษณะเป็นเส้น (Beam Element) เท่านั้นซึ่งมีแต่ความยาว และไม่สามารถมองเห็นพื้นที่หน้าตัด หรือพื้นผิวได้อย่างชัดเจน และนอกจากเป็นเส้นแล้วจะไม่มีรูปทรงเรขาคณิตอื่นใดอีก เป็นแค่เพียงเส้นอาทิ เส้นตรง เส้นโค้งเท่านั้น ซึ่งมักนิยมเรียกว่า บีม (Beam) โดยเอลิเมนต์ต่อกันหลายเอลิเมนต์จะกลายเป็นกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) [14]



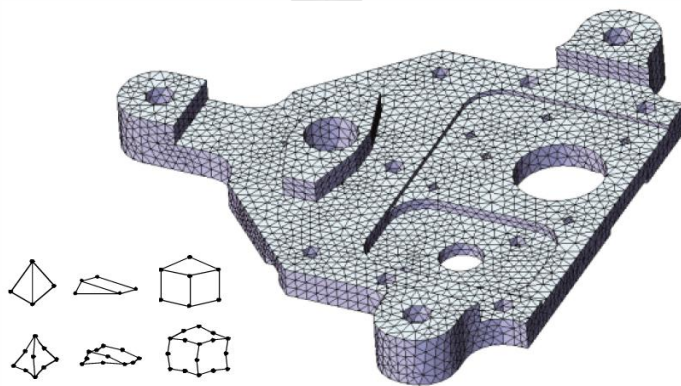
รูปที่ 2.4 การใช้ Beam Element ในงานโครงสร้าง [12]

2. เอลิเมนต์ 2 มิติ (Shell Element) ที่มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม โดยมี โหนด 3 และ 4 โหนดตามลำดับ แต่โดยพื้นฐานแล้วจะมีขั้นต่ำ 3 โหนด เอลิเมนต์ชนิดนี้จะใช้กับงานที่เป็นพื้นผิว หรือ ผนัง ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น ผนังบาง (Thin Shell) และผนังหนา (Thick Shell) [12]

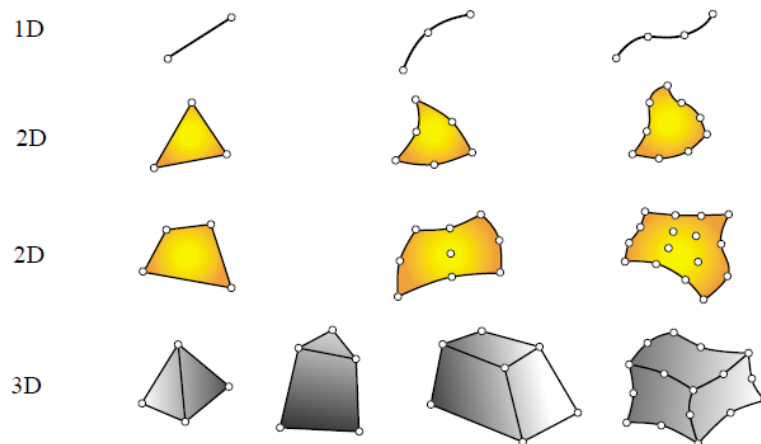


รูปที่ 2.5 การใช้ Shell Element ในงานที่มีลักษณะเป็นผนัง [12]

3. เอลิเมนต์ 3 มิติ (Solid Element) จะมีโครงสร้างเป็น 3 มิติ รูปทรงจะมีความกว้าง ยาว สูง โดยพื้นฐานของเอลิเมนต์ชนิดนี้จะมีโหนดตั้งแต่ 3 โหนดขึ้นไปเอลิเมนต์แบบนี้จะเหมาะกับ กาจ่าลอง โครงสร้างที่มีความหนา (Thick) เมื่อเทียบกับพื้นผิว [14]



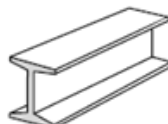



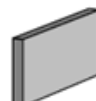

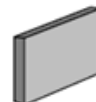
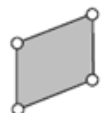


รูปที่ 2.6 การใช้งาน Solid Element ในงานที่เป็นปริมาตรตันที่มีความหนา [15]



รูปที่ 2.7 ชนิดของเอลิเมนต์ตั้งแต่ 1 ถึง 3 มิติ [13]

การจัดหมวดหมู่แบ่งประเภทของระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์ในทางกลศาสตร์ โครงสร้าง ความเหนียวแน่น ความหวมของเอลิเมนต์บนพื้นฐานจะเกี่ยวข้องกับ โครงสร้างทางกายภาพดั้งเดิม ที่ชี้แจงหัวข้อนี้เพราะเป็นส่วนย่อยของระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งทำให้มีความเข้าใจในเทคนิคการออกแบบจำลองขั้นสูง ดังเช่น รายละเอียดลำดับขั้น และการวิเคราะห์โดยรวมกับเฉพาะแห่ง [13] ดังรูปที่ 2.8

| องค์ประกอบ โครงสร้างทางกายภาพ | ชื่อแบบจำลอง ทางพีชคณิต | การทำให้เป็นแบบอย่าง "ไฟไนต์เอลิเมนต์" |
|---|----------------------------|---|
|  | ท่อน |  |
|  | ท่อน , ก้าน |  |
|  | ท่อ |  |
|  | ผลึก , พังผืด |  |
|  | แผงเล็จน |  |

รูปที่ 2.8 ตัวอย่าง โครงสร้างเอลิเมนต์ดั้งเดิม [13]

รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างดั้งเดิมของเอลิเมนต์ (Primitive Structural Element) โดยเอลิเมนต์เหล่านี้จะจำแนกตามโครงสร้างกลศาสตร์ โครงสร้างซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพของโครงสร้าง เอลิเมนต์ทั้งหลายเหล่านี้ปกติมาจากกลศาสตร์ของวัสดุ (Mechanics of Materials) ซึ่งทำให้ง่ายต่อการเข้าใจทฤษฎีทางกายภาพของวัสดุมากกว่าทางคณิตศาสตร์ดังตัวอย่างรูปที่ 2.8 เอลิเมนต์มีลักษณะเป็น แท่ง (Bars), ก้าน (Cables) และเส้น (Beams) [12]

สำหรับการแบ่งเอลิเมนต์ในกระบวนการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ จำเป็นต้องแบ่งชิ้นส่วนออกเป็นเอลิเมนต์ที่เกี่ยวข้องกันด้วยจุดต่อ (Node) โดยการแบ่งชิ้นส่วนออกเป็นเอลิเมนต์สามารถใช้หลักการดังนี้ คือ ควรหลีกเลี่ยงการแบ่งเอลิเมนต์ที่มีรูปร่างผิดปกติ เช่น เอลิเมนต์ที่มีมุมป้านมากๆ หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านยาวมากๆ เอลิเมนต์ที่มุมแคบมากๆ และมีลักษณะอัตรา

ส่วนกว้าง (Large Aspect Ratio) เป็นต้น ควรเลือกใช้เอลิเมนต์ที่เป็นสี่เหลี่ยมด้านเท่าจะดีมาก หรือ อัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความยาวมีค่าเข้าใกล้หนึ่ง อีกทั้งควรใช้เอลิเมนต์ขนาดเล็กๆ เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ละเอียดในส่วนที่มีความหนาแน่น และแบ่งเอลิเมนต์ขนาดใหญ่ขึ้นในบริเวณที่ไกลออกไป [12]

2.3.4 ความอิสระของการเคลื่อนที่ (Degrees of Freedom : DOF)

ความอิสระของการเคลื่อนที่จะเป็นตัวกำหนดสถานะของเอลิเมนต์ ซึ่งจะทำหน้าที่เรื่องจัดการ การเชื่อมต่อของเอลิเมนต์ ในการเชื่อมต่อของตัวแปรในจุดโหนดการกำหนดค่าอนุพันธ์ตัวแปรของอิสระการเคลื่อนที่จะมีหลายค่า สำหรับความอิสระของการเคลื่อนที่จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของลักษณะชนิดของการวิเคราะห์ โดยที่ความอิสระของการเคลื่อนที่จะเป็นตัวแปรที่ไม่ทราบค่า ซึ่งความอิสระของการเคลื่อนที่แต่ละชนิดสรุปได้ดังนี้ [14, 15]

ตารางที่ 2.1 DOF ของลักษณะการวิเคราะห์แต่ละชนิด [16,17]

| ขอบข่าย (Discipline) | อิสระการเคลื่อนที่ (DOF) |
|------------------------|-----------------------------------|
| โครงสร้าง (Structural) | การเคลื่อนที่ (Displacement) |
| ความร้อน (Thermal) | อุณหภูมิ (Temperature) |
| ไฟฟ้า (Electrical) | โวลต์ (Voltage) |
| ของไหล (Fluid) | ความดัน (Pressure) |
| แม่เหล็ก (Magnetic) | สภาพแม่เหล็ก (Magnetic Potential) |

2.3.5 การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น และไม่เชิงเส้น (Linear and Nonlinear Analysis)

ไฟไนต์เอลิเมนต์จะมีความสามารถในการวิเคราะห์สมการทั้งแบบเชิงเส้น (Linear) และ ไม่เชิงเส้น (Nonlinear) สำหรับสมการแบบไม่เชิงเส้นจะเหมาะสมสำหรับชิ้นงาน หรือวัสดุที่มีการเสีรูปร่าง (Deformation) ไปแล้ว ดังนั้นจึงมีความยุ่งยากมากกว่า ใช้เวลาในการวิเคราะห์ที่มากกว่า ความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์แบบเชิงเส้น และไม่เชิงเส้น ก็คือ การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น สมการแบบไม่เชิงเส้นจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าของเวลา เมื่อเกิดการเสีรูปร่าง เปลี่ยนแปลงรูปร่าง อีกทั้งสมบัติทางกายภาพจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปทำให้ค่าความแข็งเกร็ง (Stiffness) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ส่วนแบบเชิงเส้น เมื่อวัสดุเกิดการเสีรูปร่าง สมบัติทางกายภาพจะไม่เปลี่ยนแปลงไปแต่จะคงที่เสมอซึ่งทำให้ค่าความแข็งเกร็ง (Stiffness) ไม่เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย [18,19]

ดังนั้นก่อนที่จะวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์จึงต้องพิจารณาเสียก่อนว่า ชิ้นงานจะวิเคราะห์แบบเชิงเส้น หรือแบบไม่เชิงเส้น ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมเนื่องจากการวิเคราะห์แบบสถิต (Static) และพลศาสตร์ (Dynamic) จะสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งแบบเชิงเส้น และไม่เชิงเส้น [20]

ในการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear) ถ้าแบ่งตามพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจะแบ่งได้ออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้

1. เรขาคณิตแบบไม่เชิงเส้น (Geometric Nonlinear) คือ มีสาเหตุของการเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านรูปทรงทางเรขาคณิต (Geometry) ประเภทการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างมาก (Large Deflection) หรือ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการหมุนขนาดใหญ่ (Large Rotation) มักจะเกิดขึ้นกับวัสดุที่มีความเหนียวสูง และมี Deflection มากเมื่อเทียบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุ หรือมีความสามารถในการบิดตัวได้มาก คือ วัสดุมีการเสียรูป หรือ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างมาก (Large Deformation) จนทำให้ค่าความแข็งแรง (Stiffness) ของวัสดุ ซึ่งงานสูงขึ้นมากกว่าเดิมตามเวลาที่ผ่านไป ซึ่งสมการทั่วไปแบบเรขาคณิตแบบไม่เชิงเส้น (Geometric Nonlinear) มีดังนี้ [17,21,22]

$$[K] = \int [B]^T [D] [B] dv \quad (2.2)$$

- เมื่อ K = เมทริกซ์ความแข็งแรง (Stiffness Matrix)
 B = ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Large Strain)
 D = ความเคลื่อนที่อิสระของโหนด เอลิเมนต์ (DOF) [15,20]

2. วัสดุแบบไม่เชิงเส้น (Materials Nonlinear) โดยปกติแล้วการวิเคราะห์วัสดุแบบยืดหยุ่นเชิงเส้น (Linear Elastic) จะอยู่ภายใต้สมมติฐานที่จะเกิดการคืนรูปอย่างสมบูรณ์เมื่อนำแรงหรือภาระกระทำออกไปแล้ว ค่าอัตราส่วนระหว่างความเค้น (Stress) และความเครียด (Strain) ซึ่งเรียกว่า อีลาสติกมอดุลัส (Elastic Modulus) จะมีค่าคงที่เสมอ แต่สำหรับวัสดุบางประเภทการคืนรูปเมื่อนำแรง หรือ ภาระกระทำออกไป จะเกิดความไม่สมบูรณ์จนเกิดช่วง Plastic Strain มักเกิดจากแรงที่มากระทำกับวัสดุมีขนาดมากเกินกว่าค่าจุดคราก (Yield) จนทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปอย่างถาวร ซึ่งจะต้องใช้การวิเคราะห์แบบวัสดุไม่เชิงเส้น (Materials Nonlinear) ซึ่งในการวิเคราะห์จะใช้รูปแบบสมการโดยทั่วไปเหมือนกับสมการที่ 2.2 แต่แตกต่างกันที่ความเคลื่อนที่อิสระของโหนด เอลิเมนต์ (D) จะเป็นกรณี (Small Strain) อย่างเดียวเท่านั้น และความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (B) ไม่เป็นกรณี (Small Strain) [15,18,20]

$$[K] = \int [B]^T [D] [B] dv \quad (2.3)$$

- เมื่อ K = เมทริกซ์ความแข็งแรง (Stiffness Matrix)
 B = ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง
 D = ความเคลื่อนที่อิสระของโหนด เอลิเมนต์ (DOF) กรณี (Small Strain) [15,20]

3. การเปลี่ยนสถานะแบบไม่เชิงเส้น (Changing Status Nonlinear) มีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงสถานะจนทำให้สมบัติของวัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงไป ดังตัวอย่าง การดึงสลักกับการหย่อนสายเคเบิลนานๆ หรือ ยางที่ต้องสัมผัสกับความร้อน ความเย็นสลับกันจนทำให้สมบัติของวัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงไปคือ ความสามารถในการรับแรงของวัสดุจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา หรือ ความสมบัติด้านอุณหภูมิละเอียดเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์จะต้องวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear) เท่านั้น [23,24,25]

2.4 โปรแกรม MSC. Marc Mentat (MSC Marc. Mentat Program) [12, 26]

2.4.1 ภาพรวมของบริษัท (Company Over View) [26]

บริษัท MSC. Software (MSC. Software Corporation) โดยแรกเริ่มก่อตั้งบริษัทที่มีชื่อว่า MACNEAL-SCHWENDLER CORPORATION มีหน้าที่จัดหาจัดส่งซอฟต์แวร์ด้านคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์งานทางวิศวกรรม (Computer Aided Engineering : CAE) ที่มีความซับซ้อน ตั้งแต่ปี 1963 จนถึงปัจจุบันทางบริษัทได้พัฒนาการจดจำหน่วย และสนับสนุน โปรแกรมที่ช่วยในการวิเคราะห์โครงสร้างที่สมบูรณ์ที่สุดในโลก Nastran เป็นโปรแกรมในเชิงพาณิชย์โปรแกรมแรกที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear) ที่เกิดขึ้นโดย MSC. Software Corporation โปรแกรมอื่นดังนี้ Patran, Adams, MSC. Marc Mentat, MSC. Dytran, MSC. MVision, MSC. Fatigue, MSC. Laminate Modeler, MSC Superform, MSC Superforge ซึ่งโปรแกรมมีลักษณะเด่นดังต่อไปนี้ [12]

1. Nastran (Implicit)

- การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น (Linear Analysis)
- การแกว่ง การสั่นสะเทือน (Vibration)
- ความเป็นเลิศด้านพลศาสตร์ (Classic Dynamic)
- พื้นฐานการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น (Basic Nonlinear)

2. MSC. Marc Mentat (Implicit)

- การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นขั้นสูง (Advanced Nonlinear)
- การติดกลับ (Springback)
- การขึ้นรูปพลาสติก (Plastic Forming)
- การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Displacement)

3. MSC. Dytran (Explicit)

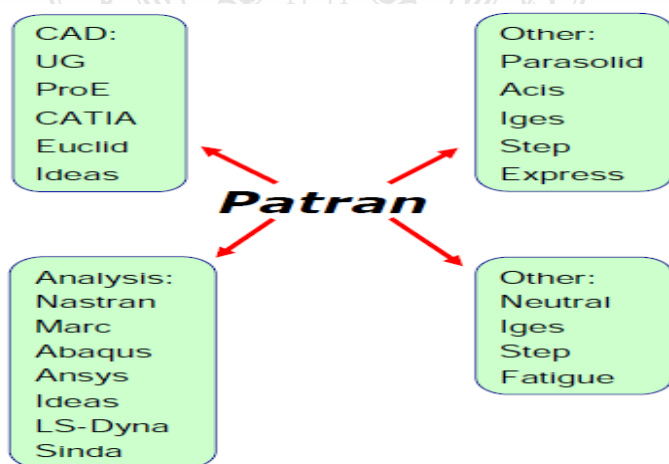
- การขึ้นรูปโลหะแผ่น (Sheet Metal Forming)
- ภาชนะพลาสติก (Container)
- การขึ้นรูป (Forming) และงานเชื่อม (Welding)
- การวิเคราะห์ความผิดพลาด (Crash Analysis)

4. MSC. Superform (Implicit)
 - เพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป (General Purpose Bulk)
 - การขึ้นรูป (Forming)
5. MSC. Superforge (Eulerian)
 - การขึ้นรูปแบบ 3 มิติ (3D Forming)
6. Adams
 - กลศาสตร์การเคลื่อนที่ของแข็ง (Rigid Body Kinematics)

2.4.2 Patran

Patran คือขั้นตอนการเตรียมกระบวนการ (Pre Processing) และขั้นตอนการนำเสนอกระบวนการ (Post Processor) ซึ่งมีการรวมกลุ่มคำสั่งที่บางครั้งเรียกว่า เครื่องมือการวิเคราะห์หลายๆ รวมทั้งหมดที่โปรแกรม MSC. Marc Mentat และ Nastran สำหรับการหาคำตอบของสถานการณ์ที่แน่นอน นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear) ซึ่งรวมอยู่ในโปรแกรมด้วย นอกจากนี้การกลุ่มของเอลิเมนต์ ให้มีประสิทธิภาพสามารถทำได้โดยผ่านโปรแกรม Patran อีกทั้งในการวิเคราะห์โปรแกรม MSC. Marc Mentat จะกำหนดรูปแบบในการวิเคราะห์ และประเมินผ่านโปรแกรม Patran ได้ ซึ่งประโยชน์ของ Patran ยังมีอีกมากแต่จะยกตัวอย่างบางส่วนเช่น ใช้กับรูปทรงเรขาคณิตที่ได้จาก CAD ให้มีความสมบูรณ์มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสามารถจัดการกับกลุ่มเอลิเมนต์ในแต่ละแบบให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น [13]

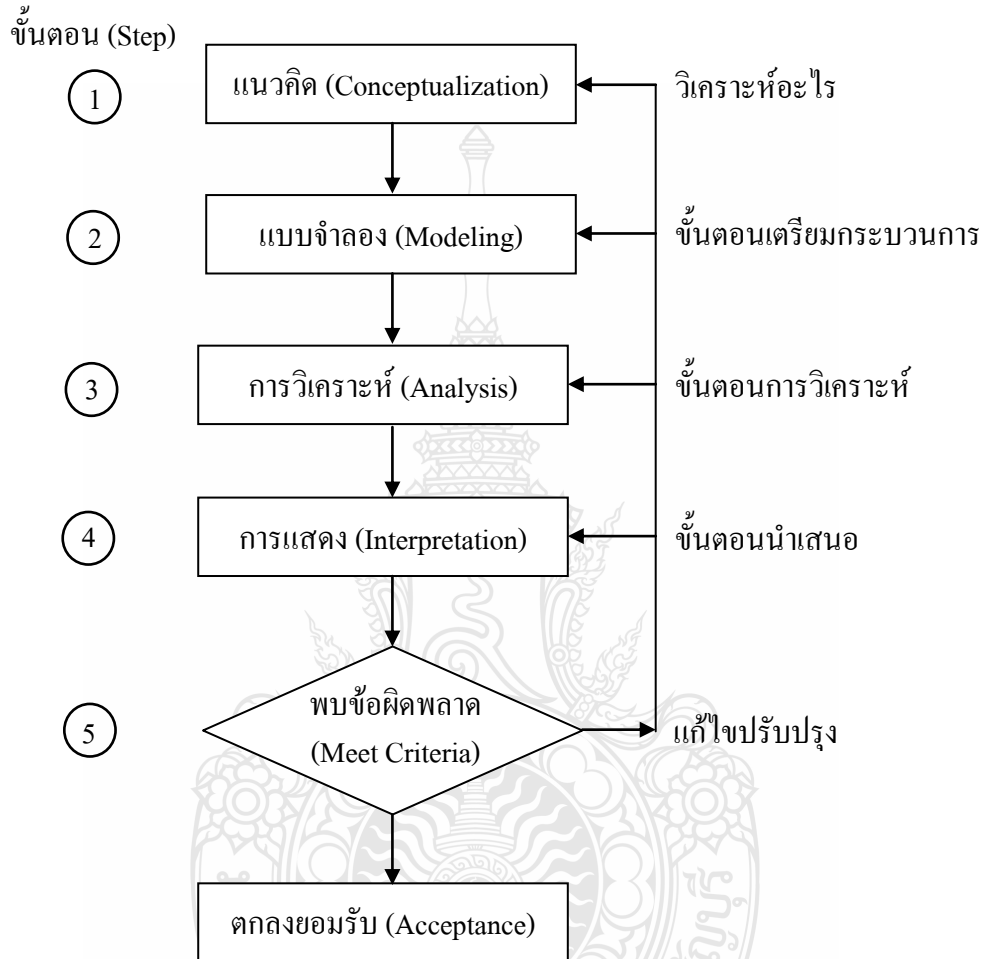
Patran สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบได้ (CAD) ตัวอย่างเช่น โปรแกรม UG, Pro Engineer, Catia, Euclid, Ideas และ โปรแกรมการวิเคราะห์อื่นๆ เช่น Nastran, Marc, Abaqus, Ansys, Ideas, LS-Dyna, Sinda อีกทั้งมีอินเตอร์เฟซ รหัสสำคัญของโปรแกรม CAD และการวิเคราะห์ ฯลฯ ซึ่งทำให้คุณนำข้อมูลมาใช้ร่วมกันได้ ดังรูปที่ 2.9 [12]



รูปที่ 2.9 การออกแบบโดยแบ่งบริการนั้นออกเป็นส่วนย่อยของ Patran [12]

2.4.3 โปรแกรม MSC. Marc Mentat (MSC. Marc Mentat Program) [26]

กล่าวนำผู้ใช้โปรแกรมกราฟฟิกส์แบบอินเตอร์เฟสที่ช่วยให้คุณสามารถดำเนินการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ตั้งแต่แรกเริ่มกระบวนการจนกระทั่งเสร็จสิ้น ซึ่งสามารถแสดงกระบวนการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ออกเป็นวงจรดังนี้



รูปที่ 2.10 วงจรการวิเคราะห์ (The Analysis Cycle) [26]

กล่าวโดยสรุปกระบวนการไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อเสริมความเข้าใจของโปรแกรมดังนั้น จึงต้องพิจารณาถึงวงจรการวิเคราะห์กระบวนการไฟไนต์เอลิเมนต์ก่อนแนะนำให้รู้จักกลไกของโปรแกรม ดังรูปที่ 2.10 แสดงให้เห็น 5 ขั้นตอนเกี่ยวกับวงจรของกระบวนการนี้ ในบางครั้งเฉพาะบางกระบวนการเท่านั้นที่ต้องมีการตรวจตราการออกแบบมากกว่า 1 ครั้ง หากผลการทดลองไม่ตรงกับเกณฑ์การออกแบบ คุณสามารถย้อนกลับไปแก้ไขที่ขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นแนวคิดในการวิเคราะห์ (Conceptualization) หรือ ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลอง (Modeling) ซึ่งเป็นช่วงระยะที่แก้ไขปรับปรุงกระบวนการ ดังนั้น 5 ขั้นตอนของวงจรการวิเคราะห์นี้ถือเป็นพื้นฐานของงานวิจัยเล่มนี้เพื่อ

ปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิต เนื้อหาของหัวข้อนี้จะถูกออกแบบมาเพื่อให้มุ่งความสนใจไปที่ ขั้นตอนไฟไนต์เอลิเมนต์ของโปรแกรม 2 ขั้นตอน ในวงจรการวิเคราะห์คือ ขั้นตอนที่ 2 ช่วงการสร้างแบบจำลอง และขั้นตอนที่ 4 ช่วงของผลการทดลอง โดยโปรแกรม MSC. Marc Mentat มีข้อเด่นคือ เป็นเครื่องมือที่ใช้พิสูจน์ปัญหาทางวิศวกรรม และพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ขั้นตอนที่ 2 และ 4 ของวงจรการวิเคราะห์ (The Analysis Cycle) แบบจำลอง และผลลัพธ์การตีความ สำหรับปัญหาทางวิศวกรรม นอกจากนี้โปรแกรม MSC. Marc Mentat ได้รับการเลือกให้ใช้ได้ตามหลักเกณฑ์การวิเคราะห์ทั้ง 2 ข้อดังนี้

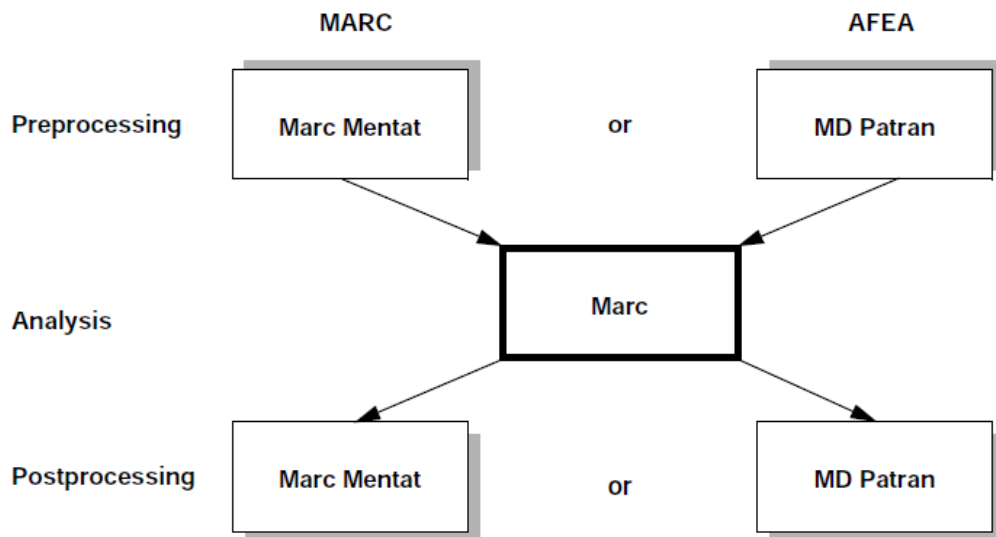
1. เพื่อนำหลายวิธีให้คุณในการสร้างแบบจำลองที่มีความยุ่งยาก
2. เพื่อแสดงประเภทการวิเคราะห์ที่หลากหลาย และให้คุณคุ้นเคยกับความสามารถต่างๆ ของโปรแกรม โปรแกรมจะดำเนินการไปตามวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์เมื่อป้อนข้อมูลเสร็จจะแสดงผลแบบกราฟฟิกส์ และการแสดงการเคลื่อนไหวเพื่อจำลองการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และแสดงผลออกมาเป็นกราฟ นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลออกมาเป็นค่าต่างๆ ทางวิศวกรรมได้อีกด้วย อาทิ ค่าความเค้น ความเครียด การบิดกลับ หรือแม้แต่ความหนาของเอลิเมนต์ ซึ่งถ้าต้องการดูผลเชิงตัวเลขที่แสดงแต่ละเอลิเมนต์แต่ละ โหนดก็สามารถกระทำได้ [26]

การกำหนดเทคนิคแต่ละมิติของวัตถุที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง และแสดงผลลัพธ์ ดังนั้นระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์จึงมีการจัดจำแนกเป็นประเภทตามมิติ และในหลายกรณีความซับซ้อนของแบบจำลองจะสอดคล้องกับมิติ จากนี้คุณสามารถสรุปว่าเมื่อคุณทราบวิธีการแก้ปัญหาแบบ 1 มิติ และ 3 มิติ (One and Three Dimension) อย่างไรก็ตามเอกลักษณ์ที่เป็นคุณสมบัติของวัตถุแบบ 1 มิติ ซึ่งตัวอย่างที่ครอบคลุมรูปแบบของการเชื่อมโยงเครือข่าย (Topology) ดังตัวอย่างเป็นการยากที่จะแสดงเส้นรูปร่างแบบเส้นที่เอลิเมนต์ (Element) กับชนิดทางเรขาคณิต และการวิเคราะห์ ดังเช่น การถ่ายโอนความร้อน การแพร่ของความร้อน สถิติศาสตร์ พลศาสตร์ และการนำไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนี้ในเนื้อหาวิชาที่ต้องใช้จะครอบคลุมเกี่ยวกับวัสดุที่เป็นพื้นฐานที่มีความสำคัญ ซึ่งมีความจำเป็นมาก และง่ายต่อการเข้าถึงคำสั่ง ทำความเข้าใจ และเป็นมิตรกับผู้ที่ทำการใช้งานโปรแกรมเป็นครั้งแรก [26]

2.4.4 ระบบ MSC. Marc Mentat (The MSC. Marc Mentat System) [26]

ระบบของโปรแกรม MSC. Marc Mentat จะมีชุดโปรแกรมอื่นๆ ที่ช่วยสนับสนุนอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมแขนงกลศาสตร์โครงสร้าง การถ่ายเทความร้อน และการวิเคราะห์แม่เหล็กไฟฟ้า โดยจะช่วยในการปรับปรุงพื้นผิว (Surface) ของแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์สวยงามเสียใหม่ ซึ่งระบบของโปรแกรม MSC. Marc Mentat สามารถแสดงดังรูปที่ 2.11 โดยระบบของโปรแกรม MSC. Marc Mentat จะประกอบไปด้วยโปรแกรมต่างๆ ทั้งหมด 5 โปรแกรม ดังนี้

1. MSC. Marc Mentat for Analysis
2. MSC. Marc Mentat หรือ MD Patran for GUI
3. MSC. Marc Mentat or MD Patran
4. Analyze Your Structure (MSC. Marc Mentat)
5. Graphically Depict the Results (MSC. Marc Mentat or MD Patran)



รูปที่ 2.11 ระบบของโปรแกรม MSC. Marc Mentat [26]



รูปที่ 2.12 หน้าต่างของโปรแกรม MSC. Marc Mentat [12]

MSC. Marc Mentat สำหรับการวิเคราะห์ (MSC. Marc Mentat for Analysis)

โปรแกรม MSC. Marc Mentat สามารถใช้วิเคราะห์ความเค้นแบบเชิงเส้นหรือไม่เชิงเส้นได้ทั้งแบบคงที่สถิตยศาสตร์ (Static) และการเคลื่อนที่พลศาสตร์ (Dynamic) รวมถึงการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) และการวิเคราะห์แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Analysis) ความสัมพันธ์ผลลัพธ์ที่ได้กับแรงที่มากกระทำ (Nonlinearities) อาจเกี่ยวเนื่องจากพฤติกรรมของวัสดุ (Material Behavior) การเสียรูปร่างโครงสร้างขนาดใหญ่ (Large Deformation) หรือ ขอบเขตเงื่อนไข (Boundary Conditions) ปัญหาทางกายภาพใน 1 มิติ 2 มิติ หรือ 3 มิติ รูปร่างของเอลิเมนต์ที่ใช้จะมีความแตกต่างกัน เอลิเมนต์เหล่านี้รวมถึงเอลิเมนต์แบบโครงถัก (Trusses) แบบเส้นตรง (Beams) แบบผนังแผ่น (Shell) และแบบปริมาตรตัน (Solids) [26]

MSC. Marc Mentat or MD Patran for GUI [26]

Marc Mentat เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สนับสนุนต่อการเตรียมการ และกระบวนการข้อมูลสำหรับใช้กับระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์ จากการสนับสนุนของคอมพิวเตอร์ สามารถช่วยลดภาระของมนุษย์ในการวิเคราะห์ระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์ การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟฟิกส์นี้ช่วยในการปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบข้อมูลที่มีความเชื่อมโยงในปริมาณที่มาก ข้อสำคัญของ MSC. Marc Mentat คือคุณสามารถติดต่อโดยตรงกับโปรแกรม ซึ่งสามารถป้อนข้อมูลยืนยันข้อมูลได้ทางคีย์บอร์ด และยังแสดงข้อเสนอแนะกลับมายังผู้ใช้งาน หรือ มีการเตือนเมื่อโปรแกรมทำการตรวจสอบจนกระทั่งพบปัญหา นอกจากนี้โปรแกรมยังทำการตรวจสอบข้อมูลไฟล์ที่ป้อนเข้าไป อีกทั้งสร้างคำเตือนที่เกี่ยวกับการชี้แจงข้อมูลถ้าโปรแกรมเกิดความไม่แน่ใจขัดข้องในการประมวลผลข้อมูล ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานเห็นถึงความชัดเจนของการเปลี่ยนการสร้างข้อมูลที่นำเข้าไป นอกจากนี้โปรแกรม MSC. Marc Mentat ยังช่วยให้คุณให้เห็นถึงความชัดเจนในการตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ผู้ใช้งานป้อนเข้าไป กระบวนการที่โปรแกรมสามารถกระทำได้อต่อ Mesh ทั้งแบบ 2 และ 3 มิติมีดังนี้

1. สร้าง และแสดงกลุ่มของเอลิเมนต์ (Generate and Display a Mesh)
2. สามารถสร้างเงื่อนไข และกำหนดภาระ (Loads) ที่มากกระทำได้ (Generate and Display - Boundary Conditions and Loadings)
3. ดำเนินการเพื่อสร้างเส้น รูปร่าง และสามารถแสดงประวัติการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในขั้นตอนนำเสนอกระบวนการ (Post Processing)

สำหรับขั้นตอนการเตรียมกระบวนการ (Pre Processing) โดยคำสั่ง MESH GENERATION ในส่วนกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) ซึ่งข้อมูลที่มีส่วนประกอบในการประมวลผลกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) มีข้อมูลทั้งหมดดังต่อไปนี้ (The Data That is Processed Includes)

1. พิกัดของโหนด (Nodal Coordinates)
2. การเชื่อมต่อเอลิเมนต์ (Element Connectivity)

3. เงื่อนไข ขอบเขต โหนด (Nodal Boundary Conditions)
4. ระบบพิกัด โหนด (Nodal Coordinate Systems)
5. สมบัติเอलिเมนต์วัสดุ (Element Material Properties)
6. สมบัติเรขาคณิตเอลิเมนต์ (Element Geometric Properties)
7. ภาระที่กระทำเอลิเมนต์ (Element Loads)
8. การตั้งค่าเอลิเมนต์ โหนด (Element and Nodal Setting)

โครงสร้างของ MSC. Marc Mentat (Structure of MSC. Marc Mentat) [26]

โปรแกรม MSC. Marc Mentat มีคลัง (Library) ที่ครอบคลุมถึง 4 ส่วนใหญ่ๆ ที่ทำให้โปรแกรมสามารถประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย โดยคลังของโปรแกรมนี้อาจจะจำกัควงอยู่ที่ระเบียบการข้อปฏิบัติของทางด้านโครงสร้าง (Structure Procedure) วัสดุ (Materials) และเอลิเมนต์ (Elements) และฟังก์ชันของโปรแกรม (Program Functions) เนื้อหาคลังจะมี 4 หัวข้อและคลังของโปรแกรมแต่ละคลังจะมีความแตกต่างกันสามารถอธิบายไว้ดังนี้

1. แนวทางการปฏิบัติของคลัง (Procedure Library) วงจำกัดของคลังในส่วนข้อปฏิบัติด้านโครงสร้างอาทิเช่น สถิตยศาสตร์ (Static) พลศาสตร์ (Dynamic) ครีป (Creep) การโก่ง (Buckling) การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) กลศาสตร์ของไหล (Fluid Mechanics) การนำไฟฟ้า การวิเคราะห์แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Analysis) แนวทางการปฏิบัติของคลังเพื่อความสะดวกสอดคล้องกับกายภาพทางโครงสร้างที่หลากหลาย ดังนั้นโปรแกรมจึงควบคุมผู้ให้ใช้งานในส่วนโมดูลที่อนุญาตให้ใช้อาทิเช่น การเคลื่อนที่พลศาสตร์แบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear Dynamic) และการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Analysis)

2. คลังวัสดุ (Materials Library) ในกรณีนี้คลังวัสดุจะรวมไปถึงวัสดุหลายๆ แบบดังที่แสดงวัสดุทางวิศวกรรมหลายชนิดมากที่สุดตัวอย่างเช่น พฤติกรรมที่ไม่ยืดหยุ่นของโลหะ การแปดเปื้อนปนเปื้อนของโลหะ และวัสดุที่เป็นยาง สมบัติของวัสดุหลายชนิดแสดงออกเป็นแบบไม่เชิงเส้นดังตัวอย่างเช่น กรณีที่วัสดุเปลี่ยนรูปร่างไปอย่างถาวรโดยผิววัสดุไม่มีการนิกขาด หรือ แตกหัก จัดว่ามีเป็นแบบพลาสติก (Plasticity) วัสดุที่มีสมบัติเหนียวหนืด (Viscoelasticity) และวัสดุที่มีความยืดหยุ่นแบบยาง (Hypoelasticity) รวมทั้งวัสดุที่ยืดหยุ่นแบบเชิงเส้น (Linear Elasticity) บางทีอาจเป็นวัสดุที่มีสมบัติขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

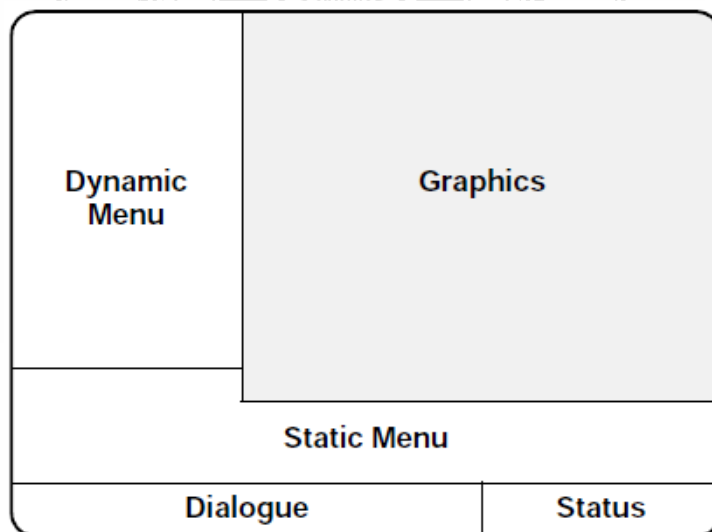
3. คลังเอลิเมนต์ (Element Library) ในกรณีนี้คลังของเอลิเมนต์จะมีเอลิเมนต์มากกว่า 200 เอลิเมนต์ที่ส่วนนี้คุณต้องเลือกรูปทรงเรขาคณิตมาช่วยในการตัดสินใจในการเลือกใช้เอลิเมนต์ภายใต้เงื่อนไขภาระที่กระทำทั้งแบบเชิงเส้น และไม่เชิงเส้น โดยเอลิเมนต์จะถูกแบ่งตามจุดโหนดโดยมีรูปแบบการเลือกคือ เอลิเมนต์แบบอัตโนมัติ และเอลิเมนต์ที่สามารถกำหนดขนาด รูปร่าง และลักษณะเองได้โดยใช้ระยะของโหนดเป็นตัวกำหนด และควบคุมเป็นหลัก

4. คลังฟังก์ชันโปรแกรม (Program Function Library) ในกรณีนี้คลังฟังก์ชันโปรแกรมดังกล่าว การคัดแยกการประกอบ (Selective Assembly) โปรแกรมได้รับการออกแบบด้านการเพิ่มความเร็วและเหมาะสมง่ายต่อการใช้วิเคราะห์งานซึ่งเป็นมิตรกับผู้ใช้งาน จากคลังทั้งสี่ที่รวมเป็นส่วนประกอบในโปรแกรม MSC. Marc Mentat ของผู้ใช้งานทำให้เป็นเครื่องมือที่สามารถปรับปรุงแก้ไขปัญหาทางด้านกลศาสตร์โครงสร้างได้เกือบทุกปัญหา

2.4.5 กลไกของ MSC. Marc Mentat (Mechanics of MSC. Marc Mentat) [26]

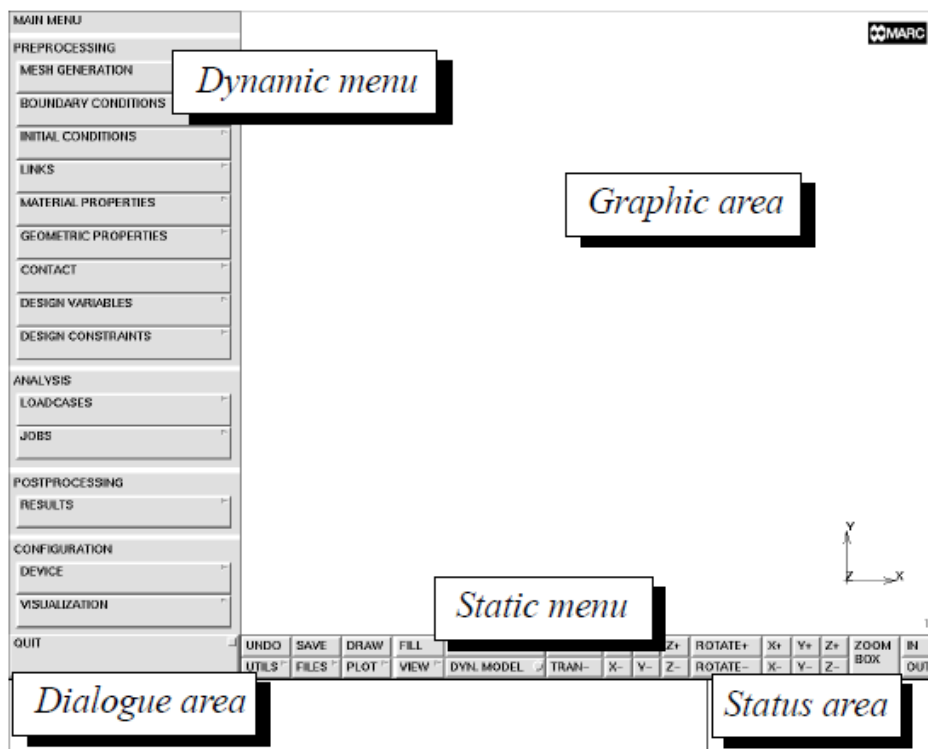
ก่อนที่จะเริ่มต้นใช้โปรแกรม MSC. Marc Mentat คุณจำเป็นต้องทราบวิธีสื่อสารกับทางโปรแกรมเสียก่อน ดังเช่น การสื่อสารโดยการพิมพ์คำสั่งลงที่บริเวณกล่องโต้ตอบโดยคำสั่ง (Command) บริเวณพื้นที่ของบทสนทนา (Dialogue) หรือ การสื่อสารโดยใช้กราฟของสมบัติวัสดุ หรือแม้แต่การป้อนสมการสมบัติวัสดุลงในตารางสมบัติวัสดุ (Tables) ฯลฯ โดยจุดประสงค์ของหัวข้อนี้คือ ต้องการให้ทราบภาพรวมการทำงานของโปรแกรม MSC. Marc Mentat และเพื่อให้ทราบข้อมูลพื้นฐานที่สามารถติดต่อสื่อสารกับโปรแกรมได้อย่างสะดวก ซึ่งเมื่อผ่านหัวข้อนี้แล้วคุณจะเข้าใจการทำงาน ระบบดังต่อไปนี้

1. รูปแบบพื้นฐานของหน้าต่าง (The Basic Window Layout) เป็นจุดเริ่มต้นของการติดต่อสื่อสารทั้งหมดดังรูปที่ 2.13 นั้นปรากฏเมื่อคุณเริ่มต้นเปิดโปรแกรม MSC. Marc Mentat ซึ่งหน้าต่างของโปรแกรมที่ปรากฏบนหน้าจอของคุณจะถูกแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ ในส่วนกราฟฟิก (Graphic) ใช้แสดงผลการปฏิบัติงานในขั้นตอนต่างๆ ผลการวิเคราะห์ ในส่วนเมนู (Menu) ใช้ในการป้อนคำสั่ง ในส่วนบทสนทนา (Dialogue) ใช้โต้ตอบสื่อสาร และป้อนคำสั่งใช้งานเชิงตัวเลข และสมการสมบัติของวัสดุ



รูปที่ 2.13 หน้าต่างพื้นฐานของโปรแกรม MSC. Marc Mentat [26]

พื้นที่กราฟฟิกส์จะใช้เพื่อแสดงสถานะปัจจุบันของฐานข้อมูล เมื่อคุณเริ่มต้นเปิดโปรแกรม MSC. Marc Mentat พื้นที่กราฟฟิกส์นี้จะเป็นที่ว่างเปล่าเพื่อแสดงให้เห็นฐานข้อมูลที่ยังว่างอยู่ พื้นที่เมนูมีไว้เพื่อแสดงรายการย่อยของเมนูโปรแกรม และแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ ออกเป็น 2 ส่วนคือ เมนูแบบคงที่ และเมนูแบบไดนามิกส์ ซึ่งเนื้อหาของเมนูรายการแบบไดนามิกส์จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเมนูรายการถูกเลือก ในทางตรงกันข้ามเมนูแบบคงที่จะมีรายการที่อยู่กับที่ไม่เปลี่ยนแปลงเนื้อหาเมื่อถูกเลือกตลอดเวลา พื้นที่สนทนาจะเป็นพื้นที่ที่เลื่อนได้ประมาณ 5 บรรทัดจะปรากฏเมื่อเกิดการสนทนาได้ตอบกับโปรแกรม การแจ้ง การเตือนของโปรแกรม และเป็นพื้นที่ที่ผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูล หรือ คำสั่ง บริเวณพื้นที่สนทนาเป็นบริเวณที่สงวนไว้เพื่อการสื่อสารสำหรับผู้ใช้งานกับโปรแกรม โดยการทำงาน ความพร้อมในการทำงานจะแสดงในพื้นที่นี้เพื่อให้เห็นถึงสถานะของโปรแกรม [26]



รูปที่ 2.14 พื้นที่หลักๆ ของโปรแกรม (กราฟฟิกส์ เมนู บทสนทนา) [12]

2.4.6 ข้อมูลเบื้องหลังของโปรแกรม (MSC. Marc Mentat Background Information)

วัตถุประสงค์ของหัวข้อนี้คือการให้ภาพรวมของคุณสมบัติ และลักษณะที่พบได้บ่อยของโปรแกรม MSC. Marc Mentat ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะมีผลตลอดช่วงของการใช้โปรแกรม ซึ่งจะพบว่ามีประโยชน์ที่ใช้ข้อมูลในหัวข้อนี้ เพราะมีส่วนช่วยให้การทำงานที่มีปัญหาผ่านไปได้ด้วยดี เช่น คุณลักษณะของลำดับขั้นตอนการเตรียมกระบวนการ (Pre Processing) ขั้นตอนการวิเคราะห์

(Analysis) ขั้นตอนการนำเสนอกระบวนการ (Post Processing) ตามกระบวนการไฟไนต์เอลิเมนต์ของโปรแกรม MSC. Marc Mentat โดยหัวข้อที่กล่าวมิดังนี้ [26]

1. การกำเนิดกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh Generation)

- เอกลักษณ์กลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh Entities)
- เอกลักษณ์เรขาคณิต (Geometric Entities)
- เทคนิคการสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์โดยตรง (Direct Meshing Technique)
- การสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์โดยเรขาคณิต (Geometric Meshing Technique)

2. เงื่อนไขขอบเขต สภาพเริ่มต้น และการเชื่อมโยง (Boundary Conditions , Initial Conditions and Links)

3. สมบัติวัสดุ และสมบัติทางเรขาคณิต (Material and Geometric Properties)

4. การสัมผัส การเชื่อมโยง (Contact)

5. การตีความผลลัพธ์ (Results Interpretation)

2.4.7 การสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh Generation)

ขั้นตอนการเตรียมกระบวนการเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ในกระบวนการวิเคราะห์ขั้นตอนการเตรียมกระบวนการจะเป็นขั้นตอนที่มีความซับซ้อนยุ่งยากและเสียเวลามากที่สุดด้วยเหตุผลที่ว่า เป็นช่วงสำคัญของแนวความคิดในการตัดสินใจของการเตรียมกระบวนการดังรูปที่ 2.10 วงจรการวิเคราะห์ (The Analysis Cycle) ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ที่แน่ชัดของการวิเคราะห์ และเพื่อให้ทราบว่าผลการทดลอง ค่าตอบของสิ่งที่คุณกำลังหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เงื่อนไขต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ โปรแกรม MSC. Marc Mentat จำแนกเทคนิควิธีการสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์ไว้ 2 แบบ วิธีการแรกเป็นการสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) โดยวิธีการโดยตรง หรือ วิธีการตามคู่มือการสร้างของโปรแกรม (Direct or Manual Approach) วิธีการที่สองเป็นวิธีการทางเรขาคณิต (Geometric Approach) การสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์สองเทคนิคนี้อยู่แยกจากกันไม่ได้ และผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจะได้จากการสลับเปลี่ยนหมุนเวียนกันระหว่างสองเทคนิคหลักเกณฑ์ของวิธีการหนึ่งต่อไปนี้จะช่วยให้ง่ายต่อการสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) [26] นอกจากนี้เอกลักษณ์กลุ่มของเอลิเมนต์ หรือเอกลักษณ์เอลิเมนต์ (Mesh Or Element Entities) แสดงดังรูปที่ 2.15

1. วางแผนแบบจำลองของคุณ (Plan Your Model) คือใช้เวลาในการวางแผนแบบจำลองอย่างรอบคอบ และกำหนดรูปแบบกระบวนการ แผนการ เพื่อประหยัดเวลาอีกทั้งประหยัดทรัพยากร

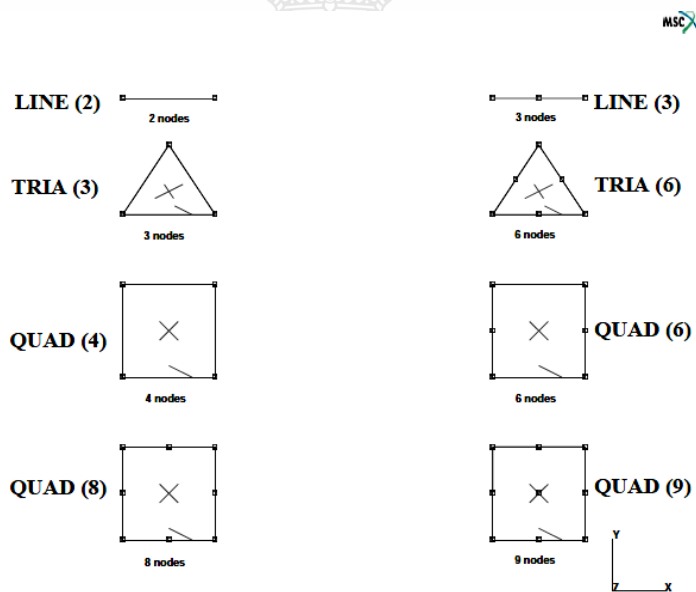
2. ค้นหาความสมมาตร และการทำสำเนา (Look for Symmetry and Duplication) คือหลายๆ โครงสร้างในแบบจำลองแสดงออกมาในรูปแบบที่มีความสมมาตร ให้คุณมองหาส่วนประกอบอย่างง่ายของแบบจำลองและมองหาส่วนอื่นๆ ที่เหมือนกันแล้วทำการทำสำเนาให้มีความสมมาตรกัน

3. การตัดสินใจเลือกจุดกำเนิด (Select a Logical Origin) คือเขียนมุมซ้ายล่างของแบบจำลอง หรือไม่ตำแหน่งที่ดีที่สุดคือเขียนที่จุดกำเนิด (Origin) โดยทั่วไปการเลือกจุดกำเนิดเพื่อสร้างแบบจำลองมักนิยมเลือกใช้จุดศูนย์ และควบคุมทิศทางของเส้นด้วยค่าบวก และค่าลบ และขนาดของเส้นต่างๆ โดยจุดกำเนิดแกน X และ Y จะถูกกำหนดให้เป็น 0 และ 0 ซึ่งเป็นการกำหนดแบบ 2 มิติ เท่านั้น ส่วนจุดกำเนิดที่เป็นแบบ 3 มิติจะถูกกำหนดเป็น X, Y และ Z ดังนี้ 0, 0 และ 0

4. ตรวจสอบแบบจำลองที่จะทำให้การสร้างแบบจำลองสะดวกสบายยิ่งขึ้น

5. ตัดสินใจเลือกระบบพิกัด (Choose a Logical Coordinate System) เริ่มต้นระบบพิกัดในโปรแกรม MSC. Marc Mentat เป็นสี่เหลี่ยม มุมฉากคาเทเชียน ทรงกระบอก ทรงกลม บางที่ความเหมาะสมของระบบพิกัดอาจขึ้นอยู่กับโปรแกรมบางรุ่น

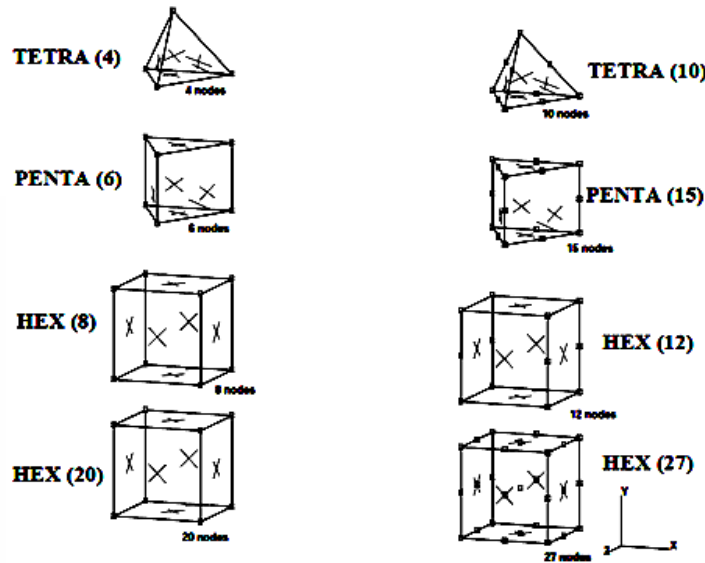
6. สร้างกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) 1 มิติ 2 มิติ และ 3 มิติ (Create Mesh 1-D and 2-D before 3-D) สำหรับงานโครงสร้างที่มีจำนวนมาก กลยุทธ์ที่ดีที่สุดคือการสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) คือขั้นแรกสร้างแบบ 1 และ 2 มิติ สุดท้ายพัฒนาเป็นแบบ 3 มิติ



รูปที่ 2.15 เอกลักษณะของเอลิเมนต์ [26]

เอกลักษณะของกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) ทั้งสองชนิดจะมีความโดดเด่นที่ โหนด (Nodes) และเอลิเมนต์ (Element) โดย โหนด (Nodes) จะมีลักษณะแบบ 3 พิกัด (Three Coordinates) และมีสัญลักษณ์เป็นรูปสี่เหลี่ยมบนหน้าจอ โปรแกรมเมื่อ โหนดมีความเกี่ยวข้องกับรูปทรงเรขาคณิต สัญลักษณ์วงกลมก็จะถูกใช้ขึ้นมาแทนที่ ส่วนเอลิเมนต์จะประกอบด้วยเส้น และผิวหน้าของเอลิเมนต์ และมีการกำหนดลำดับของ โหนด มีจำนวนเส้น จำนวนผิวหน้า จำนวน โหนด โปรแกรม MSC. Marc

Mentat มีความหลากหลายจากการใช้ประโยชน์ในองค์ประกอบดั่งรูป เมื่อเอลิเมนต์ (Element) ถูกวาดในโหมดของโครงลวด (Wire Frame) ผิวหน้าจะแสดงเครื่องหมายจิกดากบาท [26]



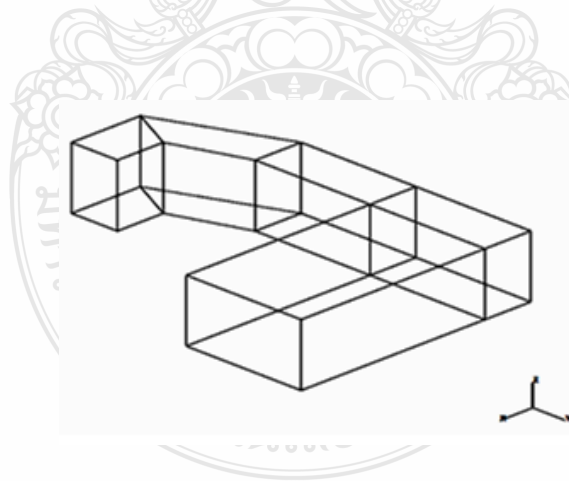
รูปที่ 2.16 ชนิดเอลิเมนต์ [26]

ในระหว่างการสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) โปรแกรมไม่จำเป็นต้องตัดสินใจเกี่ยวกับชนิดของเอลิเมนต์ที่ถูกใช้ เพียงแต่ในขั้นตอนนี้การจัดพวกแบ่งชั้นของเอลิเมนต์มีความสำคัญมาก

เอกลักษณ์ทางเรขาคณิต (Geometric Entities) จะกล่าวถึงการสร้างแบบจำลองที่ส่งผลถึงการสร้าง ซึ่งแบบจำลองนั้นจะประกอบด้วยจุด เส้นโค้ง พื้นผิว และปริมาตรตันของแบบจำลองซึ่งถือเป็นเทคนิคในการสร้าง ด้วยการสร้างแบบจำลองโดยใช้เส้นในส่วนของจุดนั้นมีลักษณะเป็น 3 พิกัดจะแทนด้วยสัญลักษณ์ (+) บนหน้าจอ เส้นสามารถกำหนดได้โดยการใช้เส้นดังต่อไปนี้ เส้นตรง เส้นอิสระ เส้นสัมผัสวง ส่วนโค้ง วงกลม ฯลฯ ในส่วนของการสร้างแบบจำลองโดยพื้นผิวปัจจุบันนี้ โปรแกรม MSC. Marc Mentat ถึงผลลัพธ์ที่จะตามมาของประเภทของพื้นผิว สามารถระบุกำหนดกฎเกณฑ์ของพิกัดควบคุมชนิดของพื้นผิวรูปทรงสี่เหลี่ยม ทรงกระบอก ทรงกรวย ฯลฯ ได้ อย่างเช่น พื้นผิวของรูปสี่เหลี่ยมเป็นพื้นผิวที่เรียบง่ายที่สุดโดยการกำหนดพิกัดไว้เพียง 4 จุด พื้นผิวทรงกรวยจะมีการกำหนดพิกัดบนแกน 2 จุดและรัศมี 2 จุด และตัวอย่างสุดท้ายเช่นพื้นผิวของทรงกลมจะกำหนดพิกัดไว้ที่จุดศูนย์กลางกับรัศมี นอกจากนี้ยังสามารถสร้างพื้นผิวของแบบจำลองในลักษณะที่หมุนโคจรรอบแกนต่างๆ ได้เรียกวิธีการนี้ว่า การหมุนโคจรรอบแกน (Revolve) ในส่วนของแบบพื้นผิวปริมาตรตันจะขึ้นกับจำนวนด้านของปริมาตรตันซึ่งพื้นผิวจะมีขอบเขตอยู่ติดกับขอบปริมาตรตัน ซึ่งโปรแกรมจะเน้นพื้นฐานของของแข็ง 5 ประเภทคือ แบบก้อน แบบทรงกระบอก แบบทรงกลม แบบ

โดนนัท แบบปริซึม สำหรับแบบก่อนจะมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมซึ่งสามารถระบุจุดมุมพิกัดได้ และเป็นแบบ 3 มิติ ส่วนแบบทรงกระบอกก็จะเป็นแบบปริมาตรตันซึ่งอาจรวมถึงรูปทรงกรวยด้วย ซึ่งสามารถกำหนดได้ทั้งในแนวแกน และรัศมีด้วย ส่วนปริมาตรตันทรงกลมสามารถกำหนดได้ที่เส้นศูนย์กลางและรัศมี ส่วนปริมาตรตันแบบโดนนัทสามารถกำหนดได้โดยใช้เส้นศูนย์กลาง และรัศมีทั้ง 2 อัน สุดท้ายแบบปริซึมกำหนดโดยใช้จุดแกนทั้ง 2 รัศมี และจำนวนด้านของปริซึม ในการสร้างแบบจำลองแบบปริมาตรตันต้องเข้าใจพื้นฐานแรกๆ ที่ควรทราบคือกระบวนการสร้างแบบรวมให้เป็นก้อนเดียวกันเนื้อเดียวกัน (Unite) การตัด หรือลบส่วนของแบบจำลองที่ไม่ต้องการออก (Subtract) การเนื้องานของแบบจำลองที่เหมือนกันใช้ร่วมกัน (Intersect) นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงแบบจำลองได้ด้วย (Chamfer) ในการลบคม และใช้ (Fillet , Blend) ในการทำส่วนโค้ง [26]

เทคนิคการก่อกำเนิดกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) โดยตรง (The Direct Meshing Technique) แรกเริ่มเดิมที Mesh ที่ถูกสร้างจากการรวมกลุ่มก้อนก่อนของเอลิเมนต์ หลายเอลิเมนต์นั้นยังมีความหยาบ (Coarse Mesh) อยู่แต่ในภายหลังจากที่ได้ขัดเกลารับแต่งโดยเครื่องมือของโปรแกรม MSC. Marc Mentat เพื่อใช้วัตถุประสงค์นี้โดยเฉพาะ ซึ่งเหมาะสมกับโดเมน (Domain) กับเรขาคณิตอย่างง่าย โดยแท้จริงเทคนิคนี้กลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) เกิดโดยการปรับแต่งจากผู้ใช้แต่ส่วนใหญ่กลุ่มของเอลิเมนต์ที่ต้องการใช้งานก็ยังหยาบอยู่ เมื่อคุณได้สร้างแบบจำลองขึ้นมาแบบหยาบๆ คุณสามารถแก้ไขขัดเกลารับแต่งเฉพาะส่วนได้ไปจนถึงระดับที่ผู้ใช้งานต้องการ โดยใช้หน่วยประมวลผลแยกย่อย นอกจากนี้คุณยังสามารถขยายรูปแบบแบบจำลองไปยังมิติที่สูงกว่าการใช้เครื่องประมวลผลขยาย [26]



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) ที่หยาบ [26]

กระบวนการก่อกำเนิดกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) โดยตรงของโปรแกรม MSC. Marc Mentat จะมีลำดับขั้นตอนของระเบียบการ 3 ข้อดังต่อไปนี้

1. พิกัด (Coordinates) ในการสร้างพิกัดต้องมีความถูกต้องใกล้เคียงกัน และการติดต่อเชื่อมโยงกันอย่างถูกต้อง ซึ่งต้องทำการปรับแต่งเอลิเมนต์ทั้งหลาย (Elements) ที่แสดงในขั้นตอนแรกเท่าที่จำเป็น

2. แก้ไขปรับปรุงขอบเขตของโหนด (Nodes) เพื่อให้ขอบเขตของโหนดที่ตรงพิคัดที่ต้องการบนเส้นรอบรูปชิ้นงาน

3. จัดสรรภายในพิคัดใหม่เพื่อสร้างบรรทัดฐานรูปร่างของเอลิเมนต์ที่มีความเหมาะสม หรือ เป็นการคลายตัวให้กับเอลิเมนต์

เทคนิคทางเรขาคณิตของกลุ่มเอลิเมนต์ (The Geometric Meshing Technique) รูปทรงเรขาคณิตเป็นเอกลักษณ์ที่โดดเด่นของกลุ่มเอลิเมนต์แทนที่จะเป็นการสร้างรูปทรงพื้นฐานที่รวมกันเป็นก้อน ในโปรแกรม MSC. Marc Mentat เอกลักษณ์ลักษณะเด่นของรูปทรงเรขาคณิตที่สามารถหาและใช้ประโยชน์ได้คือ จุด เส้นโค้ง พื้นผิว และปริมาตร และเมื่อแบบทางรูปทรงเรขาคณิตเสร็จ จุด เส้นโค้ง พื้นผิว ปริมาตร จะถูกแปลงให้เป็นลักษณะเอกลักษณ์หนึ่งของกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่มีความยุ่งยากซับซ้อนยิ่งกว่าวิธี (The Direct Meshing Technique) มันมีความเชื่อมโยงเกี่ยวกับระดับชั้นทางรูปทรงเรขาคณิตกันอย่างเป็นพิเศษ อย่างไรก็ตามข้อที่เห็นเด่นชัดของเทคนิคของกลุ่มเอลิเมนต์ทางเรขาคณิตคือความซับซ้อนที่มีมากขึ้น แต่สิ่งที่มาชดเชยข้อเสียนี้คือเกิดความยืดหยุ่นในการสร้างของกลุ่มเอลิเมนต์โดยเฉพาะรูปทรงเรขาคณิตที่ซับซ้อน สิ่งที่สำคัญคือความแตกต่างของเอกลักษณ์ลักษณะของกลุ่มเอลิเมนต์ได้จากรูปทรงเรขาคณิตดังตัวอย่างเช่น เส้นเอลิเมนต์จากการต่อกันที่จุดโหนด 2 จุด จะไม่เหมือนกับเส้นของเอลิเมนต์ที่เกิดจากเส้นโค้ง (Line Curve) เส้นเดี่ยว และโหนดนั้นก็ยังมีลักษณะที่ไม่เหมือนกับจุด [26]

การเปลี่ยนแปลง (Convert) การเปลี่ยนของกลุ่มเอลิเมนต์แบบจำลองทางเรขาคณิตบางที่การแปลงลักษณะทางเรขาคณิตของไฟไนต์เอลิเมนต์ตัวอย่างเช่น เส้นโค้งสามารถแปลงเป็นเอลิเมนต์เส้น พื้นผิวสามารถแปลงเป็นเอลิเมนต์รูปสี่เหลี่ยม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการแปลงที่เป็นไปได้ดังนี้ [26]

1. จุด (Point) กลายเป็น โหนด (Node)
2. เส้นโค้ง (Curve) กลายเป็น เอลิเมนต์เส้น (Line Elements)
3. พื้นผิว (Surface) กลายเป็น เอลิเมนต์รูปสี่เหลี่ยม (Quadrilateral Elements)

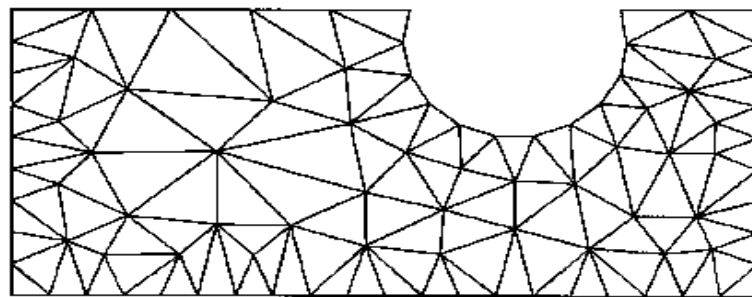
กลุ่มของเอลิเมนต์อัตโนมัติ (Auto Mesh) ในโปรแกรมมีความสามารถในการสร้างแบบอัตโนมัติบนของแข็ง บนพื้นผิว และแบบ 2 มิติ ซึ่งการจัดเรียงให้เป็นระเบียบเรียบร้อยบนพื้นผิวโดย Mesh จะสร้างที่เส้นรอบรูปชิ้นงาน และเชื่อมต่อกันด้วยจุดโหนด ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะอย่างไรนั้นจะขึ้นกับเส้นรอบรูป ลักษณะของแบบจำลอง ซึ่งมีขั้นตอน 3 ขั้นตอน ที่ความพิจารณาดังนี้

1. การกำจัดออกตัดออก หรือ ปรับปรุงเส้นโค้ง ส่วนโค้งที่ได้มาจากโปรแกรม CAD (Clean up and Repair of the Curves Coming From a CAD Tool)
2. การติดตั้ง และควบคุมความหนาแน่นของกลุ่มของเอลิเมนต์ (Set the Curve Divisions Which Basically Controls the Mesh Density)
3. การกำเนิดของกลุ่มเอลิเมนต์แบบอัตโนมัติ (Automatic Generation of the Mesh)

ในการสร้างกลุ่มเอลิเมนต์แบบอัตโนมัติบนพื้นผิวของแข็ง หรือบริเวณภายในเส้นรอบรูปของชิ้นงานที่สร้างขึ้น โดยที่โปรแกรม MSC. Marc Mentat จะสร้างขึ้นให้โดยอัตโนมัติ โดยกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) ที่สร้างจะมีความแตกต่างดังนี้

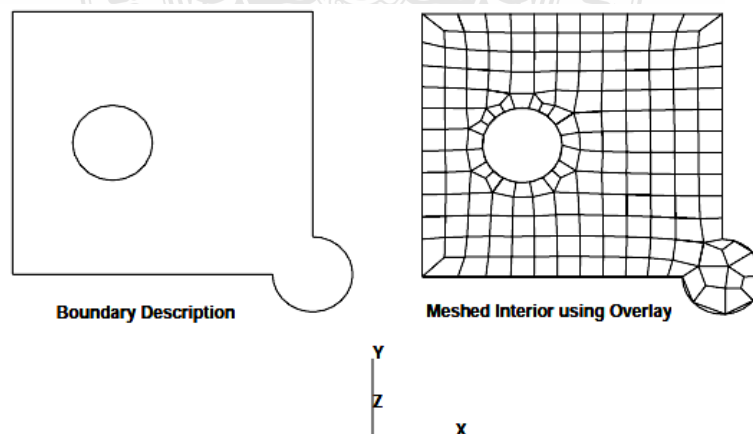
1. การสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์แบบ 2 มิติ (2-D Planar Meshing)
2. การสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์แบบพื้นผิว (Surface Meshing)
3. การสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์แบบปริมาตรตัน (Solid Meshing)

กลุ่มของเอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยม (Tri Mesh) จะถูกทำให้เกิดขึ้นโดยเอลิเมนต์ที่มีรูปร่างเป็นแบบสามเหลี่ยมโดยเชื่อมต่อกันด้วยจุดโหนดทั้งหมด 3 จุด ดังรูปที่ 2.18

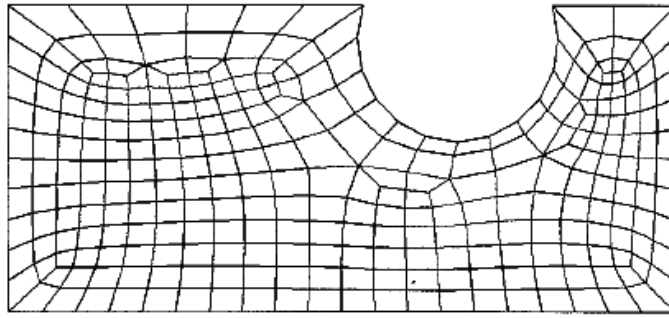


รูปที่ 2.18 กลุ่มของเอลิเมนต์ที่เป็นแบบสามเหลี่ยม (Triangular Mesh) [26]

กลุ่มเอลิเมนต์แบบสี่เหลี่ยม (Quad Mesh) เกิดจากการสร้างขึ้นด้วยเอลิเมนต์ที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมบนพื้นผิวหน้าของแข็ง บนระนาบของส่วนที่ถูกตัด หรือ ส่วนโค้ง โดยช่องสี่เหลี่ยมย่อยๆ หรือ เอลิเมนต์นี้จะถูกนำมาต่อกัน

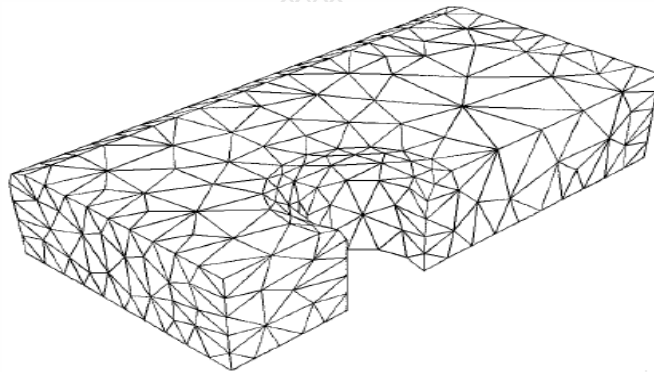


รูปที่ 2.19 Overlay Mesh [26]



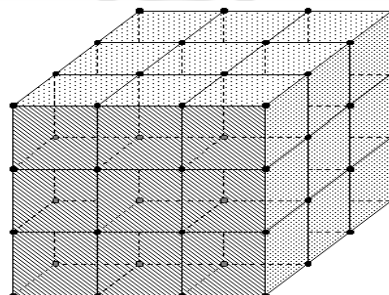
รูปที่ 2.20 กลุ่มเอลิเมนต์ที่เป็นแบบสี่เหลี่ยม (Quadrilateral Mesh) [26]

Tet Mesh เกิดจากเอลิเมนต์ที่มีรูปทรง 3 มิติแบบ Tetrahedral ที่ปริมาตรของแข็ง หรือ ขอบเขตปริมาตรเป็นเอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยม แล้วนำเอลิเมนต์แบบ Tetrahedral มาเรียงต่อกันโดย เชื่อมกันด้วยจุดโหนดจนกระทั่งกลายเป็นเอลิเมนต์



รูปที่ 2.21 กลุ่มของเอลิเมนต์แบบ Tetrahedral (Tetrahedral Mesh) [26]

Hex Mesh เกิดจากเอลิเมนต์ที่มีรูปทรง 3 มิติแบบของแข็งเรียกว่า Hexahedral ใช้กับ แบบจำลองที่มีปริมาตรเป็นของแข็ง แล้วนำเอลิเมนต์แบบ Hexahedral มาเรียงต่อกันโดยเชื่อมกันด้วย จุดโหนดจนกระทั่งกลายเป็นเอลิเมนต์



รูปที่ 2.22 กลุ่มของเอลิเมนต์แบบ Hexahedral (Hexahedral Mesh) [12]

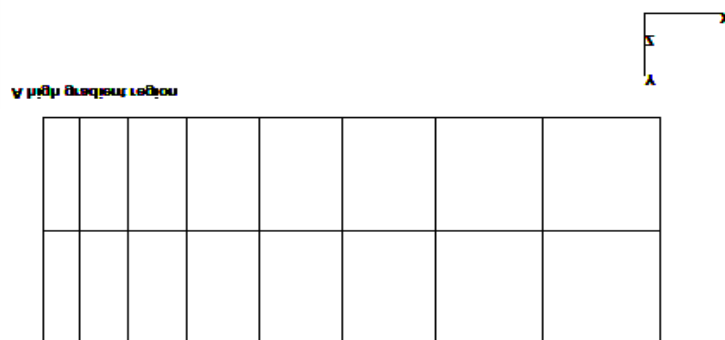
อะไรคือกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) ที่ดี (What Constitutes a Good Mesh?) เอลิเมนต์ที่มีรูปร่างที่เหมาะสม มีข้อผิดพลาดน้อยในการคำนวณทางเรขาคณิตด้วยโปรแกรม หรือ ไม่มีข้อผิดพลาดเลยกลุ่มของเอลิเมนต์จะดีมากถ้าหากว่าเอลิเมนต์มีมุมเท่ากันทุกด้าน อีกทั้งเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม (Quadrilateral Always Squares) เสมอ หรือเป็นแบบ Hexahedral ก็เป็นรูปทรงนี้เสมอ (Hexahedral Always Cubes) อย่างไรก็ตามแทบจะเป็นไปไม่ได้เลยที่เอลิเมนต์จะเป็นไปตามอุดมคติที่กล่าวข้างต้นเมื่อแบบจำลองมีความซับซ้อน เพราะฉะนั้นจึงแนะนำให้เลือกใช้เอลิเมนต์ หรือ กลุ่มของเอลิเมนต์ให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ และรูปทรงรูปร่างของแบบจำลอง ซึ่งรวมไปถึงขนาดด้วย [26]

ลักษณะอัตราส่วน (Aspect Ratio ; AR) ลักษณะอัตราส่วนเอลิเมนต์คือ ผลหารระหว่างความยาวสูงสุด และความสั้นที่สุดของมิติเอลิเมนต์โดยอัตราส่วนนี้กำหนดให้มากกว่า หรือ เท่ากับหนึ่ง ถ้าลักษณะของอัตราส่วนเท่ากับหนึ่ง ถือว่าเป็นอุดมการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวัด ช่วงที่สามารถยอมรับได้ของเอลิเมนต์ที่ขึ้นอยู่กับแต่ละปัญหามิดังนี้

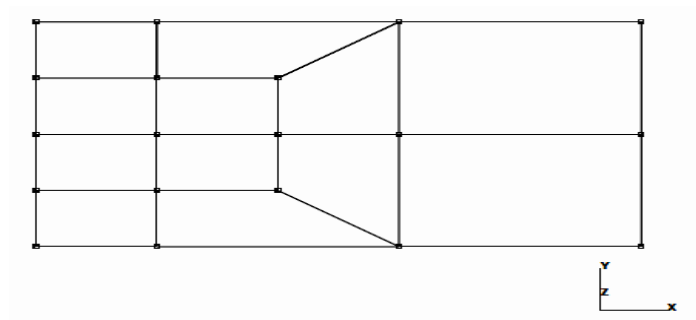
$$AR < 3 \text{ For Linear Elements}$$

$$AR < 10 \text{ For Quadratic Elements}$$

การบิดเบือนเปลี่ยนรูป (Distortion) ความเอียงเอียงของเอลิเมนต์ และการบิดเบี้ยวโค้งงอของระนาบมีความสำคัญที่ควรพิจารณา ความเอียงที่กำหนดไว้ของเอลิเมนต์คือ มุมความเอียงที่ตั้งไว้เมื่อเทียบแนวตั้งเท่ากับ 90 องศา (Vertex Angles From 90 Degrees) สำหรับเอลิเมนต์แบบสี่เหลี่ยม (Quadrilateral) และ 60 องศา สำหรับเอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยม (Triangles) การโค้งงอของระนาบเกิดขึ้นเมื่อระนาบของโหนดทั้งหมดแบบ 3 มิติ หรือ โหนดไม่อยู่ในระนาบที่เหมือนกัน หรือ เมื่อโหนดใดโหนดหนึ่งออกนอกระนาบเดียวกันกับโหนดตัวอื่น การเปลี่ยนแปลง (Transitioning) การเปลี่ยนแปลงมี 2 ประเภทคือ การเปลี่ยนแปลงด้านความหนาแน่นโดยความหนาแน่นเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งมาก ดังรูปที่ 2.23 และ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามขวางในระนาบแนวราบ ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.23 กลุ่มของเอลิเมนต์ที่เอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง (A Biased Mesh) [26]



รูปที่ 2.24 การเปลี่ยนแปลงกลุ่มของเอลิเมนต์ (A Transition Mesh) [26]

เงื่อนไขขอบเขตเบื้องต้น (Boundary Conditions, Initial Conditions) [26]

กระบวนการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตถูกนำมาใช้เพื่อกำหนดการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ให้มีความเหมาะสมกับการดำเนินการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งเงื่อนไขขอบเขตต่างๆ ของโปรแกรม MSC. Marc Mentat มีดังต่อไปนี้

1. ขอบเขตในโปรแกรม MSC. Marc Mentat

- ในทางเชิงกล (Mechanical)
- อุณหภูมิจ (Thermal)
- หน่วยวัดของพลังงาน (Joule)
- เกี่ยวกับเสียง (Acoustic)
- ไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic)
- พลังงาน (Magnetostatic)
- แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic)

ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับของการวิเคราะห์ โดยเงื่อนไขขอบเขตต้องมาจากในกลุ่มหนึ่งประเภทดังที่แสดงดังข้างต้นไว้แต่อยู่ในกฎเกณฑ์ที่วิเคราะห์ควบคู่กัน ดังเช่น การวิเคราะห์เชิงกลและอุณหภูมิจควบคู่กัน ซึ่งตัวอย่างของเงื่อนไขสภาพขอบเขตที่สามารถพบได้ในทางเชิงกลมีดังนี้

1. ขอบเขตเงื่อนไขเชิงกล

- กำหนดการตายตัวของเคลื่อนที่ (Fixed Displacement)
- กำหนดความเร็วความเร่ง (Acceleration)
- จุดของภาระที่กระทำ (Point Load)
- ขอบ จุดสิ้นสุดของภาระกระทำ (Edge Load)
- ผิวนอกที่รับภาระกระทำ (Face Load)
- แรงดึงจุด (Global Load)
- แรงเหวี่ยง (Centrifugal Load)

- สัมประสิทธิ์ของไหล หรือ แรงต้านการไหล (Fluid Drag)
- ขอบของโครงสร้าง (Edge Foundation)
- ผิวหน้าของโครงสร้าง (Face Foundation)
- สภาพการณ์ของตัวแปรที่แปรปรวน แปรผันได้ (Variable)
- อุณหภูมิโหนด (Nodal Temperature)
- การยกเว้น โหนด (Release Nodes)

ข้อกำหนดของเงื่อนไขขอบเขต และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งตำแหน่งที่มีการจัดกลุ่มบนเมนูการประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตถือเป็นคำตอบที่ดีที่สุดของคำถาม ประยุกต์อะไร ประยุกต์ที่ไหน และประยุกต์เมื่อไหร่

2.4.8 สมบัติของวัสดุ และเรขาคณิต (Material and Geometric Properties)

ความจริงทั้งหมดที่สำคัญจำเป็นต่อการวิเคราะห์คือข้อมูลวัสดุ ซึ่งการป้อนข้อมูลเข้าไปในโปรแกรม MSC. Marc Mentat หรือ ที่มีบันทึกอยู่ใน โปรแกรมที่เกี่ยวกับข้อมูลวัสดุจะมีดังนี้

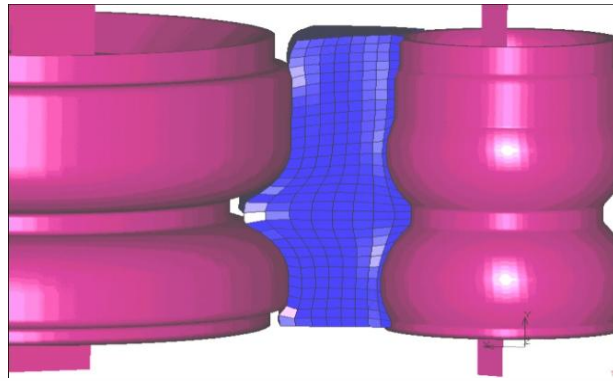
1. ข้อมูลวัสดุ

- เป็นวัตถุไอโซโทรปิก (Isotropic) คือมีสมบัติยืดหยุ่นเท่ากันทุกทิศทาง
- (Linear Orthotropic Elastic) เรียกว่าแบบจำลองมาตรฐาน และ โครงสร้างใย
- (Anisotropic) คือ การแตกหักทางกลไม่เหมือนกันทุกทิศทางของวัสดุ
- วัสดุที่มีสมบัติเป็นยาง (Hypoelastic)
- ความหนืด (Mooney)
- โฟม (Foam)
- การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)
- ความร้อนโดยความต้านทานไฟฟ้า (Joule Heating)

เพิ่มเติมสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาบางอย่างต้องมีการวิเคราะห์ควบคู่กันกับสมบัติวัสดุที่ต่างกัน ซึ่งต้องนำมาวิเคราะห์ร่วมกันเช่น การวิเคราะห์การถ่ายโอนความร้อนกับกลไกทางกล [26]

2.4.9 การสัมผัส (Contact)

ความสามารถในการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพมากในโปรแกรม MSC. Marc Mentat คือการสัมผัสติดต่อเชื่อมโยงโดยอัตโนมัติ เงื่อนไขขอบเขตของโหนด และกลุ่มของเอลิเมนต์จะได้รับการพิจารณาเมื่อการวิเคราะห์ต้องการมัน โดยเงื่อนไขขอบเขตที่ใช้จะเป็นการตัดแปลงโดยอัตโนมัติ ซึ่งความสามารถทั้งหมดนี้จะช่วยสนับสนุนการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ของโปรแกรม ดังเช่น ปัญหาความเสียดทาน การกด (Rigid Body) และ อุณหภูมิที่สัมผัส ซึ่งความหมายในโปรแกรมมีดังนี้



รูปที่ 2.25 การสัมผัสของผิวชิ้นงาน และแม่พิมพ์ (Contact) [12]

1. (Contact Bodies) วัตถุรูปร่างสัมผัส คือการกำหนดการสัมผัสของรูปร่างวัตถุ การกำหนดสมบัติของผิวที่สัมผัส การกำหนดแรงเสียดทานระหว่างพื้นผิว และตามด้วยผลยืนยันทางกราฟฟิกส์ถ้ารูปร่างผิวที่สัมผัสมีความถูกต้อง

2. การตรวจสอบผิวสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งภายนอก (Contact Tables) เช่น การตรวจสอบสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานภายใน การตรวจสอบแตกร้าเฉพาะที่ และการตรวจสอบการถ่ายโอนความร้อน ซึ่งเรียกการติดต่อประเภทนี้ว่าการติดต่อบางกราว (Glue Contact)

3. พื้นที่สัมผัส (Contact Areas) คือการสัมผัสของพื้นที่เฉพาะพื้นที่ซึ่งเป็นพื้นที่ย่อยๆ ร่วมกัน (Subset) ของโหนด เพื่อทำการตรวจสอบ

เกณฑ์ทั่วไปในการพิจารณาการสัมผัส (General Consideration in Contact) ในการใช้งานมีดังนี้ ใช้สำหรับการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เชิงเส้นที่ขนาดกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) ที่มีความใหญ่ และมีการติดต่อกันหลายผิวสัมผัส และในวัสดุที่ไม่มีความยืดหยุ่น

2.4.10 การตีความผลลัพธ์ (Results Interpretation)

เมื่อคุณเสร็จสิ้นการวิเคราะห์ คุณจำเป็นต้องวิเคราะห์ผลลัพธ์ และตรวจสอบหลักเกณฑ์สำหรับการยอมรับ ผลการวิเคราะห์ที่เพิ่มขึ้นจะถูกบันทึกไว้ในแฟ้มตามลำดับ ซึ่งมีขั้นตอนพื้นฐาน 3 ขั้นตอนเพื่อเข้าไปใช้ผลลัพธ์ดังนี้

1. ขั้นตอนแรกเปิดไฟล์ผลลัพธ์
2. เลือกข้อมูลที่ต้องการ
3. เลือกเทคนิคการแสดงผลที่เหมาะสม

ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ที่แสดงไว้ในขั้นตอนกระบวนการนำเสนอผลลัพธ์ โดยที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วการเข้าถึงผลลัพธ์นั้นสามารถทำได้โดยการเลือกคำสั่ง เปิด (Open) ถัดไป (Next) ข้าม (Skip) วิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์จะเกี่ยวข้องกับรูปทรงเรขาคณิตของวัตถุ และผล

จะขึ้นอยู่กับลักษณะของโหนด อีกทั้งการบูรณาการของเอลิเมนต์ ข้อมูลของโหนดเป็นเวกเตอร์ที่ค่าองศาอิสระ

สเกลาร์ (Scalar Plots) ข้อมูลแบบสเกลาร์อาจแสดงได้ดังกราฟ โดยสามารถแสดงออกเป็นแถบ เส้น รูปร่างสัญลักษณ์ ฯลฯ

เวกเตอร์ (Vector Plots) ข้อมูลเวกเตอร์อาจจะแสดงเป็นกราฟตามลูกศรที่ปรากฏที่โหนด เทนเซอร์ (Tensor) ข้อมูลแบบเทนเซอร์จะแสดงกราฟตามลูกศรที่ปรากฏในเซนทรอยด์ (Centroid) ของเอลิเมนต์

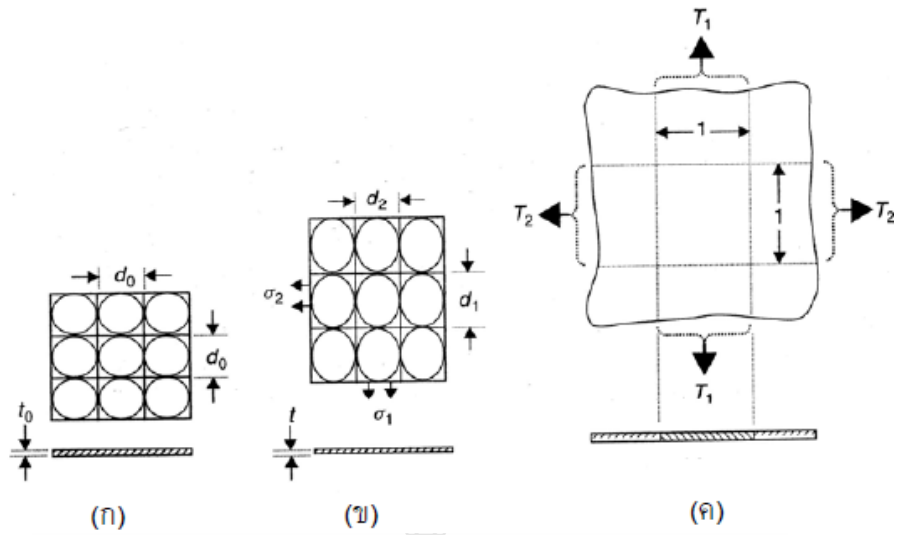
รูปร่างที่ผิดปกติ (Deformed Shape Plots) ซึ่งเกิดจากรูปร่างของกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) ที่ผิดปกติ หรือ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโหนด [26]

2.5 กริด (Grid) [27, 28]

การคำนวณหาความเครียดตามแบบกริด (Grid Pattern) จะทำการสร้างโดยการกััดกรด และปล่อยกระแสไฟฟ้าที่บริเวณส่วนที่เป็นพื้นผิวหน้าของโลหะเพื่อให้เกิดแฉวเรียงต่อกันเป็นพื้นที่ของจุดทดสอบ ซึ่งกริดนั้นต้องมีความถูกต้องแม่นยำก่อนที่จะขึ้นรูปโลหะให้เป็นรูปร่างสุดท้ายโดยใช้แรงขึ้นรูป ซึ่งกริดที่ใช้สร้างบนชิ้นงานโลหะทั่วไปจะมีรูปแบบ สี่เหลี่ยม วงกลม วงรี และวงกลมผสมกับสี่เหลี่ยม (Combination) และกริดที่เป็นรูปร่างต่างๆ จะเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปหลังจากทำการขึ้นรูปโลหะ

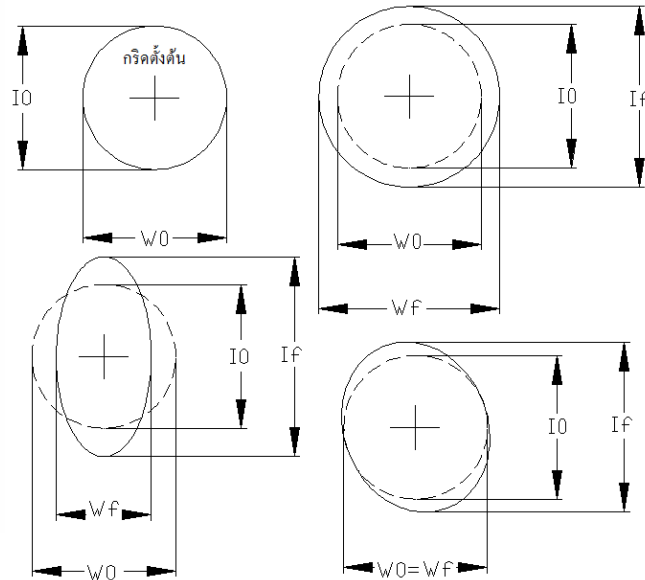
2.5.1 การเปลี่ยนรูปของโลหะในระนาบความเค้น (Deformation of Metal in Plane Stress)

ในขณะที่มีการเปลี่ยนรูปบนระนาบความเค้น (Plane Stress) ของวัสดุซึ่งกำลังประยุกต์ใช้กับทฤษฎีสัดส่วนการเปลี่ยนรูปในรูปที่ 2.26 ลักษณะที่ยังไม่มีการเปลี่ยนรูปที่ความหนา t_0 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง d_0 หรือตารางขนาด d_0 แสดงในรูปที่ 2.26 (ก) ดังนั้นในระหว่างการเปลี่ยนรูปวงกลมจะเปลี่ยนไปเป็นวงรีแกนหลัก (Major) คือ d_1 แนวแกนรอง (Minor) คือ d_2 ถ้าปรับตารางสี่เหลี่ยมให้เข้ากับทิศทางหลักของกริดวงกลม จะกลายเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังรูปที่ 2.26 (ข) ส่วนความหนา คือ t ตามที่กรณีแสดงดังรูปที่ 2.26 (ค) ความเค้นที่ทำให้เปลี่ยนรูปคือ σ_1 และ σ_2 [27]



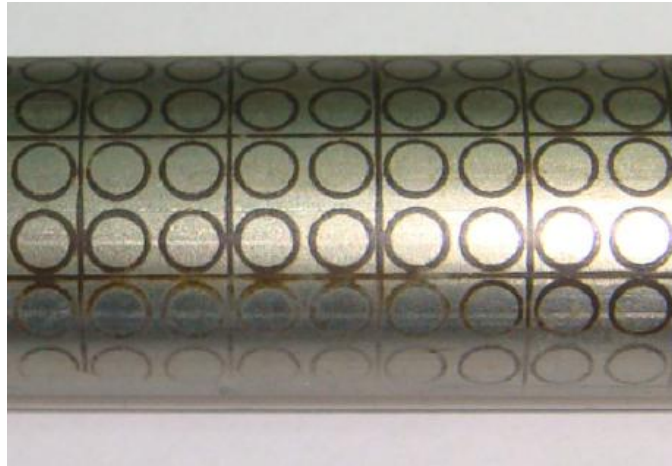
รูปที่ 2.26 กริดวงกลมบนโลหะแผ่นขณะที่ยังไม่เปลี่ยนรูป และเปลี่ยนรูป [28]

การเปลี่ยนรูปร่างไปของกริดอาจมีรูปร่างหลายลักษณะนอกเหนือจากวงรี อาทิเช่น กริดวงกลมใหม่อาจจะใหญ่กว่าวงกลมเดิม หรือเกิดการเชื่อมกันระหว่างกริดเดิมกับกริดใหม่ โดยกริดจะเปลี่ยนรูปหลังจากการขึ้นรูปโลหะแล้ว ซึ่งสามารถยกตัวอย่างในการเปลี่ยนรูปร่างของกริด ได้ดังนี้



รูปที่ 2.27 แบบกริดที่เปลี่ยนไปจากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับโลหะแผ่น [28]

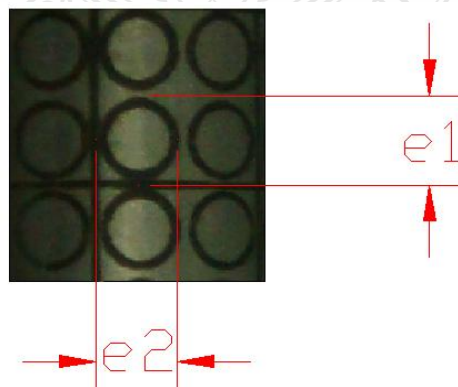
ซึ่งในงานวิจัยเล่มนี้จะใช้กริดวงกลมที่มีความกว้าง 2.5 มิลลิเมตร และความยาว 2.5 มิลลิเมตร หรือ เรียกอีกอย่างว่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นกริดแบบวงกลมผสมกับสี่เหลี่ยม (Combination) คือมีสี่เหลี่ยมล้อมรอบกริดวงกลมสี่วง ซึ่งรูปร่างของกริดได้ดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 กริดแบบวงกลมผสมสี่เหลี่ยม (Combination)

2.5.2 การคำนวณความเครียดหลักที่สัมพันธ์กับความเครียดตรง [29]

การคำนวณหาความเครียดหลัก (Major Strain) แทนด้วยสัญลักษณ์ (e_1) และความเครียดตรง (Minor Strain) แทนด้วยสัญลักษณ์ (e_2) ต้องทำการเลือกบริเวณที่กริดเกิดการเปลี่ยนรูป และทำการวัดหาขนาดความกว้าง ความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปของกริดหลังจากการขึ้นรูป หรือนำขนาดของกริดวงกลมหลังจากการขึ้นรูปมาหักลบออกด้วยขนาดของกริดวงกลมก่อนการขึ้นรูปก็ได้ ซึ่งสมการความเครียดหลัก และความเครียดตรงดังสมการที่ 2.4 และ สมการที่ 2.5 และการวัดขนาดกริดดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 การวัดความเครียดหลัก (e_1) ความเครียดตรง (e_2)

$$\text{ความเครียดหลัก } (e_1) \% = [(L_f - L_0) \times 100] / L_0 \quad (2.4)$$

$$\text{ความเครียดรอง } (e_2) \% = [(W_f - W_0) \times 100] / W_0 \quad (2.5)$$

- เมื่อ L = ความยาว (Length)
 W = ความกว้าง (Width)
 0 = จุดเริ่มต้น
 f = จุดสุดท้าย

นอกจากค่าความเครียดหลัก และความเครียดรองแล้ว ยังใช้ในการคำนวณหาค่าความเค้น (Stress) สามารถใช้กฎของฮุกส์ (Hooke's Law) มาช่วยในการคำนวณหาค่าความเค้นได้เนื่องจากในช่วงแรกของการทดสอบการตัดโลหะ แรงดึง (Tensile) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเป็นสัดส่วนกับความยืด ซึ่งสามารถแสดงสมการดังต่อไปนี้

$$\sigma = E \times e_1 \quad (2.6)$$

- เมื่อ σ = ความเค้น (Stress)
 E = โมดูลัสยืดหยุ่น หรือ โมดูลัสของยัง (Young's Modulus)
 e_1 = ความเครียดหลัก

2.6 การขึ้นรูปแบบเย็น (Cold Working) [30]

การขึ้นรูปแบบเย็น (Cold Working) หมายถึง การขึ้นรูปวัสดุโดยใช้แม่พิมพ์ และขึ้นรูปที่อุณหภูมิต่ำ (Low Temperature) และไม่ทำให้เกิดผลึกใหม่ โดยส่วนใหญ่จะเป็นการแปรรูปวัสดุที่อุณหภูมิห้อง (โดยประมาณ 20°C ถึง 25°C) หรือ สูงเล็กน้อยแต่ต้องต่ำกว่าอุณหภูมิของการตกผลึกใหม่ (Recrystallisation Temperature) เพื่อให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวร (Plastic Deformation) ซึ่งการขึ้นรูปเย็นโลหะจะมีความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ปกติ ดังนั้นจะต้องใช้กำลัง แรงในการขึ้นรูปสูงมากเพื่อให้เกิดความเค้น (Stress) ในโลหะจนเกินจุดยืดหยุ่น (Elastic Limit) หรือ จุดคราก (Yield Point) กรณีถ้าปล่อย หรือ ลดแรงที่กดออกโลหะก็จะคืนเข้ารูปเดิมไม่เกิดการแปรรูป จะเห็นว่าการขึ้นรูปเย็นมีข้อยุ่งยากกว่าการขึ้นรูปร้อนแต่จะมีส่วนคืออยู่ 2 ประการคือ สามารถควบคุมขนาดของโลหะในช่วงสุดท้ายได้แน่นอน และผิวของโลหะสะอาดและเป็นมันเรียบ แต่ก็มีข้อด้อยที่พบเห็นได้อย่างชัดเจนคือ เกิดความเค้น (Stress) ความเครียด (Strain) มาก และเกรน (Grain) ของโลหะเกิดการแตกหักได้ง่าย โดยทั่วไปจะแบ่งประเภทของการเปลี่ยนรูปของโลหะหรือของวัสดุออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

2.6.1 การเปลี่ยนรูปในช่วงพลาสติก (Plastic Deformation) [19]

การเปลี่ยนรูปในช่วงพลาสติกกล่าวคือ เมื่อวัสดุได้รับความเค้นในระดับต่ำกว่าขีดจำกัดของความยืดหยุ่น (Elastic Limit) การเสียรูปร่าง หรือ ความเครียดจะเกิดขึ้นชั่วคราว เมื่อปลดความเค้น หรือ แรงกระทำออกวัสดุจะกลับคืนรูปเดิม แต่หากวัสดุได้รับความเค้นเลยขีดจำกัดความยืดหยุ่น การเปลี่ยนแปลงรูปร่างจะเกิดขึ้นอย่างถาวรเรียกว่า (Plastic Deformation) ซึ่งเมื่อปลดความเค้น หรือ แรงแล้ววัสดุจะไม่กลับคืนรูปเดิม

2.6.2 การเปลี่ยนรูปในช่วงยืดหยุ่น (Elastic Deformation) [19]

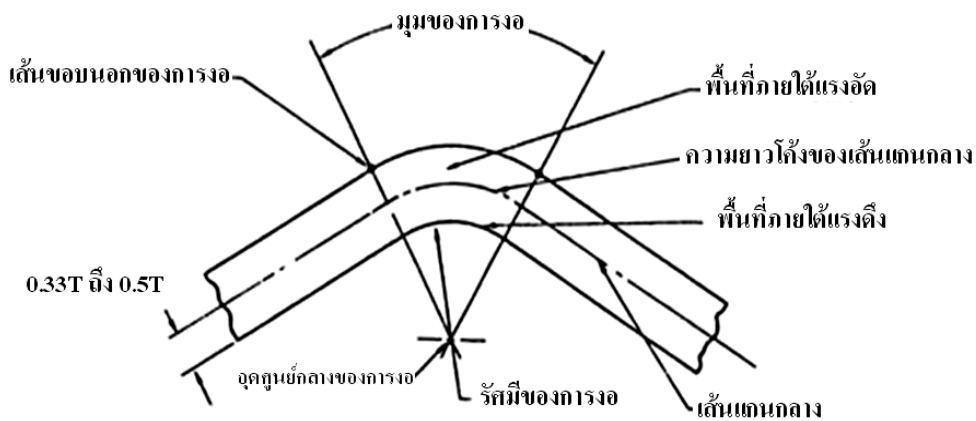
การเปลี่ยนรูปอีลาสติก (Elastic Deformation Property) หมายถึง การเปลี่ยนรูปที่สามารถคืนตัวได้อย่างสมบูรณ์ (Reversible) เมื่อแรงกระทำนั้นถูกปลดออก เช่น เมื่อดึงวัสดุจะยืดตัวออกจนถึงระยะหนึ่งแล้วก็หยดเมื่อปลดแรงวัสดุก็จะหดตัวสู่ความยาวเดิม หรือ การจับยึดกันของพันธะอะตอม (Atomic Bonds) จะไม่หลุดออกจากกันแต่เมื่อปลดแรงออกอะตอมก็จะกลับสู่ตำแหน่งที่สมดุล นั่นหมายความว่า การเปลี่ยนแปลงรูปร่างจะมีการยืดหยุ่นกลับได้ ส่วนใหญ่การเปลี่ยนรูปแบบอีลาสติกเกิดจากแรงกระทำที่ไม่สูงนัก และการเปลี่ยนรูปดังกล่าวมักจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของแรง โดยปกติเรามักจะถือว่าการ เปลี่ยนรูปในช่วงอีลาสติกนี้จะเกิดขึ้นโดยทันทีเมื่อมีแรงกระทำ แต่ที่จริงแล้วการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นเมื่อถูกแรงกระทำ หรือ การคืนรูปเมื่อหยุดแรงกระทำล้วนต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งเสมอ ในโลหะส่วนมากจะใช้เวลาจะสั้นมากจนวัดไม่ได้แต่ในวัสดุบางชนิด เช่น ยาง ส่วนที่เปลี่ยนช้าๆ คือขึ้นกับเวลา (Time Dependent) นี้อาจมีมากพอจนวัดได้ คุณสมบัติการเปลี่ยนรูปโดยขึ้นกับเวลานี้ เรียกว่า การเปลี่ยนรูปที่ขึ้นกับเวลา (Anelasticity) แต่ก็ยังเป็นส่วนหนึ่งของการเปลี่ยนรูปแบบอีลาสติก เพราะจะคืนตัวโดยสมบูรณ์ได้ในที่สุด

จากที่กล่าวข้างต้นการขึ้นรูปแบบเย็นเป็นกระบวนการขึ้นรูปเพื่อให้วัสดุ หรือ โลหะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างชนิดถาวรในที่อุณหภูมิห้องนี้โดยไม่ทำให้เกิดผลึกใหม่ขึ้น การขึ้นรูปแบบเย็นหลักๆ จะประกอบไปด้วย การดัดงอ (Bending) การรีดเย็น (Cold Rolling) การอัดรีด (Extruding) การบีบดงอ (Squeezing) การรีดขึ้นรูป (Shear Spinning) ฯลฯ [30]

2.7 การดัดโลหะ (Bending)

การดัดเป็นกรรมวิธีการหนึ่งของการขึ้นรูปโลหะแบบไร้เศษ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์ ก่อสร้าง ฯลฯ [2] การดัดส่วนใหญ่ใช้ในงานโลหะแผ่น (Sheet Metal) งานลวด (Wire) งานท่อ (Pipe) และ โลหะแท่ง (Rod) การเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรของโลหะอยู่ที่บริเวณรัศมีการดัด บริเวณนี้จะเกิดข้อบกพร่องได้ง่ายเช่น การย่น การแตก การบิดเบี้ยวของหน้าตัด โดยรับอิทธิพลจากความเค้นในกระบวนการดัด ความเค้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ความเค้นอัด (Compressive Stress) ความเค้นดึง (Tensile Stress) โดยตามทฤษฎีความเค้นอัดจะเกิดที่ด้านในส่วนรัศมีการดัด ความเค้นดึงเกิดที่ด้านนอกรัศมีการดัด

นิยามคำศัพท์ที่ใช้ในงานตัดโลหะดังแสดงในรูปที่ 2.30 ซึ่งแนวระนาบบนเส้นแกนกลาง (Neutral Plane) เป็นระนาบที่แบ่งบริเวณในการเกิดความเค้นดึงและความเค้นอัด เส้นแกนกลางนี้ยังใช้ประโยชน์ในการหาความยาวเริ่มต้นได้ด้วย เนื่องจากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความยาวเล็กน้อย หลังจากการตัด ความยาวของเส้นแกนกลางจะเท่ากับความยาวเดิมของชิ้นงาน ส่วนความยาวด้านนอกรัศมีการเพิ่มจะมีความยาวเพิ่มขึ้น และความยาวด้านในรัศมีการตัดจะมีความยาวลดลง นั่นคือความยาวของเส้นแกนกลางจะแสดงถึงความยาวที่แท้จริงของชิ้นงาน ซึ่งขนาดที่แท้จริงของชิ้นงานจะหาได้จากเส้นแกนกลางหลังจากการตัดแล้ว มุมตัด (Bend Angle) คือ องศาที่นับจากโลหะเริ่มต้นถูกตัดเป็นมุมขึ้นไปรัศมีการตัด (Bend Radius) หมายถึงรัศมีการตัดทางด้านใน แต่การตัดในกรณีโลหะแผ่นก็มีข้อจำกัดเกี่ยวกับมุมที่ถูกยกเว้นสำหรับกระบวนการคือ มุม 0 องศา และมุม 360 องศา เพราะถ้าชิ้นงานถูกงอที่มุม 360 องศาจะทำให้กลายเป็นการพับขอบไป [1]



รูปที่ 2.30 รูปประกอบนิยามศัพท์ในการตัด [31]

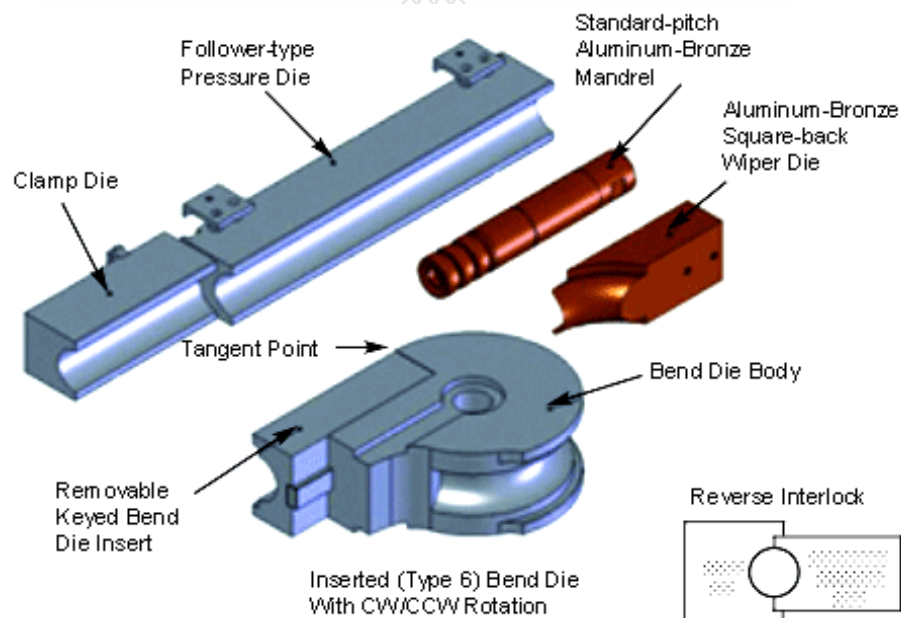
การตัดท่อนโดยทั่วไป รัศมีคัตน้อยสุดจะมีค่าเป็น 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อ การตัดท่อนสามารถใช้ความร้อนเข้าช่วยได้ เรียกว่า การคัตร้อน (Hot Bending) หรือ ไม่ใช้ความร้อนเข้าช่วยจะเรียกว่า การคัตเย็น (Cold Bending) ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของการคัตท่อนเป็น 4 ประเภทหลักๆ และการคัตที่ได้จากการประยุกต์จากการคัตประเภทหลักๆ อีก 1 ประเภท คือการคัตแบบ Compression Bending แต่ในงานวิจัยเล่มนี้จะให้ความสำคัญกับการคัตประเภท Compression Bending เป็นพิเศษเนื่องจากงานวิจัยเล่มนี้ใช้การคัตประเภทดังกล่าว ซึ่งประเภทของการคัตท่อนจะมีดังนี้ [31]

2.7.1 การคัตประเภท Mandrel Bending

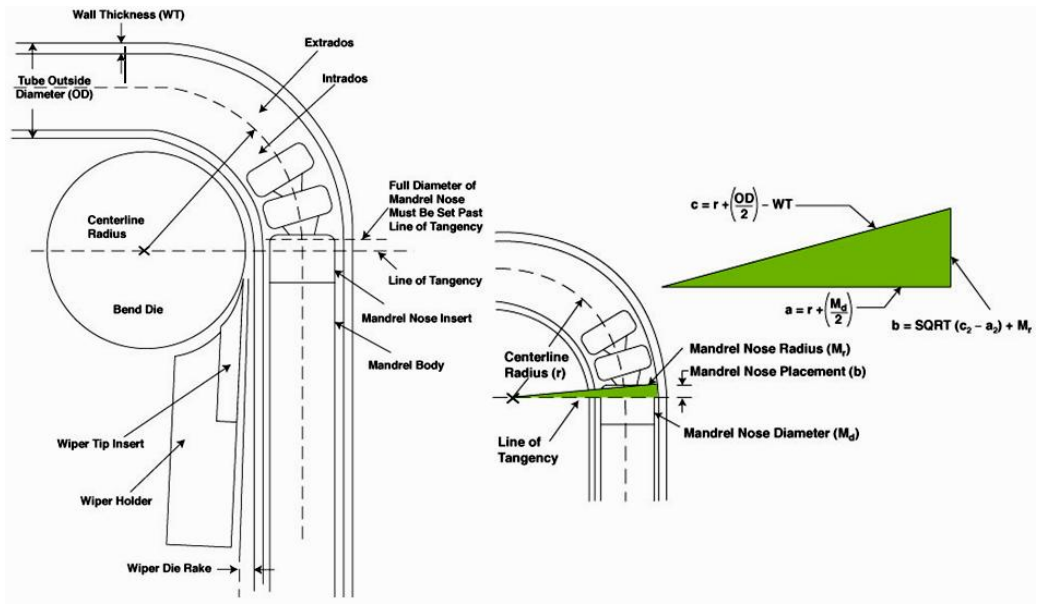
เป็นระบบการคัตท่อนชนิดหนึ่ง การคัตท่อนแบบนี้จะช่วยให้ท่อที่คัตมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน โดยตลอด อีกทั้งการคัตแบบนี้ยังช่วยลดข้อจำกัดของการคัตท่อนได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตัดวิธีอื่นในโรงงานอุตสาหกรรม การตัดแบบ Mandrel Bending นั้นสามารถสร้างส่วนโค้งในการตัดได้มากกว่าการตัดที่ไม่ได้ใช้แรงกด หรือ แรงอัด อีกทั้งยังทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่ทำการตัดมีลักษณะที่เป็นวงเต็มตลอดความยาวท่อแม้ว่าจะเป็นส่วนของรัศมีโค้งก็ตาม ซึ่งในอุตสาหกรรมการตัดได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับความยาวของการตัดแบบ Mandrel แต่ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆของการตัดแบบนี้ยังประยุกต์ใช้ในการตัดได้ไม่มาก [32]

เมื่อศึกษาหลักเข้าไปถึงการตัดโดยวิธี Mandrel Bending จะพบว่าที่พื้นผิวของก้านแม่พิมพ์กับท่อที่ใช้ตัดมีการสัมผัสกันตลอดกระบวนการตัด โดยแม่พิมพ์แบบ Mandrel จะดึงท่อจนกว่าการตัดโค้งจะเสร็จสมบูรณ์ หรือ องศาสุดท้ายของการตัดที่กำหนดไว้ ซึ่งผลลัพธ์ในการตัดแบบนี้จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเท่ากัน โดยตลอดความยาวรวมถึงส่วนของรัศมีโค้งด้วย ดังนั้นถ้าหากคุณต้องการเริ่มตัดท่อ 2 ท่อพร้อมกันไปถึงมุมในการตัด 90 องศา การตัดก็ยังคงผ่านไปตลอดแนวรัศมีของแม่พิมพ์ได้ ซึ่งปัจจัยต่างๆ ที่ใช้คำนวณเพื่อกำหนดความเหมาะสมของแม่พิมพ์แบบ Mandrel



รูปที่ 2.31 ชุดแม่พิมพ์การตัดท่อแบบ Mandrel Bending [33]



รูปที่ 2.32 ลักษณะของการตัดท่อแบบ Mandrel Bending [33]

ความแตกต่างของการตัดแบบ Mandrel Bending กับการตัดโดยทั่วไปคือ การตัดแบบนี้ช่วยในการไหลตัวแบบอัดแน่นของการตัดท่อเพิ่มขึ้น 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ท่อที่ตัดมีเส้นผ่านศูนย์กลางเหมือนกันตลอดความยาว แต่การตัดแบบอื่นจะทำให้ท่อที่ตัดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะส่วนโค้งจะมีรอยตัด และเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเล็กกว่าส่วนอื่นดังรูปที่ 2.33 [33]

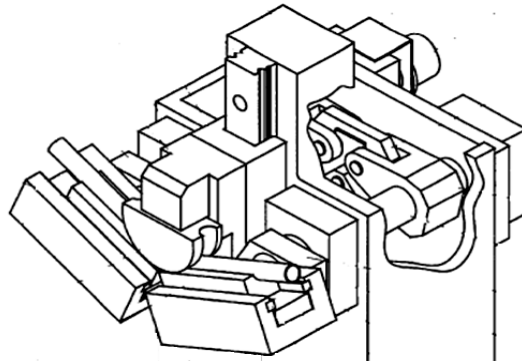


รูปที่ 2.33 ข้อบกพร่องของกระบวนการตัด [33]

2.7.2 การตัดประเภท Ram or Push Bending

กระบวนการตัดท่อแบบนี้ได้ใช้ระบบไฮดรอลิกส์มาทำให้แม่พิมพ์คายนเคลื่อนที่ลงมากดลงที่ท่อ ซึ่งท่อจะถูกรองรับด้วยปีกของคายน โดยที่ปีกของคายนแยกออกเป็นด้าน และมี

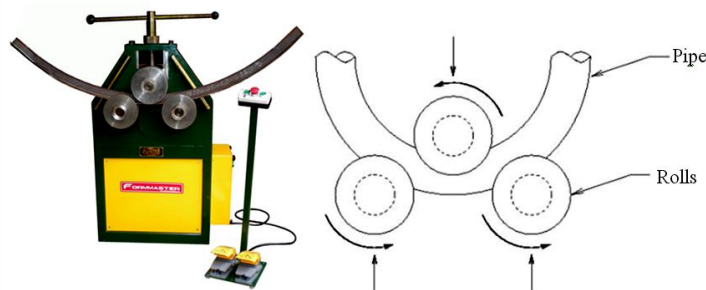
ลักษณะเป็น โค้งลงตรงศูนย์กลางของการตัดท่อ ซึ่งท่อจะมีการเคลื่อนเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่บริเวณแม่พิมพ์นี้ โดยปีกลายน์แต่ละด้านจะเป็นตัวช่วยรองรับท่อทั้ง 2 ข้าง ดังรูปที่ 2.34 กระบวนการตัดแบบนี้เหมาะสมอย่างมากต่ออุตสาหกรรมที่ต้องการผลิตปริมาณมาก และต้องการความรวดเร็วในการผลิต [34]



รูปที่ 2.34 การตัดแบบ Ram Bending [34]

2.7.3 การตัดประเภท 3-Roll Bending

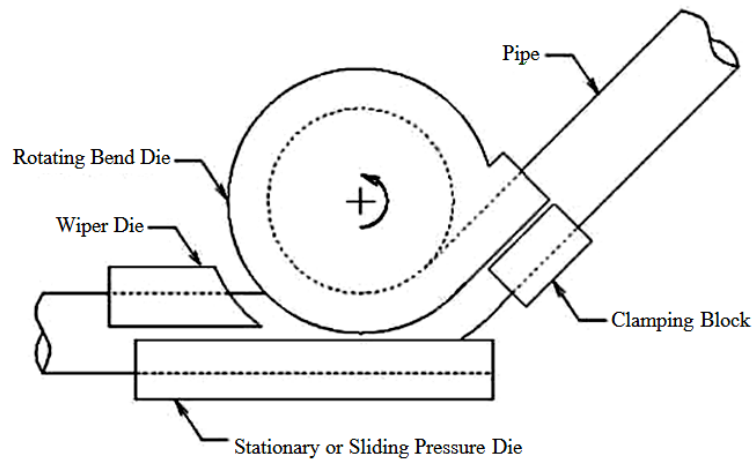
เป็นวิธีการม้วนตัดใช้สำหรับการตัดชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ หรือ รัศมีขนาดใหญ่ โดยถูกตัดทั้ง 3 ลูกจะถูกจัดวางในรูปทรงปิระมิดดังรูปที่ 2.35 ลูกตัดทั้ง 2 ลูกจะถูกยึดติดให้อยู่กับที่ วิธีการนี้คล้ายกับวิธีการตัดแบบ Ram Bending แต่การทำงานต้องให้ลูกกลิ้งทั้งสองข้างหมุนก่อนแล้วจึงจะสามารถตัดชิ้นงานได้เรียกว่า Pipe Rolls [35]



รูปที่ 2.35 การตัดแบบ 3-Roll Bending [35]

2.7.4 Rotary Draw Bending

เป็นกระบวนการตัดท่อที่นิยมใช้มากที่สุดเกี่ยวกับการตัดท่อ ซึ่งการตัดแบบนี้จะรักษาชิ้นงานสำเร็จ และเส้นผ่านศูนย์กลางให้คงที่ ท่อที่ถูกตัดจะถูกลากผ่านลูกกลิ้งที่ติดอยู่กับที่ตัดบนด้ายที่ติดแน่นดังรูปที่ 2.36 [32]

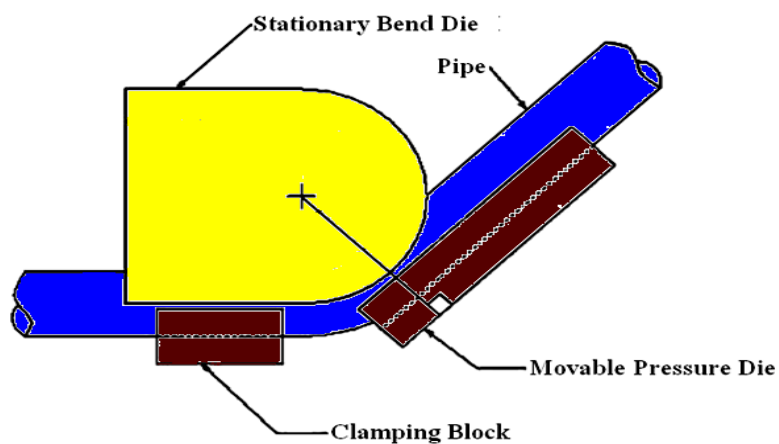


รูปที่ 2.36 การตัดแบบ Rotary Draw Bending [32]

วิธีการตัดแบบ Rotary Draw Bending เหมาะสำหรับการตัดงานเหล็กสำหรับค้ำรางน้ำ รางทราย อุปกรณ์เครื่องยนต์ ลูกกรอก เครื่องเรือน เฟอร์นิเจอร์ และชิ้นงานตัดประเภทอื่นๆ อีกมากมาย ซึ่งลูปตัดจะเคลื่อนที่ไปขณะทำการตัดด้วย

2.7.5 การตัดประเภท Compression Bending

เป็นประเภทของการตัดชนิดหนึ่งซึ่งกล่าวไว้ว่าใช้แรงในการอัดตลอดจนเป็นการประยุกต์มาจากการตัดประเภท Rotary Draw Bending การตัดประเภทนี้ชิ้นงานโลหะที่จะหมุน หรือ เลื่อนไปรอบๆ โดยลิ้มตัด (Pressure Die) ตามรัศมีการตัดของแม่พิมพ์ตัด (Bend Die) ซึ่งติดอยู่กับที่ [36]



รูปที่ 2.37 Compression Bending [36]

2.7.6 ส่วนประกอบทั่วไปของแม่พิมพ์ตัด

1. ลูกตัด (Bend Die) คือส่วนประกอบที่ใช้ระบรูปร่างของดัด ซึ่งลูกตัด ผลิตจากโลหะผสม (Alloy Steel) และผ่านการชุบผิวแข็งเพื่อปรับปรุงสมบัติตามที่ต้องการ ลูกตัดนั้นมีหลายแบบให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม รูปแบบของลูกตัดนั้นขึ้นกับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่ตัด ศูนย์กลางของรัศมีการัด ส่วนผิวภายนอกของการัดจะกำหนดโดยโครงร่าง รูปร่างภายนอกของแม่พิมพ์ [37]



รูปที่ 2.38 ลูกตัด (Bend Die) [37]

2. ลิ้มยึด (Clamp Die) คือเครื่องมือจับยึดชิ้นงานเข้ากับลูกตัด (Bend Die) ให้อยู่กับที่ และ ลิ้มยึด เป็นเครื่องมืออย่างแรกที่ใช้สำหรับจับท่อ จับชิ้นงาน โลหะให้ติดแน่นตลอดระยะเวลาที่ทำการัด ซึ่งเราใช้ ลิ้มยึดจับยึดไม่ให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ขณะทำการัด โดยปกติแล้วจะผลิตจากเหล็ก SKD11 หรือ SCM4 ซึ่งเป็นเหล็กผลิตแม่พิมพ์ เป็นต้น [37]



รูปที่ 2.39 ลิ้มยึด (Clamp Die) [37]

3. ลิ่มตัด (Pressure Die) ใช้สำหรับรักษาแรงดัดบนท่อที่มีจุดสัมผัสวงกลม 4 จุด ในขณะที่การดัดนั้นกำลังเกิดขึ้น และทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาสำหรับสร้างส่วนโค้ง ความยาวของ ลิ่มตัดจะแปรผันตรงตามองศา (Degree) ของการดัดท่อ [37]



รูปที่ 2.40 ลิ่มตัด (Pressure Die) [37]

4. Wiper Die เป็นเครื่องมือที่ใช้ติดเข้าไปในร่องของลูกตัด โดยติดใกล้เส้นสัมผัสวงกลม Wiper Die ช่วยแก้ปัญหาการเกิดรอยขุ่นข้างในรัศมีความโค้งของท่อ Wiper Die ผลิตจากวัสดุ อะลูมิเนียม สังกะสี เหล็กเหนียว อะลูมิเนียมบรอนซ์ สเตนเลสสตีล อินโคเนล ไทเทเนียม และเหล็กชุบโครเมียมเพราะช่วยลดแรงเสียดทาน การติดตั้ง Wiper Die นั้นมีความสำคัญต่อรอยตัด และ Wiper Die นิยมใช้กันมากมีดังนี้ [37]

- Disposable Inserts or Inserted Wiper Die คือ Wiper Die ชนิดนี้จะมีพื้นที่การทำงานจำกัดกว่า และรูปร่างสั้นกว่า Square Back Wiper Die โดย Wiper Die ชนิดนี้ประกอบด้วย Steel Holder มีไว้เพื่อกำหนดตำแหน่ง และ Wiper Die ชนิดนี้จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางของรูใหญ่กว่าความโตของท่อโลหะเล็กน้อย [37]



รูปที่ 2.41 Disposable Inserts or Wiper Insert [37]

- Square Back Wiper Die คือ Wiper Die ชนิดนี้ผลิตจากวัสดุที่เป็นเนื้อเดียวกันผลิตเป็นชิ้นเดียวกัน โดยปกติ Wiper Die ชนิดนี้จะกว้างกว่าท่อโลหะเล็กน้อย และให้ความแข็งแรงเพียงพอต่อการตัด [37]

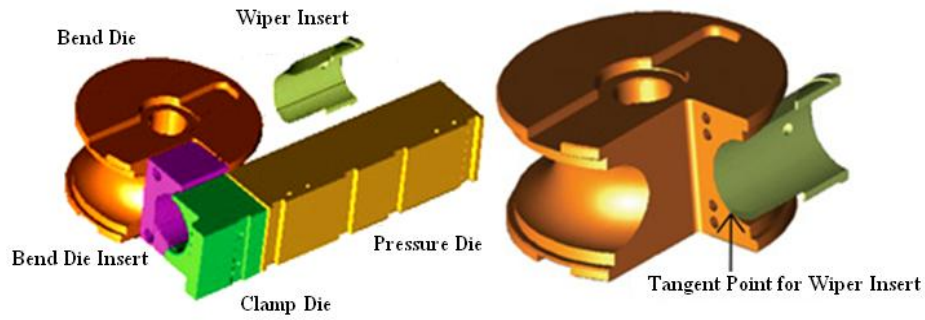


รูปที่ 2.42 Square Back Wiper Die [37]

5. Mandrel โดยปกติผลิตมาจากวัสดุเหมือนกับ Wiper Die ซึ่งผลิตมาจากเหล็กชุบโครเมียม อะลูมิเนียมบรอนซ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะทำการตัด หน้าที่หลักของ Mandrels คือช่วยป้องกันการเกิดรอยร่นในท่อที่ทำการตัด และช่วยให้ท่อที่ทำการตัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันตลอดความยาวท่อ โดยทำการสอด Mandrel เข้าไปในท่อที่ทำการตัด [38] หรือ ดังรูปที่ 2.43



รูปที่ 2.43 Mandrels [37]



รูปที่ 2.44 การประกอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ตัด [34]

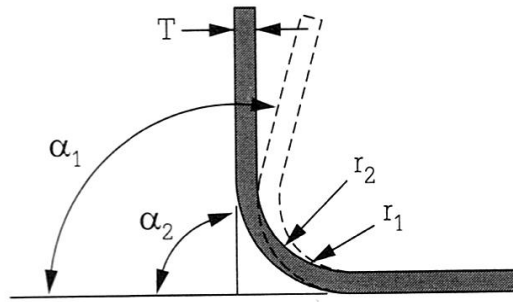
2.7.7 การคืนตัวกลับ (Springback)

หลังการตัดตามองศาตัด และรัศมีของแม่พิมพ์ตัดแล้ว จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของมุม และรัศมีเล็กน้อยหลังจากการตัด เรียกว่า การคืนตัวกลับของวัสดุ โดยการคืนตัวกลับ (Springback) เกิดจากการคืนตัวช่วงการเปลี่ยนรูปไม่ถาวร หรือช่วงการเปลี่ยนรูปแบบยืดหยุ่น (Elastic Deformation) ของวัสดุ ซึ่งความเค้นที่เกิดบริเวณที่ตัดคือ ความเค้นดึงจะเกิดสูงสุดที่ขอบด้านนอกของรัศมีการตัด และลดลงตามแนวความหนาจนเป็นศูนย์ที่เส้นแกนกลางของโลหะ เช่นเดียวกับความเค้นอัดสูงสุดจะเกิดที่ผิวโค้งด้านในของรัศมีการตัด และลดลงเป็นศูนย์ที่เส้นแกนกลาง ในส่วนที่ไกลออกไปจนถึงผิวโค้งนอกสุด และค่าความเค้นที่เกิดขึ้นทั้งแรงดึง และแรงอัดจะเกินค่าความแข็งแรงครากทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปถาวร เมื่อแม่พิมพ์เปิดออกส่วนที่เป็นแถบการเปลี่ยนรูปแบบไม่ถาวรพยายามคืนตัว แต่ไม่สามารถทำได้ทั้งหมด เพราะถูกยึดไว้ด้วยส่วนที่เปลี่ยนรูปถาวรทางด้านนอกจึงเกิดการคืนตัวบางส่วนเพื่อสร้างความสมดุลระหว่างส่วนที่เปลี่ยนรูปถาวร และส่วนที่เป็นเปลี่ยนรูปแบบไม่ถาวร [1]

ค่าการคืนตัวกลับของวัสดุมักจะเพิ่มขึ้นตามค่าความแข็งแรงคราก (Yield Strength) ค่าคงที่ของความแข็ง (Strain Hard Exponent) รัศมีการตัด และการคืนตัวกลับของวัสดุจะลดลงเมื่อค่ายังมอดูลัส (Young Modulus) และความหนาของวัสดุเพิ่มขึ้น การคาดเดาการคืนตัวกลับของวัสดุสามารถประมาณได้จากค่าคงที่ของการคืนตัวกลับ (Springback ; K) คำนวณจากสมการที่ 2.7 [39]

$$K = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = (r_1 + 0.5T) / (r_2 + 0.5T) \quad (2.7)$$

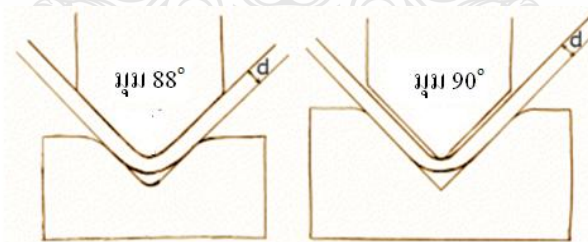
- โดยที่
- K = ค่าคงที่ของการคืนตัวกลับ
 - α_1 = มุมตัดเริ่มต้น (ก่อนการคืนตัวกลับ)
 - α_2 = มุมตัดหลังการคืนตัวกลับ
 - r_1 = รัศมีการตัดของแม่พิมพ์
 - r_2 = รัศมีการตัดของชิ้นงานหลังการคืนตัวกลับ
 - T = ความหนาของชิ้นงานตัด



รูปที่ 2.45 การดีดกลับ (Springback) [39]

การแก้ปัญหาการดีดตัวกลับของวัสดุสามารถแก้ไขได้หลายวิธีอาทิเช่น การตัด หรือพับให้ห้องมากกว่ามุมที่ต้องการ การกดค้างไว้ด้วยลิ้มตัด ฯลฯ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ [40]

1. การพับให้มากกว่ามุมที่ต้องการเล็กน้อย (Over Bending) คือ การกำหนดมุมพับในแม่พิมพ์ให้มีขนาดใหญ่กว่ามุมที่ต้องการพับเล็กน้อย เพื่อให้หลังจากการดีดตัวกลับแล้วได้มุมพอดีกับความต้งต้อง วิธีนี้ควบคุมได้ยาก เนื่องจากมีปัจจัยที่มีผลกับค่าการดีดตัวกลับที่กล่าวมาข้างต้น โดยเฉพาะปัจจัยจากความหนาแผ่นโลหะที่จะมีค่าพิคัดความคลาดเคลื่อนจากการผลิตอยู่แล้ว ทำให้งานแต่ขึ้นเกิดค่าการดีดตัวกลับที่ไม่เท่ากัน การออกแบบชิ้นงานพับจึงควรมีพิคัดที่ยอมรับได้สำหรับการผลิตด้วย วิธีการนี้จะใช้ได้สะดวกกับแม่พิมพ์ตัววี โดยเปลี่ยนมุมของฟันซ์ และคายให้เล็กลงดังรูปที่ 2.46



รูปที่ 2.46 การออกแบบแม่พิมพ์รูปตัววีเพื่อการดีดกลับ [40]

2. การกดที่ส่วนล่างสุดของมุมที่ต้องการตัด เป็นการใช่วิธีการกดอัดที่บริเวณรัศมีการตัด เพื่อให้เกิดความเค้นอัดสูงในช่วงการเปลี่ยนรูปแบบถาวรในบริเวณที่ถูกกด คือใช้วิธีการกำจัดบริเวณที่เกิดความเค้นต่ำกว่าความเค้นครากของวัสดุ เพื่อไม่ให้เกิดการดีดตัวกลับ วิธีการที่จะเพิ่มความเค้นอีกที่บริเวณการพับทำได้โดย วิธีการแรก คือการปรับตั้งรัศมีการโค้งที่คายน์ให้เกิดการลดความหนาของแผ่นโลหะบริเวณที่พับ (Develop Set) วิธีการที่สองจะทำปลายของฟันซ์ให้มีลักษณะเป็นสันนูน (Offset Punch) เพื่อให้เกิดการกดอัด และลดความหนาของแผ่นโลหะที่บริเวณรัศมีการตัด [40]

3. การดึงโลหะแผ่นให้ยืดก่อนการตัด เป็นการทำการดึงขึ้นงานให้ยืดตัว เป็นการบังคับให้เกิดการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรบนแผ่นโลหะก่อนที่จะทำการขึ้นรูปตามที่ต้องการ

4. การเพิ่มระยะเวลาในการกด หรือกดค้าง คือการใช้เครื่องปั๊มระบบไฮดรอลิกส์ซึ่งมีช่วงระยะเวลาในการกดยาวกว่าเครื่องปั๊มแบบทางกลจะช่วยลดการติดตัวกลับของแผ่นโลหะได้

5. การรีดลดความหนาผนัง เป็นการลดระยะเคลือบเร็นเจอร์ระหว่างพื้นผิว และคายน้ำให้น้อยกว่าความหนาของแผ่นโลหะ และเป็นการเพิ่มความเค้นอัดให้เข้าสู่ช่วงการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรลดการเปลี่ยนแปลงรูปในช่วงยืดหยุ่น แต่จะต้องเพิ่มแรงในการตัด ซึ่งจะทำให้เกิดรอบชุดที่ขึ้นงานและการสึกหรอของแม่พิมพ์ที่สูงด้วย

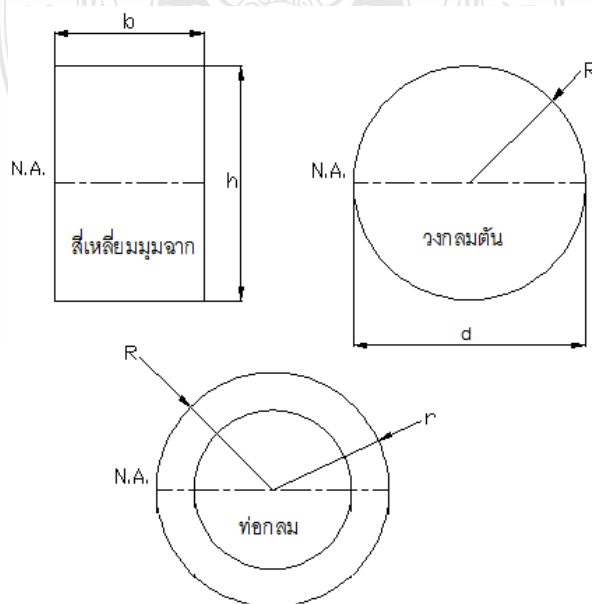
2.7.8 สมการสำคัญในการตัด [41]

1. การคำนวณความเค้นตัด หรือ โมเมนต์ตัด

ความเค้นตัด หรือ โมเมนต์ตัดคือ ผลบวกทางพีชคณิตของ โมเมนต์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนัก ณ หน้าตัดของกานด้านใดด้านหนึ่ง โดยหน้าตัดนั้นต้องตั้งได้ฉากกับแนวศูนย์กลางความยาวกาน ซึ่งมีสมการที่ 2.8 ดังนี้

$$\sigma_b = Mc / I \text{ N/mm}^2 = M / S \text{ N/mm}^2 \quad (2.8)$$

- โดย
- M = โมเมนต์ตัด Nm
 - c = ระยะจากแกนสะเทินถึงผิวนอกที่มีแรงกระทำ mm
 - I = โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่หน้าตัด mm⁴
 - S = มอดูลัสของหน้าตัด (S = I / C)



รูปที่ 2.47 มอดูลัสหน้าตัดของพื้นที่หน้าตัดที่ควรรทราบ [41]

ในกรณีที่หน้าตัดของวัสดุมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก วงกลมตัน ท่อกลม สมการ หน้าตัดของ S จะเปลี่ยนแปลงไปดังสมการต่อไปนี้

- กรณีที่หน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก

$$S = (bh^2) / 6 \quad (2.9)$$

โดย b = ความกว้างของหน้าตัด

h = ความสูงของหน้าตัด

กรณีที่หน้าตัดเป็นวงกลมตัน

$$S = (\pi R^4) / 4 = (\pi d^3) / 32 \quad (2.10)$$

โดย R = รัศมีความโค้งนอกของหน้าตัดวงกลมตัน

h = เส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมตัน

- กรณีที่หน้าตัดเป็นท่อกลม

$$S = (\pi / 4R) \times (R^4 - r^4) \quad (2.11)$$

โดย R = รัศมีความโค้งนอกของหน้าตัดวงกลมตัน

r = รัศมีความโค้งในของหน้าตัดวงกลมตัน

โมเมนต์ คือผลของแรงที่มีผลต่อการหมุนของวัตถุ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของแรง และ ระยะระหว่างแนวแรงกับจุดหมุน เกิดความได้เปรียบเชิงกล ซึ่งมีสมการที่ 2.12 ดังต่อไปนี้

$$M_A = F \times R \quad (2.12)$$

โดย M_A = โมเมนต์รอบจุดเอ (A)

F = ขนาดของแรง

R = การกระจัดจากจุดหมุนถึงจุดที่แรงกระทำ

2. การคำนวณความยาวส่วนโค้งโลหะแผ่นตามหลักการของ Ostergaard [41]

เมื่อตัดชิ้นงาน ความยาวของโลหะวัดที่เส้นแกนกลางจะมีความยาวเท่ากับ ความยาวของโลหะเริ่มต้น เส้นแกนกลางก่อนพับจะอยู่ที่กึ่งกลางความหนาของโลหะ เมื่อทำการตัดเส้น แกนกลางจะเข้าไปใกล้รัศมีด้านในของการตัด คำนวณได้จากสมการดังนี้ [41]

$$A = (\alpha / 360) \times [2\pi(r + C)] \quad (2.13)$$

$$L_o = L_1 + A + L_2 \quad (2.14)$$

โดย A = ความยาวรัศมีของเส้นแกนกลาง

C = รัศมีของส่วนโค้งใน

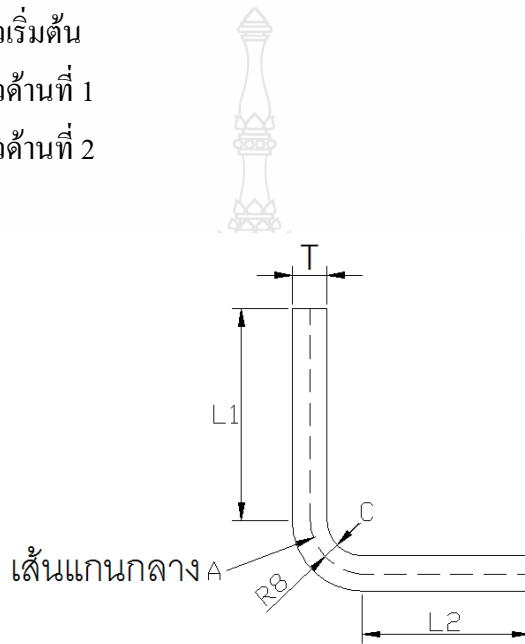
R = รัศมีในการตัด

α = องศาในการตัด

L_o = ความยาวเริ่มต้น

L_1 = ความยาวด้านที่ 1

L_2 = ความยาวด้านที่ 2



รูปที่ 2.48 การคำนวณความยาวเบื้องต้นของโลหะแผ่นตามหลักการ Ostergard [41]

ตารางที่ 2.2 การกำหนดค่า C (ระยะจากผิวด้านในจนถึงเส้นแกนกลาง) [41]

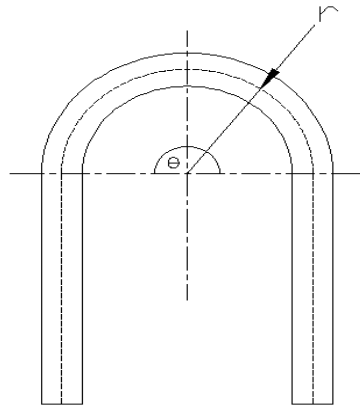
| รัศมีการตัด | C |
|-------------------|-------|
| $r < 2T$ | 0.33T |
| $r = 2T$ ถึง $3T$ | 0.4T |
| $r > 4T$ | 0.5T |

3. การคำนวณความยาวส่วนโค้งของท่อ

การคำนวณความยาวส่วนโค้งของโลหะท่อสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.15 และค่าตัวแปรดังแสดงไว้ดังรูปที่ 2.48

$$L = (\pi r r \phi) / 180 \quad (2.15)$$

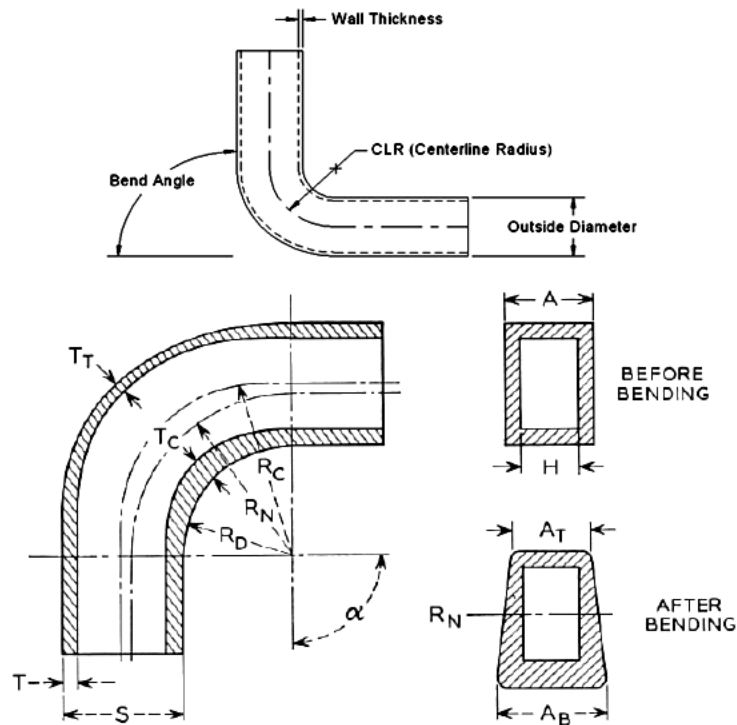
- โดย L = ความยาวส่วนโค้งของโลหะท่อ
 r = รัศมีความโค้งของโลหะท่อ (วัดที่เส้นแกนกลาง)
 ϕ = องศาในการตัดโลหะท่อ



รูปที่ 2.49 แบบท่อโค้ง [41]

4. การคำนวณความหนาผนังบริเวณส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อ

การคำนวณความหนาของผนังที่น้อยที่สุด (T_r) ที่บริเวณส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อดังสมการที่ 2.16 ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งเหล็กท่อกว้างหน้าตัดกลม และหน้าตัดสี่เหลี่ยม โดยการใช้สมการนี้จำเป็นต้องทราบเส้นศูนย์กลางของท่อที่ทำการตัด รัศมีของลูกตัด ฯลฯ ดังรูปที่ 2.50 ซึ่งในการคำนวณความหนาของผนังจะใช้สมการที่ 2.16 และ 2.17 ดังนี้



รูปที่ 2.50 หน้าตัดของเหล็กท่อกลวง และตัวแปรในการคำนวณความหนาของผนัง [42]

$$CLR, R_C = 4 \times OD \quad (2.16)$$

$$T_T = ATR_C / [A_T \times (R_D + S - 0.5T)] \quad (2.17)$$

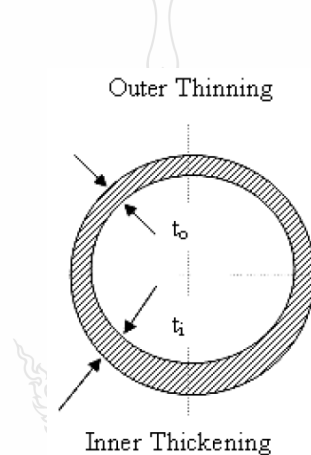
- โดย
- R_C = เส้นศูนย์กลางของรัศมีส่วนโค้งของท่อ (Center Line Radius : CLR)
 - OD = ความไดนอกสุดของท่อ
 - T_T = ความหนาของผนังบริเวณส่วนโค้งหลังจากการตัด
 - A = ความสูงโดยปกติของท่อ
 - T = ความหนาโดยปกติของท่อ
 - A_T = ความสูงของท่อหลังจากการตัด
 - R_D = รัศมีส่วนโค้งของแม่พิมพ์ (ลูกตัด)
 - S = ความกว้างโดยปกติของท่อ

2.7.9 ข้อผิดพลาดในการตัดท่อ (Defects in Tube Bending) [3]

จากปัญหาของชิ้นงานโลหะที่ผ่านกระบวนการตัดจะพบบริเวณที่เกิดความเสียหายเช่น รอยบุบ รอยฉีกขาด เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานไม่สม่ำเสมอตลอดชิ้นงาน ผนังของท่อโลหะมีความแตกต่างกัน การตีกลับ และการแตก เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาทฤษฎีการตัดทำให้สามารถ

ตั้งสมมติฐานถึงสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่างๆ ที่กล่าวไว้ในหัวข้อการตั้งสมมติฐานในบทที่ 1 ซึ่งรายละเอียดสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ความแตกต่างของผนัง (Variation in Wall Thickness) ในระหว่างกระบวนการตัดโมเมนต์ของการตัดก่อให้เกิดแรงในแนวแกนบริเวณวงใน (Inner) วงนอก (Outer) ของท่อโลหะ ซึ่งผนังวงใน และผนังวงนอกของท่อโลหะนั้นจะตกอยู่ภายใต้ความเค้นอัด (Compressive Stress) และความเค้นดึง (Tensile Stress) ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้จากความเค้นข้างต้นนี้จะทำให้น้ำตัดวงนอกเกิดความบางลง (Extrados) และเกิดความหนาขึ้นที่ผนังน้ำตัดวงใน (Intrados) ซึ่งผนังของท่อโลหะที่ได้นี้จะมีความแปรปรวน ความแตกต่างที่ไม่สม่ำเสมอกันดังรูปที่ 2.51



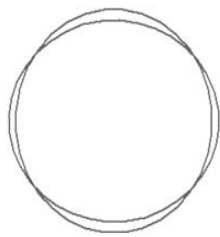
รูปที่ 2.51 ความไม่สม่ำเสมอของหน้าตัดผนังท่อ [3]

2. รอยย่น (Wrinkling) ที่พื้นผิววงในของเหล็กท่อโค้ง ผิววงในนั้นจะตกอยู่ภายใต้การควบคุมของความเค้นแรงอัด คือเวลาที่ท่อถูกกระทำให้อ่อนตัวในรัศมีที่ค้ำแน่น มันตกอยู่ภายใต้การควบคุมของความเค้นแรงอัดที่ผนังน้ำตัดวงในหนาขึ้น (Intrados) ซึ่งนำไปสู่ความไม่แน่นอนหรือ รอยย่นของท่อ ซึ่งรอยย่นเป็นข้อบกพร่องที่เป็นลูกคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นทีละระลอกดังรูปที่ 2.52



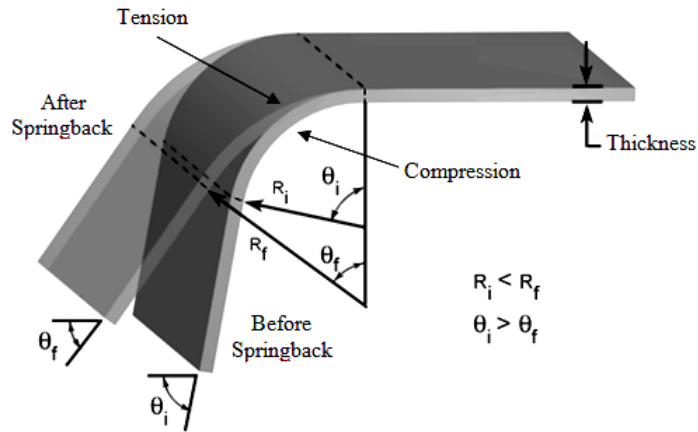
รูปที่ 2.52 การเกิดรอยย่นของท่อ [43]

3. หน้าตัดที่เกิดความบิดเบี้ยว (Cross Section Distortion) ตามที่อธิบายข้างต้น ที่ผนังวงนอกของท่อถูกควบคุมโดยความเค้นดึง ในทางตรงกันข้ามผนังวงในของท่อถูกควบคุมด้วยความเค้นอัด จึงมีแนวโน้มที่ปลายท่อจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งไปจากเส้นแกนกลาง ที่ผนังวงนอกของท่อมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนเข้าสู่เส้นแกนกลางทั้งนี้เพื่อเป็นการลดการขยายตัวของความเค้นดึง จากผลที่เกิดขึ้นจึงทำให้หน้าตัดของท่อไม่เป็นวงกลม ก็กลายเป็นรูปร่างรีคล้ายไข่แทนโดยทั่วๆ ที่ปฏิบัติกันในอุตสาหกรรมมักจะใช้ส่วนสนับสนุนเพื่อคอยพยุง หรือ ประคองที่ภายในของท่อเพื่อป้องกันไม่ให้ยุบตัว หรือ เกิดความบกพร่องที่หน้าตัดท่อ ซึ่งวัสดุที่ใส่เข้าไปภายในท่อนั้นจะเรียกว่า Mandrel จากรูปข้างล่างจะแสดงหน้าตัดของท่อที่เกิดความบิดเบี้ยว



รูปที่ 2.53 หน้าตัดของท่อที่เกิดความบิดเบี้ยว [3]

4. การดีดกลับ (Springback) หลังจากกระบวนการตัดเสร็จสมบูรณ์ และเครื่องมือได้ถูกถอนออกจากการตัด จะเกิดการดีดกลับของท่อซึ่งเป็นความยืดหยุ่นที่เป็นปกติวิสัยของวัสดุท่อ การฟื้นตัวคืน เด็งกลับ ดีดกลับแบบยืดหยุ่นนี้เรียกว่า (Springback) ในระหว่างกระบวนการตัดความเค้นได้มีการเพิ่มขึ้นภายในท่อ และเมื่อเครื่องมือถูกถอนจากการตัดความเค้นภายในก็ไม่หายยังคงอยู่ หลังจากหน้าตัดวงนอกเกิดความบางลง (Extradados) จะถูกควบคุมด้วยความเค้นดึงที่ตกค้าง ส่วนความหนาขึ้นที่ผนังหน้าตัดวงใน (Intradados) ถูกควบคุมด้วยความเค้นอัดที่ตกค้าง ความเค้นตกค้างเหล่านี้ก่อให้เกิด โมเมนต์ภายในการตัด ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการดีดกลับ การดีดกลับตัวยังจะเกิดขึ้นแต่จะหยุดจนกระทั่งโมเมนต์ภายในการตัดเป็นศูนย์ องค์สาของการดีดกลับขึ้นอยู่กับมุมในการตัด วัสดุที่ใช้ทำท่อ ขนาดของท่อ Mandrel เครื่องจักร และเครื่องมือต่างๆ ในทางปฏิบัติจริงสามารถคำนวณการดีดกลับได้ ดังรูปต่อไปนี้จะแสดงการดีดกลับของท่อหลังจากการเคลื่อนย้ายเครื่องมือในการตัดออก



รูปที่ 2.54 การคืนกลับของเหล็กแผ่น [3]

5. การแตก หรือการแยกที่แนวรัศมีโค้งนอก (Cracking or Splitting on Outside Bend Radius) ดังรูปที่ 2.55 ข้อบกพร่องแบบนี้สามารถเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุ อย่างแรกต้องตรวจสอบ และพยายามพิจารณาว่า ความเสียหายเกิดจากความเค้นดึง (Tensile) ความยืด ความอ่อน (Ductile) หรือเกิดจากความเปราะแตกหักง่าย (Brittle) ความเสียหายที่เกิดจากการอ่อนตัวเกิดขึ้นได้เมื่อวัสดุมีการยืดมากๆ และความหนาที่ลดลงที่ด้านข้างแต่ละด้านของวัสดุจนเกิดการแตก และเส้นขอบของรอยแตกจะมีลักษณะยุ่งเหยิง การเปราะแตกเกิดขึ้นโดยไม่มี การยืดของเนื้อวัสดุซึ่งทำให้เส้นขอบของการแตกมีลักษณะเป็นมันเงาค่อนข้างสะอาดไม่ยุ่งเหยิง วัสดุที่มีความแข็ง และความแข็งแรงสูง เช่น สแตนเลส 400 ความเสียหายมักเกิดจากการเปราะแตก ส่วนสแตนเลส 300 ความเสียหายมักเกิดจากความอ่อน



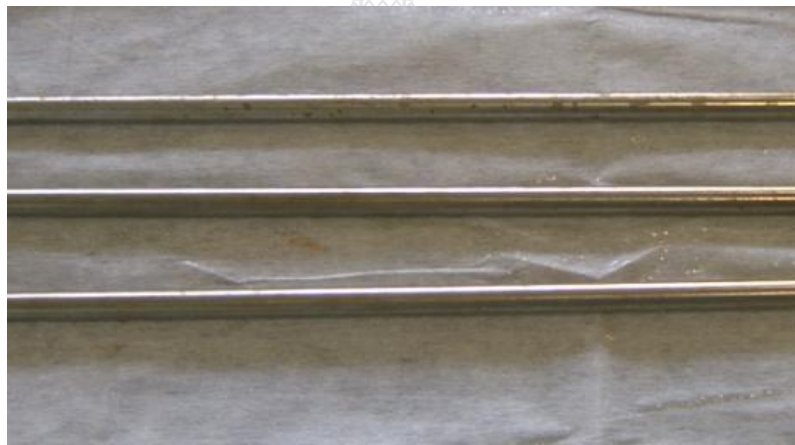
รูปที่ 2.55 การแตกของท่อ [34]

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับวัสดุ

2.8.1 เหล็กเส้นกลม DIN St 37

เหล็กกล้าคาร์บอน เหล็กกล้าชนิดนี้สามารถแบ่งได้ตามลักษณะการใช้งานเป็น 2 ประเภทดังนี้ อย่างแรกคือ เหล็กที่นำไปใช้งานได้เลยโดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงสมบัติโดยใช้ความร้อนจะใช้อักษรนำหน้าว่า St และตามด้วยตัวเลขซึ่งบอกถึงความสามารถที่จะทนแรงดึงได้สูงสุดของเหล็กชนิดนี้มีหน่วยเป็น กก / มม² อย่างที่สองคือ เหล็กที่ต้องผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงสมบัติโดยใช้ความร้อนก่อนที่จะใช้งาน เหล็กชนิดนี้จะนำหน้าด้วยอักษร C และตามด้วยตัวเลขที่แสดงปริมาณเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอน (จะต้องหารด้วย 100 เสมอ) ดังนั้นเหล็ก St 37 หมายถึงเหล็กกล้าคาร์บอนที่สามารถทนแรงดึงได้สูงสุด 370 กก / มม² ซึ่งเหล็ก St 37 จะแสดงดังรูปที่ 2.16

$$\text{น้ำหนัก} = \text{วงนอก}^2 (\text{mm}) \times 0.006167 \times \text{ความยาว (m)} \quad (2.18)$$



รูปที่ 2.56 เหล็กเส้นกลม St 37

ตารางที่ 2.3 เหล็กเส้นกลม DIN St 37 [44]

| ขนาด (มิลลิเมตร) | น้ำหนัก (กิโลกรัม) | | |
|---------------------|--------------------|-----------|-----------|
| | 1 (เมตร) | 10 (เมตร) | 12 (เมตร) |
| 6 | 0.222 | 2.220 | 2.660 |
| 9 | 0.499 | 4.990 | 5.990 |
| 12 | 0.888 | 8.880 | 10.660 |
| 15 | 1.387 | 13.870 | 16.640 |
| 19 | 2.226 | 22.260 | 26.710 |
| 25 | 3.853 | 38.530 | 46.240 |



รูปที่ 2.57 เหล็กกล้าคาร์บอน St 37 [44]

ตารางที่ 2.4 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก DIN St 37 [45]

| สมบัติวัสดุทางเคมีเหล็ก St 37 | | | | | |
|-------------------------------|----|----------|---------|---------|------|
| C | Fe | Mn (max) | P (max) | S (max) | Si |
| 0.10 - 0.30 | 98 | 0.9 | 0.04 | 0.05 | 0.28 |

2.8.2 เหล็ก JIS SKD 11 [44]

เป็นเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มงานเย็นที่มีส่วนผสมของคาร์บอนและโครเมียมในปริมาณสูง จัดเป็นเหล็กกล้าในกลุ่ม 12% เลเดอไรติกโครเมียมสตีล ซึ่งมีความต้านทานต่อการเสียดสีดีมาก นอกจากนี้ยังมีการผสมธาตุโมลิบดีนัมเพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการชุบแข็ง ให้ความเหนียวแกร่งดี และยังมีการผสมธาตุวานาเดียมให้สูงถึง 1% เพื่อช่วยรักษาคมตัดให้มีความแข็งแรงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ช่วยให้ทนต่อการเสียดสีและต้านทานต่อการสึกหรอได้สูงมากขึ้น DIN 1.2379 นี้ยังมีคุณสมบัติเด่นทางด้าน การต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง ซึ่งเหนือกว่าเหล็กกล้าในกลุ่ม 12% เลเดอไรติกโครเมียมสตีลเกรดอื่น จึงสามารถทำในไตรดิ่งได้ดี นิยมใช้ทำแม่พิมพ์สำหรับงานปั๊ม งานตัด งานเพรส งานอัดขึ้นรูปเย็น ลูกรีด ไบมีดตัดโลหะ และงานที่ต้องทนกับการเสียดสีสูง ๆ และแม่พิมพ์พลาสติกที่ต้องการความต้านทานต่อการสึกหรอมาก ๆ เช่นแม่พิมพ์ขึ้นรูปไฟเบอร์กลาส ซึ่งมีคุณลักษณะเด่นๆ (Significant Characteristics) ดังนี้

1. มีความต้านทานต่อการสึกหรอสูงมาก
2. มีความเหนียวแกร่งพอใช้
3. ชุบแข็งได้ดีมาก มีความสามารถในการชุบแข็งสูงมาก และชุบแข็งในเตาสุญญากาศได้
4. ต้านทานการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงได้ดี

5. เกิดการบิดงอเล็กน้อยมากหลังการชุบแข็ง
6. ด้านทานการสูญเสียคาร์บอนที่ผิวได้ดี
7. สามารถทำไนไตรดิงหลังการชุบแข็งได้
8. สามารถเคลือบผิวด้วยเทคนิคพีวีดีได้

การใช้งาน (Applications) ใช้ทำแม่พิมพ์สำหรับงานเย็นอย่างกว้างขวาง ทั้งแม่พิมพ์แบบล้าง (Blanking) แม่พิมพ์ปั๊ม (Pressing) แม่พิมพ์ดัด (Bending) แม่พิมพ์ดึงขึ้นรูป (Drawing) แม่พิมพ์สำหรับงานอัดขึ้นรูปเย็น (Cold Extrusion) แม่พิมพ์สำหรับงานทริมมิ่ง (Trimming) งานปั๊มเหรียญ (Coining) เป็นต้น และยังสามารถใช้ทำลูกกรีด และแม่พิมพ์สำหรับงานรีดเกลียว ไบมีดตัดเนื้อ โลหะ และพลาสติก และแม่พิมพ์พลาสติกที่ต้องการความต้านทานต่อการสึกหรอ

ตารางที่ 2.5 ลักษณะทั่วไป (General Characteristics) ของเหล็ก SKD 11 หรือเหล็ก 1.2379 [44]

| ส่วนผสมทางเคมี (% wt.) | C | Cr | Mo | V |
|------------------------|---------------------------------|------|------|-----|
| | | 1.55 | 12.0 | 0.7 |
| AISI | D2 | | | |
| JIS | SKD - 11 | | | |
| DIN | 1.2379 / x 155CrVMo12 - 1 | | | |
| สภาพจำหน่าย | อบอ่อนความแข็งสูงสุด 250 HB | | | |
| สภาพหลังชุบ | ชุบแข็ง และอบคืนตัว 58 – 62 HRC | | | |

2.9 บรรณกรรม และงานวิจัยที่ผ่านมา

การศึกษาที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ชิ้นงานตัดโดยใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้มีผู้ทำการศึกษา และงานวิจัย ซึ่งสามารถแสดงงานวิจัยเกี่ยวกับทางด้านไฟไนต์เอลิเมนต์ และการตัดเหล็กมาเป็นตัวอย่างเพื่อประยุกต์ใช้ในการทำวิจัยนี้ ซึ่ง ได้ดังต่อไปนี้

M.Koc [46] ทำการศึกษากำลองสถานการณ์เพื่อตรวจสอบรอยร่นที่เกิดจากการตัดท่อแบบ Rotary Draw Bending โดยใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ชื่อ Abaqus ซึ่งชิ้นงานตัดท่อถูกตัดโดยเครื่องตัดที่ใช้ระบบตัวเลขควบคุม (Numerical Control : NC) ซึ่งในระหว่างการตัดหน้าตัดวงนอกของท่อจะเกิดความบางลง (Extrados) จนทำให้เกิดความเสียหาย จึงใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์จำลองความเสียหายโดยกำหนดให้วัสดุท่อเป็นเหล็กเหนียว (Mild Steel : MS264-35) ซึ่งมาตรฐานของการทดสอบแรงดึงอ้างอิงกับมาตรฐาน (ASTM-E8) มีความโตวงนอกเท่ากับ 85.7 มิลลิเมตร ส่วนวงในเท่ากับ 80.7 มิลลิเมตร มีความยาว 1,000 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์เทียบกับการทดลองชิ้นงานจริงพบว่า ที่หน้าตัดของท่อบริเวณที่ถูกตัด (C-Section)

ของการจำลองมีความหนาสูงสุด และต่ำสุดเท่ากับ 2.95 และ 2.40 มิลลิเมตรตามลำดับ ส่วนผลของความหนาจากการทดลองจริงเท่ากับ 2.98 และ 2.37 ตามลำดับ ดังนั้นผลสรุปทางตัวเลขที่ได้จากการจำลองจึงเป็นที่ยอมรับได้

Y. Zhang, D. Redekop [47] ทำการจำลองเอลิเมนต์ผนังบางของแรงดันตัดในกระบวนการตัดท่อโดยใช้โปรแกรม LS-Dyna โดยการค้นตัดเหมาะกับการตัดท่อขนาดเล็กในงานวิจัยได้กำหนดให้รัศมีในการตัดเท่ากับ 70 มิลลิเมตร วัสดุที่ใช้เป็นอะลูมิเนียมผสม (AA6063) ซึ่งการวิเคราะห์เป็นแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear) โดยกำหนดเงื่อนไขแรงกระทำที่บริเวณ Plunger เป็นแบบ Axial Load ผลที่ได้คือค่าความเค้นฟอนมิสเสส (Von Mises Stress) ในแต่ละบริเวณของท่อ โดยผลการวิเคราะห์โดยสังเขปคือ บริเวณของท่อที่เป็นส่วนโค้งความหนาของผนังท่อในส่วนหน้าตัดวงนอกเกิดความบางลง (Extrados) เท่ากับ 1.11 และหน้าตัดวงในเกิดความหนาขึ้น (Intrados) เท่ากับ 1.63 มิลลิเมตร และบริเวณท่อก่อนบริเวณตัดโค้งมีความหนาของผนังท่อในส่วนผนังที่เกิดความบางลง (Extrados) เท่ากับ 1.44 และหน้าตัดวงในเกิดความหนาขึ้น (Intrados) เท่ากับ 1.58 มิลลิเมตร ส่วนบริเวณท่อก่อนบริเวณตัดโค้งมีความหนาของผนังท่อในส่วนที่หน้าตัดวงนอกเกิดความบางลง (Extrados) เท่ากับ 1.20 และหน้าตัดวงในเกิดความหนาขึ้น (Intrados) เท่ากับ 1.26 มิลลิเมตร โดยบริเวณส่วนโค้งนั้นมีความหนาของผนังที่หน้าตัดวงนอกเกิดความบางลง (Extrados) น้อยที่สุด และเป็นบริเวณที่เกิดความเค้นฟอนมิสเสส (Von Mises Stress) สูงสุดบริเวณผนังที่หน้าตัดวงนอกเกิดความบางลง (Extrados) เท่ากับ 0.14 GPa และ หน้าตัดวงในเกิดความหนาขึ้น (Intrados) เท่ากับ 0.17 GPa

Dilip K Mahanty [48] ทำการจำลองการตัดแบบ Rotary Draw Bending ของท่อโดยใช้โปรแกรม Ansys/LS-Dyna ทำการตัดเป็นมุม 90 องศาและความโตของท่อเท่ากับ 69.8 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ทำจากวัสดุอะลูมิเนียม (Al 6061-T4) และกำหนดความเร็วตัดเชิงมุมของลิ้มตัด (Bend Die) เท่ากับ Velocity of 2 mm/ms ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ซึ่งทำให้ชิ้นงานเกิดรอยร้าวเสียหายบริเวณส่วนโค้งด้านนอกคือเกิดการบวมของผนังท่อ และส่วนโค้งด้านในเกิดรอยร้าวขึ้น

Rohit Agarwal [3] ศึกษาการตัดท่อโดยใช้แรงดันภายนอกและภายใน ได้ใช้โปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์ LS - Dyna มาทำการวิเคราะห์ผลกระทบแบบ Plastic Strain และการบิดเบือนรูปร่างของหน้าตัด (Cross Section) ของชิ้นงานตัด โดยแม่พิมพ์ที่ใช้เป็นแบบ Rotary Draw Bending กำหนดแรงดันเท่ากับ 50 MPa ซึ่งท่อมีความโตนอกสุดเท่ากับ 20 มิลลิเมตร ความหนา 1.5 มิลลิเมตร รัศมีของลูกตัด (Bend Die) เท่ากับ 50 มิลลิเมตร ค่า Young Modulus เท่ากับ 219,400 MPa และอัตราส่วนปัวซองเท่ากับ 0.3 โดยผลที่ได้จะทำการเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์งานวิจัยของ Shr, S.G., 1998, "Bending of Tubes for Hydroforming" และได้กล่าวถึงทฤษฎีความเสียหาย หรือข้อบกพร่องของกระบวนการตัดเหล็ก อาทิ การแตกหัก บิดเบี้ยว ฯลฯ

ภาสกร จำปาเงิน [49] จากการศึกษาพฤติกรรมการคืบคลานและการชดเชยการคืบคลานโดยวิธีการพับขึ้นรูปแบบคงรูปที่ทำให้วัสดุเกิดแรงกดพับจนเกินจุด Yield Strength ซึ่งทำให้วัสดุเกิดการยืดตัว แต่ก็มีค่าความเค้นที่ตกค้างอยู่ซึ่งทำให้วัสดุนั้นคืบคลานมาบางส่วนวัสดุ S50C และ SPCC โดยส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะ เป็นการทดสอบโดยวิธีการพับขึ้นรูปตัววี เครื่องที่ใช้ในการทดสอบเป็นแบบโยก กระบวนการทดสอบเริ่มจากนำเอาชิ้นทดสอบมาตรวจหาคุณสมบัติเชิงกล เช่น ตรวจสอบการรับแรงดึงและการตรวจสอบหาความแข็งแบบร็อกเวลแบบวิกเกอร์ ตลอด จนหาสารผสมในเนื้อวัสดุ โดยที่ขนาดของชิ้นทดสอบอยู่ที่ 70 x 50 มิลลิเมตร ทำการพับที่มุมต่างๆ ในการทดสอบจะใช้ระบบนิวมेटริกเป็นตัวส่งกำลัง,ควบคุมระยะเวลาการพับรวมถึงอัตราความเร็วในการพับ ซึ่งจะทำให้การพับจะเท่ากันทุกช่วงการทดสอบ จากชิ้นทดสอบที่ได้จะนำไปวัดหามุมองศาของการคืบคลานของวัสดุ ผลการทดสอบเหล็กทั้งสองชนิดมีการคืบคลาน หลังจากการพับ เหล็กที่มีความเค้นสูงจะเกิดการคืบคลานมาก ถ้าพับให้มุมองศามากขึ้นการเกิดการคืบคลานจะลดลงการพับเหล็กในองศาที่มากกว่าจะได้องศาตามต้องการและเมื่อพับเหล็กเลยจุดแรงดึงสูงสุดจะทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกหักขาด

Liang Huan [50] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ในเชิงตัวเลข และระเบียบวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) สำหรับการพยากรณ์การคืบคลานของผนังเหล็กท่อบาง ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงตัวเลข และระเบียบการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อทำการพยากรณ์องศาของการคืบคลานตัวของวัสดุ (Springback) ของกระบวนการได้ อีกทั้งสำหรับการวิเคราะห์จะใช้ระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method : FEM) มาช่วยในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลการทดลอง ผลลัพธ์ที่ได้คือองศาในการคืบที่น้อยจะเกิดมุมของการคืบคลานหลังจากการคืบมาก และถ้าแรงในการคืบมากจะทำให้มุมของการคืบคลานสูงขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

สำหรับวิธีการวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรมมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี วิธีการวิเคราะห์ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์โดยใช้โปรแกรม MSC. Marc Mentat เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจในการแก้ไขปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน สามารถใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณได้ และมีความแม่นยำอีกทั้งยังมีการแสดงผลด้วยกราฟฟิกส์ที่สวยงามทำให้เข้าใจได้ดีว่าการแสดงตัวเลขเพียงอย่างเดียว สำหรับการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นโดยใช้โปรแกรม MSC. Marc Mentat เป็นวิธีการที่อาศัยหลักการไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นวิธีแก้ไขสมการด้วยวิธีเมทริก ที่มีการสร้างตัวแปรขึ้นมา แล้วใช้วิธีการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้สมการที่เกิดขึ้น สุดท้ายเราจะได้อัตราตัวแปรตามที่ต้องการ โดยใช้หลักการแบ่งโครงสร้างออกมาเป็นชิ้นเล็กๆ ที่เรียกว่าเอลิเมนต์ แต่ละเอลิเมนต์จะเชื่อมต่อกันด้วยจุดโหนด (Node) แล้วกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) และจุดจะอยู่ติดกันเป็นกลุ่มซึ่งเรียกว่าหลักการวิเคราะห์แบบนี้ว่าไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งเป็นการจำลองสถานการณ์เพื่อพยากรณ์ผลลัพธ์ หรือ ข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้น ซึ่งผลการวิเคราะห์จะถูกต้องหรือ มีความละเอียดมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเตรียมกระบวนการเป็นส่วนมากตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

ซึ่งในบทนี้จะให้ความสำคัญถึงการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นส่วนมาก เนื่องจากงานวิจัยในหัวข้อนี้มีการแบ่งความสำคัญของเนื้อหาไว้สองส่วนหลักๆ ทำให้รูปเล่มของงานวิจัยแบ่งเป็น 2 เล่มตามความเหมาะสมซึ่งมีดังนี้ เล่มที่ 1 ให้ความสำคัญทางด้านเครื่องจักร และแม่พิมพ์ ส่วนเล่มที่ 2 .ให้ความสำคัญทางการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ชิ้นงานตัด ซึ่งในส่วนของงานวิจัยเล่มนี้เป็นเล่มที่ให้ความสำคัญทางการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งในงานวิจัยหัวข้อนี้ บทนี้จะแสดงวิธีการดำเนินงานเพื่อให้ทราบลำดับขั้นตอนกระบวนการคิดการดำเนินงานวิจัย อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไฟไนต์เอลิเมนต์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ฯลฯ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้การดำเนินงานไปถึงผลลัพธ์ และบรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ได้อย่างเป็นระบบซึ่งแผนการกระบวนการคิดการดำเนินงานจะแสดงดังหัวข้อต่อไปนี้

3.1 แผนการดำเนินงาน

ในการจัดทำงานวิจัยเล่มนี้ได้มุ่งเน้นให้ความสำคัญไปที่เรื่องการวิเคราะห์โดยใช้หลักการและโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งในการศึกษาจะวิเคราะห์ไปที่ชิ้นงานตัดที่ได้ระบุรายละเอียดไว้ในบทที่ 1 เนื่องจากต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูล ออกแบบเครื่องตัดเหล็ก และชุดแม่พิมพ์ตัดรวมทั้งการวิเคราะห์ชิ้นงานตัดโดยใช้โปรแกรม MSC. Marc Mentat ทำให้ใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานจำนวนมากและเวลาการดำเนินโครงการตัดเหล็กไม่เหมือนตรงกับแผนที่ตั้งเอาไว้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานโครงการตัดเหล็กปี 2553 - 2554

| ขั้นตอนการดำเนินงาน | 01/53 | 02/53 | 03/53 | 04/53 | 05/53 | 06/53 | 07/53 | 08/53 | 09/53 | 10/53 | 11/53 | 12/53 | 01/54 | 02/54 | 03/54 | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 1. ศึกษาการตัดแบบ Compression | ←——→ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. ออกแบบเครื่องตัดและชุดแม่พิมพ์ | | ←——→ | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. สร้างเครื่องตัด และชุดแม่พิมพ์ | | | | | ←——→ | | | | | | | | | | | |
| 4. จัดเตรียมวัสดุ | | | | | | | | ←——→ | | | | | | | | |
| 5. ทดลองตัด โลหะ และบันทึกผล | | | | | | | | | | | ←——→ | | | | | |
| 6. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง | | | | | | | | | | | | | ←——→ | | | |
| 7. เผยแพร่งานวิจัย | | | | | | | | | | | | | | | ←——→ | |

ตารางที่ 3.2 แผนการดำเนินงานโครงการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ปี 2553 - 2554

| ขั้นตอนการดำเนินงาน | 01/53 | 02/53 | 03/53 | 04/53 | 05/53 | 06/53 | 07/53 | 08/53 | 09/53 | 10/53 | 11/53 | 12/53 | 01/54 | 02/54 | 03/54 | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 1. ศึกษาหลักการไฟไนต์เอลิเมนต์ | ←——→ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. สร้างแบบจำลองกระบวนการตัด | | | ←——→ | | | | | | | | | | | | | |
| 3. ขั้นตอนเตรียมกระบวนการ | | | | | ←——→ | | | | | | | | | | | |
| 4. ขั้นตอนการวิเคราะห์ | | | | | | | ←——→ | | | | | | | | | |
| 5. การปรับปรุงแก้ไข | | | | | | | | ←——→ | | | | | ←——→ | | | |
| 6. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง | | | | | | | | | | ←——→ | | | ←——→ | | | |
| 7. เผยแพร่งานวิจัย | | | | | | | | | | | | | | | ←——→ | |

สัญลักษณ์ของแผนการดำเนินงานโครงการ

1. แผนการดำเนินงานสัญลักษณ์ คือ ←——→

2. แผนการดำเนินงานจริงสัญลักษณ์ คือ ←- - - - ->

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ และวิเคราะห์

3.2.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ

การสร้างชิ้นส่วน หรือ ประกอบชิ้นส่วนในรูปแบบ 3 มิติ สามารถกระทำได้โดยใช้โปรแกรมทางด้านคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design : CAD) ซึ่งจะใช้โปรแกรมชื่อ Autodesk Inventor โปรแกรมนี้สามารถจำลองลักษณะการทำงานของเครื่องจักร และลักษณะทางกายภาพของชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ ในงานวิจัยนี้จะใช้คำสั่งเพื่อเตรียมชิ้นส่วนสำหรับวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ 2 คำสั่ง และเพื่อเขียนแบบสั่งการผลิตอีก 2 คำสั่งดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 คำสั่งที่ช่วยในการเขียนแบบ ออกแบบ

ในคำสั่งดังรูปในการออกแบบชิ้นส่วนจะใช้คำสั่ง Standard.ipt คำสั่งการประกอบจะใช้ Standard.iam คำสั่งในการทำแนวประกอบคือ Standard.ipn และคำสั่งในการเขียนแบบคือ Standard.idw ซึ่งในการเตรียมชิ้นส่วนเพื่อเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์จะใช้คำสั่ง Standard.ipt และ Standard.iam โดยจะทำในรูปแบบไฟล์ IGES

3.2.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ชิ้นงานตัดทั้ง 3 รูปแบบคือ เหล็กท่อกว้าง เหล็กเส้น และเหล็กแผ่นแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear) ในงานวิจัยเล่มนี้จะใช้โปรแกรม MSC. Marc Mentat ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์นี้จะวิเคราะห์ได้ทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ โดยขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะงานที่จะทำการวิเคราะห์



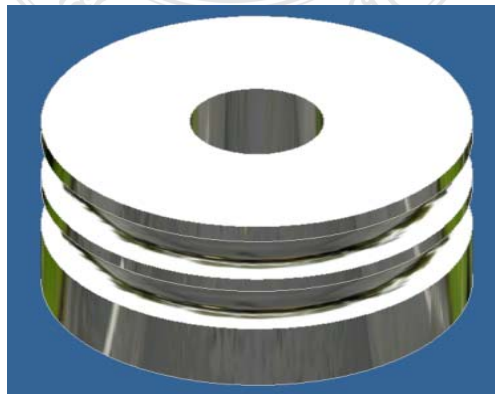
รูปที่ 3.2 โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ MSC. Marc Mentat

โดยโปรแกรมนี้จะวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 2 มิติได้โดยการสร้างจุด (Point) และเส้น (Curve) ที่ตัวโปรแกรมได้เลย แต่ถ้าเป็นการวิเคราะห์แบบ 3 มิติ จะทำการสร้างชิ้นงานแบบปริมาตรตัน พื้นผิว หรือเรียกไฟล์ IGES โดยการวิเคราะห์ทั้ง 2 แบบ จะต้องทำการสร้างเอลิเมนต์ และกำหนดเงื่อนไขการจับยึด แรงกระทำ และการเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ก่อนจึงจะสามารถหาผลเฉลยได้

3.3 การออกแบบลูกตัด (Bend Die)

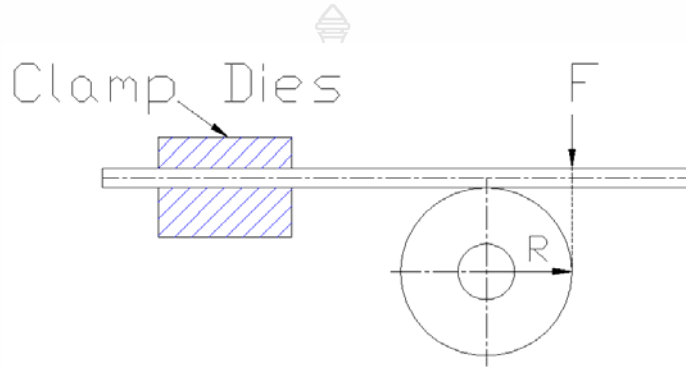
การออกแบบลูกตัดมัดตีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับตัดโลหะ 90 องศา จะออกแบบทั้งหมด 3 รูปแบบเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ลูกตัด ซึ่งลูกตัดที่ออกแบบจะเป็น Compression Bending โดยสามารถตัดชิ้นงานโลหะแผ่น โลหะท่อกลวง และเหล็กเส้นกลมได้ ซึ่งลูกตัดที่ออกแบบจะต้องผ่านการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อพิจารณาค่าความเค้นซึ่งส่งผลกระทบต่อชิ้นงาน ทั้งนี้เพื่อสามารถเลือกใช้ลูกตัดที่ส่งผลกระทบต่อชิ้นงานน้อยที่สุด ซึ่งรูปแบบของลูกตัดทั้ง 3 จะมีดังนี้

3.3.1 ลูกตัดมัดตีฟังก์ชันแต่ละแบบ

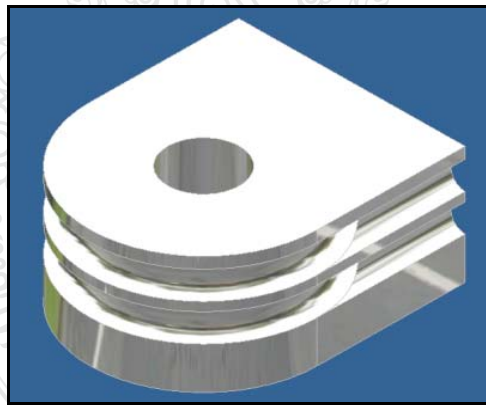


รูปที่ 3.3 ลูกตัดแบบที่ 1

ลูกตัดแบบที่ 1 จะมีลักษณะเป็นทรงกลมเมื่อทำการคัดลูกตัดจะนั่งอยู่กับที่ไม่ขยับ ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งใช้ในกระบวนการคัดแบบ Compression Bending โดยลูกตัดนั้นจะมีรัศมีเท่ากับ 62.5 มิลลิเมตร สามารถคัดเหล็กท่อกว้าง เหล็กเส้น และเหล็กแผ่นโลหะเป็นมุม 90 องศา ได้โดยมีรูตรงกลางลูกตัดเพื่อใช้สำหรับสวมเข้ากับเพลลาของเครื่องคัดเหล็ก ซึ่งการใช้งานของลูกตัดแบบที่ 1 ชิ้นงานเหล็กจะถูกจับยึดให้อยู่ยึดนิ่งกับที่ด้วยลิ้มยึด (Clamp Die) จากนั้นจะทำการคัดด้วยลิ้มคัด (Pressure Die) ซึ่งในการคัดจะใช้แรง (Force : F) ในการคัดดังรูปที่ 3.4

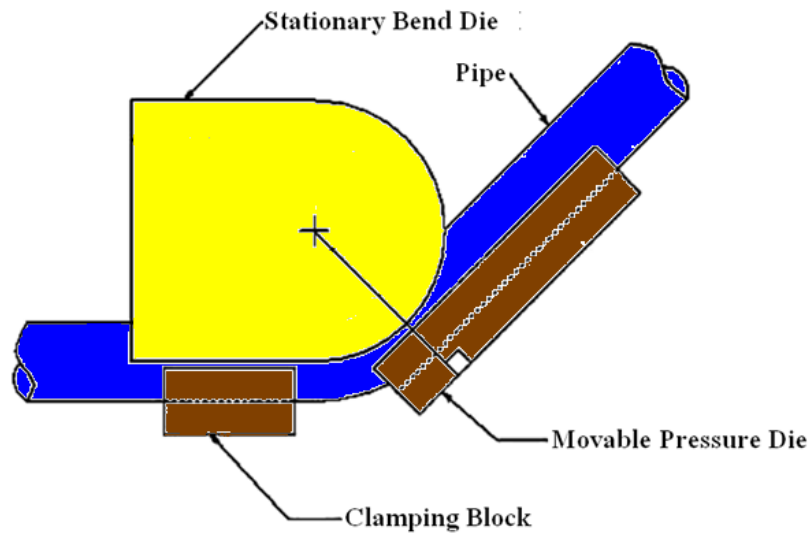


รูปที่ 3.4 ลักษณะการใช้งานของลูกตัดแบบที่ 1

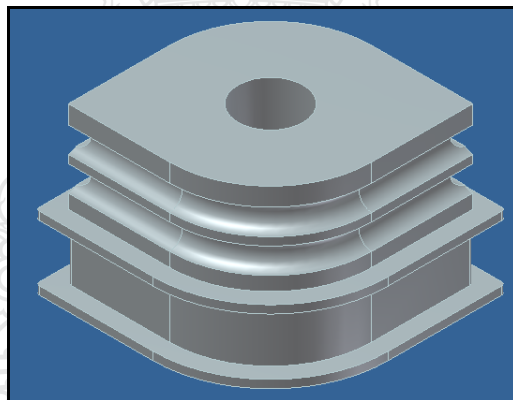


รูปที่ 3.5 ลูกตัดแบบที่ 2

ลูกตัดแบบที่ 2 จะมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลมดังรูปที่ 3.5 ซึ่งใช้ในกระบวนการคัดแบบ Compression Bending โดยลูกตัดนั้นจะมีรัศมีเท่ากับ 62.5 มิลลิเมตร สามารถคัดเหล็กท่อกว้าง เหล็กเส้น และเหล็กแผ่นให้เป็นมุมได้ 90 องศา โดยที่มีรูตรงกลางลูกตัดเพื่อใช้สำหรับสวมเข้ากับเพลลาของเครื่องคัด โดยลูกตัดแบบนี้จะมีส่วนที่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นผิวเรียบโดยที่ลิ้มยึด (Clamp Die) สามารถประกบชิ้นงานให้แนบสนิทกับตัวแม่พิมพ์ได้ และลิ้มคัด (Pressure Die) จะเคลื่อนที่คัด

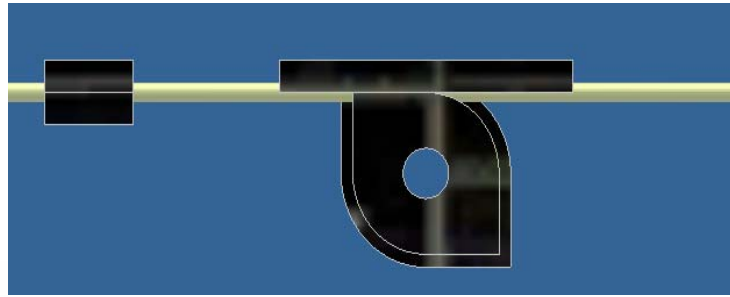


รูปที่ 3.6 ลักษณะการใช้งานของลูกตัดแบบที่ 2



รูปที่ 3.7 ลูกตัดแบบที่ 3

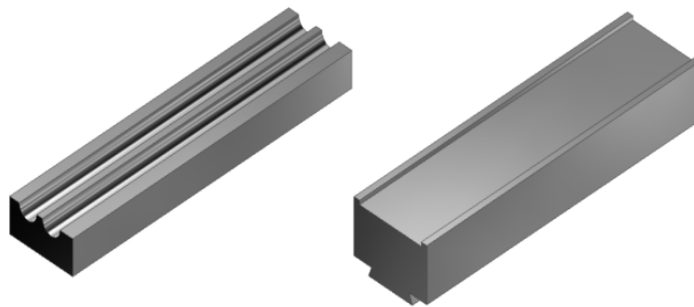
ลูกตัดแบบที่ 3 สามารถตัดเหล็กท่อกลม St 37 ความหนา 0.4 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 15.8 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงทำเป็นร่องสำหรับเป็นรางค้ำท่อขนาดรัศมีเท่า 7.9 มิลลิเมตร เป็นมุม 90 องศา อีกทั้งตัดเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ St 37 เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงทำเป็นร่องสำหรับเป็นรางค้ำท่อขนาดรัศมีเท่า 6 มิลลิเมตร เป็นมุม 90 องศา อีกด้านหนึ่งของลูกตัด และสุดท้ายสามารถตัดเหล็กแผ่นเกรด St 37 กว้าง 25 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร เป็นมุม 90 องศา ดังนั้นจึงทำเป็นร่องที่เป็นแผ่นราบเรียบสำหรับเป็นช่องค้ำให้ความกว้างเท่ากับ 25 มิลลิเมตร คัด โดยลูกตัดแบบนี้จะมีส่วนที่เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผิวเรียบสำหรับให้ลิ้มตัด (Pressure Die) ทำการประกบ



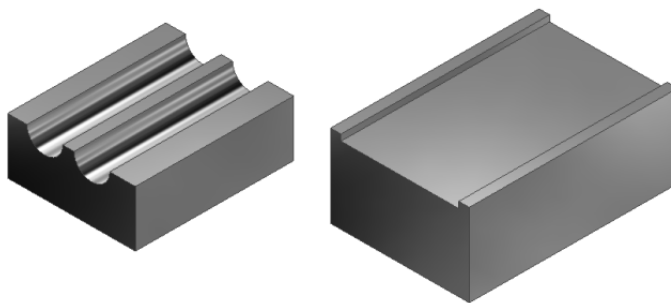
รูปที่ 3.8 ลักษณะการใช้งานของลูกตัดแบบที่ 3

3.3.2 การออกแบบลิ้มตัด และลิ้มยึด

การออกแบบลิ้มตัด (Pressure Die) และลิ้มยึด (Clamp Die) จะทำการออกแบบ 3 รูปแบบคือ สำหรับเหล็กท่อกลวง เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ และเหล็กแผ่น โดยออกแบบรางสำหรับวางเหล็กท่อกลวงให้มีรัศมี 7.9 มิลลิเมตร เหล็กเส้นรัศมีของราง 6 มิลลิเมตร และลิ้มตัด ลิ้มยึดเหล็กแผ่นร่องกว้าง 25 มิลลิเมตร ลึก 2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10



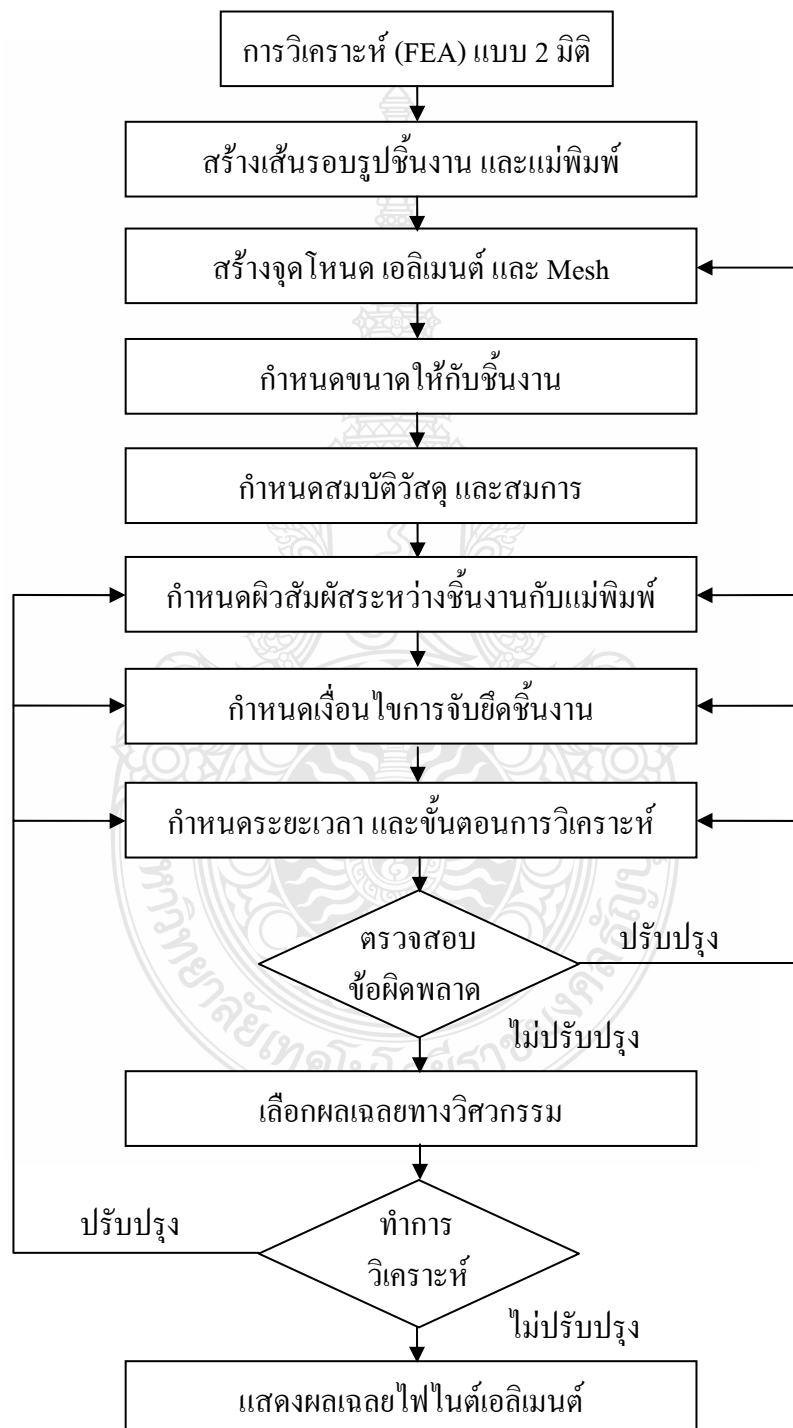
รูปที่ 3.9 ลิ้มตัดที่ออกแบบ



รูปที่ 3.10 ลิ้มยึดที่ออกแบบ

3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

3.4.1 การวิเคราะห์เหล็กเส้นกลม และเหล็กแผ่นแบบ 2 มิติ

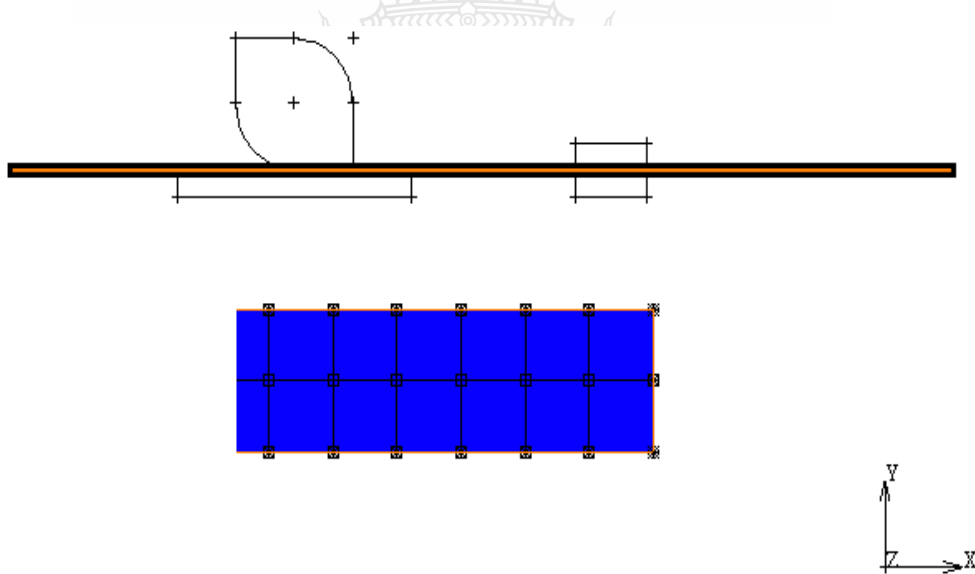


รูปที่ 3.11 แผนผังการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 2 มิติ

การวิเคราะห์แบบ 2 มิติ เส้นรอบรูปชิ้นงานเหล็กเส้นกลม และเหล็กแผ่น อีกทั้งจุดแม่พิมพ์ตัดจะมีเพียงแกน X และ Y โดยจะไม่มีแกน Z ซึ่งการวิเคราะห์เหล็กเส้นกลมและเหล็กแผ่นจะทำการวิเคราะห์แบบ 2 มิติเหมือนกันแต่จะต่างกันเพียงขนาดของชิ้นงาน ซึ่งการวิเคราะห์แบบ 2 มิติ สามารถแสดงขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังนี้

1. ขั้นตอนการสร้างเส้นรอบรูปชิ้นงาน และแม่พิมพ์ในโปรแกรม MSC. Marc Mentat จะทำการสร้างโดยใช้หมวดคำสั่ง MESH GENERATION โดยเริ่มต้นด้วยการสร้างจุด (Points) ซึ่งทุกครั้งต้องกำหนดจุดเริ่มต้นเป็น 0,0 เสมอ จากนั้นจะทำการสร้างเส้นรอบรูปโดยใช้คำสั่งเส้น (Curve) เพื่อสร้างเส้นตรง และเส้นโค้ง

2. ขั้นตอนการสร้างจุดโหนด เอลิเมนต์ และกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) เริ่มแรกจะทำการแบ่งจุดโหนด (Node) บนเส้นรอบรูปชิ้นงาน เมื่อแบ่งจุดโหนดเรียบร้อยแล้ว จะทำการเลือกชนิดของเอลิเมนต์เป็นแบบสี่เหลี่ยม (QUAD4) จากนั้นจะทำการสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์ที่ภายในเส้นรอบรูปของชิ้นงาน ซึ่งทั้งเหล็กเส้นกลม และเหล็กแผ่นจะมีวิธีการสร้างที่เหมือนกัน ดังรูป 3.12

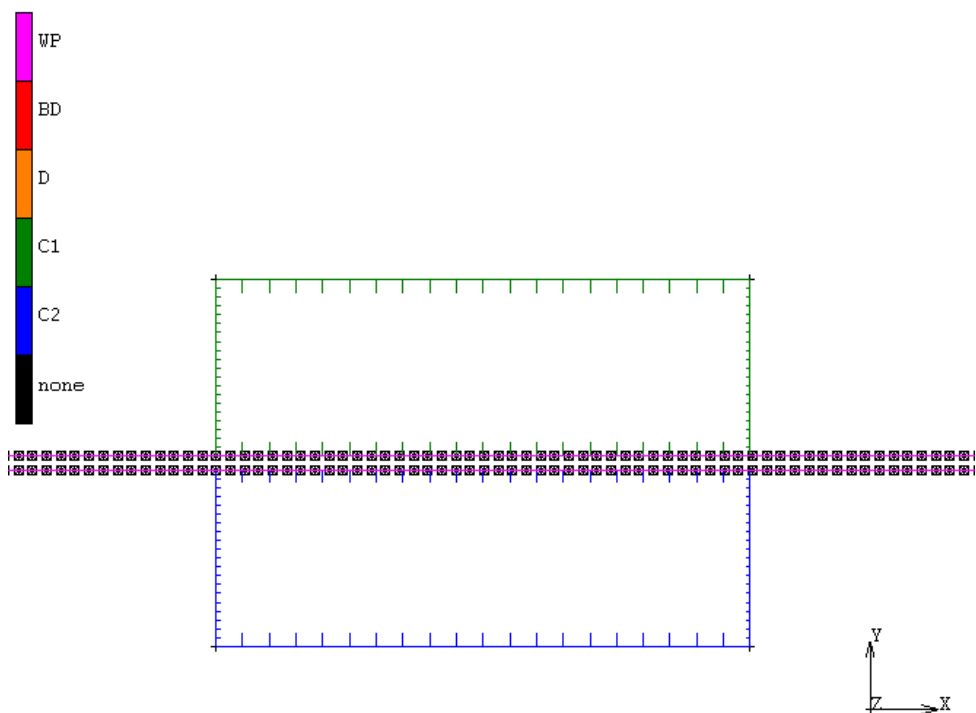


รูปที่ 3.12 การกำหนดเอลิเมนต์ และสร้างกลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) แบบ 2 มิติ

3. ขั้นตอนการกำหนดขนาดให้กับชิ้นงาน ในขั้นตอนนี้จะกำหนดความหนาให้กับเหล็กแผ่นซึ่งกำหนดในเชิงลึกเท่ากับ 25 มิลลิเมตร และกำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางในกรณีของการวิเคราะห์เหล็กเส้นเท่ากับ 12 มิลลิเมตร โดยใช้คำสั่งหลักในหมวด GEOMETRIC PROPERTIES

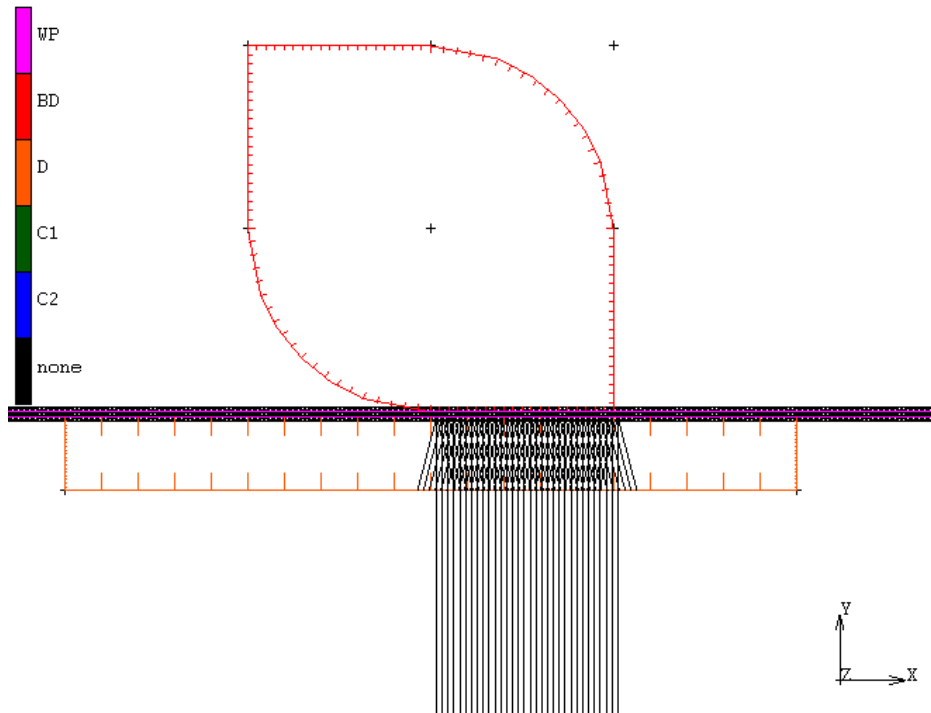
4. ขั้นตอนการกำหนดสมบัติวัสดุ และสร้างสมการสมบัติวัสดุ จะใช้คำสั่งหลักในหมวด MATERIAL PROPERTIES ซึ่งจะกำหนดวัสดุให้สมบัติเชิงกลเป็นแบบ ISOTROPIC

5. ขั้นตอนการกำหนดผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงานกับแม่พิมพ์ จะใช้หมวดคำสั่ง CONTACT ซึ่งชิ้นงานจะถูกกำหนดให้สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ (Deformable) ส่วนแม่พิมพ์จะถูกกำหนดให้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ (Rigid Body) ที่สำคัญในการสร้างผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงานกับแม่พิมพ์จะต้องทำการปรับผิวสัมผัสให้ถูกต้อง โดยผิวสัมผัส (Contact) ของแม่พิมพ์จะต้องอยู่ภายในเส้นรอบรูปของแม่พิมพ์เสมอ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การสร้างผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงาน และแม่พิมพ์แบบ 2 มิติ

6. ขั้นตอนในการกำหนดเงื่อนไขการจับยึดชิ้นงาน จะใช้หมวดคำสั่ง BOUNDARY CONDITION โดยทำการจับยึดชิ้นงานในแนวแกน X และแกน Y เพื่อไม่ให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ในขณะที่ทำการวิเคราะห์ ดังนั้นต้องเข้าใจกระบวนการตัดว่า ชิ้นงานจะเคลื่อนที่ได้เฉพาะในบริเวณที่ทำการตัดเท่านั้น ส่วนบริเวณอื่น อาทิ ปลายท่อ หรือบริเวณที่ชิ้นงานทำการประกบกับลิ้มยึดจะต้องไม่เคลื่อนที่ ดังรูปที่ 3.14 แสดงการกำหนดเงื่อนไขการจับยึดชิ้นงาน



รูปที่ 3.14 การกำหนดเงื่อนไขการจับยึดชิ้นงานในแนวแกนแบบ 2 มิติ

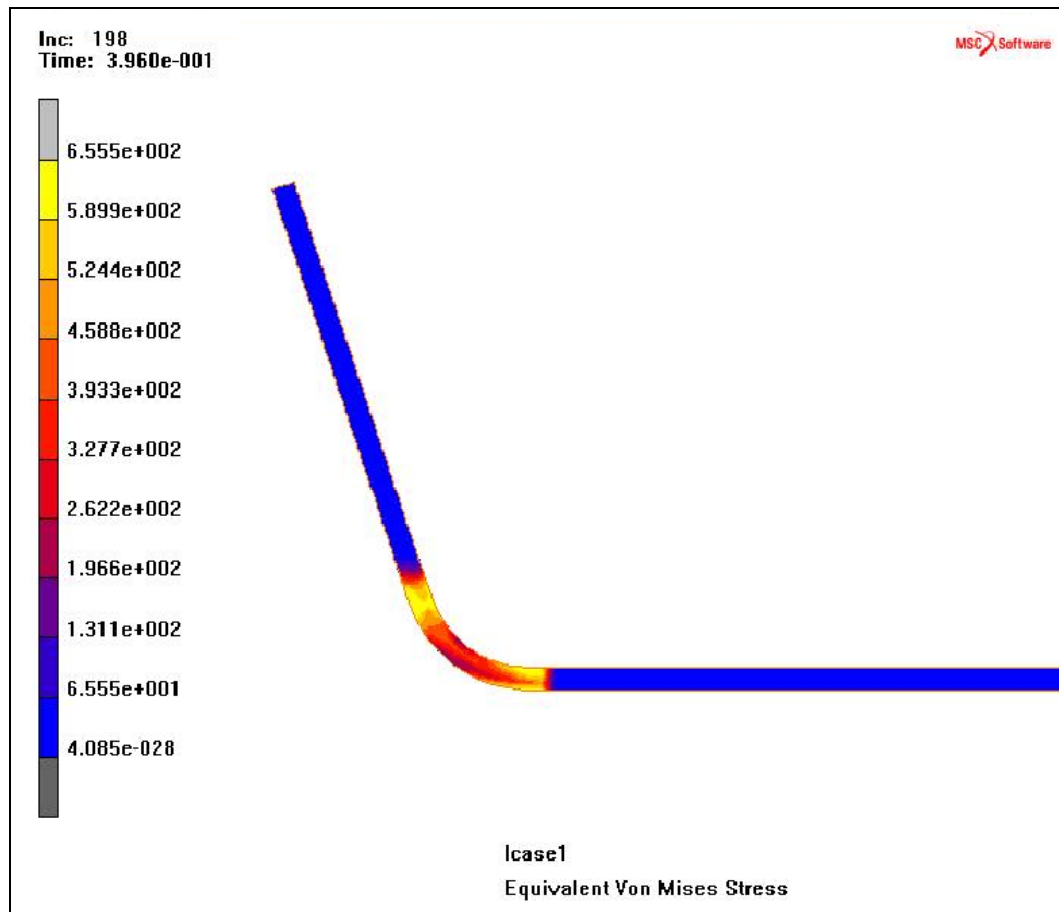
7. ขั้นตอนการกำหนดระยะเวลา และขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยใช้หมวดคำสั่ง LOAD CASE ซึ่งจะกำหนดเวลา (Time) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ และลำดับขั้นตอน (Step) ในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้แล้วในขั้นตอนนี้จะต้องทำการเลือกสมการสมบัติวัสดุในหมวด MATERIAL PROPERTIES เข้ามาใช้ร่วมในการวิเคราะห์ด้วย

8. ขั้นตอนการตรวจสอบข้อผิดพลาด และการแจ้งเตือนจะใช้คำสั่ง Check Renumber All ซึ่งโปรแกรมจะตรวจสอบขั้นตอนการเตรียมกระบวนการทั้งหมด ถ้าตรวจสอบแล้วไม่พบข้อผิดพลาดโปรแกรมจะทำการแจ้งเตือนว่า ข้อผิดพลาด 0 การแจ้งเตือน 0 (Found 0 Errors and 0 Warnings) ในกรณีที่พบข้อผิดพลาดสามารถตรวจสอบได้ที่คำสั่ง Exit Message

9. ขั้นตอนการเลือกผลเฉลยทางวิศวกรรม จะใช้หมวดคำสั่ง JOB ซึ่งจะทำการเลือกผลเฉลยความเค้นฟอนมิสเชส (Von Mises Stress) ความเครียดหลัก (Major Strain) ความเครียดรอง (Minor Strain) และการดีดกลับ (SpringBack) ในคำสั่งย่อย Job Results

10. ขั้นตอนการวิเคราะห์ จะใช้หมวดคำสั่ง JOB และชุดคำสั่งย่อยชื่อ Run ซึ่งโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ และประมวลผลจนกว่าจะเสร็จสมบูรณ์ (Complete) ซึ่งกรณีที่การวิเคราะห์เสร็จสมบูรณ์แล้วจะได้ผลลัพธ์แบ่งเป็น 2 แบบ คือ กรณีที่การวิเคราะห์ล้มเหลวจะไม่มีผลแสดงผล ซึ่งจะต้องย้อนกลับไปแก้ไขที่ขั้นตอนการเตรียมกระบวนการ แต่ถ้าการวิเคราะห์ไม่มีปัญหาโปรแกรมจะแสดงผลเป็นกราฟฟิกส์

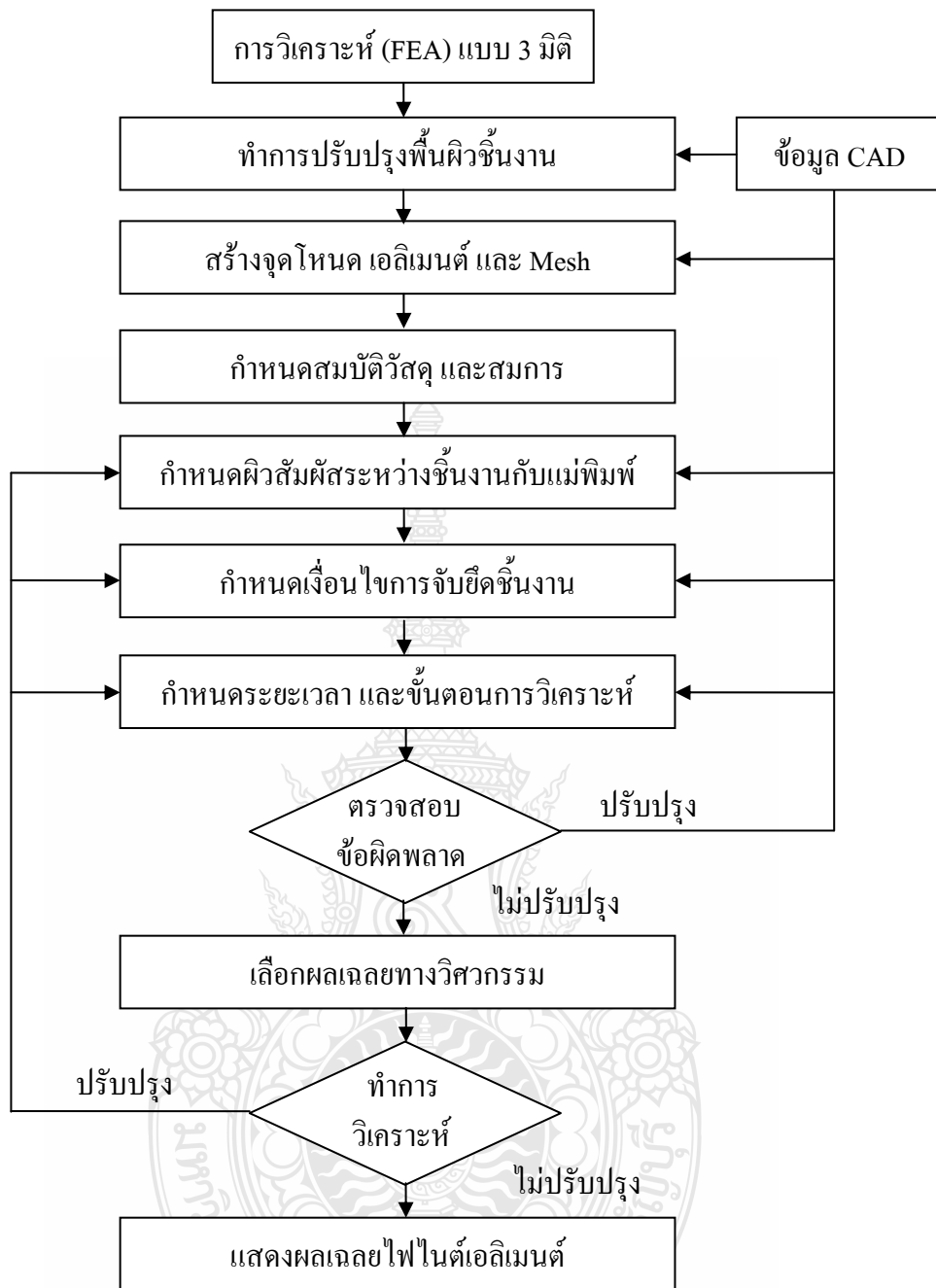
11. ขั้นตอนการแสดงผลเฉลยไฟไนต์เอลิเมนต์ โปรแกรมจะทำการแสดงผลออกเป็นกราฟฟิคส์ การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง กราฟ และค่าความเค้นต่างๆ โดยจะต้องใช้หมวดคำสั่ง RESULT เพื่อเข้าไปดูผลการวิเคราะห์ ซึ่งจะต้องปรับเอลิเมนต์เป็นแบบไม่แสดงเส้น (Out Line) และใช้คำสั่ง มอร์นิเตอร์ (Monitor) เพื่อแสดงภาพเคลื่อนไหว ซึ่งผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 2 มิติ

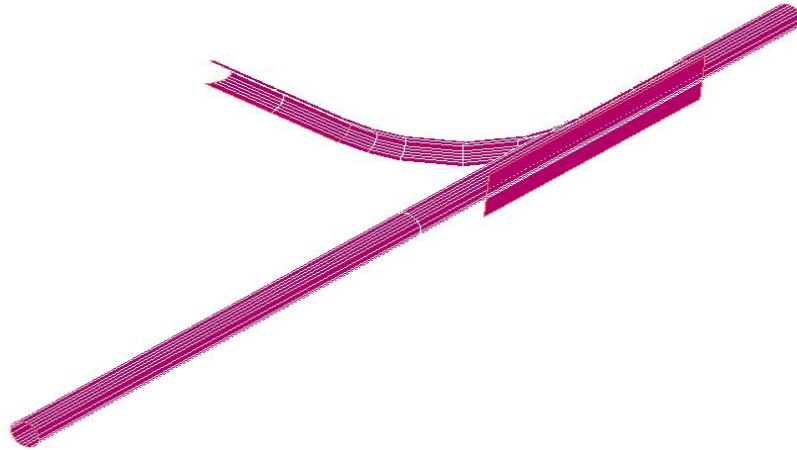
3.4.2 การวิเคราะห์เหล็กท่อกวางแบบ 3 มิติ

การวิเคราะห์แบบ 3 มิติ ชิ้นงาน และชุดแม่พิมพ์จะมีแกน Z เพิ่มขึ้นไปอีก 1 แกน จากเดิมเป็นแกน X และ Y ในการวิเคราะห์จะต้องทำการปรับปรุงผิวชิ้นงานเป็นอันดับแรก และการวิเคราะห์เหล็กท่อกวางที่มีผนังหนา 0.4 มิลลิเมตร จะต้องใช้เอลิเมนต์เป็นแบบผนังบาง ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานสามารถแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 3.16 แผนผังการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติ

1. การปรับปรุงพื้นผิวชิ้นงาน เริ่มแรกทำการรับข้อมูลไฟล์ IGES จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD) โดยแบบจำลองที่เปิดเข้าสู่โปรแกรมพื้นผิวจะไม่เรียบร้อย จะมีพื้นผิวที่ไม่ต้องการเพิ่มขึ้นมา หรือเกินออกมา ซึ่งจะต้องทำการลบพื้นผิวที่ไม่ได้ใช้ออกไป และลบพื้นผิวของชิ้นงาน และแม่พิมพ์ทั้งหมดให้เหลือพื้นผิวสุดที่บางมากที่สุด เพื่อจะได้ใช้ในการกำหนดความหนา ดังรูปที่ 3.17

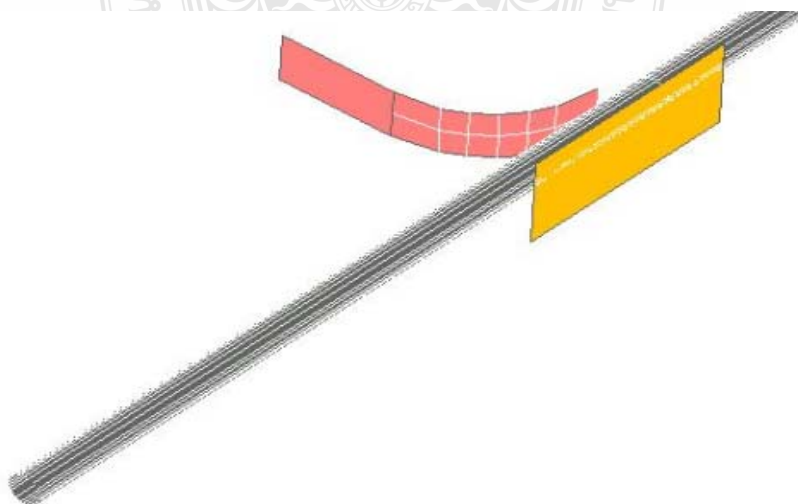


รูปที่ 3.17 การเตรียมปรับปรุงพื้นผิวของเหล็กที่อกลวง

2. การสร้างจุดโหนด เอลิเมนต์ และ กลุ่มของเอลิเมนต์ (Mesh) เริ่มแรกจะแบ่งจุดโหนด (Node) และทำการเลือกชนิดของเอลิเมนต์เป็นแบบสี่เหลี่ยมแบบผนังบาง (Shell Element) และสร้างกลุ่มเอลิเมนต์

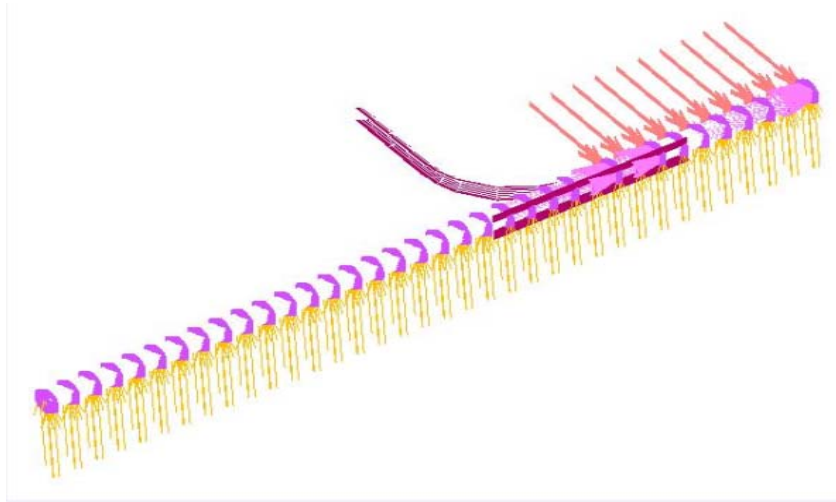
3. ทำการกำหนดสมบัติวัสดุ และสมการ โดยกำหนดวัสดุให้สมบัติเชิงกลเป็นแบบ ISOTROPIC MATERIALS และค่า Young's Modulus เท่ากับ 200 GPA ส่วนอัตราส่วนปัวซองเท่ากับ 0.34 เหมือนการเตรียมกระบวนการในการวิเคราะห์แบบ 2 มิติ

4. การกำหนดผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงาน และแม่พิมพ์จะใช้หมวดคำสั่งผิวสัมผัส CONTACT ซึ่งชิ้นงานจะถูกกำหนดให้สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ (Deformable) ส่วนแม่พิมพ์เปลี่ยนแปลงรูปร่างไม่ได้ (Rigid Body)



รูปที่ 3.18 การสร้างผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงาน และแม่พิมพ์แบบ 3 มิติ

5. ขั้นตอนการกำหนดเงื่อนไขการจับยึดชิ้นงาน จะใช้หมวดคำสั่ง BOUNDARY CONDITION โดยทำการจับยึดชิ้นงานในแนวแกน Z และแกน Y เพื่อไม่ให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ในขณะที่ทำการวิเคราะห์ สำหรับการจับยึดชิ้นงานในแกน X จะทำการจับยึดเฉพาะบริเวณลิ่มยึดเท่านั้นเพื่อไม่ให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ในบริเวณนั้น



รูปที่ 3.19 การกำหนดเงื่อนไขการจับยึดแบบ 3 มิติ

6. ขั้นตอนการกำหนดระยะเวลา และขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยใช้หมวดคำสั่ง LOAD CASE ซึ่งจะกำหนดเวลา (Time) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ และกำหนดลำดับขั้นตอน (Step)

7. การตรวจสอบข้อผิดพลาด และการแจ้งเตือนจะต้องใช้คำสั่ง Check Renumber All ถ้าการตรวจสอบแล้วไม่พบข้อผิดพลาดจะแจ้งเตือนว่า ข้อผิดพลาด 0 การแจ้งเตือน 0 (Found 0 Errors and 0 Warnings)

8. การเลือกผลเฉลยทางวิศวกรรม จะใช้หมวดคำสั่ง JOB ซึ่งจะทำการเลือกผลเฉลย ความเค้น ความเครียดหลัก (Major Strain) ความเครียดรอง (Minor Strain) ฯลฯ ในคำสั่งย่อย Job Results

9. การวิเคราะห์ จะใช้หมวดคำสั่ง JOB และชุดคำสั่งย่อยชื่อ Run โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ และประมวลผลจนกว่าจะเสร็จสมบูรณ์ (Complete) ถ้าการวิเคราะห์ไม่มีปัญหาโปรแกรมจะแสดงผลเป็นกราฟฟิกส์ดี แต่ถ้ามีปัญหาต้องแก้ไขที่ขั้นตอนการเตรียมกระบวนการ

10. การแสดงผลเฉลยไฟไนต์เอลิเมนต์ โปรแกรมจะทำการแสดงผลออกเป็นกราฟฟิกส์ดี การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง กราฟ ค่าความเค้น ความเครียด การบิดกลับของวัสดุ ความหนาของผนังเหล็กที่ทอกลวง ฯลฯ โดยใช้หมวดคำสั่ง RESULT เพื่อแสดงผลการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติ

3.5 การทดสอบแรงดึงของเหล็ก St 37

ขั้นตอนนี้จะทดสอบแรงดึงของเหล็ก St 37 เพื่อให้ทราบแน่ชัดว่าวัสดุเหล็กที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นเหล็กเกรด St 37 ที่มีสมบัติวัสดุตรงตามมาตรฐาน และความต้องการในงานวิจัยจริง ดังนั้นจึงเตรียมชิ้นงานทดสอบโดยใช้เหล็กแผ่นเกรด St 37 ที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร มาทำการดึงด้วยเครื่อง Electromechanical Universal Testing Machine SCHENCK RSA 250 โดยทำการดึงวัสดุตามแนวยาว (Longitudinal) และแนวขวาง (Transverses) ที่อุณหภูมิห้อง 25°C ซึ่งวัดแรงดึงของวัสดุที่ขาดออกจากกันทั้ง 2 ชั้น โดยแรงดึงชั้นที่ 1 แทนสัญลักษณ์ด้วย T1 ส่วนแรงดึงของชั้นที่ 2 แทนด้วย T2 ซึ่งการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเป็นเหล็ก St 37 ถูกต้องตรงตามที่ต้องการโดยขั้นตอนการดำเนินงานทดสอบแรงดึงมีดังนี้

3.5.1 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

เริ่มแรกจะทำการเตรียมชิ้นงานเหล็กแผ่นเกรด St 37 ซึ่งมีความหนา 2 มิลลิเมตรให้มีลักษณะเป็นคัมเบลล์ ดังรูป ซึ่งการวิเคราะห์แรงดึงของโลหะที่มีหน้าตัดบาง เช่น เหล็กแผ่น จะเตรียม



รูปที่ 3.21 การเตรียมวัสดุทดสอบแรงดึง

3.5.2 เครื่องมือทดสอบแรงดึง

การทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine) จะทำด้วยเครื่องทดสอบซึ่งจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์เสริมต่างๆ ประกอบด้วยหัวจับชิ้นทดสอบซึ่งมีหน้าที่หลักในการจับยึดชิ้นทดสอบเข้ากับเครื่องทดสอบ โดยต้องสามารถรับ และถ่ายแรงจากเครื่องสู่ชิ้นทดสอบได้เป็นอย่างดี ในการทดสอบนี้จะใช้เครื่อง Electromechanical Universal Testing Machine SCHENCK RSA 250



รูปที่ 3.22 Universal Testing Machine RSA [46]

3.5.3 การทดสอบแรงดึง

ในการทดสอบจะเพิ่มแรงกระทำอย่างสม่ำเสมอ และอ่านค่าทุกระยะขณะทำการทดสอบ โดยเพิ่มแรงที่ชิ้นทดสอบอย่างต่อเนื่องจนแตกหัก หลังชิ้นทดสอบแตกหักให้นำชิ้นทดสอบออกจากเครื่องทดสอบ และทำการตรวจสอบหาระยะยืด ซึ่งการทดสอบดึงชิ้นทดสอบเหล็กแผ่น St 37 จนขาดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 การทดสอบแรงดึง (Tensile Test)

จากรูปที่ 3.23 แสดงให้เห็นว่าชิ้นทดสอบเหล็กแผ่น St 37 จะถูกหัวจับของเครื่องทดสอบแรงดึง Electromechanical Universal Testing Machine SCHENCK RSA 250 จับที่ด้านข้างของชิ้นงานทั้ง 2 ด้าน โดยที่ปากของหัวจับจะกว้างเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัส แล้วทำการดึงในทิศทางที่แตกต่างกัน ในการทดสอบจะเพิ่มแรงกระทำอย่างสม่ำเสมอ และอ่านค่าทุกระยะขณะทำการทดสอบ จากนั้นจะเพิ่มแรงดึงกระทำทำให้ชิ้นทดสอบต่อเนื่องจนกระทั่งแตกหัก โดยชิ้นทดสอบจะเกิดรอยแตกบริเวณกึ่งกลางชิ้นทดสอบ

3.5.4 ผลการทดสอบแรงดึง

1. ผลการทดสอบแรงดึงวัสดุตามแนวยาว (Longitudinal)

จากการทดสอบแรงดึงของวัสดุตามแนวยาว (Longitudinal) จะพบว่าเหล็ก St 37 ชิ้นที่ 1 (T1) สามารถทนแรงดึงได้ 379.01 N/mm^2 และมีเปอร์เซ็นต์ความยืดเท่ากับ 31.62 เปอร์เซ็นต์ ส่วนชิ้นที่ 2 (T2) สามารถทนแรงดึงได้ 376.27 N/mm^2 และมีเปอร์เซ็นต์ความยืดเท่ากับ 32.12 เปอร์เซ็นต์

2. ผลการทดสอบแรงดึงวัสดุตามแนวขวาง (Transverses)

จากการทดสอบแรงดึงของวัสดุตามแนวขวาง (Transverses) จะพบว่าเหล็ก St 37 ชั้นที่ 1 (T1) สามารถทนแรงดึงได้ 380.84 N/mm^2 และมีเปอร์เซ็นต์ความยืดเท่ากับ 28.86 เปอร์เซ็นต์ ส่วนชั้นที่ 2 (T2) สามารถทนแรงดึงได้ 377.43 N/mm^2 และมีเปอร์เซ็นต์ความยืดเท่ากับ 26.96 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบแรงดึงวัสดุตามแนวยาว (Longitudinal)

| Specimen | T1 | T2 |
|--|---------------|---------------|
| Thickness (mm) | 1.95 | 1.95 |
| Width (mm) | 12.63 | 12.66 |
| Cross sectional area (mm^2) | 24.63 | 24.69 |
| Load at 0.2% offset yield strength (N) | 6,072 | 6,019 |
| Maximum tensile load (kN) | 9.335 | 9.29 |
| 0.2% Offset yield strength (N/mm^2) | 247.33 | 243.77 |
| Tensile strength (N/mm^2) | 379.01 | 376.27 |
| Elongation (%) | 31.62 | 32.12 |
| Location of fracture | In the length | In the length |

ตารางที่ 3.4 ผลการทดสอบแรงดึงวัสดุตามแนวขวาง (Transverses)

| Specimen | T1 | T2 |
|--|---------------|---------------|
| Thickness (mm) | 1.95 | 1.96 |
| Width (mm) | 12.63 | 12.61 |
| Cross sectional area (mm^2) | 24.63 | 24.72 |
| Load at 0.2% offset yield strength (N) | 6,849 | 6,703 |
| Maximum tensile load (kN) | 9.38 | 9.33 |
| 0.2% Offset yield strength (N/mm^2) | 278.06 | 271.15 |
| Tensile strength (N/mm^2) | 380.84 | 377.43 |
| Elongation (%) | 28.86 | 26.96 |
| Location of fracture | In the length | In the length |

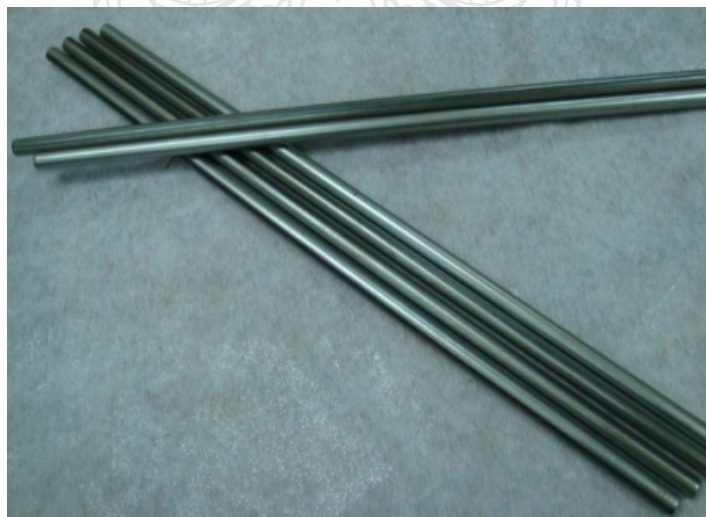


รูปที่ 3.24 ผลการทดสอบแรงดึงเหล็ก St 37

3.6 การเตรียมชิ้นงานตัด

3.6.1 การเตรียมชิ้นงานเหล็กท่อกว้าง

1. ทำการตัดเหล็กท่อกว้างขนาด 5 หุน หรือ 15.8 มิลลิเมตร ความหนาเท่ากับ 0.4 มิลลิเมตร โดยให้ได้ความยาว 1,000 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องตัดเหล็กไฟฟ้าแทนการใช้แก๊สตัดเหล็ก เนื่องจากเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไป จากนั้นทำการลบคมด้วยการใช้ตะไบเหล็ก เมื่อเสร็จแล้วใช้น้ำมันทาที่บริเวณพื้นผิวเพื่อป้องกันสนิม



รูปที่ 3.25 เหล็กท่อกว้าง St 37

2. เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับตีกริดโดยประกอบไปด้วย บล็อกใช้สำหรับบล็อกแผ่นฟิล์มพลาสติกที่เป็นลายกริดลายกริด โดยแผ่นกริดจะเป็นลายเป็นวงกลมในช่องสี่เหลี่ยม โดยมี



รูปที่ 3.26 อุปกรณ์บล็อก และแผ่นกริด



รูปที่ 3.27 แผ่นกริดแบบผสมวงกลมกับสี่เหลี่ยม (Combination)

3. การเตรียมกริดที่ใช้สำหรับกัดลายบนผิวของเหล็กที่ตกลงง นำยาทำความสะอาดผิวโลหะ และตู้ไฟสำหรับใช้ปล่อยไฟฟ้าผ่าฟิล์มกริดเพื่อให้กรดกัดลงไปเป็นลวดลายที่ผิวของโลหะ



รูปที่ 3.28 เครื่องปล่อยกระแสไฟฟ้า และสารเคมีที่ใช้กัดกรด

4. ทำการกัดกรดโดยเทน้ำยาคัดกรดลงไปบนแผ่นฟิล์มที่เป็นลายกริดแล้ววางทับลงบนเหล็กที่ทอกลวง แล้วบล็อกเหล็กที่ทอกลวงกับตัวบล็อก โดยอัดเข้ากับแผ่นฟิล์ม จากนั้นทำการป้อนกระแสไฟฟ้าผ่านตัวบล็อกเพื่อให้กระแสไฟฟ้าทำการกัดลายกริดบนชิ้นงานโลหะโดยผ่านกรด



รูปที่ 3.29 การเทกรดลงบนแผ่นฟิล์ม และเหล็ก



รูปที่ 3.30 การปล่อนกระแสไฟฟ้าเพื่อทำการกัดผิวโลหะ

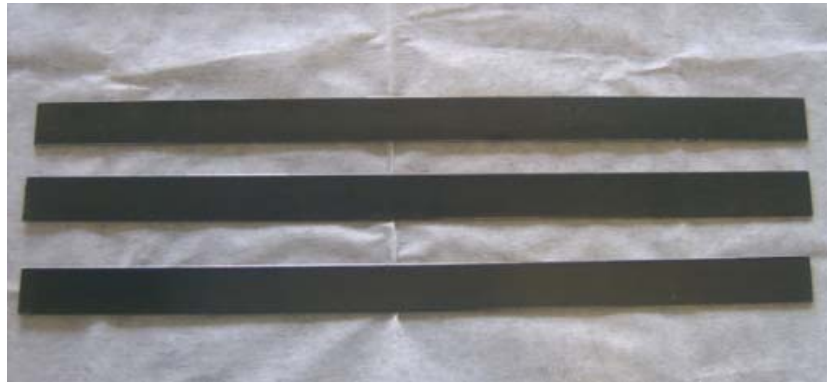
5. หลังจากทำการกัดครด และปล่อนกระแสไฟฟ้าลงไปที่ซันงานเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะ
ได้เหล็กท่อกลวงที่มีลายกริดวงกลมบนผิวซันงานโลหะ ซึ่งจะเกิดลวดลายกริดตลอดพื้นผิวของ
ซันงาน ดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 เหล็กท่อกลวงที่ผ่านการดิกริด

3.6.2 การเตรียมซันงานเหล็กแผ่น

ทำการตัดเหล็กแผ่นขนาดความกว้าง 25 มิลลิเมตร ให้ได้ความยาว 1 เมตร ความหนา 2
มิลลิเมตร ด้วยเครื่องตัดเหล็กจากนั้นทำการลบคมด้วยการใช้ตะไบเหล็ก เมื่อเสร็จแล้วใช้น้ำมันทาที่
บริเวณพื้นผิวเพื่อป้องกันสนิมของเหล็ก ดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 เหล็กแผ่น St 37

3.6.3 การเตรียมชิ้นงานเหล็กเส้นกลม ผิวเรียบ

ตัดเหล็กเส้นขนาด 12 มิลลิเมตรให้ได้ความยาว 1 เมตร ด้วยเครื่องตัดเหล็กจากนั้นทำการลบคมด้วยการใช้ตะไบเหล็ก เมื่อเสร็จแล้วใช้น้ำมันทาที่บริเวณพื้นผิวเพื่อป้องกันสนิมของเหล็ก ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ St 37

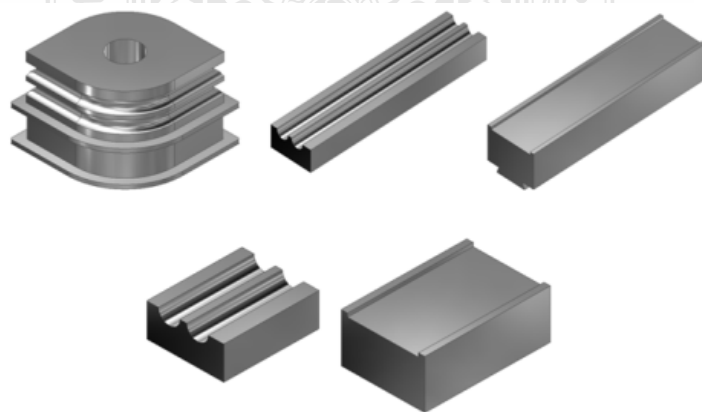
3.6.4 การเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์

1. เครื่องตัดมัดตีฟังก์ชัน ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิกส์โดยใช้เฟืองสะพานขบกับเฟืองตรงเพื่อให้แกนไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่นำพาลิมตัดให้เคลื่อนที่ตัดชิ้นงาน โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับงานนี้เท่ากับ 3 HP และอัตราการไหลของปั๊มจะกำหนดอัตราการไหลที่ความเร็ว 1,200 rpm มอเตอร์ไฟฟ้าโดยทั่วไปจะหมุน 1,450 rpm เพราะฉะนั้นอัตราการไหลของปั๊ม 1 GPM ที่มีความเร็วรอบเท่ากับ 1,200 rpm เมื่อทำการใช้งานให้หมุนด้วยความเร็วเท่ากับ 1,450 rpm และกระบอกสูบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.34 เครื่องตัดเหล็กมัลติฟังก์ชัน

2. ชุดแม่พิมพ์ตัดประกอบไปด้วยลูกตัดแบบมัลติฟังก์ชันที่สามารถตัดเหล็กได้ทั้ง 3 ชนิด เป็นมุมสูงสุดเท่ากับ 90 องศา ส่วนลิ้มตัดจะทำการออกแบบ 3 รูปแบบ คือ ออกแบบสำหรับเหล็กท่อกลวง 15.8 มิลลิเมตร เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ 12 มิลลิเมตร และเหล็กแผ่นกว้าง 25 มิลลิเมตรหนา 2 มิลลิเมตร โดยออกแบบรางสำหรับวางท่อให้มีรัศมี 7.9, 6 มิลลิเมตร และลิ้มตัดเหล็กแผ่นร่องกว้าง 25 มิลลิเมตร โดยที่ใช้วัสดุในการออกแบบคือเหล็ก SKD11 และ SCM4



รูปที่ 3.35 ชุดแม่พิมพ์ตัดแบบ Compression

3.7 การเตรียมเครื่องมือวัด

3.7.1 เวอร์เนียดิจิทัล (Vernier Digital)

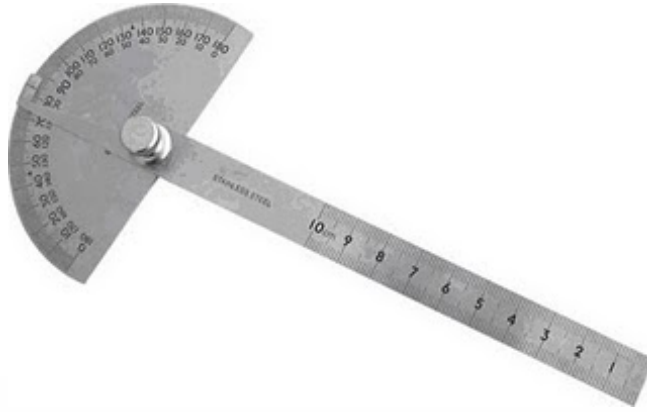
เวอร์เนียดิจิทัลจะถูกใช้วัดขนาดความหนาแน่นเหล็กที่ทอกลวง โดยแสดงขนาดได้ทั้งหน่วยนิ้ว และหน่วยมิลลิเมตร การวัดความหนาจะใช้ปากของเวอร์เนียดิจิทัลวัด ถ้าวัดขนาดในหน่วยนิ้วจะสามารถคำนวณแปลงขนาดเป็นหน่วยมิลลิเมตร ซึ่งเวอร์เนียดิจิทัลสามารถแสดงดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 เวอร์เนียดิจิทัล

3.7.2 ไบวัดมุม (Bevel Protractor)

โดยไบวัดมุมมีลักษณะ โครงสร้างที่สำคัญคือมีลักษณะ โค้งเป็นรูปครึ่งวงกลมมีขีดสเกลแบ่งองศา 0 ถึง 180 องศา โดยเริ่มจากด้านซ้ายมือ ค่าความละเอียดของขีดสเกลเท่ากับ 10 ฐานด้านล่างของไบบอกองศาใช้ประกอบกับผิวงานขณะวัด และแขนวัดมุมซึ่งยึดติดกับไบบอกองศาด้วยแป้นเกลียว ปลายด้านบนจะแหลมเพื่อให้อ่านค่าวัดองศาได้อย่างถูกต้อง ปลายด้านล่างจะทำหน้าที่เป็นแขนประกบกับผิวงาน เพราะฉะนั้นไบวัดมุมสามารถวัดมุมของงานที่ไบบอกองศา และแขนวัดมุมสามารถประกบกับผิวงานได้เท่านั้น ก่อนวัดจะต้องปรับแป้นเกลียวให้แขนวัดมุม หมุนด้วยความฝืดที่พอเหมาะ กดฐานของไบบอกองศาให้แนบกับผิวงาน หมุนแขนวัดมุมเข้าหาผิวงานจนสัมผัสกับผิวงาน อ่านค่าวัดองศา ถ้าเป็นชิ้นงานที่ไม่สามารถอ่านค่าวัดองศาขณะวัดได้ ให้ขันแป้นเกลียวยึดแขนวัดมุมเสียก่อนจึงยกขึ้นอ่าน ซึ่งไบวัดมุมนี้จะถูกนำไปวัดมุมของเหล็กทั้ง 3 ประเภท เพื่อบันทึกผลการทดลองการตีคดกลับ ดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 ไบวัดมุม (Bevel Protractor)

3.8 การตรวจสอบผลเฉลยจากการดำเนินการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

3.8.1 การตรวจสอบความหนาผนังเหล็กท่อกวางที่องศาในการตัด 90 องศา

การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์จะต้องทำการตรวจสอบทุกครั้งว่าขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน หรือผลเฉลยทางวิศวกรรมที่ได้มาถูกต้องหรือไม่ ซึ่งในหัวข้อนี้จะทำการตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบความหนาของผนังเหล็กท่อกวางที่ใช้อองศาในการตัดตั้งแต่ 15 องศา ถึง 90 องศา โดยบริเวณที่เปรียบเทียบคือผนังของท่อที่มุม 45 องศา บริเวณส่วนโค้งนอก ซึ่งมาวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. ทำการตัดเหล็กท่อกวางโดยใช้อองศาในการตัด 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา
2. ผ่าเหล็กท่อกวางในแต่ละองศาตัดให้เห็นหน้าตัดบริเวณส่วนโค้งมุม 45 องศา
3. วัดความหนาของผนังเหล็กท่อกวางบริเวณส่วนโค้งนอกที่มุม 45 องศา
4. ทำการวิเคราะห์กระบวนการตัดเหล็กท่อกวางด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้อองศาในการตัด 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา
5. คำนวณความหนาของเหล็กท่อกวางบริเวณส่วนโค้งนอก

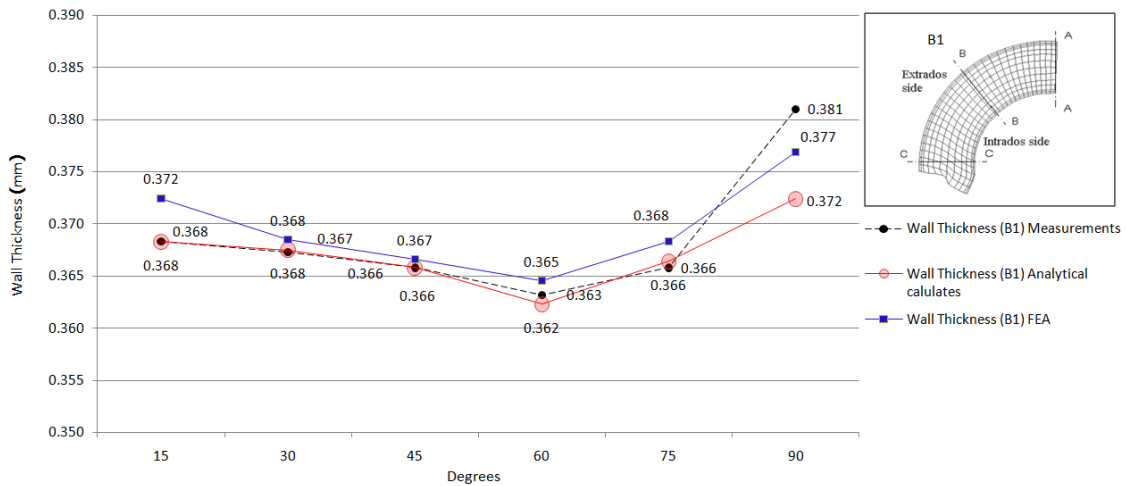
3.8.2 การคำนวณผนังส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อกวางที่มุม 45 องศา

การคำนวณผนังส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อกวางจะใช้สัญลักษณ์ (T_r) โดยการคำนวณจำเป็นต้องรู้เส้นแกนกลาง (CLR , R_c) ของเหล็กท่อกวาง และรัศมีในการตัดของลูกตัด (R_D) ความหนาของท่อ (T) ความสูงของท่อของก่อนการตัด (A) และหลังการตัด (A_r) ซึ่งในการคำนวณจะสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.5 โดยการคำนวณจะใช้สมการที่ 2.16 และ 2.17 ดังแสดงในบทที่ 2 ในการหาความหนาผนังส่วนโค้งนอก

ซึ่งจากการวัดขนาดความหนาของผนังเหล็กท่อกวางบริเวณส่วนโค้งนอกที่มุม 45 องศา ในทุกๆ องศาในการตัด และการคำนวณความหนาของผนังส่วนโค้งนอกที่มุม 45 องศา หรือบริเวณ (B1) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แล้วสามารถแสดงตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบความหนาผนังท่อบริเวณส่วนโค้งด้านในโดยวิธีการที่ต่างกัน

| วิธีการหาความหนาผนังท่อ | ผนังท่อบริเวณส่วนโค้งด้านนอกที่มุม 45 องศา (มิลลิเมตร) | | | | | |
|----------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| 1. การวัดความหนาของผนังท่อ | 0.368 | 0.367 | 0.366 | 0.363 | 0.366 | 0.381 |
| 2. การคำนวณความหนาของผนังท่อ | 0.368 | 0.368 | 0.366 | 0.362 | 0.366 | 0.372 |
| 3. ผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ | 0.372 | 0.368 | 0.367 | 0.365 | 0.368 | 0.377 |



รูปที่ 3.38 เปรียบเทียบผลการทดลอง และการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

จากการเปรียบเทียบความหนาของผนังเหล็กท่อกลางบริเวณส่วนโค้งด้านนอกที่มุม 45 องศา ของเหล็กท่อกลางที่ผ่านกระบวนการตัดโดยองศาในการตัดที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 3.38 พบว่าที่องศาในการตัด 60 องศา ผนังส่วนโค้งด้านนอกมีความหนาน้อยที่สุด หรือบางที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับองศาตัดอื่นๆ และองศาในการตัดที่ 90 ความหนาของผนังท่อจะมากที่สุด โดยผลการเปรียบเทียบขนาดความหนาจะมาจาก การวัดความหนาของผนังท่อ การคำนวณ และผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยความหนาของผนังท่อที่ได้จากแหล่งที่มาที่ต่างกันพบว่ามีความหนาในส่วนของความหนาเป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ค่าความหนาที่ได้ไม่เท่ากัน

ผลการทดลองของผนังเหล็กท่อกลางพบว่าผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกับผลการวัดชิ้นงาน และผลการคำนวณโดยสมการหาผนังท่อ และผลลัพธ์จากที่มาต่างกันมีความหนาคล้ายๆ กันตั้งแต่องศาการตัดที่ 15 จนถึง 90 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบ ขั้นตอนสำหรับการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ได้สร้างขึ้นมาสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ ผลเฉลยเกี่ยวกับการตัดเหล็กท่อกลางอื่นๆ ได้

3.9 การทดสอบการตัด และการวัดชิ้นงานโลหะ

3.9.1 การทดสอบทางกายภาพ

การทดสอบชิ้นงานตัดด้วยสายตาเป็นการประเมินคุณภาพของชิ้นงานเบื้องต้น โดยพิจารณาด้วยสายตาของผู้ทดลอง ซึ่งการประเมินด้วยสายตาจะมีความละเอียดน้อยกว่าการทดสอบรูปแบบอื่น แต่สะดวกในการใช้ประเมินสำหรับชิ้นงานที่เห็นผลการทดลองได้อย่างชัดเจน เช่น ชิ้นงานเกิดรอยแตก รอยขุ่น รอยบุบ ฯลฯ ซึ่งมีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

1. ทำการตัดเหล็กท่อกว้างโดยใช้ONGSAในการตัด 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา
2. ทำการตัดเหล็กเส้นกลมผิวเรียบเป็นมุม 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา
3. ทำการตัดเหล็กแผ่นเป็นมุม 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา



รูปที่ 3.39 การตัดเหล็กในแต่ละองศาการตัด

4. ทำการตรวจสอบลักษณะภายนอก ข้อบกพร่องของเหล็กทั้ง 3 ประเภท ที่ผ่านกระบวนการตัด เพื่อหาข้อบกพร่องที่ผิวของชิ้นงาน
5. บันทึกผลการทดลองโดยทำสัญลักษณ์เครื่องหมายถูกลงในตารางการประเมินข้อบกพร่องทางกายภาพ

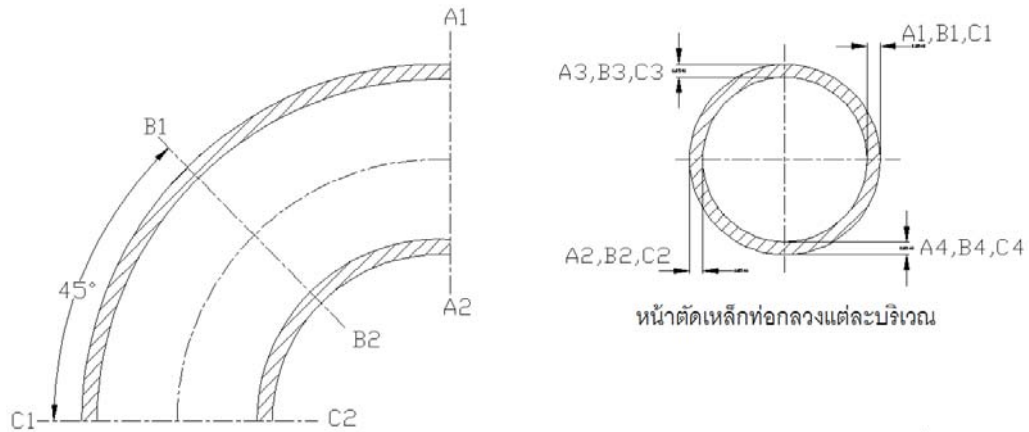
ตารางที่ 3.6 การประเมินข้อบกพร่องทางกายภาพ

| ประเภท ข้อบกพร่อง | เหล็กท่อกว้าง | | เหล็กเส้น | | เหล็กแผ่น | |
|----------------------|---------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | เกิด | ไม่เกิด | เกิด | ไม่เกิด | เกิด | ไม่เกิด |
| 1. รอยแตก และร้าว | - | - | - | - | - | - |
| 2. การบิดกลับ | - | - | - | - | - | - |
| 3. การเกิดรอยขุ่น | - | - | - | - | - | - |
| 4. การเกิดรอยบุบ | - | - | - | - | - | - |

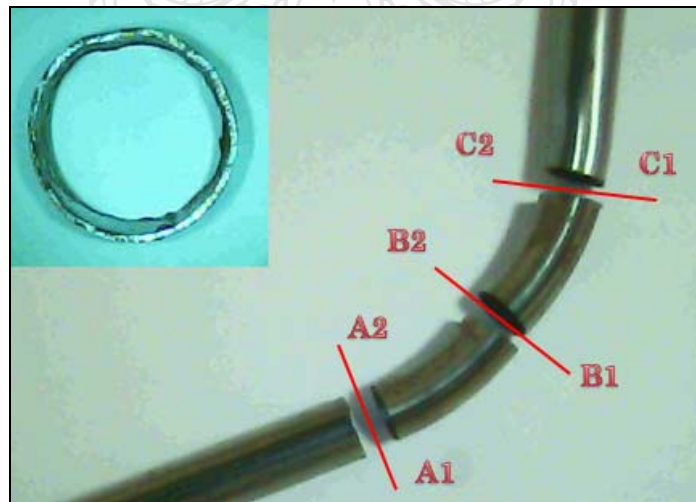
3.9.2 การทดสอบความหนาของผนังหน้าตัดส่วนโค้งของโลหะ

เป็นการทดสอบความแตกต่างของผนังหน้าตัด 3 บริเวณคือ A, B และ C ของเหล็กท่อกลวงที่ผ่านกระบวนการตัดโดยใช้งาในการตัดตั้งแต่ 15 องศา ถึง 90 องศา ซึ่งวิธีการทดสอบมีดังนี้

1. ตัดเหล็กท่อกลวงโดยใช้งาในการตัด 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา
2. ผ่าเหล็กท่อกลวงในแต่ละองศาตัดให้เห็นหน้าตัดบริเวณส่วนโค้งมุม 45 องศา และผ่าขอบของท่อทั้ง 2 ข้าง ให้เป็นดังรูปที่ 3.40 และ 3.41



รูปที่ 3.40 ตำแหน่งหน้าตัดของเหล็กท่อกลวงบริเวณ A, B และ C



รูปที่ 3.41 ตำแหน่งหน้าตัดของชิ้นงานจริงบริเวณ A, B และ C

3. ทำการขัดผนัง และพื้นผิวเหล็กท่อกลวงบริเวณที่ทำการผ่าด้วยกระดาษทรายให้เนียนเรียบเนื่องจากจะต้องทำการวัดขนาดความหนาของผนัง ถ้าหากบริเวณผนังท่อ หรือ หน้าตัดท่อที่มีเศษโลหะหลงเหลืออยู่จะทำให้ผลลัพธ์จากการวัดคลาดเคลื่อนมาก

4. ทำการวัดความหนาของผนังเหล็กที่อกกลางทั้งหมด 3 บริเวณ (A, B, C) และวัดบริเวณละ 4 จุด คือ บริเวณส่วนโค้งนอก ส่วนโค้งใน และหน้าตัดของท่อบริเวณด้านบน และบริเวณด้านล่าง ด้วยเวอร์เนียคิเจอร์

5. บันทึกผลการทดลองความหนาของผนังเหล็กที่อกกลางทั้งหมด 3 บริเวณ และจุดที่ทำ การวัดความหนาของผนังท่อ 12 จุด (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4) ลงในตารางที่ 3.7 การทดสอบความหนาของผนังหน้าตัดส่วน โค้งของเหล็กที่อกกลาง

6. จากการเปรียบเทียบความหนาของผนังท่อกับสมการคำนวณ และผลจากโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์จะนำความหนาของบริเวณส่วน โค้งนอก (B1) ที่มุม 45 องศา ของทุกๆ องศาในการตัดมาเปรียบเทียบ ซึ่งแสดงตารางที่ 3.5 และรูปที่ 3.38

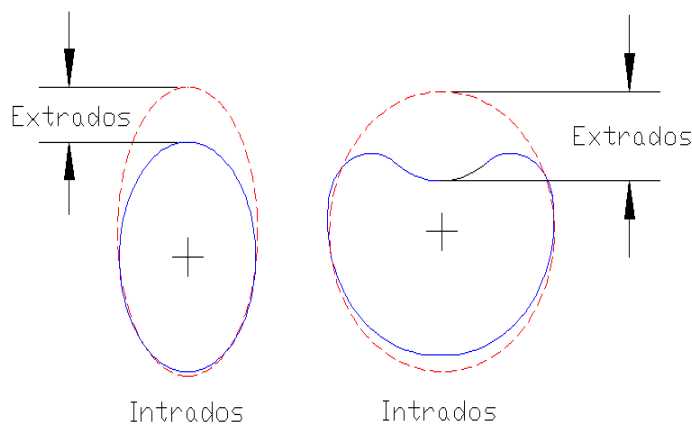
ตารางที่ 3.7 การทดสอบความหนาของผนังหน้าตัดส่วน โค้งของเหล็กที่อกกลาง

| ประเภท ชิ้นงาน | ตำแหน่ง ของความหนาผนัง | ความหนาของผนังเหล็กที่อกกลาง (มิลลิเมตร) | | | | | |
|-------------------|---------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| เหล็กที่อกกลาง | ความหนาผนัง (A1) | - | - | - | - | - | - |
| | ความหนาผนัง (A2) | - | - | - | - | - | - |
| | ความหนาผนัง (A3) | - | - | - | - | - | - |
| | ความหนาผนัง (A4) | - | - | - | - | - | - |
| | ความหนาผนัง (B1) | - | - | - | - | - | - |
| | ความหนาผนัง (B2) | - | - | - | - | - | - |
| | ความหนาผนัง (B3) | - | - | - | - | - | - |
| | ความหนาผนัง (B4) | - | - | - | - | - | - |
| | ความหนาผนัง (C1) | - | - | - | - | - | - |
| | ความหนาผนัง (C2) | - | - | - | - | - | - |
| | ความหนาผนัง (C3) | - | - | - | - | - | - |
| | ความหนาผนัง (C4) | - | - | - | - | - | - |
| มาตรฐาน (0.4 mm) | - | - | - | - | - | - | |

3.9.3 การทดสอบหน้าตัดเหล็กท่อกลวงที่เกิดความบิดเบี้ยว (Cross Section Distortion)

เป็นการทดสอบหน้าตัดที่เกิดความบิดเบี้ยว ที่ทำให้หน้าตัดของท่อไม่เป็นวงกลมกับกลายเป็นรูปวงรีคล้ายไข่ โดยหน้าตัดวงนอกเกิดความบางลง (Extrados) และเกิดความหนาขึ้นที่ผนังหน้าตัดวงใน (Intrados) ซึ่งผนังของท่อ โลหะที่ได้นี้จะมีความแปรปรวน ความแตกต่างที่ไม่สม่ำเสมอ อันเนื่องมาจากผนังวงนอกของท่อถูกควบคุมโดยความเค้นดึง ในทางตรงกันข้ามผนังวงในของท่อถูกควบคุมด้วยความเค้นอัด จึงมีแนวโน้มที่ปลายท่อจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งไปจากเส้นแกนกลาง ที่ผนังวงนอกของท่อมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนเข้าสู่เส้นแกนกลาง ซึ่งมีวิธีการทดสอบหน้าตัดเหล็กท่อกลวงดังนี้

1. ตัดเหล็กท่อกลวงโดยใช้องศาในการตัด 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา
2. ทำการตัดเหล็กท่อกลวงในแต่ละองศาการตัดที่มุม 45 องศา ทุกชิ้น
3. วัดขนาดที่หน้าตัดของเหล็กท่อกลวงบริเวณหน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลง (Extrados) และเกิดความหนาขึ้นที่ผนังหน้าตัดวงใน (Intrados) โดยใช้ค่าที่มากที่สุด
4. บันทึกค่าผนังหน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลง (Extrados) และความหนาขึ้นที่ผนังหน้าตัดวงใน (Intrados) ที่มุม 45 องศา ขององศาในการตัดทั้งหมดลงในตารางการทดสอบหน้าตัดเหล็กท่อกลวงเมื่อเปรียบเทียบกับองศาในการตัด



รูปที่ 3.42 ผนังหน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลง และความหนาขึ้นที่ผนังหน้าตัดวงใน

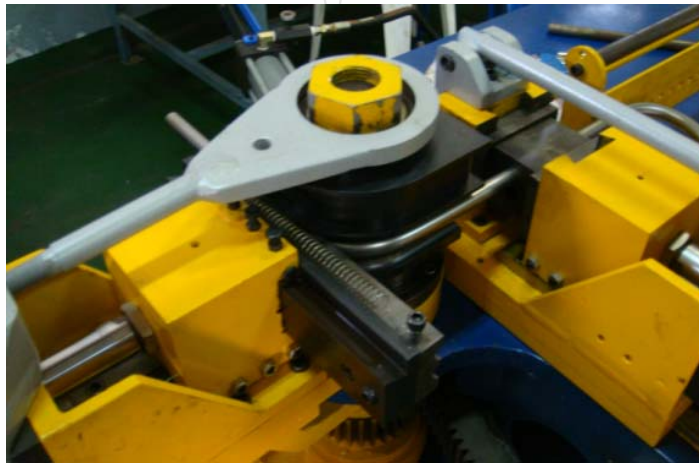
ตารางที่ 3.8 การทดสอบหน้าตัดเหล็กท่อกลวงเมื่อเปรียบเทียบกับองศาในการตัด

| ตำแหน่งของหน้าตัดเหล็กท่อกลวง | ขนาดของ Extrados และ Intrados (มิลลิเมตร) | | | | | |
|-------------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| 1. หน้าตัดวงนอกที่บางลง (Extrados) | - | - | - | - | - | - |
| 2. หน้าตัดวงในที่หนาขึ้น (Intrados) | - | - | - | - | - | - |

3.9.4 ทดสอบการดัดกลับของชิ้นงานโลหะที่ได้รับอิทธิพลจากองศาในการตัด

การทดสอบนี้เป็นการทดลองการดัดกลับของชิ้นงานโลหะ 3 ชนิด เพื่อเปรียบเทียบองศาในการตัด ที่มีอิทธิพลต่อการดัดตัวกลับของชิ้นงาน โดยจะทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการคำนวณแบบประมาณค่าของโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งวิธีการทดสอบมีดังนี้

1. ทำการตัดเหล็กที่อกลวงโดยใช้องศาในการตัด 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา
2. ทำการตัดเหล็กเส้นกลมผิวเรียบเป็นมุม 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา
3. ทำการตัดเหล็กแผ่นเป็นมุม 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา



รูปที่ 3.43 การทดสอบการดัดเหล็กประเภท Compression Bending

4. ทำการวัดองศาหลังการตัด (θ_2) ของเหล็กทั้ง 3 ประเภทโดยใช้ใบวัดมุม



รูปที่ 3.44 การวัดองศาหลังการตัดโดยใช้ใบวัดมุม

5. คำนวณหาค่าคงที่การดัดกลับ (K) ของเหล็กทั้ง 3 ประเภท

6. ทำการบันทึกผลองศาหลังการดัด และค่าคงที่การดัดกลับของเหล็กลงในตารางการทดสอบดัดกลับของชิ้นงานโลหะที่ได้รับอิทธิพลจากองศาในการดัด

ตารางที่ 3.9 การทดสอบดัดกลับของชิ้นงานโลหะที่ได้รับอิทธิพลจากองศาในการดัด

| ประเภท ชิ้นงาน | ตัวแปร | องศาในการดัด (Bending Angle) | | | | | |
|-----------------------------|--------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| เหล็กท่อกว้าง (T) = Tube | Ø1 | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| | Ø2 | - | - | - | - | - | - |
| | K(T) | - | - | - | - | - | - |
| เหล็กเส้นกลม (R) = Round | Ø1 | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| | Ø2 | - | - | - | - | - | - |
| | K(R) | - | - | - | - | - | - |
| เหล็กแผ่น (S) = Sheet | Ø1 | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| | Ø2 | - | - | - | - | - | - |
| | K(S) | - | - | - | - | - | - |

3.10 การคำนวณความเครียดของเหล็กท่อกว้าง

3.10.1 ตัวอย่างการคำนวณความเครียดส่วนโค้งของเหล็กท่อกว้าง

จากการสร้างกริดแบบผสมสี่เหลี่ยม และวงกลม (Combination) บนพื้นผิวเหล็กท่อกว้าง โดยใช้กริดขนาดมาตรฐานวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.45 จะพบว่าหลังจากเหล็กที่กลวงผ่านกระบวนการดัด 90 องศา รูปร่างของกริดจะเปลี่ยนไป ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาความเครียดหลัก (e_1) และความเครียดรอง (e_2) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังสมการต่อไปนี้



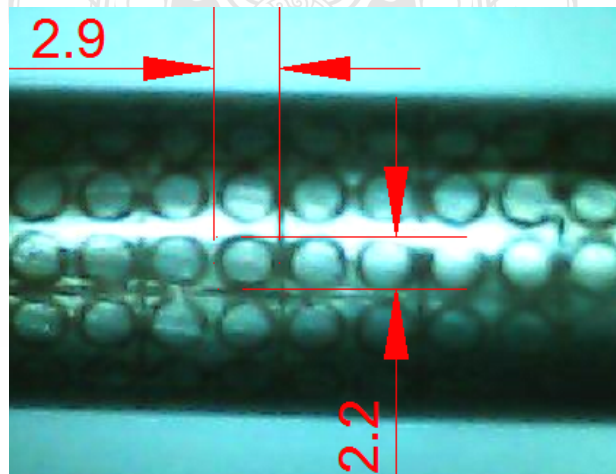
รูปที่ 3.45 เหล็กท่อกว้างที่ผ่านขั้นตอนการสร้างกริด

$$\text{ความเครียดหลัก } (e_1) \% = [(L_f - L_0) \times 100] / L_0 \quad (3.1)$$

$$\text{ความเครียดรอง } (e_2) \% = [(W_f - W_0) \times 100] / W_0 \quad (3.2)$$

1. การคำนวณความเครียดส่วน โค้งในของเหล็กท่อกว้างที่มุม 45 องศา

จากการวัดขนาดของกริดที่บริเวณส่วน โค้งในของเหล็กท่อกว้างภายหลังการตัดที่มุม 90 องศา แล้วสามารถแสดงความกว้างจุดสุดท้าย (W_f) เท่ากับ 2.2 มิลลิเมตร และความยาวจุดสุดท้าย (L_f) เท่ากับ 2.9 มิลลิเมตร โดยความกว้างจุดเริ่มต้น (W_0) และความยาวจุดเริ่มต้น (L_0) ตามมาตรฐานเท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถคำนวณหาความเครียดหลัก (e_1) และความเครียดรอง (e_2) ได้ดังนี้



รูปที่ 3.46 การวัดขนาดของกริดที่ส่วน โค้งในของเหล็กท่อกว้าง

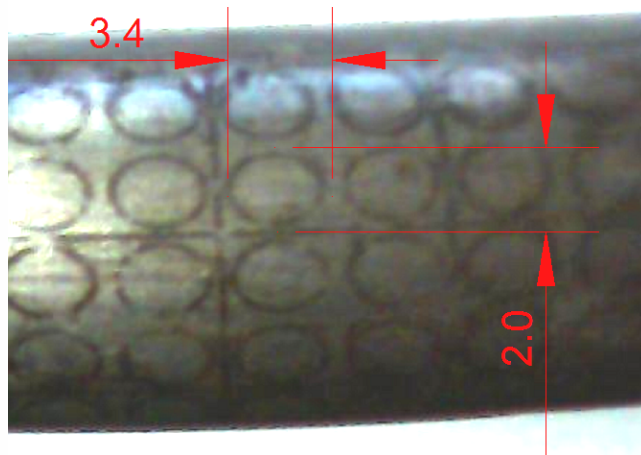
$$\begin{aligned} \text{ความเครียดหลัก } (e_1) \% &= [(2.9 - 2.5) \times 100] / 2.5 \\ &= 16 \text{ เปอร์เซ็นต์ } (e_1 = 0.16) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเครียดรอง } (e_2) \% &= [(2.2 - 2.5) \times 100] / 2.5 \\ &= -12 \text{ เปอร์เซ็นต์ } (e_2 = -0.12) \end{aligned}$$

ดังนั้นการคำนวณค่าความเครียดบริเวณส่วนโค้งด้านในของเหล็กท่อกลวงโดยใช้ระบบกริดจะได้ค่าความเครียดหลัก (Major Strain %) เท่ากับ 0.16 หรือ 16 เปอร์เซ็นต์ และค่าความเครียดรอง (Minor Strain %) เท่ากับ 0.12 หรือ -12 เปอร์เซ็นต์

2. การคำนวณความเครียดส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อกลวงที่มุม 45 องศา

จากการวัดขนาดของกริดที่บริเวณส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อกลวงภายหลังการตัดที่มุม 90 องศาแล้วสามารถแสดงความกว้างจุดสุดท้าย (W_p) เท่ากับ 2 มิลลิเมตร และความยาวจุดสุดท้าย (L_p) เท่ากับ 3.4 มิลลิเมตร โดยความกว้างจุดเริ่มต้น (W_0) และความยาวจุดเริ่มต้น (L_0) ตามมาตรฐานเท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถคำนวณหาความเครียดหลัก (e_1) และความเครียดรอง (e_2) ได้ดังนี้



รูปที่ 3.47 การวัดขนาดของกริดที่ส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อกลวง

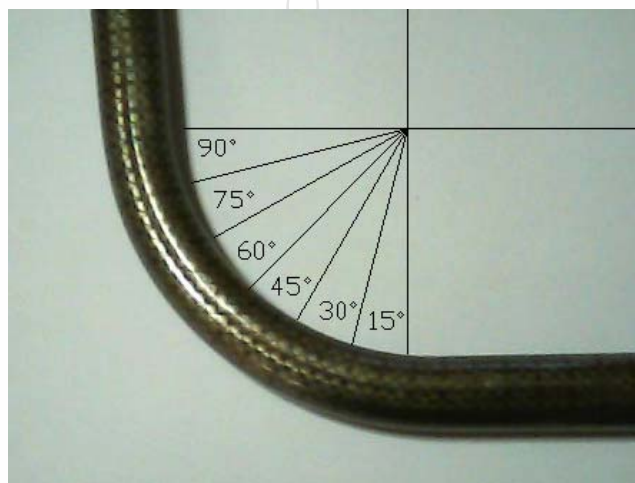
$$\begin{aligned} \text{ความเครียดหลัก } (e_1) \% &= [(3.4 - 2.5) \times 100] / 2.5 \\ &= 36 \text{ เปอร์เซ็นต์ } (e_1 = 0.36) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเครียดรอง } (e_2) \% &= [(2 - 2.5) \times 100] / 2.5 \\ &= -20 \text{ เปอร์เซ็นต์ } (e_2 = -0.20) \end{aligned}$$

ดังนั้นการคำนวณค่าความเครียดบริเวณส่วนโค้งด้านนอกของเหล็กท่อกลวงโดยใช้ระบบกริดจะได้ค่าความเครียดหลัก (Major Strain %) เท่ากับ 0.36 หรือ 36 เปอร์เซ็นต์ และค่าความเครียดรอง (Minor Strain %) เท่ากับ 0.20 หรือ 20 เปอร์เซ็นต์

3.10.2 การวิเคราะห์ความเครียดในแต่ละองศาของชิ้นงานตัด 90 องศา

ซึ่งการวิเคราะห์ในหัวข้อนี้จะทำการนำชิ้นงานตัด 90 องศา มาทำการคำนวณหาความเครียดหลัก และความเครียดรองในแต่ละองศาของชิ้นงานตัด 90 องศา โดยเพิ่มองศาของการคำนวณครั้งละ 15 องศา ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม ซึ่งแสดงองศาในการคำนวณ และแบบฟอร์มในการบันทึกผลดังนี้



รูปที่ 3.48 การวัดขนาดของกริดตามมุมขององศาตัด 90 องศา

ตารางที่ 3.10 ความเครียดบริเวณส่วนโค้งในของเหล็กท่อกลวง

| ความเครียดบริเวณส่วนโค้งในของเหล็กท่อกลวง | | | | | | |
|---|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| องศา | ความยาวเริ่มต้น (L_0) | ความยาวสุดท้าย (L_f) | ความกว้างเริ่มต้น (W_0) | ความกว้างสุดท้าย (W_f) | เปอร์เซ็นต์ความเครียดหลัก | เปอร์เซ็นต์ความเครียดรอง |
| 15° | - | - | - | - | - | - |
| 30° | - | - | - | - | - | - |
| 45° | - | - | - | - | - | - |
| 60° | - | - | - | - | - | - |
| 75° | - | - | - | - | - | - |
| 90° | - | - | - | - | - | - |

บทที่ 4

การวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

จากบทที่ 3 ได้ทำการดำเนินการวางแผนการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ของกระบวนการตัดโลหะแบบ Compression Bending โดยในบทที่ 4 จะแสดงผลการวิเคราะห์ ผลการดำเนินงานจากบทที่ 3 ซึ่งเรียงตามหัวข้อในบทข้างต้น ดังนั้นในบทนี้จะแสดงผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ และผลเปรียบเทียบกับผลการทดลอง นอกจากนี้จะแสดงผลของค่าความเค้น และแสดงข้อบกพร่องของการตัดท่อของแม่พิมพ์ทั้ง 3 แบบที่ได้จากการใช้โปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์พยากรณ์ล่วงหน้า ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบการตัดชิ้นงานโลหะ

4.1.1 ผลการทดสอบทางกายภาพ

การทดสอบชิ้นงานตัดทางกายภาพเป็นการประเมินคุณภาพของชิ้นงานเบื้องต้น โดยพิจารณาด้วยสายตาของผู้ทดลอง ซึ่งมีความละเอียดน้อยกว่าการทดสอบรูปแบบอื่น แต่สะดวกรวดเร็วกว่า เช่น ชิ้นงานเกิดรอยแตก รอยย่น รอยบุบ ฯลฯ ซึ่งผลการทดสอบ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ชิ้นงานตัดเหล็กทั้ง 3 ประเภท



รูปที่ 4.2 บริเวณส่วน โค้งด้านในของเหล็กท่อกดง



รูปที่ 4.3 บริเวณส่วน โค้งด้านนอก และด้านข้างของเหล็กท่อกดง

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าชิ้นงานดัดเหล็กท่อกดง เหล็กเส้น และเหล็กแผ่นที่ผ่านกระบวนการดัดที่อุณหภูมิห้องไม่เกิดการฉีกขาด การบวม รอยย่นบริเวณส่วนโค้งของชิ้นงานทุกองศาของการดัด และที่สำคัญคือบริเวณผนังของเหล็กท่อกดงที่ส่วน โค้งด้านใน และด้านนอกไม่เกิดการแตกหักเสียหาย แต่ลายกริดวงกลมแบบผสม (Combination) ที่สร้างไว้บนพื้นผิวของเหล็กท่อกดงจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเป็นวงรี นอกจากนี้เหล็กทุกชิ้นที่ผ่านกระบวนการดัดจะเกิดการติดกลับของวัสดุในทุกองศาของการดัด ซึ่งทำให้ไม่ได้องศาในการดัดที่ต้องการ โดยเฉพาะเหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร จะเกิดการติดกลับมากกว่าเหล็กประเภทอื่น ส่วนเหล็กที่เกิดการติดกลับน้อยที่สุดคือเหล็กท่อกดง ซึ่งรายละเอียดของเหล็กที่ผ่านกระบวนการดัดสามารถอธิบายเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 การประเมินข้อบกพร่องทางกายภาพ

| ประเภทข้อบกพร่อง | เหล็กท่อกวาง | | เหล็กเส้น | | เหล็กแผ่น | |
|-------------------|--------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | เกิด | ไม่เกิด | เกิด | ไม่เกิด | เกิด | ไม่เกิด |
| 1. รอยแตก และร้าว | | ✓ | | ✓ | | ✓ |
| 2. การตีคดก้ม | ✓ | | ✓ | | ✓ | |
| 3. การเกิดรอยย่น | | ✓ | | ✓ | | ✓ |
| 4. การเกิดรอยบุบ | | ✓ | | ✓ | | ✓ |

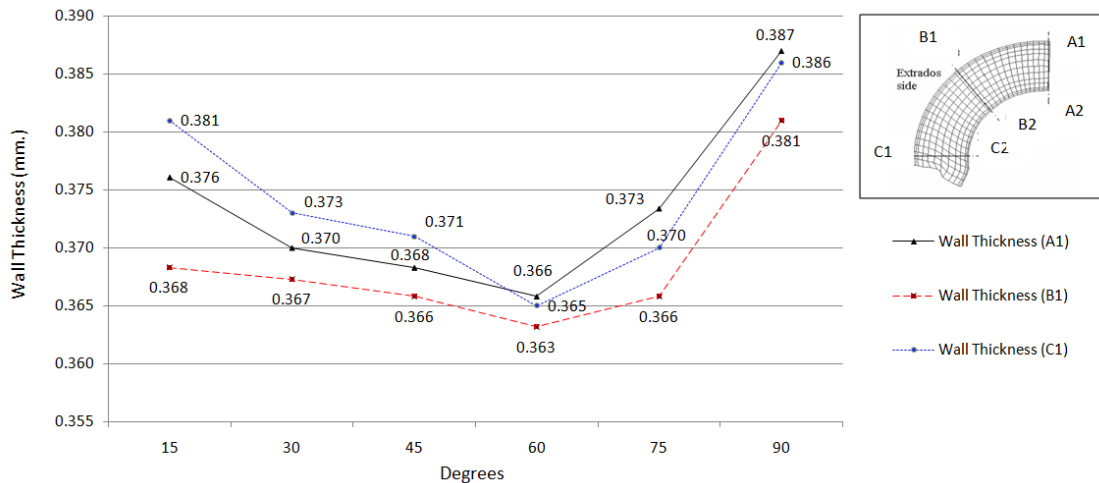
4.1.2 ผลการทดสอบความหนาของผนังหน้าตัดส่วนโค้งของเหล็กท่อกวาง

การทดสอบความหนาของผนังท่อเพื่อทดสอบหน้าตัดที่บิดเบี้ยวรวมทั้งความแตกต่างของผนังในแต่ละบริเวณของส่วนโค้งสามารถแสดงผลการทดสอบแต่ละองศาดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความหนาของผนังหน้าตัดส่วนโค้งของเหล็กท่อกวาง

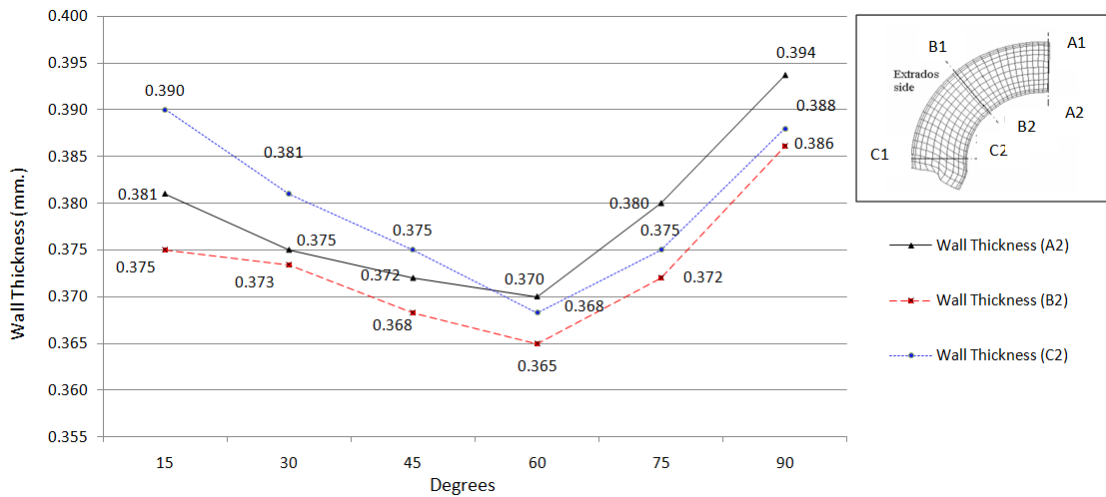
| ประเภทชิ้นงาน | ตำแหน่ง | ความหนาผนังเหล็กท่อกวาง (มิลลิเมตร) | | | | | |
|--------------------|------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| เหล็กท่อกวาง St.37 | ความหนาผนัง (A1) | 0.376 | 0.370 | 0.368 | 0.366 | 0.373 | 0.387 |
| | ความหนาผนัง (A2) | 0.381 | 0.375 | 0.372 | 0.370 | 0.380 | 0.394 |
| | ความหนาผนัง (A3) | 0.381 | 0.330 | 0.355 | 0.342 | 0.342 | 0.342 |
| | ความหนาผนัง (A4) | 0.393 | 0.342 | 0.368 | 0.355 | 0.368 | 0.355 |
| | ความหนาผนัง (B1) | 0.368 | 0.367 | 0.366 | 0.363 | 0.366 | 0.381 |
| | ความหนาผนัง (B2) | 0.375 | 0.373 | 0.368 | 0.365 | 0.372 | 0.386 |
| | ความหนาผนัง (B3) | 0.368 | 0.342 | 0.330 | 0.317 | 0.304 | 0.317 |
| | ความหนาผนัง (B4) | 0.393 | 0.355 | 0.355 | 0.342 | 0.318 | 0.342 |
| | ความหนาผนัง (C1) | 0.381 | 0.373 | 0.371 | 0.365 | 0.370 | 0.386 |
| | ความหนาผนัง (C2) | 0.390 | 0.381 | 0.375 | 0.368 | 0.375 | 0.388 |
| | ความหนาผนัง (C3) | 0.355 | 0.330 | 0.368 | 0.355 | 0.355 | 0.342 |
| | ความหนาผนัง (C4) | 0.381 | 0.342 | 0.381 | 0.368 | 0.342 | 0.368 |
| | มาตรฐาน (0.4 mm) | | 0.400 | 0.400 | 0.400 | 0.400 | 0.400 |

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองความหนาของผนังเหล็กที่อกลงในกระบวนการตัดที่ตำแหน่งของส่วนโค้ง 3 จุด แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าที่ส่วนโค้งนอก (A1, B1, C1) ของเหล็กที่อกจะเกิดความบางของผนังน้อยกว่าผนังส่วนโค้งด้านใน (A2, B2, C2) โดยสามารถบ่งชี้ได้อีกว่าที่ตำแหน่ง B1 ซึ่งเป็นกึ่งกลางส่วนโค้งจะมีความหนาน้อยที่สุด ซึ่งความหนาที่น้อยที่สุดนี้ทำให้เกิดความบางมากกว่าตำแหน่งอื่นๆ ซึ่งหมายความว่าที่ตำแหน่งการผ่าส่วนโค้งที่ 45 องศา ความหนาของผนังเหล็กที่อกจะบางมากที่สุด ซึ่งสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 4.4 ความหนาของผนังส่วนโค้งนอกภายใต้แรงดึง

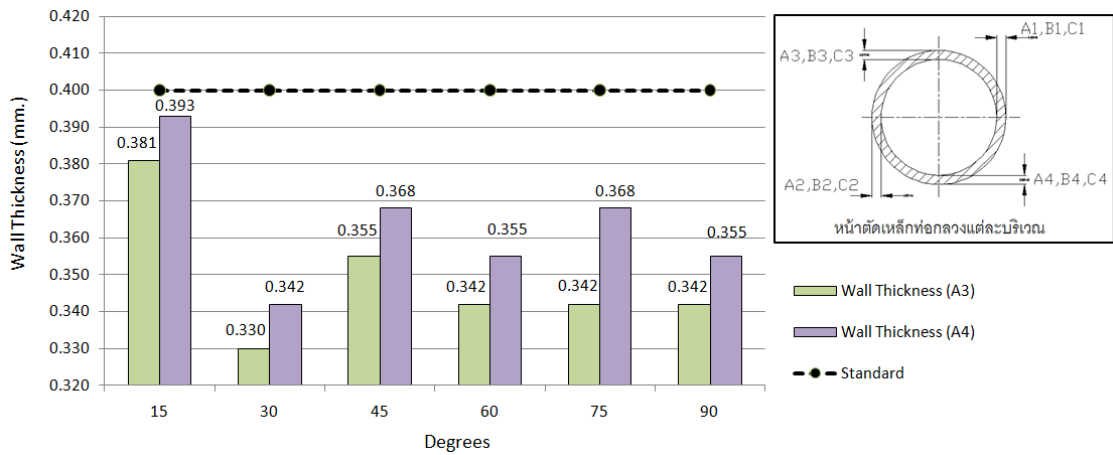
จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นความหนาที่แตกต่างกันของผนังเหล็กที่อกลงในแต่ละองศาการตัดซึ่งเป็นผลมาจากแรงดึงในกระบวนการตัด ที่องศาในการตัด 60 องศา บริเวณส่วนโค้งนอก (A1, B1, C1) มีความหนาของผนังน้อยที่สุดโดยส่วนโค้งนอก (A1) เท่ากับ 0.366 มิลลิเมตร และส่วนโค้งนอก (B1) เท่ากับ 0.363 มิลลิเมตร และส่วนโค้งนอก (C1) เท่ากับ 0.365 มิลลิเมตร โดยบริเวณส่วนโค้งนอก (A1) ผนังของท่อจะหนาที่สุด ส่วนบริเวณส่วนโค้งนอก (B1) ความหนาของท่อจะน้อยที่สุด โดยตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งการผ่าท่อที่มุม 45 องศา จากรูปจะเห็นอีกว่าที่องศาในการตัดเท่ากับ 90 องศา ผนังท่อของทั้ง 3 บริเวณจะมีความหนาที่สุด โดยความหนาสูงสุดเท่ากับ 0.387 มิลลิเมตร แต่ที่ส่วนโค้งนอกของบริเวณ (B1) มีค่าเท่ากับ 0.381 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.5 ความหนาของผนังส่วนโค้งในภายใต้แรงอัด

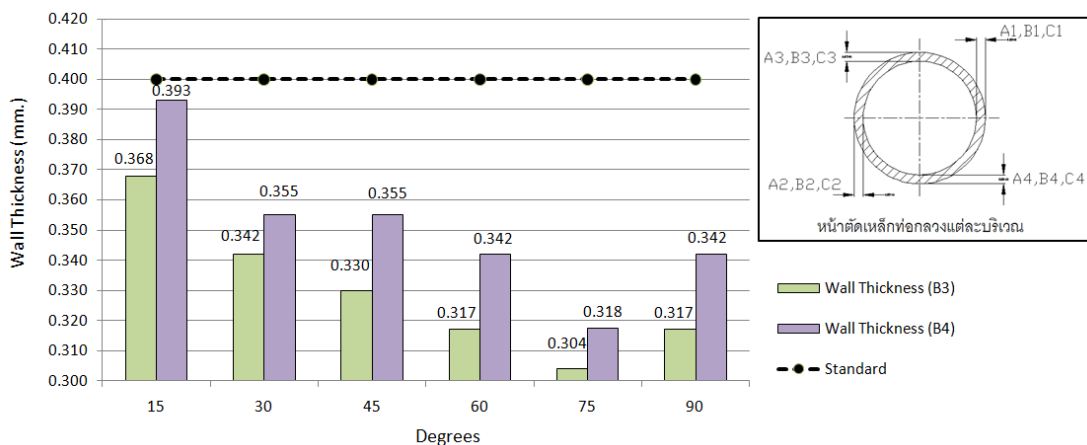
จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นความหนาที่แตกต่างกันของผนังเหล็กท่อกดงในแต่ละองศา การตัดซึ่งเป็นผลมาจากแรงอัดในกระบวนการตัด ที่องศาในการตัด 60 องศา บริเวณส่วนโค้งใน (A2, B2, C2) มีความหนาของผนังน้อยที่สุด โดยส่วนโค้งใน (A2) เท่ากับ 0.370 มิลลิเมตร และส่วนโค้งใน (B2) เท่ากับ 0.365 มิลลิเมตร และส่วนโค้งใน (C2) เท่ากับ 0.368 มิลลิเมตร โดยบริเวณส่วนโค้งใน (A2) ผนังของท่อจะหนาที่สุด ส่วนบริเวณส่วนโค้งใน (B2) ความหนาของท่อจะน้อยที่สุด โดยตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งการผ่าท่อที่มุม 45 องศา จากรูปจะเห็นอีกว่าที่องศาในการตัดเท่ากับ 90 องศา ผนังท่อของทั้ง 3 บริเวณจะมีความหนาที่สุด โดยความหนาสูงสุดเท่ากับ 0.394 มิลลิเมตร แต่ที่ส่วนโค้งในของบริเวณ (B2) มีค่าเท่ากับ 0.386 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 สามารถสรุปได้ว่าที่บริเวณส่วนโค้งในของทุกบริเวณ (A2, B2, C2) มีความหนาของผนังท่อมกกว่าบริเวณส่วนโค้งนอกของท่อเนื่องจากบริเวณส่วนโค้งนอกของท่อได้รับผลกระทบจากความเค้นแรงดึง แต่ส่วนโค้งในของท่อได้เกิดความเค้นอัด โดยที่องศาในการตัดเท่ากับ 60 องศา ผนังของท่อส่วนโค้งนอก และในจะบางมากที่สุด ส่วนที่องศาในการตัดเท่ากับ 90 องศา ผนังของท่อทั้งบริเวณส่วนโค้งนอก และในจะมีความบางน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับองศาในการตัดอื่นๆ



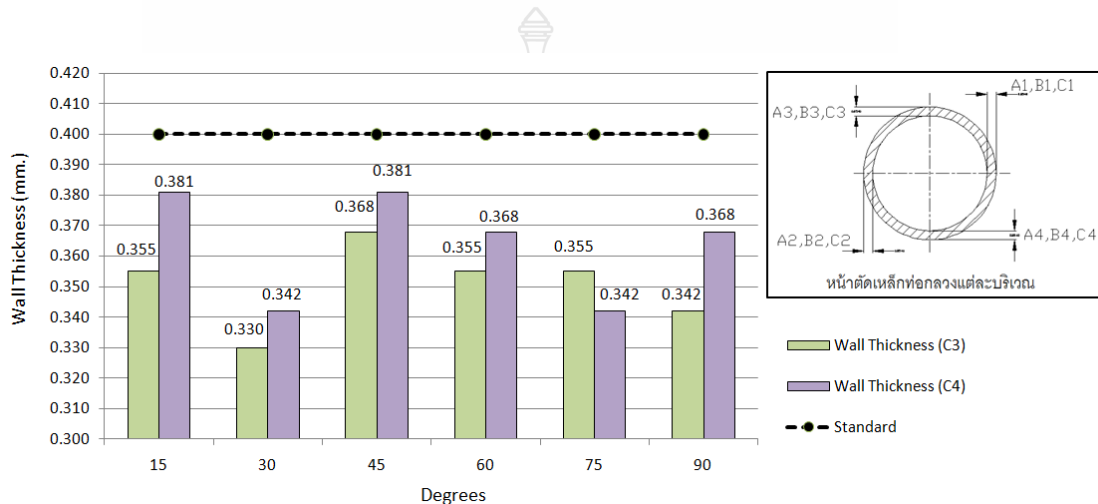
รูปที่ 4.6 ความหนาของผนังท่อ A3-A4 ในแต่ละองศา

การวัดความหนาของผนังท่อที่บริเวณด้านบนของท่อ (A3) และด้านล่างของท่อ (A4) ดังรูปที่ 4.6 บริเวณหน้าตัดบริเวณ (A-A) พบว่าความหนาของท่อจะน้อยที่สุดเมื่อตัดที่องศาในการตัดเท่ากับ 30 องศา โดยความหนาของผนังท่อบริเวณด้านบน (A3) จะน้อยที่สุดเท่ากับ 0.330 มิลลิเมตร และผนังส่วนส่วนโค้งของท่อบริเวณด้านล่างเท่ากับ 0.342 มิลลิเมตร สำหรับการตัดที่ 15 องศา ความหนาของผนังท่อบริเวณส่วนโค้งด้านบน และด้านล่างจะมากที่สุดโดยส่วนโค้งด้านบนเท่ากับ 0.381 มิลลิเมตร และส่วนโค้งด้านล่างเท่ากับ 0.393 มิลลิเมตรเมื่อเปรียบเทียบกับองศาในการตัดอื่นๆ และผลการทดลองพบว่าบริเวณส่วนโค้งด้านบนของหน้าตัดท่อจะมีความบางของผนังมากกว่าส่วนโค้งด้านล่างของท่อเสมอ



รูปที่ 4.7 ความหนาของผนังท่อ B3-B4 ในแต่ละองศา

จากผลการทดลองความหนาของท่อบริเวณด้านบน และด้านล่างดังรูปที่ 4.7 ของหน้าตัดพบว่าความหนาของหน้าตัดที่ด้านบนจะน้อยกว่าด้านล่าง โดยที่องศาในการตัดที่ 75 องศา บริเวณหน้าตัด (B-B) ความหนาของท่อด้านบนเท่ากับ 0.304 มิลลิเมตร และด้านล่างเท่ากับ 0.318 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นความหนาน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับองศาในการตัดอื่นๆ และความหนาของผนังท่อบริเวณด้านบน และด้านล่างที่มากที่สุดจะเกิดที่องศาในการตัดที่ 15 องศา โดยความหนาของผนังท่อด้านบนเท่ากับ 0.368 มิลลิเมตร และด้านล่างเท่ากับ 0.393 มิลลิเมตร ผลการทดลองระบุได้ว่าทุกองศาในการตัดบริเวณส่วนโค้งด้านบนความหนาจะน้อยกว่าบริเวณส่วนโค้งด้านล่างเสมอ



รูปที่ 4.8 ความหนาของผนังท่อ C3-C4 ในแต่ละองศา

การวัดความหนาของผนังท่อที่บริเวณด้านบนของท่อ (C3) และด้านล่างของท่อ (C4) ดังรูปที่ 4.8 บริเวณหน้าตัดบริเวณ (C-C) พบว่าความหนาของท่อจะน้อยที่สุดเมื่อตัดที่องศาในการตัดเท่ากับ 30 องศา โดยความหนาของผนังท่อบริเวณด้านบน (C3) จะน้อยที่สุด เท่ากับ 0.330 มิลลิเมตร และผนังส่วนส่วนโค้งของท่อบริเวณด้านล่างเท่ากับ 0.342 มิลลิเมตร สำหรับการตัดที่ 45 องศา ความหนาของผนังท่อบริเวณส่วนโค้งด้านบน และด้านล่างจะมากที่สุดโดยส่วนโค้งด้านบนเท่ากับ 0.368 มิลลิเมตร และส่วนโค้งด้านล่างเท่ากับ 0.381 มิลลิเมตรเมื่อเปรียบเทียบกับองศาในการตัดอื่นๆ และผลการทดลองพบว่าบริเวณส่วนโค้งด้านบนของหน้าตัดท่อจะมีความบางของผนังมากกว่าส่วนโค้งด้านล่างของท่อเสมอ

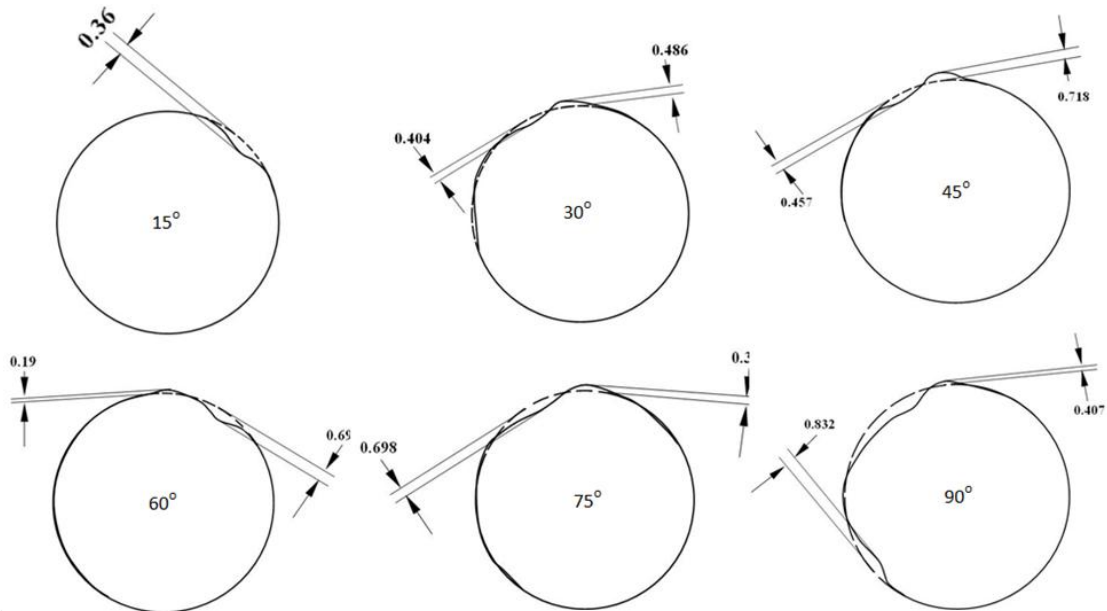
จากผลการทดลองสามารถระบุเบื้องต้นได้ว่าที่บริเวณส่วนโค้งด้านบน (A3, B3, C3) จะมีความหนาน้อยกว่าบริเวณส่วนโค้งด้านล่าง (A4, B4, C4) ของทุกหน้าตัดเสมอ และความหนาของผนังท่อบริเวณด้านบน และด้านล่างที่น้อยที่สุดจะอยู่ที่หน้าตัด (B-B) โดยความหนาของท่อด้านบนเท่ากับ 0.304 มิลลิเมตร และด้านล่างเท่ากับ 0.318 มิลลิเมตร โดยทุกองศาในการตัดพบว่าบริเวณส่วนโค้งด้านบนความหนาของผนังท่อจะน้อยกว่าด้านล่างของท่อ

4.1.3 ผลการทดสอบหน้าตัดเหล็กท่อกว้างที่เกิดความบิดเบี้ยว (Cross Section Distortion)

เป็นการทดสอบหน้าตัดของท่อไม่เป็นวงกลม หรือ เป็นรูปวงรีคล้ายไข่ โดยหน้าตัดวงนอกเกิดความบางลง (Extrados) และเกิดความหนาขึ้นที่ผนังหน้าตัดวงใน (Intrados) ซึ่งผนังของท่อโลหะที่ได้นี้จะมีความแปรปรวน ความแตกต่างที่ไม่สม่ำเสมอ อันเนื่องมาจากผนังวงนอกของท่อถูกควบคุมโดยความเค้นดึง ในทางตรงกันข้ามผนังวงในของท่อถูกควบคุมด้วยความเค้นอัด จึงมีแนวโน้มที่ปลายท่อจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งไปจากเส้นแกนกลาง ที่ผนังวงนอกของท่อมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนเข้าสู่เส้นแกนกลาง ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดการขยายตัวของความเค้นดึง จากผลที่เกิดขึ้นจึงทำให้หน้าตัดของท่อไม่เป็นวงกลม ซึ่งจากการทดลอง และเก็บผลดังตารางที่ 4.3 เพื่อเปรียบเทียบหน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลง (Extrados) และความหนาขึ้นที่ผนังหน้าตัดวงใน (Intrados)

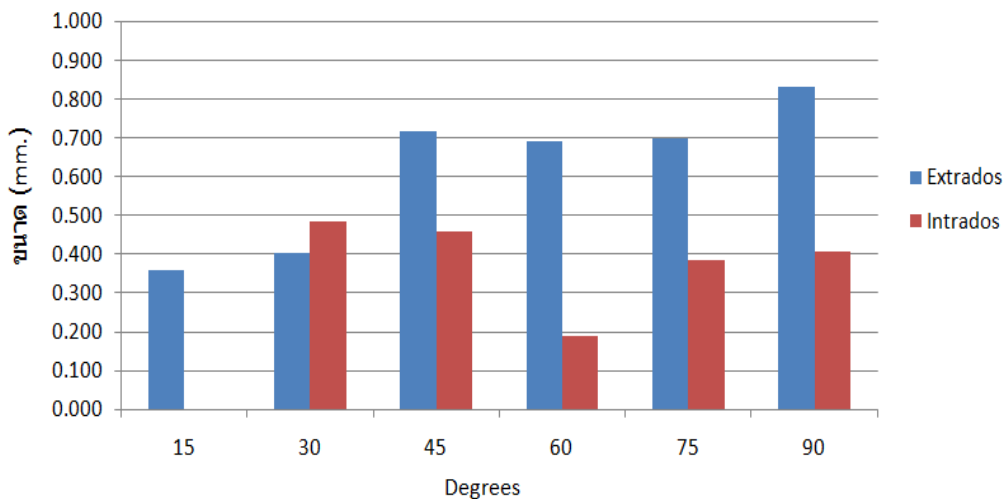
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบหน้าตัดเหล็กท่อกว้างเมื่อเปรียบเทียบกับองศาในการตัด

| ตำแหน่งของหน้าตัดเหล็กท่อกว้าง | ขนาดของ Extrados และ Intrados (มิลลิเมตร) | | | | | |
|-------------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| 1. หน้าตัดวงนอกที่บางลง (Extrados) | 0.360 | 0.404 | 0.718 | 0.690 | 0.698 | 0.833 |
| 2. หน้าตัดวงในที่หนาขึ้น (Intrados) | 0.000 | 0.486 | 0.457 | 0.190 | 0.386 | 0.407 |

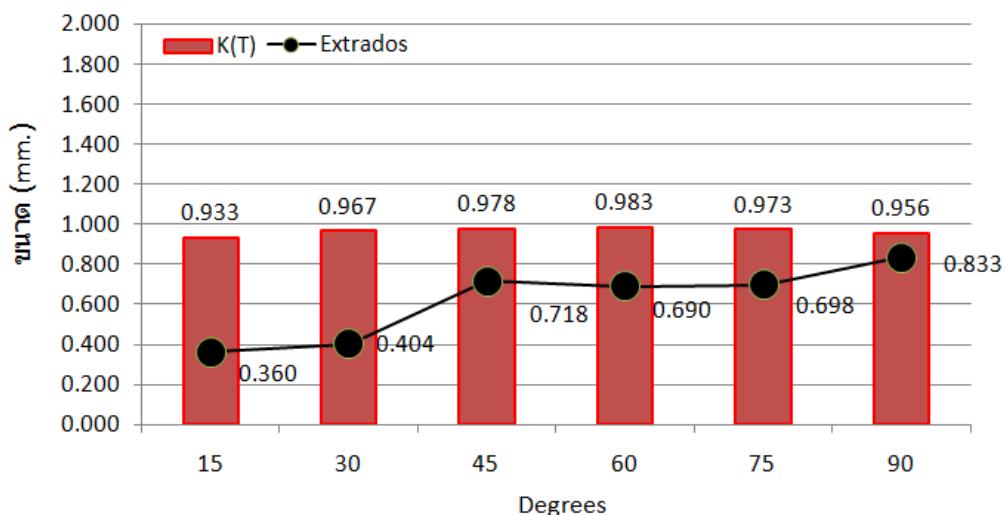


รูปที่ 4.9 หน้าตัดส่วนโค้งเหล็กท่อกว้างในแต่ละองศาการตัด

จากรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเริ่มทำการตัดเหล็กที่ตกลงงที่มุม 15 องศา หน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลง (Extrados) จะเริ่มเกิดขึ้น โดยที่ความหนาที่ผนังหน้าตัดวงใน (Intrados) จะไม่เกิดขึ้น แต่เมื่อเริ่มทำการตัดที่ 30 องศา ความหนาที่ผนังหน้าตัดวงในเริ่มเกิดขึ้นมาเล็กน้อย และที่เห็นความผิดปกติของหน้าตัดเหล็กท่อได้อย่างชัดเจนคือที่มุม 60 องศา และ 90 องศา จะเกิดหน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลงมากที่สุด ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวทำให้ทราบว่าเหล็กที่ตกลงงนั้นเกิดหน้าตัดที่บิดเบี้ยวซึ่งมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับองศาในการทำการตัด



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ผนังหน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลง และความหนาขึ้นที่ผนังหน้าตัดวงใน



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ผนังหน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลง และ ค่าคงที่การบิดกลับ

จากรูปที่ 4.10 สามารถอธิบายได้ว่าในการตัดเหล็กท่อกกลางที่องศาน้อยๆ จะเกิดผนังหน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลง (Extrados) น้อย และผนังหน้าตัดที่บางลงจะมากขึ้นเรื่อยๆ ตามองศาที่เกิดการตัด โดยที่ผนังหน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลง (Extrados) ที่มากนั้น ความหนาขึ้นที่ผนังหน้าตัดวงใน (Intrados) จะมีความน้อย และเมื่อการตัดสมบูรณ์ที่ 90 องศา จะเกิดผนังหน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลง (Extrados) และเมื่อเริ่มทำการตัดที่ 15 องศา หน้าตัดวงนอกที่เกิดความบางลงจะเกิดขึ้นน้อยที่สุด

จากรูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผนังที่บางลง (Extrados) และค่าคงที่การบิดกลับ อธิบายได้ว่า ยิ่งค่าคงที่การบิดกลับสูงมากขึ้นเพียงใดความกว้างของผนังที่บางลงก็จะมีมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งเปรียบเสมือนว่าค่าของผนังที่บางลงนั้นเหมือนจะแปรตามค่าคงที่การบิดกลับของเหล็กท่อกกลาง

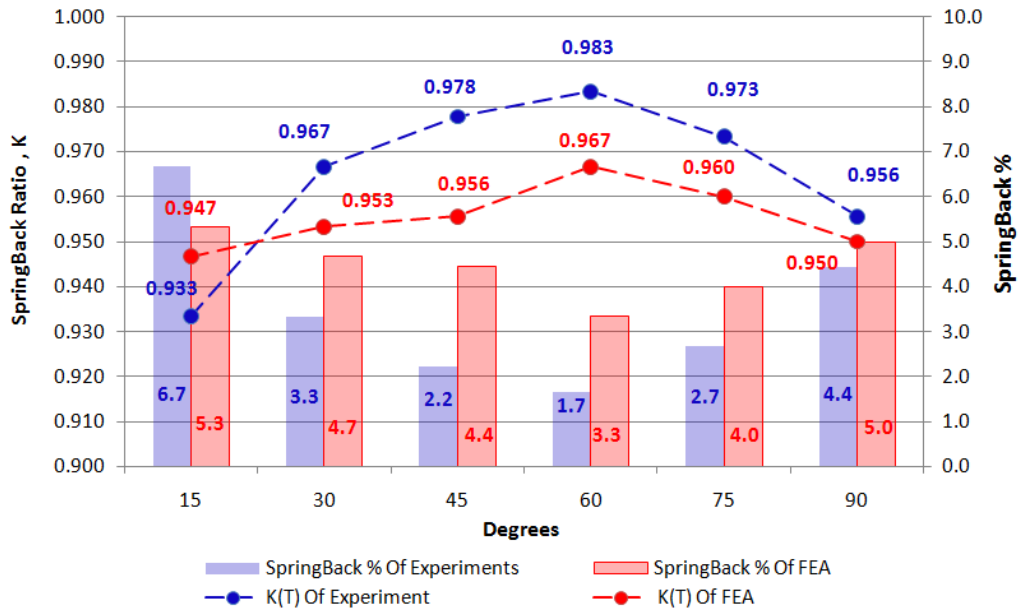
4.1.4 ผลการทดลอง และวิเคราะห์การบิดกลับ

การทดสอบนี้เป็นการทดลองการบิดกลับของชิ้นงานโลหะ 3 ชนิด เพื่อเปรียบเทียบองศาในการตัด โดยเริ่มตั้งแต่องศาการตัดที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา การศึกษาทดลององศาในการตัดที่มีอิทธิพลต่อการบิดตัวกลับของชิ้นงาน โดยจะทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการคำนวณแบบประมาณค่าของโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ MSC. Marc Mentat ซึ่งสามารถแสดงผลในรูปแบบตารางองศาการบิดกลับ และการคำนวณค่าคงที่ของการบิดกลับตัว โดยจะใช้กราฟช่วยในการแสดงผลซึ่งจะใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.4 เป็นตารางองศาการบิดกลับของเหล็กทั้ง 3 ชนิด เพื่อมาคำนวณหาค่าคงที่การบิดกลับ และเปอร์เซ็นต์การบิดกลับ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

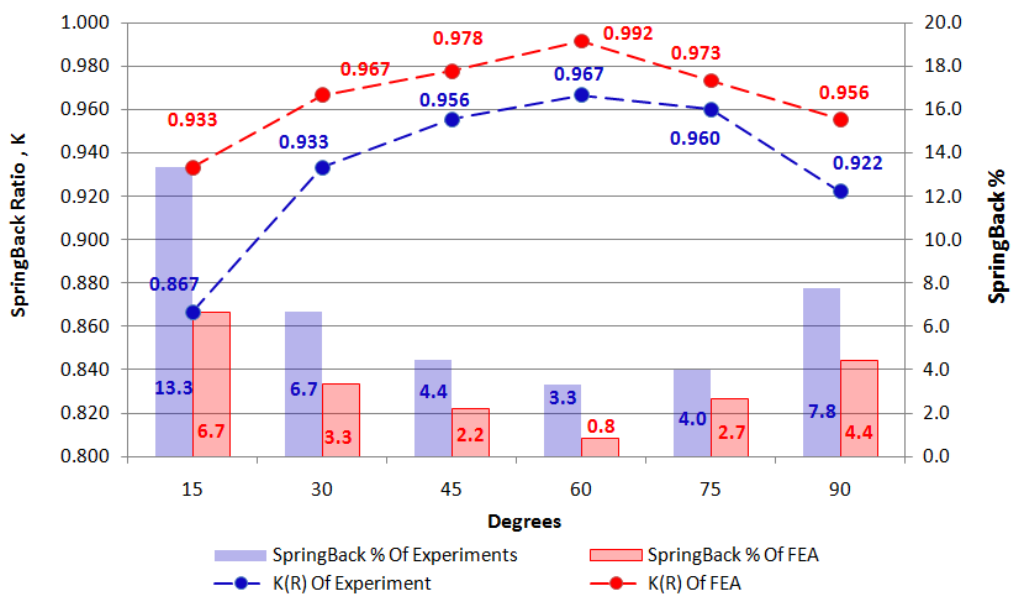
ตารางที่ 4.4 องศาการบิดกลับ และค่าคงที่ของการบิดตัวกลับ

| ประเภท ชิ้นงาน | ตัว แปร | องศาในการตัด (Bending Angle) (Experiments) | | | | | | องศาในการตัด (Bending Angle) (Finite Element) | | | | | |
|-------------------|------------|---|------|------|------|------|------|--|-------|------|-------|------|-------|
| | | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| เหล็กท่อก กลาง | Ø1 | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| | Ø2 | 14° | 29° | 44° | 59° | 73° | 86° | 14.2° | 28.6° | 43° | 58° | 72° | 85.5° |
| | K(T) | 0.93 | 0.97 | 0.93 | 0.98 | 0.96 | 0.94 | 0.94 | 0.95 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.95 |
| เหล็กเส้น กลม | Ø1 | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| | Ø2 | 13° | 28° | 43° | 58° | 72° | 83° | 14° | 29° | 44° | 59.5° | 73° | 86° |
| | K(R) | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.97 | 0.95 | 0.92 | 0.93 | 0.96 | 0.97 | 0.99 | 0.97 | 0.95 |
| เหล็ก แผ่น | Ø1 | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
| | Ø2 | 10° | 24° | 39° | 54° | 70° | 80° | 12° | 26° | 43° | 58° | 72° | 84° |
| | K(S) | 0.67 | 0.80 | 0.87 | 0.87 | 0.95 | 0.90 | 0.80 | 0.86 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.93 |

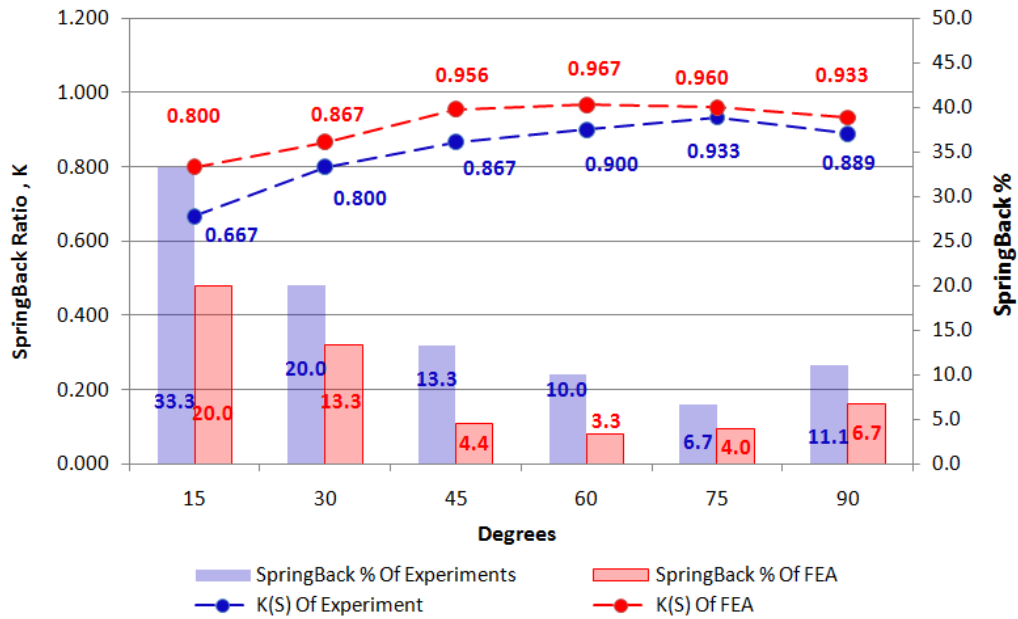
จากตารางที่ 4.4 สามารถอธิบายได้ว่าค่าคงที่การดีดกลับ ได้มาจากการนำองศาหลังจากการดีดกลับ มาคำนวณหาอัตราส่วนกับองศาก่อนการดีด ซึ่งการที่ค่าคงที่การดีดกลับมีผลลัพธ์จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 1 นั้นหมายความว่าไม่เกิดการดีดกลับ และยิ่งค่าคงที่เข้าใกล้ 1 การดีดกลับก็จะน้อยลงเท่านั้น



รูปที่ 4.12 ผลการดีดกลับเหล็กท่อกว้าง (Experiment) และไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA)



รูปที่ 4.13 ผลการดีดกลับเหล็กเส้นกลม (Experiment) และไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA)



รูปที่ 4.14 ผลการติดกลับเหล็กแผ่น (Experiment) และ ไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA)

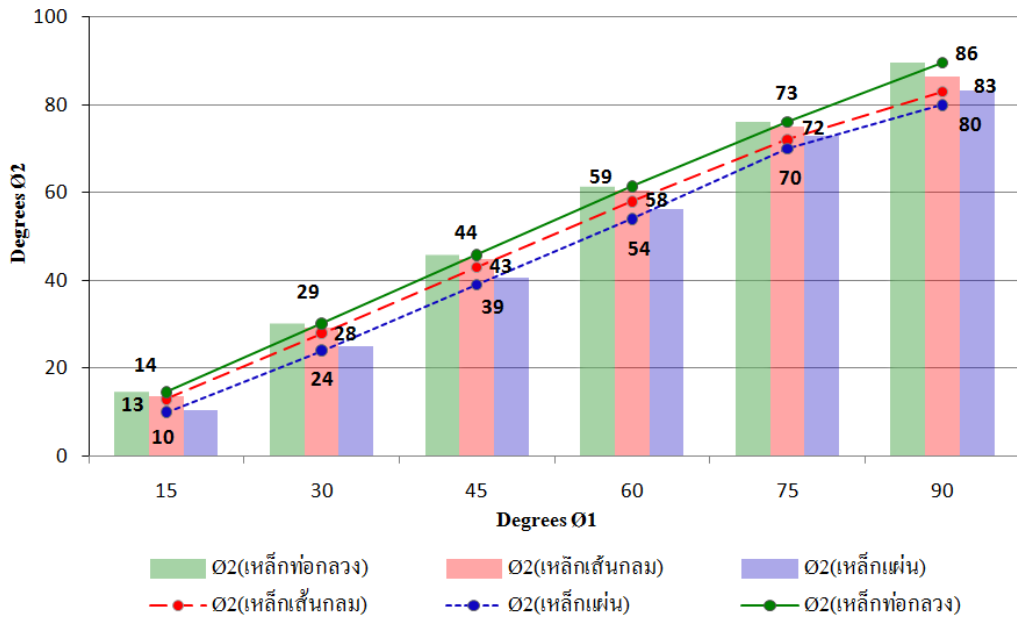
จากกราฟในข้างต้นชี้ให้เห็นว่าเมื่อองศาในการตัดเพิ่มขึ้นค่าคงที่การติดกลับจะเพิ่มสูงขึ้น และเปอร์เซ็นต์การติดกลับของเหล็กทั้ง 3 ชนิดจะน้อยลง นั่นหมายความว่าเมื่อเพิ่มองศาในการตัด การติดกลับของเหล็กทั้ง 3 ชนิดจะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งจากการเก็บผลการทดลอง และผลจากการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อศึกษาจากกราฟพบว่าแนวโน้มของค่าคงที่การติดกลับ และเปอร์เซ็นต์การติดกลับของการทดลองจริง และผลจากการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่ามีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน

จากรูปที่ 4.12 ผลการทดลองตัดเหล็กที่ทอกลวงตั้งแต่ 15 ถึง 90 องศาจะพบว่าการตัดที่ 15 องศา ค่าคงที่การติดกลับ $K(T)$ จะน้อยที่สุดเท่ากับ 0.933 ซึ่งเมื่อพิจารณารูปที่ 4.12 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์การติดกลับอยู่ที่ 6.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงความเค้นของการตัดที่ 15 องศาจะพบเท่ากับ 648 MPa จากกราฟแสดงความเค้น และค่าคงที่การติดกลับของเหล็กที่ทอกลวงจะเห็นได้ว่าเมื่อองศาในการตัดเพิ่มขึ้นแนวโน้มของค่า $K(T)$ จะสูงขึ้น และมีค่าสูงสุดที่มุมตัด 60 องศา ซึ่งเท่ากับ 0.983 ซึ่งเป็นองศาการตัดที่เกิดค่าความเค้นภายในเหล็กที่ทอกลวงน้อยที่สุดเท่ากับ 631 MPa หลังจากการตัดที่ 60 องศาเป็นต้นไปค่า $K(T)$ มีแนวโน้มลดลงไปถึง 0.956 ซึ่งมีความเค้นเท่ากับ 648 MPa เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า $K(T)$ ในทางปฏิบัติการตัดเหล็กที่ทอกลวงจริงแล้วส่วนมากค่า $K(T)$ จะสูงกว่าผลจากการวิเคราะห์จากโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) ดังรูปที่ 4.12 ซึ่งค่า $K(T)$ ในทางปฏิบัติสูงสุดเท่ากับ 0.983 แต่ในทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) จะเท่ากับ 0.967 โดยอยู่ที่การตัด 60 องศาเหมือนกัน จากรูปจะเห็นได้ว่าค่า $K(T)$ และเปอร์เซ็นต์การติดกลับของเหล็กที่ทอกลวง ของทางปฏิบัติจะสูงกว่าไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) แต่ผลจากการวิเคราะห์ก็ยังมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับผลของการทดลอง

ปฏิบัติจริง โดยเมื่อองศาในการตัดเพิ่มขึ้นค่า $K(T)$ ของไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) ก็จะเพิ่มสูงขึ้นไปจนถึงองศาตัดที่ 60 ก็จะมีแนวโน้มลดลงไปเท่ากับ 0.950 ซึ่งเปอร์เซ็นต์การติดกลับก็จะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นแบบเดียวกันกับการคำนวณในทางปฏิบัติการตัดจริง

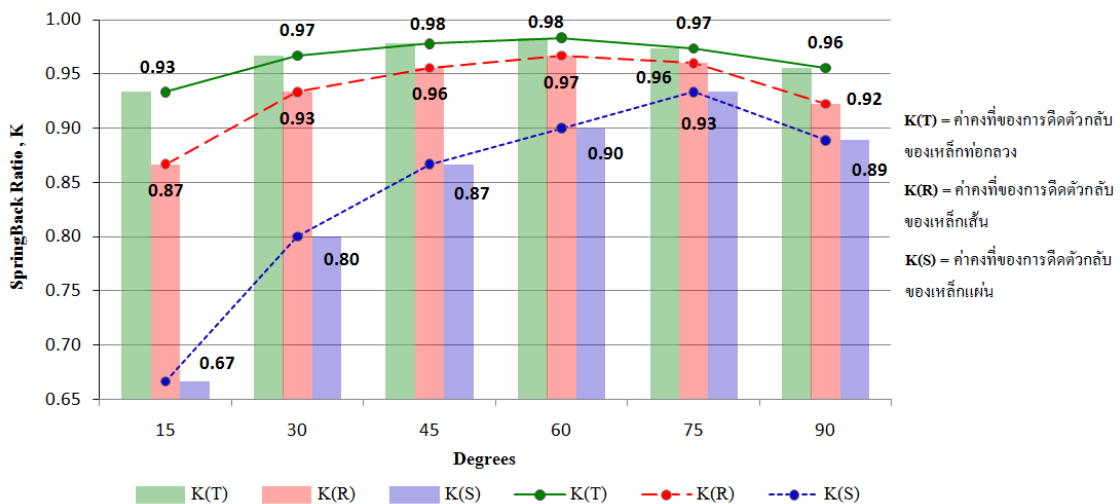
ในการศึกษาค่าคงที่การติดกลับของเหล็กเส้นกลม $K(R)$ จะพบว่าเมื่อทำการตัดที่มุม 15 องศา ค่า $K(R)$ จะน้อยที่สุด และเป็นองศาที่มีค่าความเค้นภายในท่อสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.867 และ 700 MPa ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.13 โดยแนวโน้มหลังจากการตัดที่ 15 องศา ค่า $K(R)$ มีแนวโน้มสูงขึ้นไปจนถึงการตัดที่ 60 องศา ซึ่งมี $K(R)$ เท่ากับ 0.967 และเป็นองศาที่ความเค้นน้อยที่สุดเท่ากับ 645 MPa ซึ่งหลังจากการตัดที่ 60 องศาไปแล้วแนวโน้มของค่า $K(R)$ จะลดลง ในทางตรงกันข้ามค่าความเค้นจะเพิ่มมากขึ้นไปจนถึง 657 MPa ในองศาการตัดที่ 90 เมื่อดูรูปที่ 4.13 สามารถพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์การติดกลับเปรียบเทียบกับค่า $K(R)$ ในทางปฏิบัติจริง และไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) พบว่าแนวโน้มของโอกาสที่จะการติดกลับเหมือนกัน โดยที่ 15 องศา เปอร์เซ็นต์การติดกลับของเหล็กเส้นกลมในส่วนของการปฏิบัติ และไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) จะสูงที่สุด อีกทั้งมีแนวโน้มลดลงไปถึงการตัดที่ 60 องศา ซึ่งมี $K(R)$ ในทางปฏิบัติ และไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) เท่ากับ 3.3 กับ 0.8 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า $K(R)$ แล้วพบว่าทั้งทางปฏิบัติ และไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) มีแนวโน้มสูงขึ้น และเมื่อเปอร์เซ็นต์การติดกลับเหล็กเส้นกลมสูงขึ้น ของค่า $K(R)$ จะลดลงทั้ง 2 ค่า

ในส่วนการวิเคราะห์การติดกลับของเหล็กแผ่นจะมีส่วนคล้ายกับผลการทดลองทั้งสองดังที่กล่าวไว้แล้วในขั้นต้น ซึ่งมีแนวโน้มของค่าคงที่การติดกลับของเหล็กแผ่น $K(S)$ สูงขึ้นในช่วงการตัด 15 ถึง 75 องศา โดยที่การตัด 75 องศาจะมีค่า $K(S)$ สูงสุดเท่ากับ 0.933 ในทางตรงกันข้ามที่ 75 องศาความเค้นก็น้อยที่สุดเท่ากับ 638 MPa และมีแนวโน้มสูงขึ้นถึง 663 MPa ซึ่งความเค้นที่เพิ่มขึ้นนี้มีส่วนทำให้ค่าคงที่ $K(S)$ ลดน้อยลง ในการพิจารณาค่า $K(S)$ ของทางปฏิบัติจริง และการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) ค่า $K(S)$ และเปอร์เซ็นต์การติดกลับ มีแนวโน้มคล้ายคลึงกัน โดยการปฏิบัติจริงที่ 15 องศา $K(S)$ เท่ากับ 0.667 และค่าที่ได้จากไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) เท่ากับ 0.800 ซึ่งจากรูปที่ 4.14 จะเห็นว่าแนวโน้มของการติดกลับนั้น การปฏิบัติจริง และไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) จะมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกัน



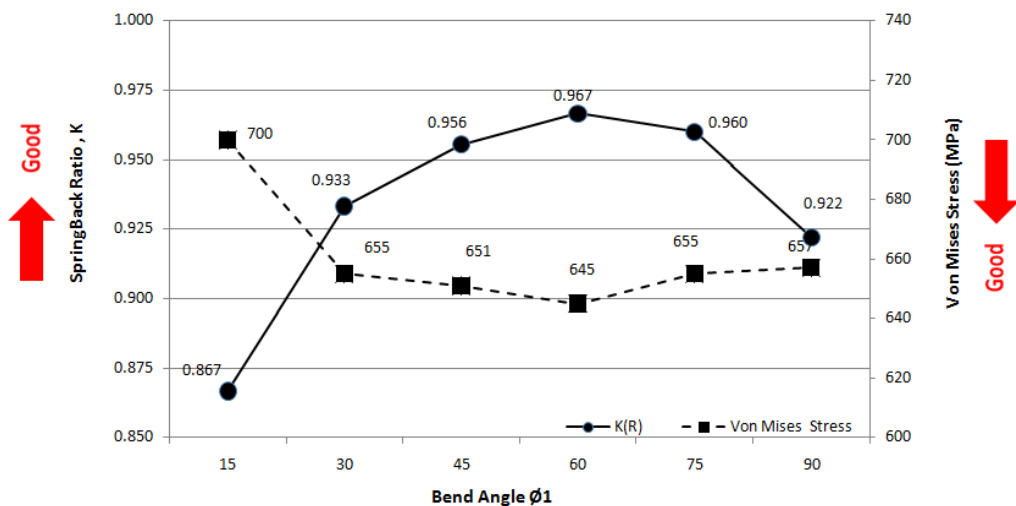
รูปที่ 4.15 องศาการติดกลับของโลหะชนิดต่างๆ

จากกราฟที่ 4.15 การแสดงองศาการติดกลับของโลหะทั้ง 3 ชนิดพบว่าโลหะแผ่นความหนา 2 มิลลิเมตร เกิดการติดกลับของชิ้นงานเมื่อเทียบเป็นองศาแล้วจะมากกว่าโลหะอีก 2 ประเภท และจากตารางที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าค่าคงที่ของการติดตัวกลับ (K) มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อองศาในการตัดเพิ่มมากขึ้น นั่นหมายความว่าเมื่อองศาในการตัดเพิ่มการติดกลับของโลหะ (Springback) จะลดลง



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของค่าคงที่การติดตัวกลับกับองศาในการตัด

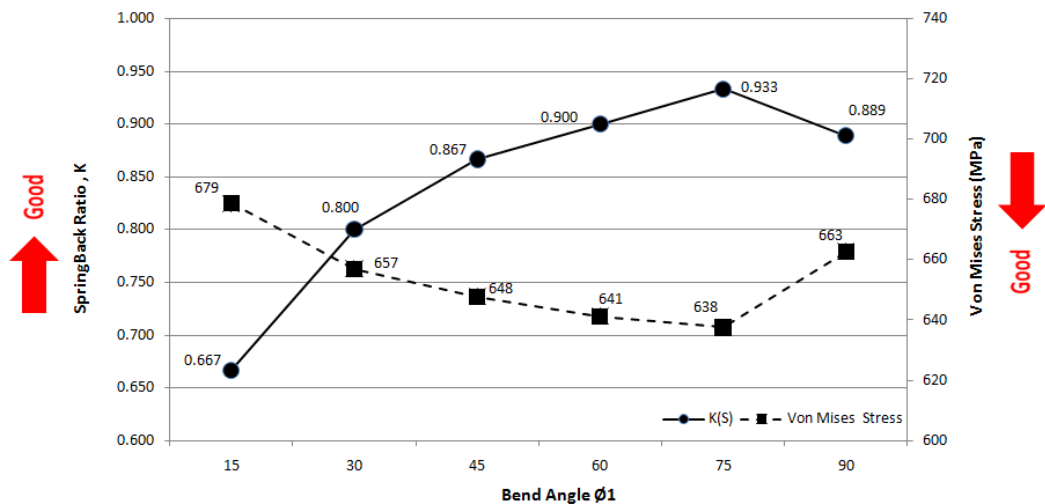
จากกราฟที่ 4.16 จะแสดงความสัมพันธ์ของค่าคงที่การดัดกลับเมื่อเปรียบเทียบกับองศาในการดัด โดยทั่วไปจะพบว่าเมื่อองศาในการดัดเพิ่มขึ้นค่าคงที่การดัดกลับจะมีแนวโน้มสูงขึ้น นั้นสามารถชี้ให้เห็นได้ว่าการดัดกลับของชิ้นงาน (Springback) จะลดลง จากกราฟเป็นการเปรียบเทียบการดัดโลหะทั้ง 3 ประเภท โดยเหล็กท่อกลวงจะมีค่าคงที่การดัดกลับ (K) มากที่สุด รองลงมาเป็นเหล็กเส้นกลม สุดท้ายคือเหล็กแผ่น เมื่อวิเคราะห์แล้วการที่ค่าคงที่การดัดกลับของเหล็กท่อกลวงสูงที่สุด หมายความว่าเหล็กท่อกลวงเกิดการดัดกลับหลังจากการปลดแม่พิมพ์น้อยที่สุด ตามด้วยเหล็กเส้นกลม และเหล็กแผ่นจะเกิดการดัดกลับมากที่สุด แต่เหล็กท่อกลวง และเหล็กเส้นจะมีค่าคงที่การดัดกลับ (K) ลดลงเมื่อการดัดไปถึง 75 องศา และค่าคงที่การดัดกลับมีแนวโน้มลดลงไปอีกเมื่อตัดไปถึงองศาที่ 90 โดยค่าคงที่การดัดกลับจะลดลงไปเท่ากับ 0.96 และ 0.92 ดังรูปที่ 4.16 ในทางตรงกันข้ามเมื่อการดัดเหล็กแผ่นไปถึง 75 องศา ค่าคงที่การดัดกลับจะสูงที่สุด นั่นคือการดัดกลับของโลหะแผ่นจะเกิดน้อยที่สุด และเมื่อองศาที่ 90 การดัดกลับของโลหะแผ่นจะมากขึ้นเหมือนโลหะอีก 2 ชนิด ซึ่งมีค่าคงที่การดัดกลับเท่ากับ 0.89



รูปที่ 4.17 ผลการพยากรณ์ความเค้นเปรียบเทียบกับค่าคงที่การดัดกลับของเหล็กเส้นกลม

จากรูปที่ 4.17 เป็นการพยากรณ์ค่าความเค้นเพื่อเปรียบเทียบกับค่าคงที่การดัดกลับของเหล็กเส้นกลม โดยเปรียบเทียบตามองศาการดัด จากรูปจะพบว่าเมื่อการดัดอยู่ที่ 15 องศา ค่าคงที่การดัดกลับ K(R) จะน้อยที่สุด และค่าความเค้นของฟอนมิสเชสสูงสุด และค่าคงที่การดัดกลับมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ในทางตรงกันข้ามเมื่อค่าคงที่การดัดกลับเพิ่มมากขึ้นค่าความเค้นจะมีแนวโน้มลดลง นั่นแสดงให้เห็นว่าค่าคงที่การดัดกลับของเหล็กเส้นกลมแปรผกผันกับค่าความเค้น คือถ้าค่าความเค้นมีแนวโน้มลดลงค่าคงที่การดัดกลับจะเพิ่มสูงขึ้นนั่นหมายความว่าถึงการดัดกลับของชิ้นงานจะมีแนวโน้มลดลงตามค่าความเค้น ซึ่งอธิบายสั้นๆ ว่าเหล็กที่มีความเค้นต่ำจะเกิดการดัดกลับน้อย เหล็กที่เกิดความ

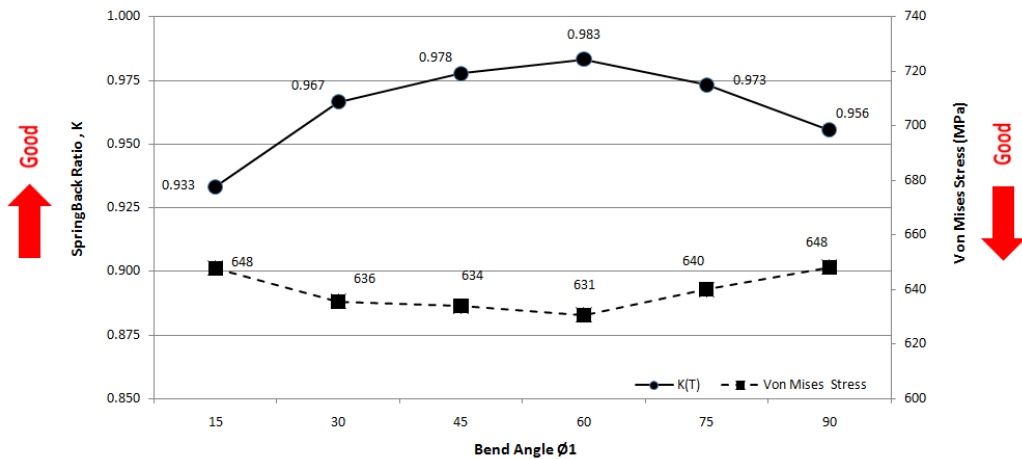
เค้นสูงจะเกิดการบิดกลับมาก นอกจากนี้จากกราฟชี้ให้เห็นว่าที่องศาการดัดที่ 60 องศา ค่าความเค้นจะน้อยที่สุดเท่ากับ 645 MPa ซึ่งส่งผลให้ค่าคงที่การบิดกลับ $K(R)$ เท่ากับ 0.967 โดยได้จากอัตราส่วนหารระหว่างองศาหลังการดัด และองศาก่อนการดัด ซึ่งเป็นองศาที่เกิดการบิดกลับน้อยที่สุด หมายความว่า ณ องศาเท่ากับ 60 องศาการบิดกลับของชิ้นงานจะน้อยที่สุดเนื่องจากค่าคงที่การบิดกลับมีค่าเข้าใกล้ 1 และการดัดที่ 75 องศาค่าความเค้นจะเริ่มสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้ค่าคงที่การบิดกลับลดลง และมีแนวโน้มลดลงไปถึงค่า 0.922 ที่องศาในการดัด 90 องศา ซึ่งเป็นองศาที่มีค่าความเค้นเท่ากับ 675 MPa นั้นแสดงให้เห็นว่าค่าความเค้นสูงค่าคงที่การบิดกลับจะน้อยทำให้เกิดการบิดกลับของเหล็กเส้นกลมมาก จากรูปที่ 4.17 แสดงเครื่องหมายลูกศรสีแดงจะเป็นสัญลักษณ์อธิบายว่าในกระบวนการดัดเหล็กเส้นกลมในแต่ละองศาการดัดที่แตกต่างกัน ถ้าค่าคงที่การบิดกลับ $K(R)$ มากหรือเข้าใกล้ 1 จะเป็นสิ่งที่ดี (Good) และถ้าค่าความเค้นที่เกิดในกระบวนการดัดลดลงก็จะดี เนื่องจากการบิดกลับก็จะน้อยลงทำให้ดัดเหล็กเส้นกลมได้ตามองศาที่ต้องการ



รูปที่ 4.18 ผลการพยากรณ์ความเค้นเปรียบเทียบกับค่าคงที่การบิดกลับของเหล็กแผ่น

จากกราฟที่ 4.18 เป็นการพยากรณ์ค่าความเค้นเพื่อเปรียบเทียบกับค่าคงที่การบิดกลับของเหล็กแผ่น โดยเปรียบเทียบตามองศาการดัด จากรูปจะพบว่าเมื่อการดัดอยู่ที่ 15 องศา ค่าคงที่การบิดกลับ $K(S)$ จะน้อยที่สุด และค่าความเค้นของฟอนมิสเสสสูงสุด และค่าคงที่การบิดกลับมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ในทางตรงกันข้ามเมื่อค่าคงที่การบิดกลับเพิ่มมากขึ้นค่าความเค้นจะมีแนวโน้มลดลง นั่นแสดงให้เห็นว่าค่าคงที่การบิดกลับของเหล็กแผ่นแปรผกผันกับค่าความเค้น คือถ้าค่าความเค้นมีแนวโน้มลดลงค่าคงที่การบิดกลับจะเพิ่มสูงขึ้นนั่นหมายความว่าถึงการบิดกลับของชิ้นงานจะมีแนวโน้มลดลงตามค่าความเค้น ซึ่งอธิบายสั้นๆ ว่าเหล็กที่มีความเค้นต่ำจะเกิดการบิดกลับน้อย ซึ่งแสดงสัญลักษณ์ และทิศทางว่าดี (Good) ส่วนเหล็กที่เกิดความเค้นสูงจะเกิดการบิดกลับมาก นอกจากนี้จาก

กราฟชี้ให้เห็นว่าที่องศาการดัดที่ 75 องศา ค่าความเค้นจะน้อยที่สุดเท่ากับ 638 MPa ซึ่งส่งผลให้ค่าคงที่การบิดกลับ K(S) เท่ากับ 0.933 โดยได้จากอัตราส่วนหารระหว่างองศาหลังการดัด และองศาก่อนการดัด ซึ่งเป็นองศาที่เกิดการบิดกลับน้อยที่สุด หมายความว่า ณ องศาเท่ากับ 75 องศาการบิดกลับของชิ้นงานจะน้อยที่สุดเนื่องจากค่าคงที่การบิดกลับมีค่าเข้าใกล้ 1 การดัดที่ 90 องศาความเค้นจะเริ่มสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้ค่าคงที่การบิดกลับลดลง และมีแนวโน้มลดลงไปถึงค่า 0.889 และค่าความเค้นเท่ากับ 663 MPa



รูปที่ 4.19 ผลการพยากรณ์ความเค้นเปรียบเทียบกับค่าคงที่การบิดกลับของเหล็กท่อกลวง

จากกราฟที่ 4.19 เป็นการพยากรณ์ค่าความเค้นเพื่อเปรียบเทียบกับค่าคงที่การบิดกลับของเหล็กท่อกลวง โดยเปรียบเทียบตามองศาการดัด จากรูปจะพบว่าเมื่อการดัดอยู่ที่ 15 องศา ค่าคงที่การบิดกลับ K(T) จะน้อยที่สุด และค่าความเค้นของฟอนมิสเสสสูงสุด และค่าคงที่การบิดกลับมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ในทางตรงกันข้ามเมื่อค่าคงที่การบิดกลับเพิ่มมากขึ้นค่าความเค้นจะมีแนวโน้มลดลงแสดงด้วยเครื่องหมายลูกศรลดลงหมายความว่าดี (Good) นั่นแสดงให้เห็นว่าค่าคงที่การบิดกลับของเหล็กท่อกลวงแปรผกผันกับค่าความเค้น คือถ้าค่าความเค้นมีแนวโน้มลดลงค่าคงที่การบิดกลับจะเพิ่มสูงขึ้นนั่นหมายความว่าค่าคงที่การบิดกลับของชิ้นงานจะมีแนวโน้มลดลงตามค่าความเค้น ซึ่งอธิบายสั้นๆ ว่าเหล็กที่มีความเค้นต่ำจะเกิดการบิดกลับน้อย เหล็กที่เกิดความเค้นสูงจะเกิดการบิดกลับมาก นอกจากนี้จากกราฟชี้ให้เห็นว่าที่องศาการดัดที่ 60 องศา ค่าความเค้นจะน้อยที่สุดเท่ากับ 631 MPa ซึ่งส่งผลให้ค่าคงที่การบิดกลับ K(T) เท่ากับ 0.983 โดยได้จากอัตราส่วนหารระหว่างองศาหลังการดัด และองศาก่อนการดัด ซึ่งเป็นองศาที่เกิดการบิดกลับน้อยที่สุด หมายความว่า ณ องศาเท่ากับ 60 องศาการบิดกลับของชิ้นงานจะน้อยที่สุดเนื่องจากค่าคงที่การบิดกลับมีค่าเข้าใกล้ 1 การดัดที่ 90 องศาความเค้นจะเริ่มสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้ค่าคงที่การบิดกลับลดลง และมีแนวโน้มลดลงไปถึงค่า 0.956 และค่าความเค้นเท่ากับ 648 MPa

ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การติดกลับของโลหะในแต่ละองศา

| | | | | | |
|----------------------|--------------|-------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|
| เหล็กทอกวง (Tube) | องศาเริ่มต้น | องศาสุดท้าย | ค่าคงที่ การติดกลับ | เปอร์เซ็นต์ การติดกลับ | ความเค้น ฟอนมิสเชส |
| | 15° | 14° | 0.933 | 6.667 | 6.48E+002 |
| | 30° | 29° | 0.967 | 3.333 | 6.36E+002 |
| | 45° | 44° | 0.978 | 2.222 | 6.34E+002 |
| | 60° | 59° | 0.983 | 1.667 | 6.31E+002 |
| | 75° | 73° | 0.973 | 2.667 | 6.40E+002 |
| | 90° | 86° | 0.956 | 4.444 | 6.48E+002 |
| เหล็กเส้นกลม (Round) | องศาเริ่มต้น | องศาสุดท้าย | ค่าคงที่ การติดกลับ | เปอร์เซ็นต์ การติดกลับ | ความเค้น ฟอนมิสเชส |
| | 15° | 13° | 0.867 | 13.333 | 7.00E+002 |
| | 30° | 28° | 0.933 | 6.667 | 6.55E+002 |
| | 45° | 43° | 0.956 | 4.444 | 6.51E+002 |
| | 60° | 58° | 0.967 | 3.333 | 6.45E+002 |
| | 75° | 72° | 0.960 | 4.000 | 6.55E+002 |
| | 90° | 83° | 0.922 | 7.778 | 6.57E+002 |
| เหล็กแผ่น (Sheet) | องศาเริ่มต้น | องศาสุดท้าย | ค่าคงที่ การติดกลับ | เปอร์เซ็นต์ การติดกลับ | ความเค้น ฟอนมิสเชส |
| | 15° | 10° | 0.667 | 33.333 | 6.79E+002 |
| | 30° | 24° | 0.800 | 20.000 | 6.57E+002 |
| | 45° | 39° | 0.867 | 13.333 | 6.48E+002 |
| | 60° | 54° | 0.900 | 10.000 | 6.41E+002 |
| | 75° | 70° | 0.933 | 6.667 | 6.38E+002 |
| | 90° | 80° | 0.889 | 11.111 | 6.63E+002 |

4.1.5 การวิเคราะห์อัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดในแต่ละองศาของชิ้นงานดัด 90 องศา

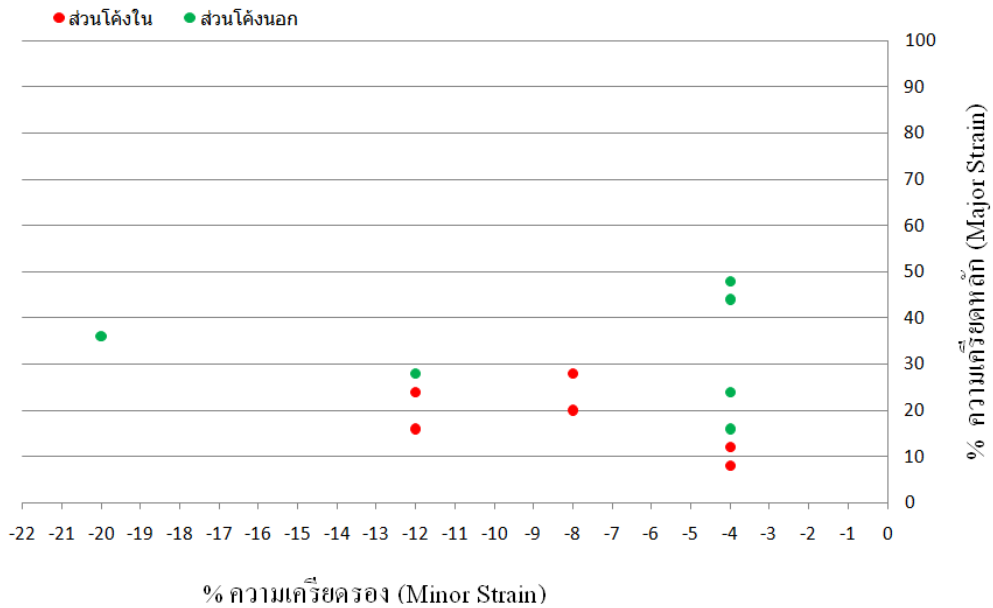
การทดสอบนี้จะวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความเครียดหลัก และความเครียดรอง ซึ่งทำเป็นกราฟอัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดในกระบวนการดัดที่มุม 90 องศา โดยการคำนวณอัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดหลัก และความเครียดรอง เพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์ในการเกิดความเครียด

ตารางที่ 4.6 อัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดบริเวณส่วนโค้งในของเหล็กท่อกดลง

| ความเครียดส่วนโค้งในของเหล็กท่อกดลง | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| องศา | ความยาว เริ่มต้น (l_0) | ความยาว สุดท้าย (l_f) | ความกว้าง เริ่มต้น (W_0) | ความกว้าง สุดท้าย (W_f) | เปอร์เซ็นต์ ความเครียด หลัก | เปอร์เซ็นต์ ความเครียด รอง |
| 15 | 2.5 | 3.1 | 2.5 | 2.2 | 24.0 | -12.0 |
| 30 | 2.5 | 2.8 | 2.5 | 2.4 | 12.0 | -4.0 |
| 45 | 2.5 | 2.9 | 2.5 | 2.2 | 16.0 | -12.0 |
| 60 | 2.5 | 3.2 | 2.5 | 2.3 | 28.0 | -8.0 |
| 75 | 2.5 | 3 | 2.5 | 2.3 | 20.0 | -8.0 |
| 90 | 2.5 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 8.0 | -4.0 |

ตารางที่ 4.7 อัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดบริเวณส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อกดลง

| ความเครียดส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อกดลง | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| องศา | ความยาว เริ่มต้น (l_0) | ความยาว สุดท้าย (l_f) | ความกว้าง เริ่มต้น (W_0) | ความกว้าง สุดท้าย (W_f) | เปอร์เซ็นต์ ความเครียด หลัก | เปอร์เซ็นต์ ความเครียด รอง |
| 15° | 2.5 | 3.7 | 2.5 | 2.4 | 48.0 | -4.0 |
| 30° | 2.5 | 3.6 | 2.5 | 2.4 | 44.0 | -4.0 |
| 45° | 2.5 | 3.4 | 2.5 | 2.0 | 36.0 | -20.0 |
| 60° | 2.5 | 3.2 | 2.5 | 2.2 | 28.0 | -12.0 |
| 75° | 2.5 | 3.1 | 2.5 | 2.4 | 24.0 | -4.0 |
| 90° | 2.5 | 2.9 | 2.5 | 2.4 | 16.0 | -4.0 |

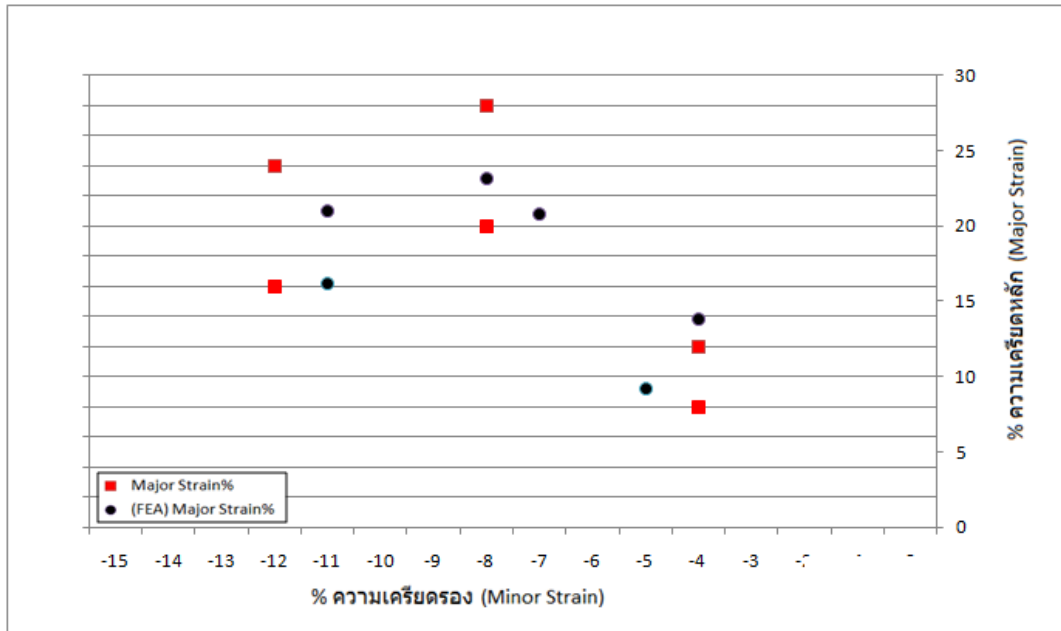


รูปที่ 4.20 อัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดของการัดรวม 90 องศา

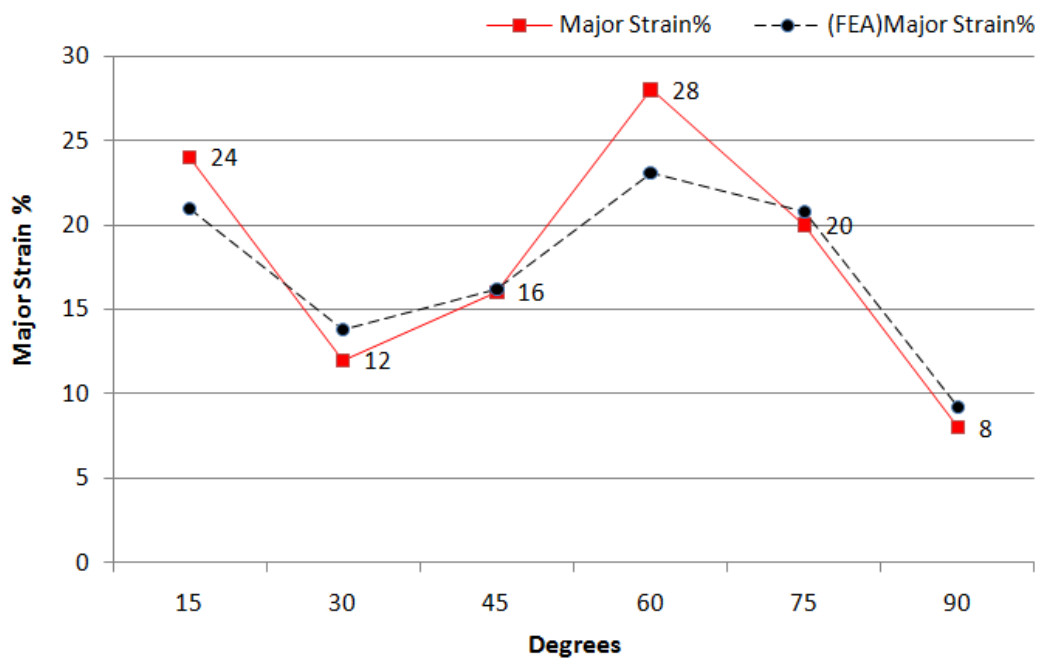
จากรูปที่ 4.20 แสดงอัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดในกระบวนการัดที่มุม 90 องศา แสดงให้เห็นว่าอัตราความเครียดบริเวณส่วนโค้งด้านนอกของเหล็กที่อกลวงมากกว่าบริเวณส่วนโค้งใน ทำให้พบว่าองศาในการัดนั้นมีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราความเครียด ซึ่งค่าอัตราความเครียดหลักสูงสุดเท่ากับ 48 เปอร์เซ็นต์ อยู่บริเวณส่วนโค้งนอกของเหล็กที่อกลวง และอัตราความเครียดหลักต่ำสุดเท่ากับ 8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่บริเวณส่วนโค้งในของเหล็กที่อกลวง

ตารางที่ 4.8 อัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดส่วนโค้งในเหล็กที่อกลวง

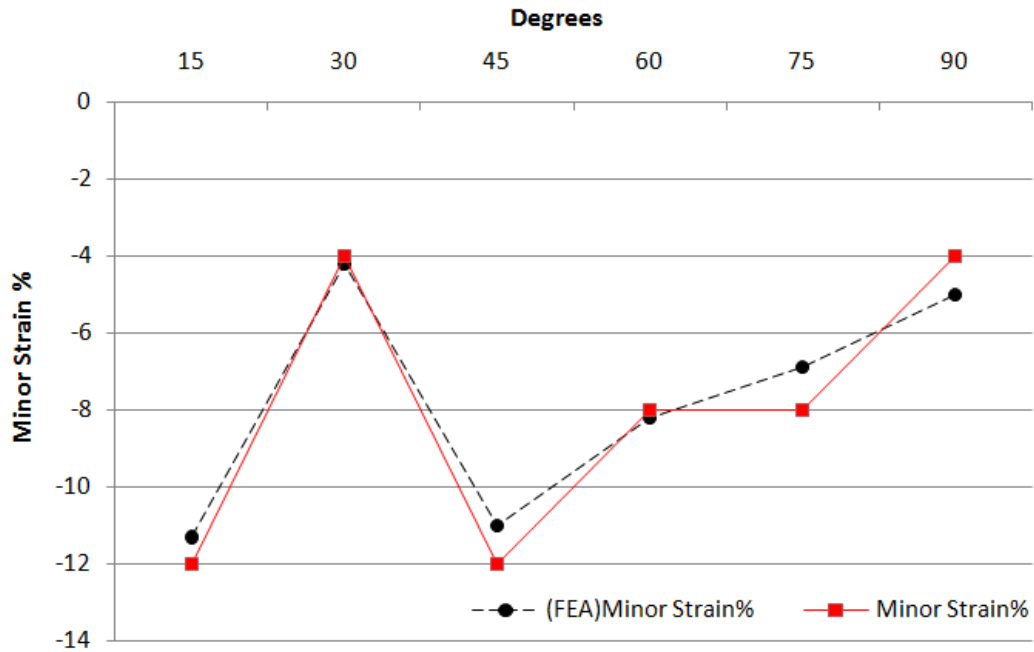
| องศา | อัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดส่วนโค้งใน | | | |
|------|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | 실험 (Experiment) | | ไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) | |
| | เปอร์เซ็นต์ความเครียดหลัก | เปอร์เซ็นต์ความเครียดรอง | เปอร์เซ็นต์ความเครียดหลัก | เปอร์เซ็นต์ความเครียดรอง |
| 15° | 24.0 | -12.0 | 21.0 | -11.3 |
| 30° | 12.0 | -4.0 | 13.8 | -4.2 |
| 45° | 16.0 | -12.0 | 16.2 | -11.0 |
| 60° | 28.0 | -8.0 | 23.1 | -8.2 |
| 75° | 20.0 | -8.0 | 20.8 | -6.9 |
| 90° | 8.0 | -4.0 | 9.2 | -5.0 |



รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบความเครียดส่วนโค้งในชิ้นงาน และ ไฟไนต์เอลิเมนต์ของการัดรวม 90 องศา



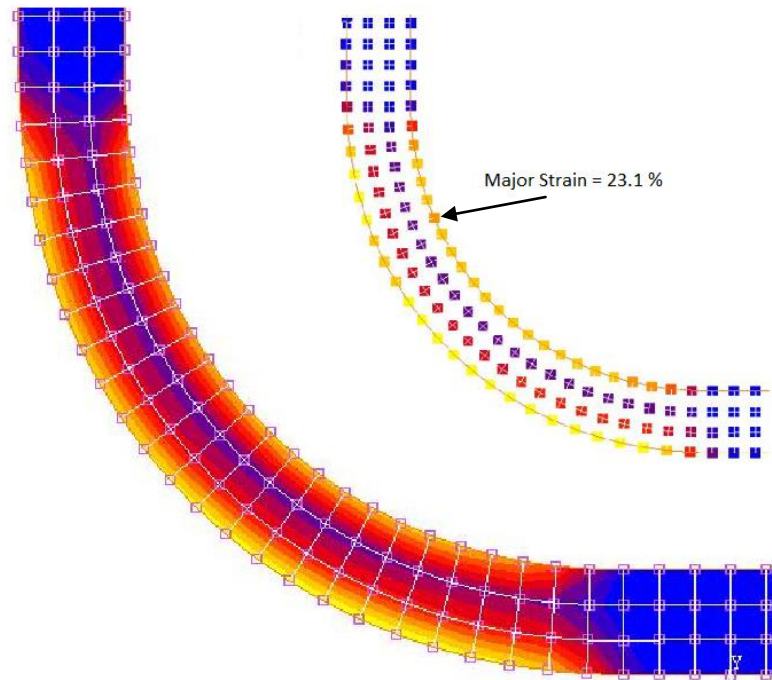
รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบความเครียดหลักบริเวณส่วนโค้งในแต่ละองศาของการัดรวม 90 องศา



รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบความเครียดรองบริเวณส่วนโค้งในแต่ละองศาของการตัดรวม 90 องศา

จากรูปที่ 4.22 เป็นการเปรียบเทียบความเครียดหลัก (Major Strain) บริเวณส่วนโค้งในแต่ละองศาของการตัดรวม 90 องศา ระหว่างการคำนวณจากผลการทดลองจริง และแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์จะพบว่าที่มุม 60 องศา เหล็กที่ทอกลงที่ผ่านกระบวนการตัดจริงจะเกิดอัตราเปอร์เซ็นต์ของความเครียดหลักมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 28 เปอร์เซ็นต์ และที่ผ่านการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์จะเท่ากับ 23.1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาที่มุม 90 องศา จะเกิดอัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียดหลักน้อยที่สุดของการทดลองจริงซึ่งจะเท่ากับ 8 เปอร์เซ็นต์ และไฟไนต์เอลิเมนต์จะเท่ากับ 9.2 เปอร์เซ็นต์ จากกราฟจะพบว่าเมื่อเริ่มต้นตัด 90 องศา มุมที่ 15 องศาจะเกิดอัตราความเครียดหลักที่สูงแล้วมีแนวโน้มลดลงเมื่อมุมอยู่ที่ 30 และ 45 องศา เมื่อถึงมุมที่ 60 อัตราความเครียดหลักจะสูงสุด จากนั้นจะลดลง และจะน้อยที่สุดเมื่อมุม 90 องศา หรือเสร็จสิ้นกระบวนการตัด

จากรูปที่ 4.23 เป็นการเปรียบเทียบความเครียดรอง (Minor Strain) บริเวณส่วนโค้งของเหล็กที่ทอกลงที่องศาการตัดรวม 90 องศา โดยทำการเปรียบเทียบผลของการคำนวณจากการตัดจริง และจากการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่องศาตัด 90 องศา พบว่าที่มุม 15 องศา อัตราความเครียดรองจากชิ้นงานจริงจะน้อยที่สุดเท่ากับ 12 เปอร์เซ็นต์ และผลทางไฟไนต์เอลิเมนต์เท่ากับ 11.3 เปอร์เซ็นต์ และที่มุม 30 องศา ความเครียดรองจะมากที่สุดซึ่งผลจากชิ้นงานจริงจะเท่ากับ -4 เปอร์เซ็นต์ และผลไฟไนต์เอลิเมนต์เท่ากับ 4.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากรูปที่ 4.23 พบว่าเมื่อมุมเพิ่มขึ้นความเค้นรองจะเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4.24 ความเครียดหลักที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน

จากรูปที่ 4.24 ความเครียดหลักบริเวณส่วนโค้งด้านในจะสูงสุดเท่ากับ 23.1 % ที่มุม 60 องศา ขององศาการตัดที่ 90 ซึ่งจากรูปแสดงให้เห็นว่าบริเวณที่เกิดสี่เหลี่ยมจะเป็นบริเวณที่เกิดความเครียดหลักมากที่สุด และบริเวณสี่เหลี่ยม และสี่มวงจะมีความเครียดหลักน้อยกว่า ซึ่งจากกราฟฟิกส์สีแสดงให้เห็นว่าความเครียดได้แผ่กระจายจากส่วนโค้งไปยังส่วนต่างๆ ของชิ้นงาน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลอง และการวิเคราะห์ที่ได้นำเสนอในบทที่ 4 ในส่วนของการติดกลับของ เหล็กทั้ง 3 ประเภท คือเหล็กท่อกลวง เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ และเหล็กแผ่น ซึ่งในบทที่ 5 นี้ จะทำการสรุปผลการทดลอง และวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบผลการทดลองจริง และผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ นอกจากนี้จะสรุปผลการทดลองจริงที่ได้จากการตัดชิ้นงานตั้งแต่ 15 องศา จนถึง 90 องศา ซึ่งมีดังนี้ การทดสอบด้วยสายตา การติดกลับของโลหะ 3 ชนิด ความหนาของผนังเหล็กท่อกลวง หน้าตัดในแต่ละบริเวณของเหล็กท่อกลวง เป็นต้น นอกจากนี้จะทำการสรุปผลการเปรียบเทียบค่าความเครียดของชิ้นงานตัดในแต่ละมุมของเหล็กท่อกลวงตลอด 90 องศา ที่ได้จากการคำนวณความเครียดหลัก และความเครียดรองในระบบกริด โดยเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ทางโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

5.1 สรุปผลการประเมินข้อบกพร่องทางกายภาพ

การประเมินข้อบกพร่องทางกายภาพของชิ้นงานตัดเหล็กท่อกลวง เหล็กเส้น และเหล็กแผ่นที่ผ่านกระบวนการตัดแบบ Compression ซึ่งทำการตัดโดยใช้องศาในการตัดตั้งแต่ 15 องศา จนถึง 90 องศา โดยสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการประเมินข้อบกพร่องทางกายภาพของเหล็กท่อกลวง

1. เหล็กท่อกลวงที่ผ่านกระบวนการตัดในแต่ละองศาการตัดไม่เกิดการแตก ฉีกขาด
2. เหล็กท่อกลวงไม่เกิดรอยร่น และรอยบุบบริเวณส่วนโค้งด้านใน และนอก
3. ความหนาของผนังเหล็กท่อกลวงในแต่ละหน้าตัดทั้ง 3 บริเวณ (A, B, C) ส่วนโค้งของเหล็กท่อกลวงไม่เท่ากัน
4. การติดตัวกลับของเหล็กท่อกลวงเกิดขึ้นทุกครั้งเมื่อปลดแม่พิมพ์ออก
5. เหล็กท่อกลวงเกิดการติดกลับน้อยกว่าเหล็กอีก 2 ประเภท

5.1.2 สรุปผลการประเมินข้อบกพร่องทางกายภาพของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ

1. เหล็กเส้นกลมผิวเรียบที่ผ่านกระบวนการตัดทุกองศาในการตัดไม่แตกหักเสียหาย
2. เหล็กเส้นกลมผิวเรียบไม่ปรากฏรอยบุบตลอดความยาว
3. เหล็กเส้นกลมผิวเรียบไม่เกิดรอยร่นจากกระบวนการตัดในแต่ละองศาในการตัด
4. การติดกลับของเหล็กเส้นกลมเกิดขึ้นกับทุกองศาในการตัดหลังจากปลดแม่พิมพ์

5.1.3 สรุปผลการประเมินข้อบกพร่องทางกายภาพของเหล็กแผ่น

1. เหล็กแผ่นตลอดความยาวไม่พบรอยฉีกขาด หรือแตกหักภายหลังจากกระบวนการตัด
2. เหล็กแผ่นไม่ปรากฏรอยบุบ หรือ รอยย่น ในบริเวณพื้นผิวตลอดความยาว
3. เหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร เกิดการดีดกลับมากที่สุดหลังจากปลดแม่พิมพ์ออกเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กอีก 2 ประเภท

5.2 สรุปผลการทดสอบความหนาของผนังหน้าตัดส่วนโค้งของเหล็กท่อกวาง

การทดสอบ และวัดความหนาของผนังหน้าตัดบริเวณส่วนโค้ง และความหนาของผนังบริเวณด้านบน และด้านล่างของหน้าตัดเหล็กท่อกวางบริเวณ (A, B, C) หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการตัดโดยใช้ข้องศาในการตัดที่แตกต่างกัน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

สรุปผลความแตกต่างของผนังบริเวณส่วนโค้งใน และส่วนโค้งนอก

1. บริเวณส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อกวางทุกบริเวณ ความหนาของผนังท่อจะบางกว่าผนังส่วนโค้งใน เนื่องจากส่วนโค้งนอกถูกควบคุมโดยความเค้นแรงดึง และส่วนโค้งในถูกควบคุมโดยความเค้นอัด
2. บริเวณหน้าตัด (A-A) โดยข้องศาในการตัดเท่ากับ 60 องศา ทำการผ่าที่มุม 45 องศา ความหนาของผนังท่อบริเวณส่วนโค้งนอก (A1) จะเท่ากับ 0.366 มิลลิเมตร ซึ่งหนาน้อยกว่าบริเวณส่วนโค้งใน (A2) ซึ่งเท่ากับ 0.370 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นข้องศาในการตัดที่บางมากที่สุด
3. บริเวณหน้าตัด (B-B) โดยข้องศาในการตัดเท่ากับ 60 องศา ทำการผ่าที่มุม 45 องศา ความหนาของผนังท่อบริเวณส่วนโค้งนอก (B1) จะเท่ากับ 0.363 มิลลิเมตร ซึ่งหนาน้อยกว่าบริเวณส่วนโค้งใน (B2) ซึ่งเท่ากับ 0.365 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นข้องศาในการตัดที่บางมากที่สุด
4. บริเวณหน้าตัด (C-C) โดยข้องศาในการตัดเท่ากับ 60 องศา ทำการผ่าที่มุม 45 องศา ความหนาของผนังท่อบริเวณส่วนโค้งนอก (C1) จะเท่ากับ 0.365 มิลลิเมตร ซึ่งหนาน้อยกว่าบริเวณส่วนโค้งใน (C2) ซึ่งเท่ากับ 0.368 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นข้องศาในการตัดที่เกิดความบางมากที่สุด
5. ข้องศาในการตัดที่ 60 องศา ของทั้ง 3 บริเวณ (A, B, C) ความหนาของผนังท่อบริเวณส่วนโค้งนอก และส่วนโค้งในจะน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้องศาในการตัดอื่นๆ
6. ข้องศาในการตัดที่ 90 องศา ของทั้ง 3 บริเวณ (A, B, C) ความหนาของผนังท่อมากที่สุดบริเวณส่วนโค้งนอกเท่ากับ 0.387 มิลลิเมตร และความหนาของผนังท่อบริเวณส่วนโค้งในเท่ากับ 0.394 มิลลิเมตร ซึ่งข้องศาในการตัดนี้ความหนาของผนังท่อจะมากกว่าผนังที่ได้จากข้องศาในการตัดอื่น
7. บริเวณส่วนโค้งด้านใน และด้านนอกของ (A) จะมีความหนาของผนังท่อมากที่สุดตามด้วยผนังส่วนโค้งบริเวณ (C) และสุดท้ายตำแหน่งบริเวณ (B) หรือที่การผ่าที่มุม 45 องศา ความหนาของผนังท่อทั้งส่วนโค้งใน และนอกจะมีความบางที่สุด

5.3 สรุปผลการทดสอบหน้าตัดเหล็กท่อกว้างที่เกิดความบิดเบี้ยว

การทดสอบหน้าตัดของท่อที่ไม่เป็นวงกลม หรือ เป็นรูปวงรีคล้ายไข่ โดยหน้าตัดวงนอกเกิดความบางลง (Extradados) และเกิดความหนาขึ้นที่ผนังหน้าตัดวงใน (Intradados) สามารถสรุปได้ดังนี้

สรุปผลการทดสอบหน้าตัดเหล็กท่อกว้างที่เกิดความบิดเบี้ยว

1. ความหนาของหน้าตัดวงนอกที่บางลง (Extradados) จะมากขึ้นตามองศาในการตัด
2. ค่าคงที่การบิดกลับ (K) ที่มากจะส่งผลให้ความหนาของหน้าตัดวงนอกบางลง
3. องศาในการตัดที่มากขึ้นจะทำให้ความหนาขึ้นที่ผนังหน้าตัดวงในเพิ่มขึ้น

5.4 สรุปผลการทดสอบ และวิเคราะห์การบิดกลับ

การทดสอบนี้เป็นการทดลองการบิดกลับของชิ้นงานโลหะ 3 ชนิด ทำเพื่อเปรียบเทียบองศาในการตัด โดยเริ่มตั้งแต่องศาการตัดที่ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 องศา ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

สรุปผลการทดลอง และวิเคราะห์การบิดกลับ

1. องศาในการบิดกลับที่เพิ่มขึ้นทำให้แนวโน้มของค่าคงที่การบิดกลับของในทางปฏิบัติ (Experiment) และทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element) สูงขึ้น
2. เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบิดกลับที่องศาเดียวกันจะพบว่าเหล็กแผ่นมีเปอร์เซ็นต์การบิดกลับมากกว่าเหล็กอีก 2 ชนิด
3. ค่าคงที่การบิดกลับ (K) ของเหล็กทั้ง 3 ประเภท จะแปรผกผันกับค่าความเค้นพอนมิสเสส (Von Mises Stress) ถ้าความเค้นมากค่าคงที่การบิดกลับของเหล็กจะน้อย แต่ถ้าความเค้นน้อยค่าคงที่ในการบิดกลับจะมาก
4. ผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่าค่าคงที่การบิดกลับ และเปอร์เซ็นต์การบิดกลับมีแนวโน้มสูงขึ้น หรือลดลงเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าคงที่การบิดกลับที่ได้จากการปฏิบัติทดลองตัดเหล็กทั้ง 3 ประเภท
5. เหล็กท่อกว้างจะมีเปอร์เซ็นต์การบิดกลับน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กอีก 2 ประเภท เนื่องจากมีค่าคงที่การบิดกลับมากที่สุด และความเค้นที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดน้อยที่สุด โดยที่เหล็กแผ่นจะมีเปอร์เซ็นต์การบิดกลับสูงที่สุดเนื่องจากมีความเค้นตกค้างมากที่สุด
6. แนวโน้มของค่าคงที่การบิดกลับ และเปอร์เซ็นต์การบิดกลับของเหล็กทั้ง 3 ประเภท จากการปฏิบัติจริง และไฟไนต์เอลิเมนต์มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แต่ต่างกันที่ค่าคงที่การบิดกลับ และเปอร์เซ็นต์การบิดกลับไม่เท่ากัน
7. ผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นการประมาณค่าเท่านั้น ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแนวโน้ในการพยากรณ์ล่วงหน้าได้ แต่ควรทำการทดลองจริงควบคู่ไปด้วยเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน หรือจะทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยการสอบเทียบโปรแกรมก็ได้

5.5 สรุปผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความเครียดในแต่ละองศาของชิ้นงานตัด 90 องศา

การวิเคราะห์ความเครียดนี้จะวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความเครียดหลัก และความเครียดรอง ซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการตัดที่องศาในการตัดเท่ากับ 90 องศา โดยการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความเครียดในแต่ละมุมของชิ้นงาน โดยเริ่มตั้งแต่ 15 องศา จนถึง 90 องศา ซึ่งสามารถสรุปผลดังนี้

สรุปผลการวิเคราะห์อัตราเปอร์เซ็นต์ความเครียด

1. กระบวนการตัดเหล็กที่เอียงโดยใช้อุปกรณ์ในการตัดเท่ากับ 90 องศา แสดงให้เห็นว่าอัตราความเครียดบริเวณส่วนโค้งด้านนอกจะมากกว่าส่วนโค้งใน และความเครียดรองจะเพิ่มขึ้นเมื่อมุมของเหล็กที่เอียงเพิ่มขึ้น
2. องศาในการตัดที่ 60 องศา พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเครียดหลักของในทางปฏิบัติ (Experiment) และทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element) จะมากที่สุด
3. เมื่อเริ่มตัดเหล็กที่เอียง 90 องศา จะปรากฏว่าที่มุม 15 องศาจะเกิดอัตราความเครียดหลักสูง และมีแนวโน้มลดลงเมื่อมุมเท่ากับ 30 และ 45 องศา เมื่อถึงมุมที่ 60 องศา อัตราความเครียดหลักจะสูงสุด จากนั้นจะลดลง และน้อยที่สุดเมื่อมุม 90 องศา

5.6 ข้อเสนอแนะ

สำหรับวิทยานิพนธ์ในหัวข้อการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตัดตัวกลับกับความเค้นในกระบวนการตัดแบบ Compression โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งจากการศึกษาทฤษฎีการตัด การทดลองปฏิบัติงานตัดเหล็ก และการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ทางผู้จัดทำได้มีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการนำผลการทดลอง และวิเคราะห์ไปพัฒนาต่อ และข้อเสนอแนะทางด้านโปรแกรม ฯลฯ ซึ่งมีดังนี้

5.6.1 ข้อเสนอแนะโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

1. โปรแกรม MSC. Marc Mentat เป็นโปรแกรมที่การใช้งานยากต่อการทำความเข้าใจ และยังไม่ค่อยแพร่หลายในประเทศไทยทำให้เป็นอุปสรรคสำหรับการศึกษา และการใช้งาน ซึ่งการที่โปรแกรมยากต่อความเข้าใจทำให้เป็นข้อจำกัดทางด้านความสามารถในการใช้โปรแกรมของผู้ปฏิบัติงาน
2. โปรแกรม MSC. Marc Mentat เป็นโปรแกรมที่ต้องการใช้ควบคู่กับคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูง และไม่เหมาะที่จะใช้งานด้วยคอมพิวเตอร์แบบพกพา เนื่องจากอาจทำให้เมนบอร์ดเกิดความเสียหายได้
3. การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติ โดยโปรแกรม MSC. Marc Mentat สามารถทำได้โดยการสร้างแบบจำลองจากคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบแล้วนำไฟล์ IGES มาใช้งานได้โดยตรง อีกอย่าง คือ การนำแบบจำลองเข้าโปรแกรม Patran เพื่อทำการปรับปรุงพื้นผิวของแบบจำลองก่อนการวิเคราะห์

4. โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับในการวิเคราะห์การขึ้นรูปโลหะ คือ โปรแกรม LS-Dyna เนื่องจากเป็นโปรแกรมวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรม ช่วยในการวิเคราะห์และจำลองการขึ้นรูปโลหะแผ่นโดยเฉพาะ (Stamping, Hydroforming, Thermal Forming, Tube Blending etc.) โดยใช้กลุ่มคำสั่ง (Solver) ของ LS-Dyna ช่วยลดเวลาในการออกแบบ และทดสอบ

5. หลักการไฟไนต์เอลิเมนต์ เป็นเพียงการพยากรณ์ผลเฉลยของปัญหาทางด้านวิศวกรรมเท่านั้น ซึ่งผลเฉลยที่ได้จะไม่เท่ากับการสอบจริงแต่มีแนวโน้ม หรือทิศทางที่คล้ายๆ กัน ดังนั้นการนำมาใช้เป็นแนวทางสำหรับการศึกษาคควรที่จะทำการสอบจริงด้วย

5.6.2 ข้อเสนอแนะโปรแกรม MSC. Marc Mentat

1. โปรแกรม MSC. Marc Mentat กรณีที่ใช้วิเคราะห์แบบจำลอง 3 มิติ จำเป็นต้องปรับปรุงผิวของแบบจำลองให้เรียบร้อยก่อน ซึ่งสามารถปรับปรุงได้โดยใช้โปรแกรม Patran หรือไม่ก็อาจปรับปรุงโดยการลบพื้นผิว หรือ สร้างพื้นผิวเพิ่มเติมที่โปรแกรม MSC. Marc Mentat ได้โดยตรง

2. การวิเคราะห์แบบ 2 มิติ จะสะดวกกว่าการวิเคราะห์แบบ 3 มิติ และโปรแกรมนี้มีความเชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับการขึ้นรูปโลหะแผ่นอาทิ การลากขึ้นรูปมากกว่าการวิเคราะห์การตัดโลหะ

3. สมบัติวัสดุเป็นสิ่งจำเป็นในการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ โปรแกรม MSC. Marc Mentat จะประมวลผลแม่นยำหรือไม่ นั้นขึ้นกับการกำหนดเงื่อนไขในขั้นตอนการเตรียมกระบวนการ ซึ่งถ้าขั้นตอนการเตรียมกระบวนการถูกต้องผลลัพธ์ที่ได้ก็จะมีทิศทางที่ถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Vukota Boljanovic, Ph.D. Doctor in Technical Science , **SHEET METAL FORMING PROCESS AND DIE DESIGN**. Industrial Press Inc. 200 Madison Avenue New York 10016, pp. Xii-3.
- [2] ศิริชัย ต่อสกุล, การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องดัดเหล็ก สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ๓๕๖, ๒๕๕๒
- [3] Rohit Agarwal, **Tube Bending with Axial Pull and Internal Pressure**, Master of Science Thesis, Mechanical Engineering Texas A&M University, May 2004.
- [4] MSC.Software Corporation, **MSC. MARC USER GUIDE VERSION 2008 R1 VOLUME A**. 815 Colorado Boulevard Innsbruck Ring 15 Los Angeles, March 2008.
- [5] Sidney Avner, Professor , **ENGINEERING METALLURGY**. New York City Community College City University of New York, pp. 107.
- [6] M.F. Spotts , T.E. Shoup , L.E. Hornberger, Professor Emeritus, **DESIGN OF MACHINE ELEMENTS**. Mechanical Engineering Department Northwestern University.
- [7] Waleed J. Ali, **Theoretical Determination of Forming Limit Diagram for Steel , Brass and Aluminum Alloy Sheets**,_Master of Mechanical Engineering, Mechanical Engineering Department, University of Mosul.
- [8] R. W. Clough, **THE FINITE ELEMENT METHOD**. Pittsburgh, PA, September 1960, pp 8-9.
- [9] Tai Hun Kwon, **INTRODUCTION TO FINITE ELEMENT METHOD**. Department of Mechanical Engineering Pohang University of Science and Technology, pp.2.
- [10] David Roylance, **FINITE ELEMENT ANALYSIS**. Department of Materials Science and Engineering Massachusetts Institute of Technology Cambridge, February 28, 2001.
- [11] Daryl L. Logan, **FINITE ELEMENT METHOD** Fourth Edition. University of Wisconsin-Platteville.
- [12] MSC.Software Corporation, **INTRODUCTION TO MSC. MARC AND MENTAT**. 815 Colorado Boulevard Innsbruck Ring 15 Los Angeles, 2007.
- [13] T. H. Kwon, **FEM MODELLING INTRODUCTION**, 2005.
- [14] MSC.Software Corporation, **MSC. MARC USER GUIDE VERSION 2008 R1 VOLUME B**. 815 Colorado Boulevard Innsbruck Ring 15 Los Angeles, March 2008.

- [15] MSC.Software, MSC. MARC. MENTAT. 815 Colorado Boulevard Innsbrucker Ring 15 Los Angeles, 2003.
- [16] D.A. Anderson, J.C. Tannehill, and R.H. Pletcher, COMPUTATIONAL FLUID MECHANICS AND HEAT TRANSFER. Hemisphere, Washington, DC, 1984.
- [17] GK Lal SK Chhouthury, FUNDAMENTALS OF MANUFACTURING PROCESSES, Alpha Science International Ltd. Harrow, U.K., 2005.
- [18] วิทยา สงวนวรรณ และทีมงานวิชาการ, NX CAE THE FINITE ELEMENT (FEA) ANALYSIS, สำนักพิมพ์ เอนจินีเยอร์ แอนด์ อคิเตค พลัส 315/22-23 ถ.สุขาภิบาล 6 ต.บางพลีใหญ่ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540
- [19] รศ.ดร.เดช พุทธเจริญทอง, ทฤษฎีพลาสติกที่ดี และการเปลี่ยนรูปถาวร, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ 431/5 ถ.ประชากรราษฎร์บำเพ็ญ เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10320
- [20] Frank J. Vecchio, Professor, Nonlinear Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Membranes, Department of Civil Engineering, University of Toronto , Ontario Canada.
- [21] Kurt Lage, Professor, HANDBOOK OF METAL FORMING, University of Stuttgart
- [22] Bill Smith and Mark King, Bending Square and Rectangular Tubing, May 16, 2002.
- [23] J D Square Inc. 2244 Eddie Williams Rd. Johnson City, Opyright 2009.
- [24] นายชัยศ บูรณะชีพ, การวิเคราะห์พฤติกรรมการขึ้นรูปโดยแผนภาพขีดจำกัดการขึ้นรูป, ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [25] T. Pepelnjak , K. Kuzman, Nomerical Determination of The Forming Limit Diagrams, Faculty of Mechanical Engineering, University of Ljubljana , Askerceva 6 , SI-1000 Ljubljana, Slovenia.
- [26] MSC.Software Corporation, MSC. MARC USER GUIDE VERSION 2008 R1 VOLUME B. 815 Colorado Boulevard Innsbrucker Ring 15 Los Angeles, March 2000.
- [27] Manfred Jasner, Meinhard Hecht, Wolfgang Beckmann, Heat Exchangers and Piping Systems from Copper Alloys - Commissioning, Operating and Shutdown, May 2009
- [28] Van Sant Enterprises, Inc. 80 Truman Road Pella, IA 50219 877-VAN-SANT.
- [29] คมสันต์ งามขำ, ขีดจำกัดการขึ้นรูปเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนไนต์ SUS304 จากการเปลี่ยนความหนา สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- [30] KALTARBEITSSTAHL, COLD WORK TOOL STEEL, Austria.
- [31] Bob Want is a technical tooling sales and application analyst with Tools For Bending Inc., 194 W. Dakota Ave., Denver, CO 80223, 800-873-3305, www.toolsforbending.com.

- [32] Alex And Ria, Bending and Forming of Aluminum Extrusions, Extrusion Company.
- [33] William Q. Tingley III is general manager of Bend Tooling Inc., 1009 Ottawa Ave. N.W., Grand Rapids, MI 49503, 800-284-8823, www.bendtooling.com.
- [34] Pines Technology, Reverse Interlocking Draw Bend Tools, 30505 Clemens Road Westlake, Ohio 44145.
- [35] George R Winton 242, Ashbourne Trail, United Stated Patent.
- [36] Hines, Tube Bending Guide, United Stated and Canada, 2710 Swamp Cabbage Court, Fort Myers, FL 33901.
- [37] Yu Li Liu, Effect of Geometry Parameters on Cross-Sectional Distortion of Thin-Walled Rectangular Tube in Rotary-Draw Bending Process
- [38] CML International, Technical Manual : Bending and Geometry. 01/2007 Edition.
- [39] M.A. Osman a, M. Shazly b,* , Springback prediction in V-die bending: modelling and experimentation.
- [40] รศ. ดร. วารุณี เปรมานนท์ และ รศ. ดร. พงศ์พันธ์ แก้วดาพิพย์, แม่พิมพ์โลหะแผ่นสำหรับอุตสาหกรรม, สำนักพิมพ์ ส.ว.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)
- [41] คงฤทธิ์ น่วมเจริญ, การออกแบบและสร้างเครื่องตัดด้วยระบบไฮดรอลิกส์, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2547
- [42] F.J. FUCHS, Waveguide Bending Design Analysis. Theory of Bending and Formulae for Determination of Wall Thickness.
- [43] Tony Granelli, Tube Defects—Possible Causes and Suggested Corrections., Tony Granelli is a director of SWR America LLC, 1501 E. Sheldon Drive.
- [44] A ThyssenK(R)upp Services Company, THAI – GERMAN Special Steel Center, 234/40-42 Moo 6, SuK(S)awad 78 Rd., Prasamutjadee, Samutprakarn 10290
- [45] COUPSMIT UK, Industrial Component Steel, 10 Cromac place The Gaswork Bl fast BT27 2DH, United Kingdom.
- [46] M.KOC , WRINKLING DETECTION IN TUBE BENDING SIMULATIONS . Department of Mechanical Engineering Virginia Commonwealth University Richmond, Virginia.
- [47] Y. Zhang, D. Redekop , Shell element simulation of the push method of tube bending . Department of Mechanical Engineering, University of Ottawa , Ottawa, K1N 6N5, Canada.
- [48] Dilip K Mahanty , Simulating Rotary Draw Bending , Engineering Services Group, Tata Consultancy Services .

- [49] ภาสกร จำปาเงิน , ทวี เทศเจริญ , การศึกษาการชดเชยการดีดกลับของเหล็กแผ่นชนิด S50C และ SPCC ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530
- [50] Liang HUANG A Numerical-analytic Method for Quickly Predicting Springback of Numerical Control Bending of Thin-walled Tube , College of Materials Science and Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi an 710072, China.



ภาคผนวก ก

การพยากรณ์ความเค้นในกระบวนการตัดของแม่พิมพ์แต่ละชนิด






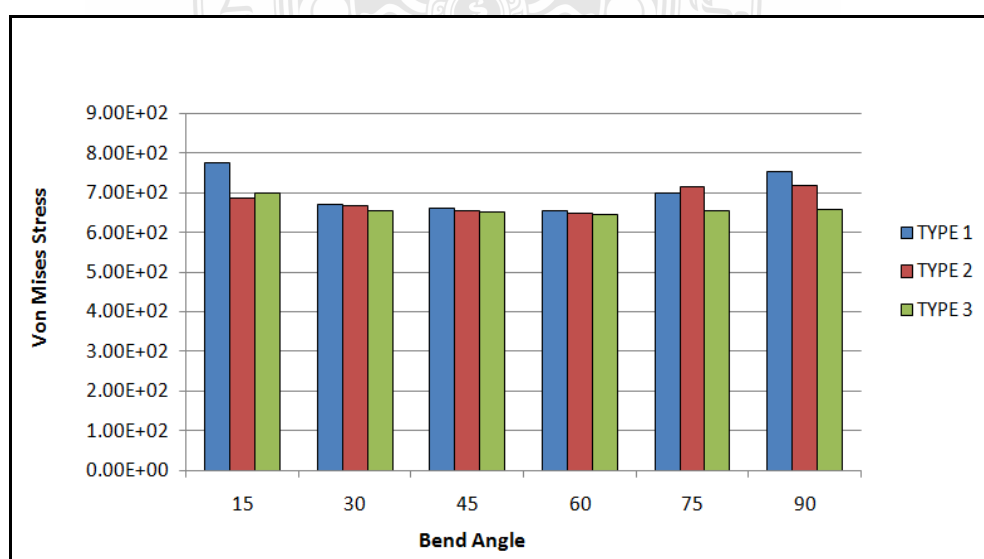
ก.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเค้น

ก.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเค้นของลูกคัตทั้ง 3 แบบ

สำหรับการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์กับการคัตเหล็กที่ตกลงจะพิจารณาจากค่าความของลูกคัตทั้ง 3 แบบ ซึ่งค่าความเค้นฟอนมิสที่ได้จะแตกต่างกัน โดยจะทำการเลือกลูกคัตที่วิเคราะห์แล้ว ทำให้ชิ้นงานเหล็กทั้ง 3 ชนิดมีค่าความเค้นที่เกิดขึ้นในกระบวนการคัตมีค่าที่ต่ำที่สุด ซึ่งจะใช้ค่าความเค้นของฟอนมิสเข้ามาพิจารณา และ แสดงผล โดยในหัวข้อนี้จะสรุปผลการวิเคราะห์ค่าความเค้นของลูกคัตแต่ละแบบออกมาเป็นตารางดังนี้




ตารางที่ ก.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเค้นของเหล็กเส้นกลม

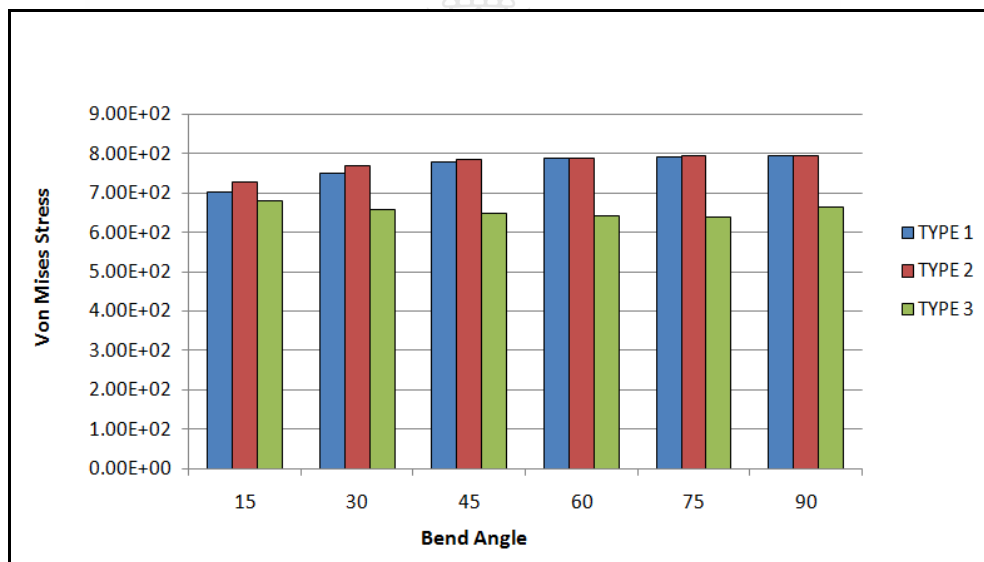
| ประเภทของลูกคัต | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1  | 7.75E+002 | 6.70E+002 | 6.60E+002 | 6.54E+002 | 7.01E+002 | 7.55E+002 |
| 2  | 6.88E+002 | 6.68E+002 | 6.56E+002 | 6.50E+002 | 7.15E+002 | 7.20E+002 |
| 3  | 7.00E+002 | 6.55E+002 | 6.51E+002 | 6.45E+002 | 6.55E+002 | 6.57E+002 |



รูปที่ ก.1 ค่าความเค้นฟอนมิสของเหล็กเส้นกลม




ตารางที่ ก.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความเค้นของเหล็กแผ่น

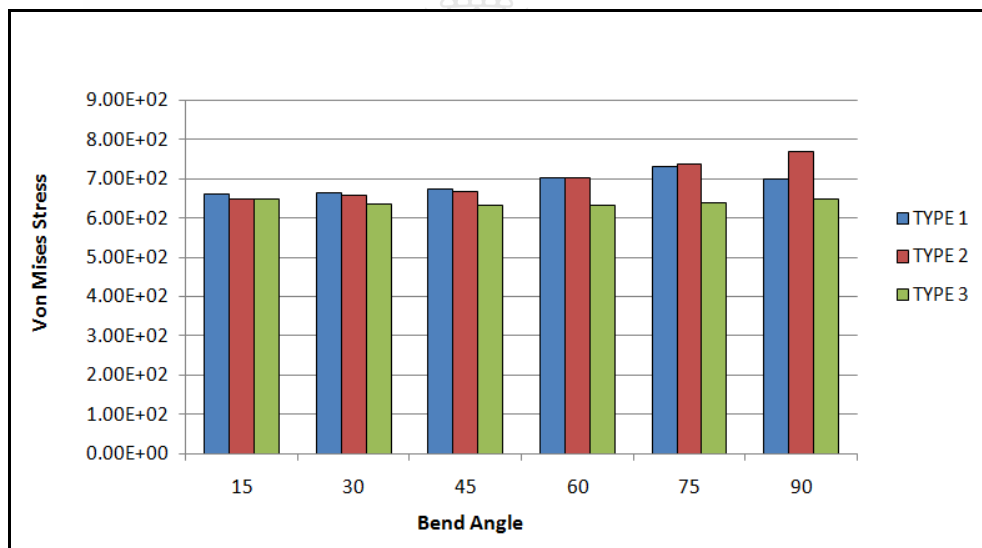
| ประเภท ของลูกคัต | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1  | 7.02E+002 | 7.50E+002 | 7.80E+002 | 7.90E+002 | 7.91E+002 | 7.94E+002 |
| 2  | 7.29E+002 | 7.71E+002 | 7.85E+002 | 7.89E+002 | 7.94E+002 | 7.94E+002 |
| 3  | 6.79E+002 | 6.57E+002 | 6.48E+002 | 6.41E+002 | 6.38E+002 | 6.63E+002 |



รูปที่ ก.2 ค่าความเค้นฟอนมิสเซลของเหล็กแผ่น

ตารางที่ ก.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความเค้นของเหล็กท่อกดง

| ประเภทของลูกคัต | 15° | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1  | 6.60E+002 | 6.65E+002 | 6.74E+002 | 7.02E+002 | 7.32E+002 | 7.00E+002 |
| 2  | 6.50E+002 | 6.58E+002 | 6.69E+002 | 7.03E+002 | 7.39E+002 | 7.71E+002 |
| 3  | 6.48E+002 | 6.36E+002 | 6.34E+002 | 6.31E+002 | 6.40E+002 | 6.48E+002 |




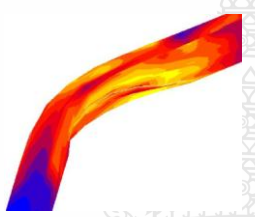

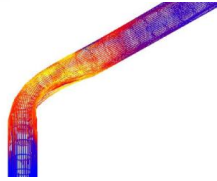

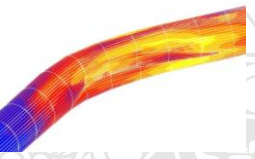

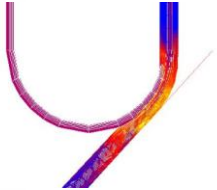

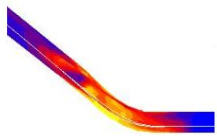
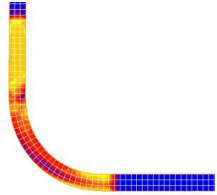
รูปที่ ก.3 ค่าความเค้นฟอนมิสเสสของเหล็กท่อกดง

จากการพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าความเค้นฟอนมิสเสสของเหล็กทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ลูกคัตทั้ง 3 ชนิดในการจำลองการคัต ซึ่งผลการวิเคราะห์จากตาราง และรูปในข้างต้น พบว่าลูกคัตแบบที่ 3 มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาสร้าง ทั้งนี้เนื่องจากการวิเคราะห์ความเค้นนั้นผลที่ได้คือ ค่าความเค้นฟอนมิสเสสที่เกิดขึ้นบริเวณส่วนโค้งของเหล็กทั้ง 3 ชนิด น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับลูกคัตรูปแบบอื่นๆ

ก.2 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของเหล็กท่อกดลง

การพยากรณ์ข้อบกพร่อง อาทิ รอยบวม หรือรูปร่างที่ไม่สม่ำเสมอของเหล็กท่อกดลง ที่ได้จากการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ล่วงหน้าก่อนทำการผลิตจริง ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถแสดงให้เห็นได้ว่าชิ้นงานเกิดความเสียหายบริเวณใดบ้าง และความเค้นที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดมีการกระจายตัวอย่างไร โดยโปรแกรมจะแสดงข้อบกพร่องทางกายภาพ และความเค้นที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดให้เห็นอย่างชัดเจน ซึ่งแสดงเป็นกราฟฟิกส์สีให้เห็นบริเวณส่วนโค้งที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างของเหล็กท่อกดลงดังนี้

ตารางที่ ก.4 การแสดงลักษณะทางกายภาพของเหล็กท่อกดลง

| ประเภทของลูกตัด | รอยบวม | ส่วนโค้งของท่อ | การกระจายความเค้น |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  | ไม่เกิดรอยบวม |  |  |

จากตารางที่ ก.4 จะแสดงให้เห็นได้ว่าแม่พิมพ์ตัดแบบที่ 3 มีความเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาสร้างเพื่อใช้ในกระบวนการตัดเหล็ก เนื่องจากลักษณะทางกายภาพภายนอกของเหล็กท่อกดลงเกิดข้อบกพร่องน้อยที่สุดเนื่องจากการวิเคราะห์ไม่เกิดรอยบวมปรากฏขึ้นบนชิ้นงาน และ มีการกระจายความเค้นที่มากกว่า และดีกว่า ซึ่งต่างจากแม่พิมพ์อีก 2 ประเภท โดยแม่พิมพ์อื่นๆ จะพบว่าบริเวณส่วนโค้งของเหล็กท่อกดลงเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และเกิดรอยบวมบริเวณส่วนโค้งด้านใน

ภาคผนวก ข

การคำนวณความหนาผนังบริเวณส่วนโค้งนอกของเหล็กท่อกลม



ข.1 การคำนวณความหนาผนังบริเวณส่วนโค้งนอกของแม่พิมพ์แต่ละชนิด

การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรมจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ หรือ จำเป็นต้องทำการสอบเทียบโปรแกรม ซึ่งงานวิจัยในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะทำการสอบเทียบโปรแกรมโดยการเปรียบเทียบความหนาของผนังส่วนโค้งที่มุม 45 องศา ขององศาในการตัดตั้งแต่ 15 จนถึง 90 องศา ด้วยวิธีการคำนวณความหนาของผนังบริเวณส่วนโค้งนอกดังสมการที่ 2.16 และ 2.17 อีกทั้งจากการวัดขนาดความหนาของผนังด้วยเครื่องมือวัด และการพยากรณ์ความหนาของผนังจากโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ การเปรียบเทียบความหนาของผนังที่มาจากที่มาที่แตกต่างกันปรากฏว่ามีความสอดคล้องกัน และผลการวิเคราะห์ การคำนวณ และการวัดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน และในหัวข้อนี้จะทำการแสดงวิธีการคำนวณหาผนังบริเวณส่วนโค้งนอกของเหล็กที่กล่าวมาดังนี้

ตารางที่ ข.1 ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณผนังส่วนโค้งนอก

| Bend Angle | R _D | OD | CLR | A | T | A _T | S | T _T |
|------------|----------------|-------|-------|-------|-----|----------------|-------|----------------|
| 15° | 54.60 | 15.40 | 61.60 | 15.80 | 0.4 | 15.05 | 15.84 | 0.3683 |
| 30° | 54.60 | 15.24 | 60.96 | 15.80 | 0.4 | 14.91 | 15.91 | 0.3675 |
| 45° | 54.60 | 15.22 | 60.88 | 15.80 | 0.4 | 14.98 | 16.05 | 0.3658 |
| 60° | 54.60 | 15.11 | 60.44 | 15.80 | 0.4 | 15.08 | 15.52 | 0.3623 |
| 75° | 54.60 | 15.24 | 60.96 | 15.80 | 0.4 | 14.99 | 15.98 | 0.3664 |
| 90° | 54.60 | 15.12 | 60.48 | 15.80 | 0.4 | 14.84 | 15.19 | 0.3724 |

แทนค่าในสมการ

$$(T_T) = ATR_C / [A_T \times (R_D + S - 0.5T)]$$

โดย R_C = เส้นศูนย์กลางของรัศมีส่วนโค้งของท่อ (Center Line Radius : CLR)

OD = ความโตนอกสุดของท่อ

T_T = ความหนาของผนังบริเวณส่วนโค้งหลังจากการตัด

A = ความสูงโดยปกติของท่อ

T = ความหนาโดยปกติของท่อ

A_T = ความสูงของท่อหลังจากการตัด

R_D = รัศมีส่วนโค้งของแม่พิมพ์ (ลูกตัด)

S = ความกว้างโดยปกติของท่อ

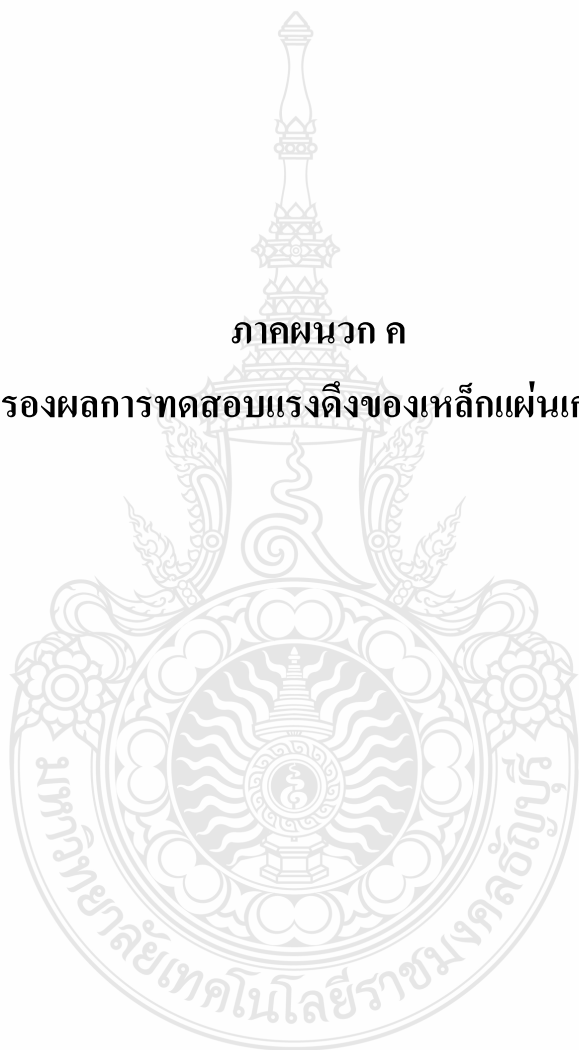
ตารางที่ ข.2 การคำนวณผนังส่วนโค้งนอก

| Bend Angle | AxTxCLR | $A_T(R_D+S-0.5T)$ | $(AxTxCLR)/[A_T(R_D+S-0.5T)]$ | T_T |
|------------|-----------------|------------------------|-------------------------------|--------|
| 15° | 15.80x0.4x61.60 | 15.05(54.60+15.84-0.2) | 389.3120/1057.1120 | 0.3683 |
| 30° | 15.80x0.4x60.96 | 14.91(54.60+15.91-0.2) | 385.2672/1048.3221 | 0.3675 |
| 45° | 15.80x0.4x60.88 | 14.98(54.60+16.05-0.2) | 384.7616/1055.3410 | 0.3658 |
| 60° | 15.80x0.4x60.44 | 15.08(54.60+15.52-0.2) | 381.9808/1054.3936 | 0.3623 |
| 75° | 15.80x0.4x60.96 | 14.99(54.60+15.98-0.2) | 385.2672/1054.9962 | 0.3664 |
| 90° | 15.80x0.4x60.48 | 14.84(54.60+15.19-0.2) | 382.2336/1032.7156 | 0.3724 |



ภาคผนวก ค

ใบรับรองผลการทดสอบแรงดึงของเหล็กแผ่นเกรด St 37





TISTR

MATERIAL PROPERTIES ANALYSIS AND DEVELOPMENT CENTRE (MPAD)

Request No. : MDL 0799/54

Date : 8 April 2011

Date of request : 4 April 2011

Page : 1 of 3

REPORT ON ANALYSIS / TESTING

For

**Rajamangala University of Technology Thanyaburi
39 Muh1, Rangsit-Nakhonnayok Rd. Klong Hok, Thanyaburi Pathum Thani 12110**

Testing/analysis/investigation of : Steel ST37 (Longitudinal, Transverses)

Method of testing/analysis/investigation : Tensile test according to ASTM A370-06

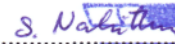
Result of testing/analysis/investigation :-

The test results are attached.

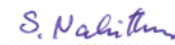
Tested/analysed/investigated by

1. 
.....
2.

Approved by


.....
(Ms. Nalinthorn Suwaporncharuwach)
for Director of
Material Property Development Laboratory

Examined by


.....
(Ms. Nalinthorn Suwaporncharuwach)

This report contains 3 pages

FS-MPAD-GEN-510-1-01/02/48

Remark: The above results are valid exclusively for tested/analysed samples as mentioned in this report.
Publication of the results on testing and analysis is prohibited unless written permission is obtained from the Governor of TISTR.



TISTR

MATERIAL PROPERTIES ANALYSIS AND DEVELOPMENT CENTRE (MPAD)

MATERIAL PROPERTY DEVELOPMENT LABORATORY (MDL)

Request No. : MDL 0799/54

Date : 8 April 2011

REPORT

Customer : Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Page : 2 of 3

Rajamangala University of Technology Thanyaburi has commissioned the Material Properties Analysis and Development Centre, Thailand Institute of Scientific and Technological Research (MPAD/TISTR) to carry out tensile test of the specimens of Steel ST37 (Longitudinal, Transverses).

The specimens were prepared by customer. The results are as follows :

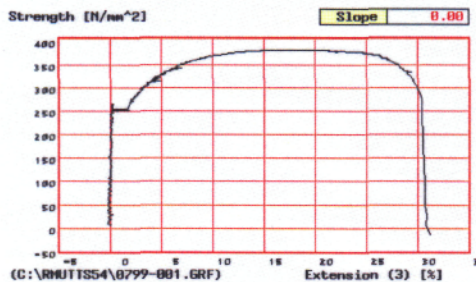
Test date : 7 April 2011

Test temperature : 25 °C

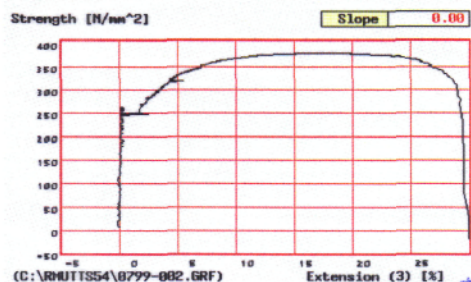
Testing machine : Electromechanical Universal Testing Machine SCHENCK RSA 250

**The results of tensile test of
Steel ST37 (Longitudinal)**

| Specimen | T1 | T2 |
|---|---------------|---------------|
| Thickness (mm) | 1.95 | 1.95 |
| Width (mm) | 12.63 | 12.66 |
| Cross sectional area (mm ²) | 24.63 | 24.69 |
| Load at 0.2% offset yield strength (N) | 6,072 | 6,019 |
| Maximum tensile load (kN) | 9.335 | 9.29 |
| 0.2% Offset yield strength (N/mm ²) | 247.33 | 243.77 |
| Tensile strength (N/mm ²) | 379.01 | 376.27 |
| Elongation (%) | 31.62 | 32.12 |
| Location of fracture | In the length | In the length |



Tensile no.1

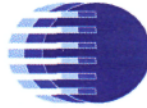


Tensile no.2



S. H. ...

FS-MPAD-MDL-510-1-01/02/48



TISTR

MATERIAL PROPERTIES ANALYSIS AND DEVELOPMENT CENTRE (MPAD)

MATERIAL PROPERTY DEVELOPMENT LABORATORY (MDL)

Request No. : MDL 0799/54

Date : 8 April 2011

REPORT

Customer : Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Page : 3 of 3

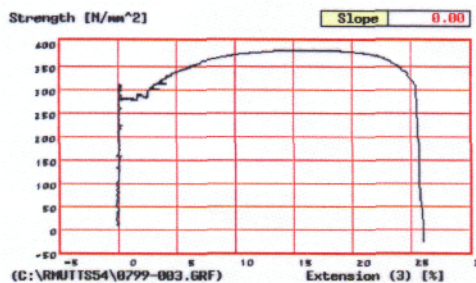
Test date : 7 April 2011

Test temperature : 25 °C

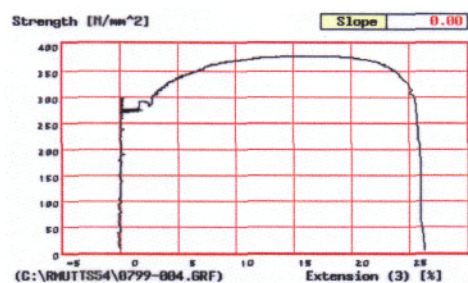
Testing machine : Electromechanical Universal Testing Machine SCHENCK RSA 250

**The results of tensile test of
Steel ST37 (Transverses)**

| Specimen | T1 | T2 |
|---|---------------|---------------|
| Thickness (mm) | 1.95 | 1.96 |
| Width (mm) | 12.63 | 12.61 |
| Cross sectional area (mm ²) | 24.63 | 24.72 |
| Load at 0.2% offset yield strength (N) | 6,849 | 6,703 |
| Maximum tensile load (kN) | 9.38 | 9.33 |
| 0.2% Offset yield strength (N/mm ²) | 278.06 | 271.15 |
| Tensile strength (N/mm ²) | 380.84 | 377.43 |
| Elongation (%) | 28.86 | 26.96 |
| Location of fracture | In the length | In the length |



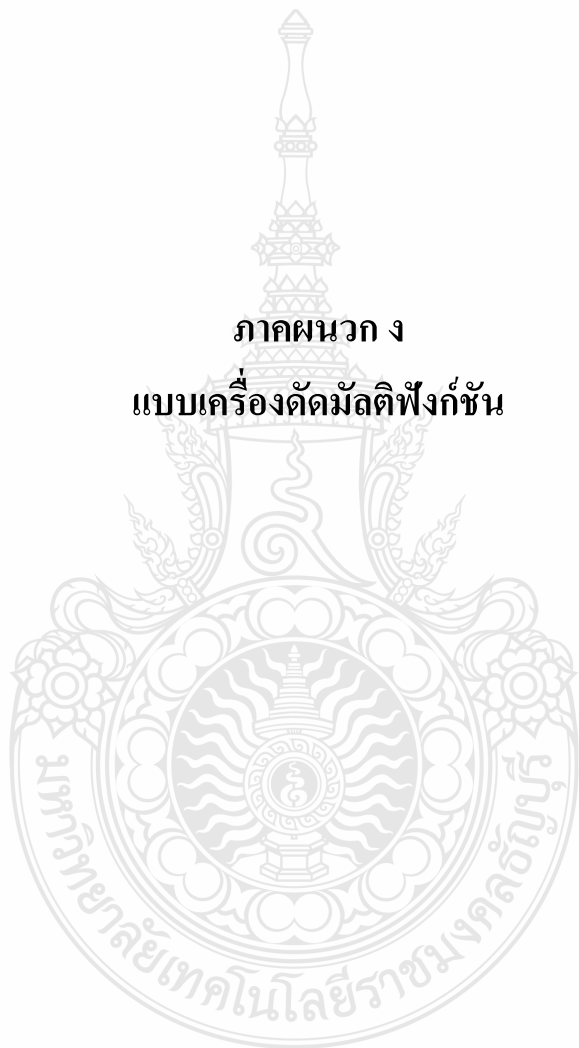
Tensile no.1



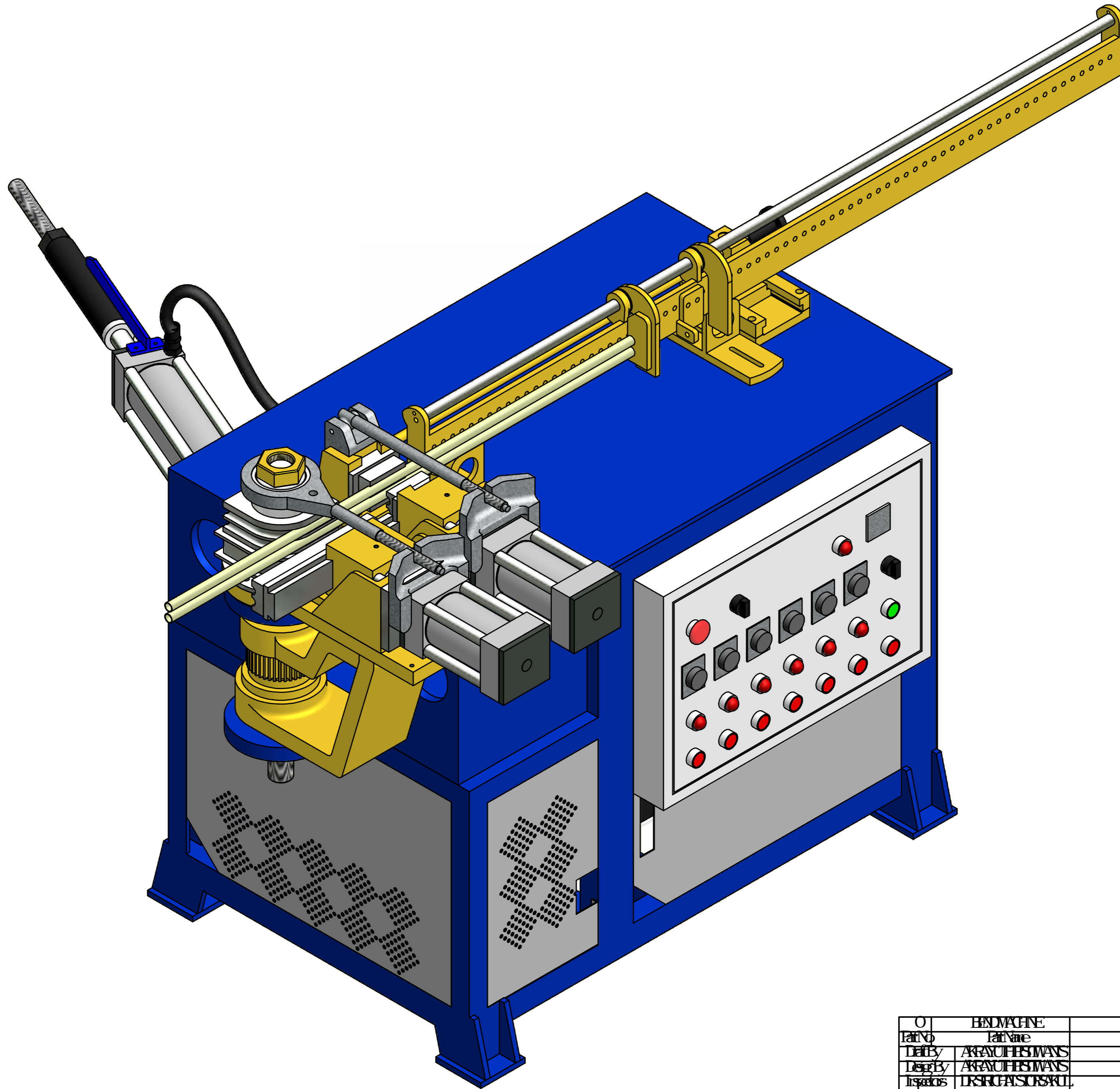
Tensile no.2

S. Nalath
FS-MPAD-MDL-510-1-01/02/48



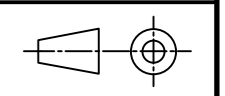


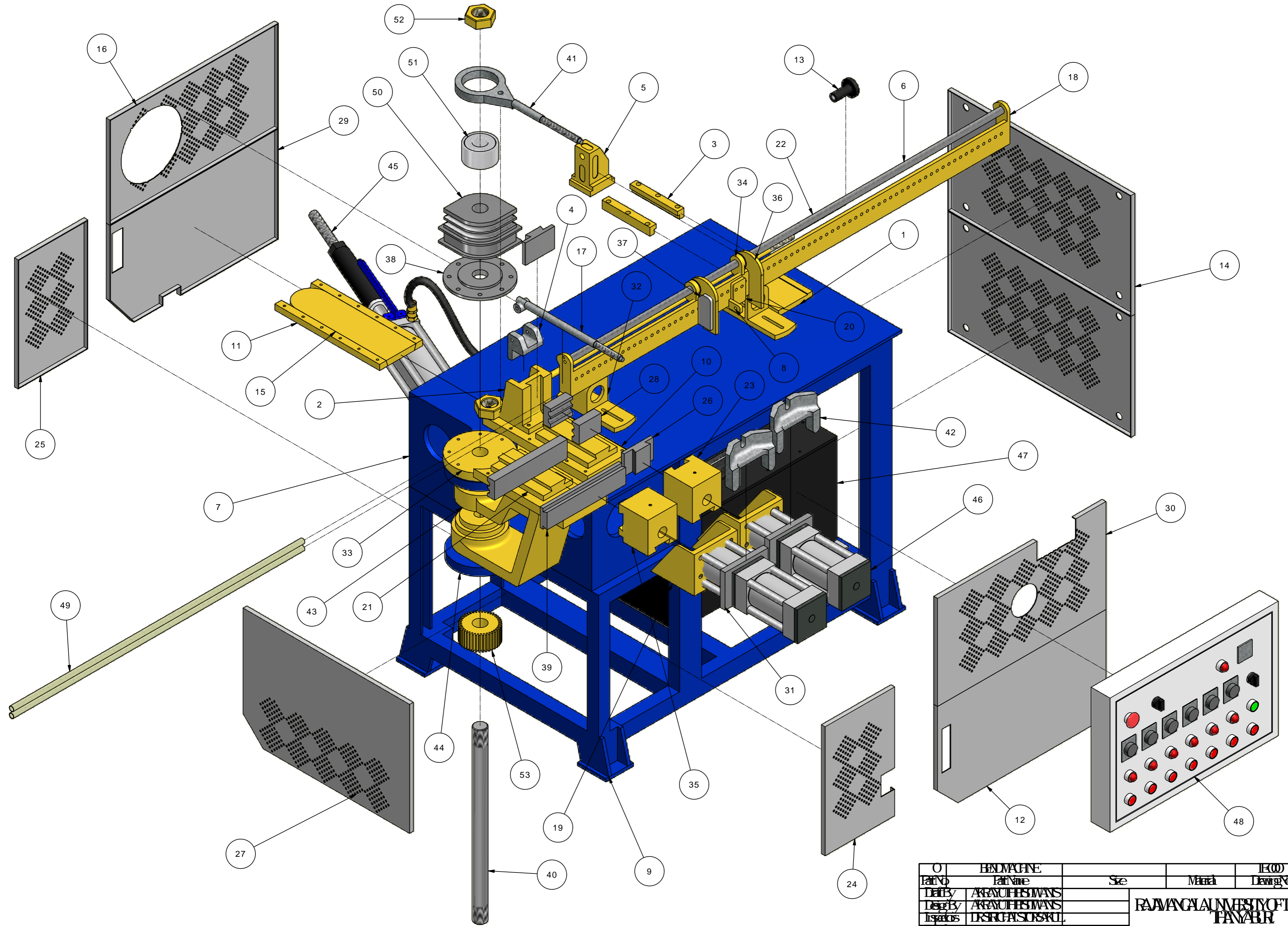
ภาคผนวก ง
แบบเครื่องตัดมัลติฟังก์ชัน



| | | | |
|---------|--------------|------------|----------|
| 0 | BNDMAGNE | IE00 | 1 |
| Part No | Part Name | Size | Material |
| Des By | AKAUFHSWANS | | |
| Des By | AKAUFHSWANS | | |
| Issued | IRSHAFISOKUL | | |
| Scale | 1:12 | BNDMAGNE | IE00 |
| | | Drawing No | |
| | | | |

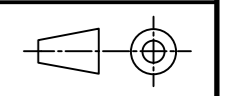
RAJAWALIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
TANJUNGPINANG

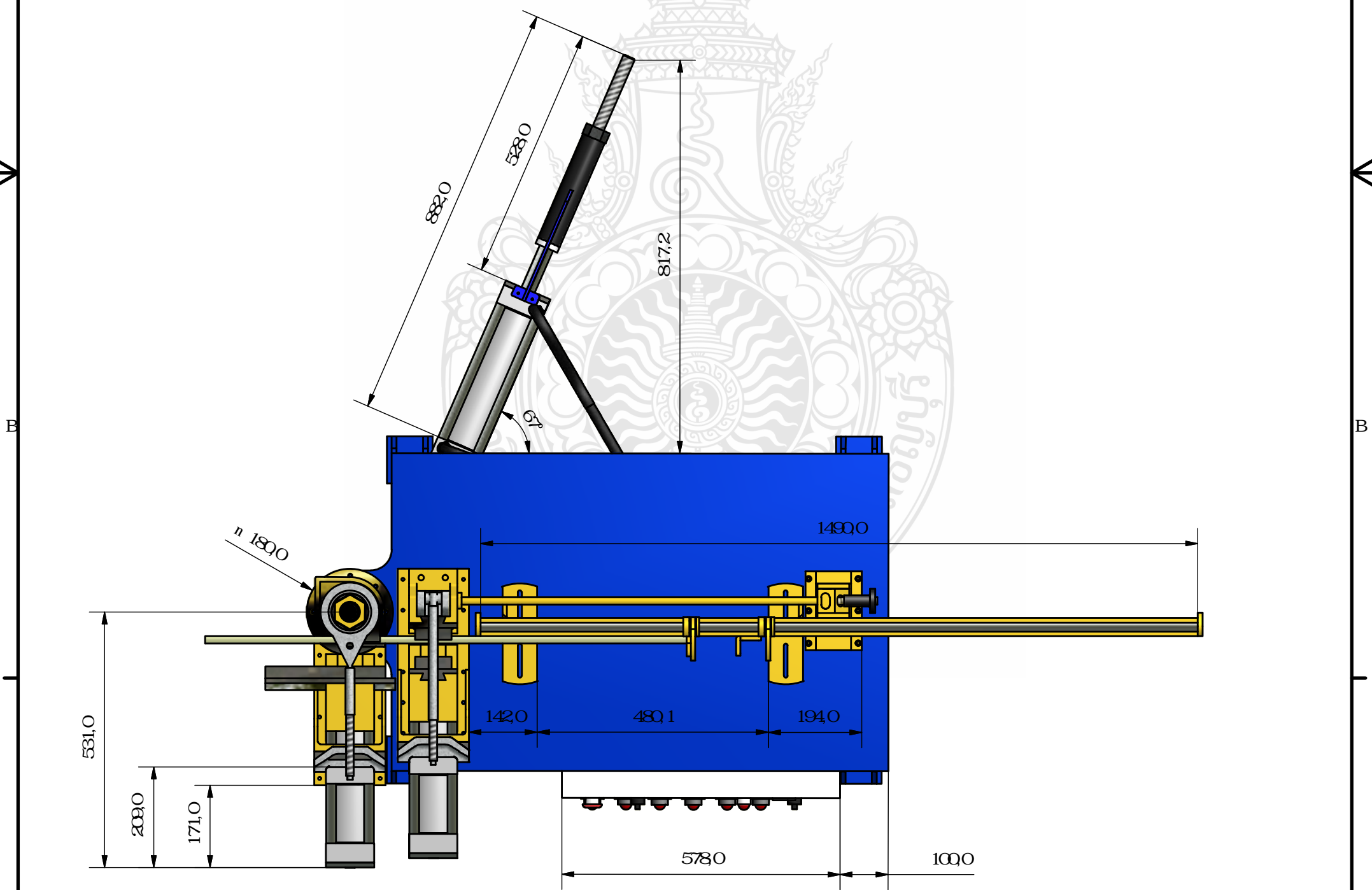
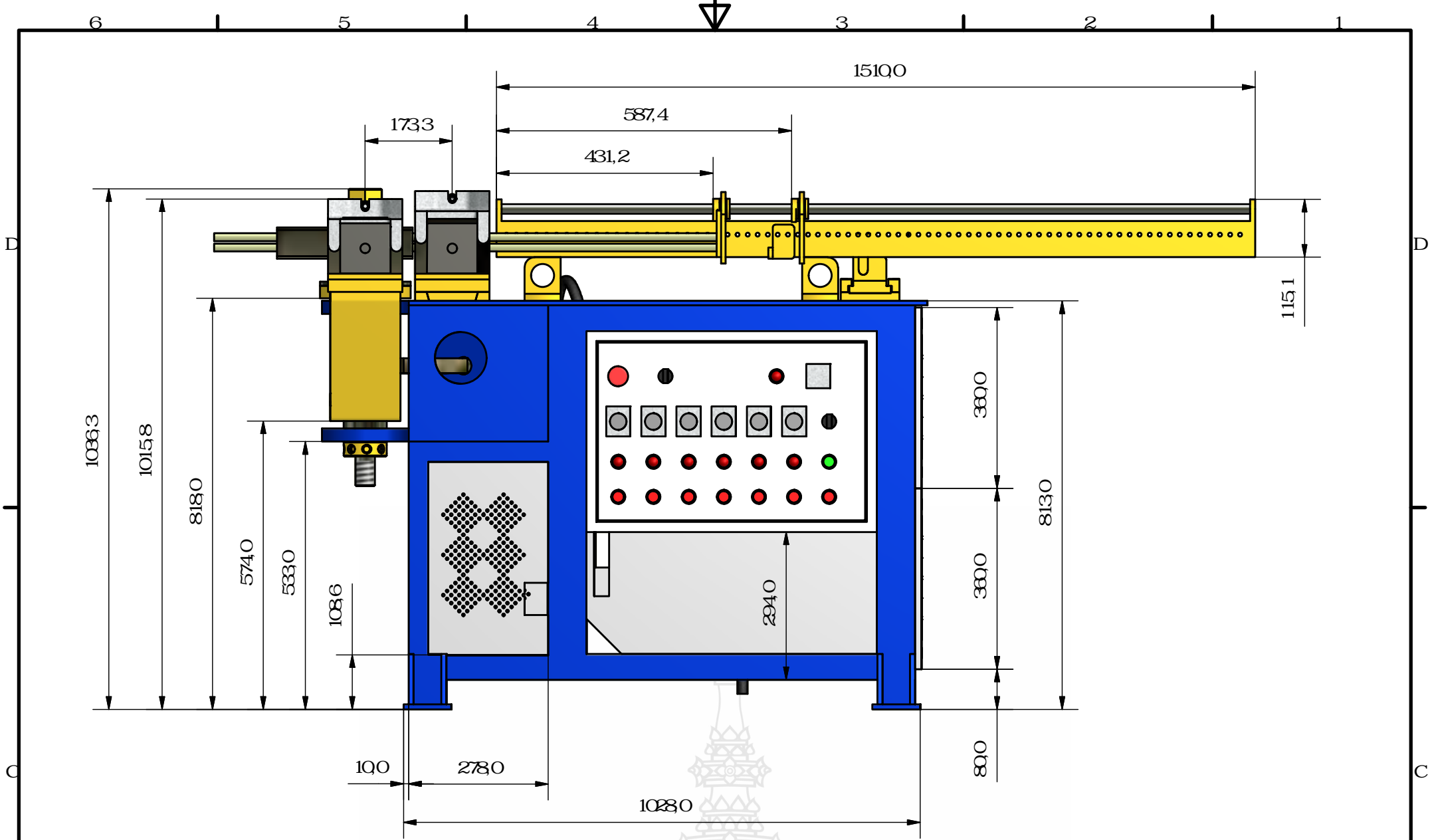




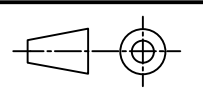
| | | | |
|------------|----------------|----------|----------|
| O | BNDMAGNE | IECO | I |
| Part No | Part Name | Size | Material |
| Drawn By | AKASH SWAIN | | |
| Checked By | AKASH SWAIN | | |
| Issued To | DR. RAJESH KUL | | |
| Scale | Ratio Name | Drawn No | |
| 1:10 | BNDMAGNE | IECO | |

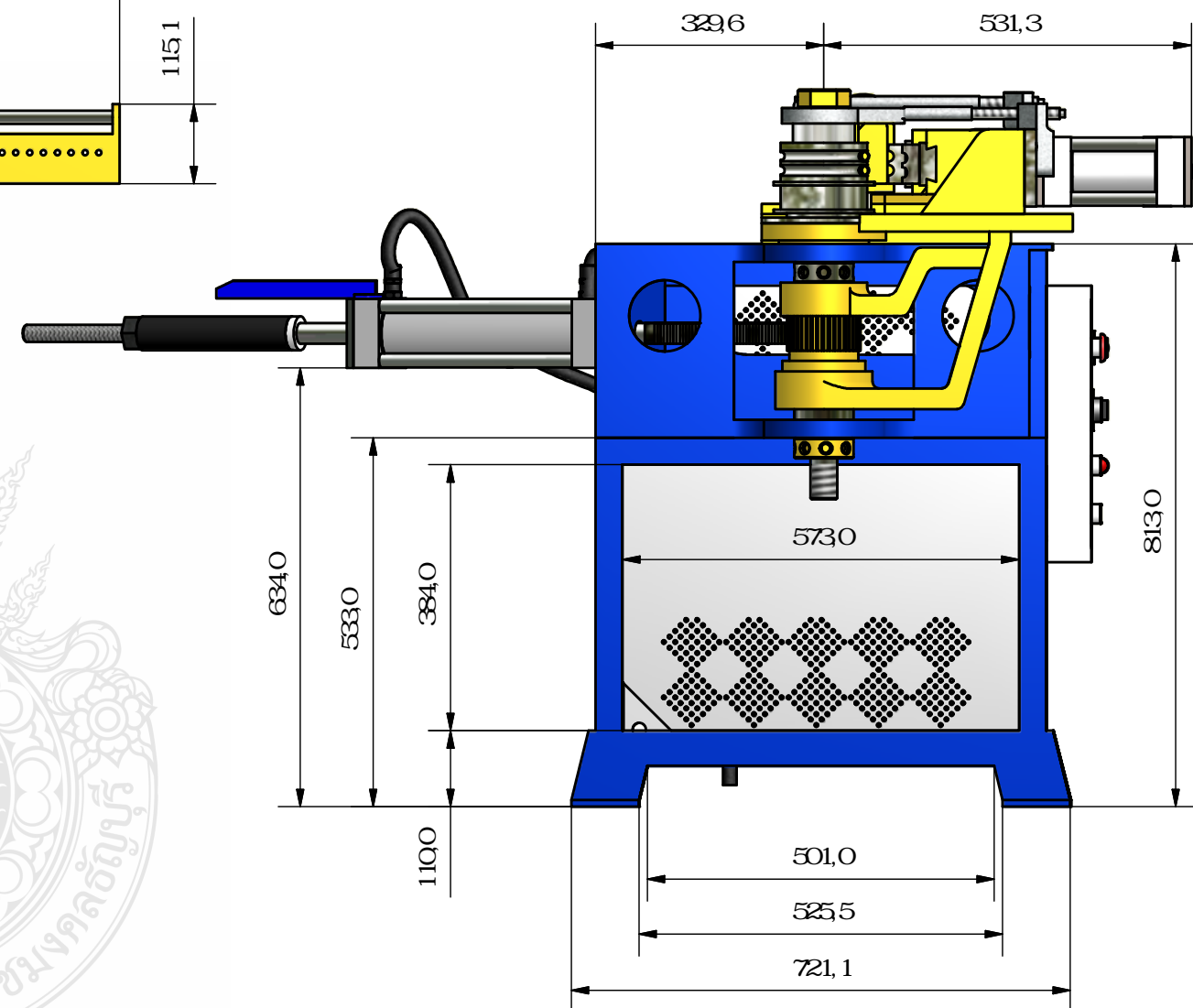
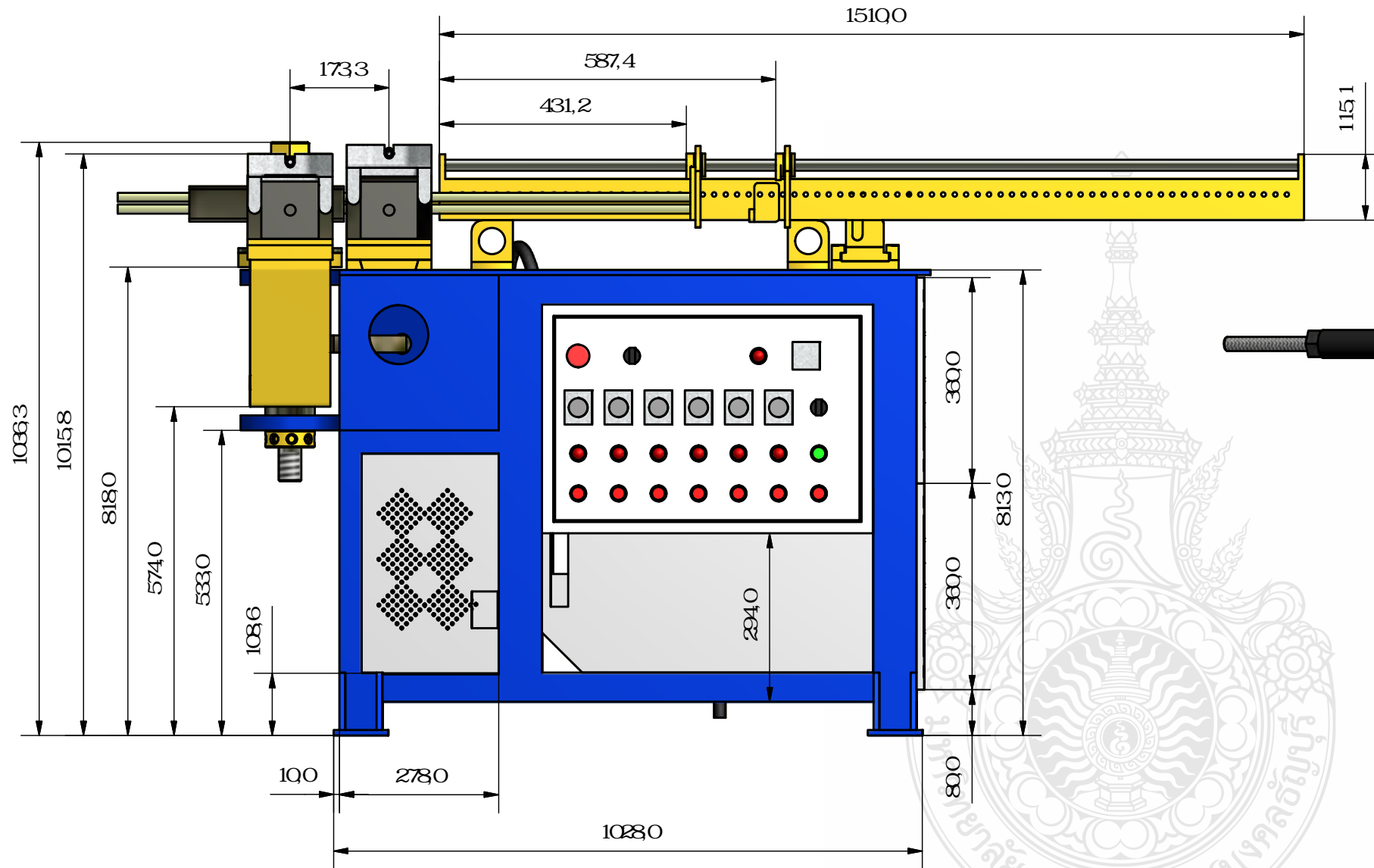
RAJANCA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
TANJOUR



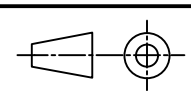


| | | | | | |
|---------|-----------------|----------|------|--|----|
| 0 | BENDMACHINE | | | IECO | 1 |
| Part No | Part Name | Se | Moda | Drawg No | Ta |
| Des By | AKAUFHSMANS | | | RAJAWALIAUNIVERSITY OF TECHNOLOGY TANJARR | |
| Des By | AKAUFHSMANS | | | | |
| Des By | DR. RICHASUSKIL | | | | |
| Revis | | | | | |
| Scale | Project Name | Drawg No | | | |
| 1:5 | BENDMACHINE | | IECO | | |





| Part No | Part Name | Qty | Unit | Draw No | Rev |
|---------|---------------|-----------|-------------|---|------|
| 0 | BENDMACHINE | | | IE00 | 1 |
| 1 | AKAUFHSWANS | | | RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY TANABUR | |
| 2 | AKAUFHSWANS | | | | |
| 3 | DRSICASOSUKUL | | | | |
| 4 | | | | | |
| Scale | 1:5 | Part Name | BENDMACHINE | Draw No | IE00 |



| | | | | | |
|------------|--------------------------|-----------------|--|---|-------|
| 53 | GEAR | DIA210 mm. | STEEL | IE-053 | 1 |
| 52 | BOLT | M36 | STEEL | IE-052 | 1 |
| 51 | BEARING | Standard | STEEL | IE-051 | 1 |
| 50 | BEND DIE | R62.5 | SCM4 | IE-050 | 1 |
| 49 | TUBE | DIA15.8x1,000 | ST37 | IE-049 | 2 |
| 48 | ELECTRIC BOX | Standard | STEEL | IE-048 | 1 |
| 47 | HYDRAULIC TANK | 3 HP. | STEEL | IE-047 | 1 |
| 46 | HYDRAULIC CYLINDER2 | 50 mm. | STEEL | IE-046 | 2 |
| 45 | HYDRAULIC CYLINDER1 | 50 mm. | STEEL | IE-045 | 1 |
| 44 | SWING ARM2 | 270X150X257 | ST37 | IE-044 | 1 |
| 43 | SWING ARMI | 100X237.5X99.1 | ST37 | IE-043 | 1 |
| 42 | CAST IRON BLOCK | 42X148X105 | ST37 | IE-042 | 2 |
| 41 | LOCK DIE | R61X348 | ST37 | IE-041 | 1 |
| 40 | MAIN SHAFT | M39X540 | ST37 | IE-040 | 1 |
| 39 | CLAMP SPRING | 60X270X24 | ST37 | IE-039 | 1 |
| 38 | CIRCCL BASE | DIA18X14.8 | ST37 | IE-038 | 1 |
| 37 | PART NO1 | 42X93X9 | ST37 | IE-037 | 2 |
| 36 | PART SHAFT III | 42X14.2X13 | ST36 | IE-036 | 2 |
| 35 | CLAMP BLOCKII | 92.5X100X100 | ST37 | IE-035 | 2 |
| 34 | SHAFT PART | 40X58X33 | ST37 | IE-034 | 2 |
| 33 | ARMBASE1 | 148X450X25 | ST37 | IE-033 | 1 |
| 32 | LOCK ARM | 72X210X87 | ST37 | IE-032 | 2 |
| 31 | SHEET METAL | 112X148X17 | ST37 | IE-031 | 2 |
| 30 | DOOR SHEETIII | 321.5X578X13 | ST37 | IE-030 | 1 |
| 29 | DOOR SHEETII | 321X578X13 | ST37 | IE-029 | 1 |
| 28 | CLAMP DIE | 56.5X75.7X25 | SCM4 | IE-028 | 2 |
| 27 | MIXDOOR | 384X573X13 | ST37 | IE-027 | 1 |
| 26 | LOCK SLIDE | 100X66X10 | ST37 | IE-026 | 2 |
| 25 | PLATE DOORII | 239X384X13 | ST37 | IE-025 | 1 |
| 24 | PLATE DOOR | 239X280X13 | ST37 | IE-024 | 1 |
| 23 | CLAMPS | 100X106.5X100 | ST60 | IE-023 | 2 |
| 22 | SHAFT(1) | DIA18X1490 | ST60 | IE-022 | 1 |
| 21 | HYDRAULIC ARM (SLOT) | 100X180X29 | ST37-2 | IE-021 | 2 |
| 20 | COMP. RULLER | 41X43X52 | ST37 | IE-020 | 1 |
| 19 | BLOCK1 | DIA50X64.5 | ST37 | IE-019 | 2 |
| 18 | RULLER BAR | 38X1510X115.1 | ST37-1 | IE-018 | 1 |
| 17 | SCREW LOCK | DIA18.8X359 | ST37-2 | IE-017 | 1 |
| 16 | FRONT DOOR | 313X578X13 | AISI1020 | IE-016 | 1 |
| 15 | ARM SUPPORT | 102X360X18 | CAST IRON | IE-015 | 1 |
| 14 | DOOR&HOLES | 360X630X13 | AISI1020 | IE-014 | 1 |
| 13 | SHAFT COMP. | 50X64.5 | PLASTIC | IE-013 | 1 |
| 12 | DOOR SHEET | 3330X578X13 | AISI1020 | IE-012 | 1 |
| 11 | BASE ARMHYDRAULIC | 18X360X28 | ST37-2 | IE-011 | 2 |
| 10 | ARMHYDRAULIC1 | 148X360X25 | ST37-1 | IE-010 | 1 |
| 9 | STRUCTURE | 721x1,028 | ST37-2 | IE-009 | 1 |
| 8 | SHAFT COMPONENT | 33x50x9 | ST37-2 | IE-008 | 1 |
| 7 | TABLE1 | 660x1,032x280 | ST37-2 | IE-007 | 1 |
| 6 | TABLE COMPONENT1 | 16x903 | ST60 | IE-006 | 1 |
| 5 | TABLE COMPONENT4 | 72x83x188.8 | ST37-2 | IE-005 | 1 |
| 4 | ARMHYDRAULIC LOCK1 | 52.3x69x75 | ST37-2 | IE-004 | 1 |
| 3 | TABLE COMPONENT3 | 26x164x22 | ST37-2 | IE-003 | 2 |
| 2 | TABLE COMPONENT2 | 100x134.4x121.5 | ST37-2 | IE-002 | 1 |
| 1 | TABLE COMPONENT | 117x164x17.2 | ST37-2 | IE-001 | 1 |
| 0 | BEND MACHINE | 1,028x1,309x721 | STEEL , PLASTIC | IE-000 | 1 |
| Part No. | Part Name | Size | Material | Drawing No. | Total |
| Draft By | AKRAYUTH PISITWANIS | 16/05/2011 | RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI  | | |
| Design By | AKRAYUTH PISITWANIS | 16/05/2011 | | | |
| Inspectors | DR. SIRICHAJ STORSAKUL | 16/05/2011 | | | |
| Remarks | PARTLIST OF BEND MACHINE | 16/05/2011 | | | |
| Scale | Project Name | Drawing No. | |  | |
| 1 : 1 | BEND MACHINE | IE-000 | | | |



CIOD 2011::Conference on Industrial Operations Development 2011

The 2nd Conference on Industrial Operations Development 2011 (CIOD2011) Faculty of Engineering, Thammasat University, 11 May 2011

*** คลิกที่นี่เพื่อดูดาวน์โหลดกำหนดการจัดการประชุมวิชาการ
(ปรับปรุง: 9 พ.ค. 54) ***

| หน้าหลัก | ประกาศรับบทความ | รูปแบบการเขียนบทความ | สถานที่จัดประชุม | คณะกรรมการจัดงาน | ติดต่อ/หน่วยงาน | ดาวน์โหลด | ***สงวนลิขสิทธิ์*** |
|----------|-----------------|----------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------|---------------------|
|----------|-----------------|----------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------|---------------------|

คณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ

ผู้ให้การสนับสนุน

ครั้งที่ 2 ประจำปี 2554

ที่ปรึกษา

| | |
|---------------------------------|---|
| รศ.ดร. อรุยา วีสกุล | คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| รศ.ดร. วิบูลย์ ชื่นแขก | คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| รศ.ดร.บุญเจริญ ศิริเนาวกุล | คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ดร. อัครนันท์ คัดสม | คณบดีคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| ผศ.ดร. วุฒิชัย วงษ์ทัศน์เกียรติ | หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| อ. ฤกษ์ศักดิ์ ดันดีทิพย์วรรณ | หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| ผศ.ดร. ไชยา ดาค่า | หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |



ประธานจัดงาน

| | |
|--------------------------|--|
| ผศ.ดร. อภิวัฒน์ มุตตามระ | คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
|--------------------------|--|

คณะกรรมการจัดงาน

| | |
|------------------------------|---|
| ผศ.ดร. สวัสดิ์ ภาะราช | คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| รศ.ดร. จีรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์ | คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| อ.ดร. จีรพรรณ คล้อยภยันต์ | คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ. ดร. เสมอจิตร หอมรสสุนทร | คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ.ดร. วรรัตน์ กิ่งสัมฤทธิ์ | คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ.ดร. ดนุพันธ์ วิสุวรรณ | คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ดร. วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |

| | |
|-------------------------------|--|
| ดร. กุศล พมาพจนตร | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| ดร. กฤษดา อัศวรุ่งแสงกุล | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| ดร. ธนสาร อินทรกำแหงชัย | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| ผศ.ดร. เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ผศ.ดร. เจริญชัย โขมพัตราภรณ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ดร. ช่อแก้ว จตุรานนท์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ดร. ธราธร กุลภัทรนิรันดร์ | คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| อ. วรพจน์ มีถม | คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| ดร. สิริภักดิ์ ศิริโท | คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| ดร. สุชาดา เจียมสกุล | คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| ดร. ชื่นสมล บุญนาค | คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |

คณะกรรมการวิชาการ

| | |
|--------------------------------|--|
| ผศ.ดร. สวัสดิ์ ภาระราช | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| รศ.ดร. จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| อ.ดร. จีวรรรณ คล้อยภยันต์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ.ดร. เสมอจิตร หอมรสสุนธ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| รศ.ดร. จุลศิริ เจริญภักธนารักษ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| รศ.ดร. มณฑล ศาสนนันท์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| รศ.ดร. ศุภชัย สุรพันธ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| รศ.ดร. พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| รศ.ดร. ดรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ.ดร. วรรัตน์ กังสัมพันธ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ.ดร. ดนุพันธ์ วิสุวรรณ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ.ดร. บุษบา พฤษภาพันธุ์รัตน์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ.ดร. จารุมนต์ จาตุรนต์นที | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ. นริศ เจริญพร | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ. ปารีชาติ ชื่นวัฒนกุล | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ. สมศักดิ์ ธรรมณีวิญญู | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ. ชัยรัตน์ ดันดีไพบูลย์วุฒิ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ดร. วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| ดร. กุศล พิมาพันธ์ศรี | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |

| | |
|---------------------------------------|--|
| ดร. กฤษดา อัศวรุ่งแสงกุล | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| ดร. ธนสาร อินทรกำแหงชัย | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| ผศ.ดร. สุขสันต์ พรหมบัญญัติ พงศ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ดร. ไพบูลย์ ช่วงทอง | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| รศ.ดร. บวรโชค ผู้พัฒน์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ผศ.ดร. สมบุญ เจริญวิไลศิริ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ดร. พิเนษฐ์ ศรีโยธา | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ผศ. เจริญ สุนทรวาณิชย์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| อ. สุจินต์ ธงถาวรสุวรรณ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ดร. อัษฎา จิระประยูรต์เลิศ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ดร. ธราธร กุลภัทรนิรันดร์ | คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| ผศ.ดร. เผ่าศักดิ์ ศิริสุข | คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| ดร. วิจิตรสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์ ณ อยุรยา | คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| อ. วรพจน์ มีถม | คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| อ. พัฒนพงษ์ แสงหัดด วัฒนา | คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |

เจ้าหน้าที่ประสานงาน

| | |
|--------------------------|---|
| คุณภูมิใจ พรหมมาโน | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| คุณชมพูนุช พิกุล | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| คุณเอษมา พิณสุรงค์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| คุณแอนันท์ เพ็ชรผึ้ง | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| คุณศักดิ์เฉลิม ผลพิทักษ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| คุณชลธิชา ประดับมูข | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| คุณวรรณวิภา ขวาลสันตติ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| คุณวัชรชัย พิมพ์กรรณ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |

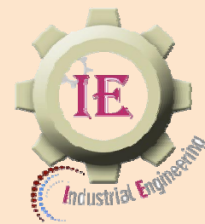
Copyright © 2011 CIOD 2011::Conference on Industrial Operations Development 2011.





การประชุมวิชาการ ด้านการพัฒนาการดำเนินงาน ทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2

วันที่ 11 พฤษภาคม 2554
ณ โรงแรม เดอะ ทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพฯ



จัดโดย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

PROCEEDINGS

**The Conference of Industrial Operations
Development 2011**

สนับสนุนโดย



การประชุมวิชาการ
ด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2

PROCEEDINGS

The Conference of Industrial Operations Development 2011



โดย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ร่วมกับ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ณ โรงแรม เดอะ ทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพฯ

วันที่ 11 พฤษภาคม 2554


คำนำ

ในยุคที่มีการแข่งขันที่สูงเช่นปัจจุบัน องค์กรอุตสาหกรรม จำเป็นต้องมีการปรับตัวและพัฒนาการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้องค์กรสามารถอยู่รอดและประสบความสำเร็จได้ นอกจากนี้ การนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้กับองค์กรอุตสาหกรรมก็เป็นสิ่งจำเป็น การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมนี้จะทำให้กระบวนการดำเนินงานมีความทันสมัยและคล่องตัว และส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูง อันจะนำมาซึ่งผลประกอบการที่ดี และสามารถแข่งขันในตลาดการค้าได้อย่างยั่งยืน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ได้จัดการประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่จะส่งเสริมงานวิจัยและเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม ทั้งในเชิงทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ อันจะทำให้องค์กรอุตสาหกรรมต่างๆ ได้นำงานวิจัยและความรู้ทางวิชาการไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม ซึ่งจะก่อให้เกิดการพัฒนาการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง อันจะส่งผลให้องค์กรอุตสาหกรรมเหล่านั้นมีการพัฒนาและสามารถแข่งขันในตลาดการค้าได้ และภาคอุตสาหกรรม ได้พบปะแลกเปลี่ยนความรู้ และประสบการณ์ อันจะนำไปสู่ความร่วมมือทางการวิจัยและทางวิชาการต่อไป

ในนามของกรรมการจัดงาน ขอขอบพระคุณผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่านที่ได้สละเวลาเข้าร่วมการประชุมวิชาการแห่งชาติครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้บริหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนการจัดงาน ขอขอบคุณคณะกรรมการกลั่นกรองบทความ และที่สำคัญขอขอบคุณคณะกรรมการจัดการประชุม อันประกอบด้วย คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภายใต้การอำนวยการของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิวัฒน์ มุตตามระ ที่ทำให้งานประชุมนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า การจัดการประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2 ประจำปี 2554 ครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้เข้าร่วมประชุม รวมทั้งท่านผู้ศึกษางานวิจัยจากเอกสารประกอบการประชุม ตลอดจนเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาภาคอุตสาหกรรมของประเทศตามวัตถุประสงค์ของงานที่ได้ตั้งไว้



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วุฒิชัย วงษ์ทัศน์เกียรติกร)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

**สารจากประธานคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ
ด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2**

การจัดการประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2554 ภายใต้การดำเนินงานของโครงการบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ในปีนี้นับว่าได้รับการสนับสนุนในการส่งบทความทางวิชาการจากทั้งภายในและภายนอกสถาบันเป็นอย่างดี ซึ่งนับเป็นนิมิตหมายที่ดี แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของงานวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและสร้างความเป็นเลิศทางด้านการทำงานทางอุตสาหกรรมของประเทศสืบต่อไป

โครงการบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ขอขอบพระคุณผู้บริหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนในการจัดการประชุมวิชาการ และขอขอบพระคุณคุณภุสดี เพ็ญศิริ ผู้บรรยายรับเชิญ รวมทั้งผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการประชุมครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณที่ปรึกษา คณะกรรมการจัดงาน คณะกรรมการวิชาการ เจ้าหน้าที่ประสานงาน และนักศึกษาปริญญาโททุกท่าน ที่ได้ทุ่มเทกำลังกาย กำลังใจในการจัดการประชุมครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลจากการจัดการประชุมในครั้งนี้จะสร้างเครือข่ายงานวิจัยที่มีความเข้มแข็งต่อไปในอนาคต


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุทัยรัตน์ มุตตามระ)

ผู้อำนวยการโครงการบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ประธานจัดการประชุมวิชาการ CIOD 2011

กำหนดการจัดประชุมวิชาการ CIOD 2011
วันที่ 11 พฤษภาคม 2554 ณ โรงแรม เดอะ ทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพฯ
ห้องพลาซ่า

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------|---|---|--|--|
| Production and Operations Management | 1 | 10.30-10.45 น. | 29 | 01 | การศึกษาต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวัดดแปร | สุนิดา อัครวิสัยสกุล ธนิต พุทธิพงษ์ศิริพร และ น้ำฝน ลำดับวงศ์ | |
| | 2 | 10.45-11.00 น. | 35 | 02 | การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสีย กรณีศึกษา โรงงานประกอบคูปกรรณิเล็กทรอนิกส์ | จิรวรรณ คล้อยภยันต์ และ อานนท์ จิตรกร | |
| | 3 | 11.00-11.15 น. | 84 | 03 | การพัฒนาโปรแกรมเพื่อการวางแผนความต้องการวัสดุ กรณีศึกษา : บริษัท บอสตัน เอ็นจิเนียริง จำกัด | ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร และ พิพัฒน์ รุจิระจินตามณี | |
| | 4 | 11.15-11.30 น. | 89 | 04 | การศึกษาผลกระทบของความต้องการของลูกค้าและเวลานำที่ไม่แน่นอน ต่อปริมาณสต็อกปลอดภัย (Safety Stock) | วรฤดี หวังวัชรกุล และ วิศรุต วงษ์สะอาด | |
| | 5 | 11.30-11.45 น. | 92 | 05 | การศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายรวมของระบบสินค้าคงคลัง | วรฤดี หวังวัชรกุล และ ภาณุพงศ์ สุทธิหาระ | |
| | 6 | 11.45-12.00 น. | 106 | 06 | การประยุกต์ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลเพื่อกำหนดนโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมกรณีศึกษา โรงงานผลิตเม็ดพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน | ฉัตรชัย เดิมสรวง และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | |
| | | 12.00-13.00 น. | พักรับประทานอาหารกลางวัน | | | | |
| | 7 | 13.00-13.15 น. | 126 | 07 | เปรียบเทียบส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีกที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ผ่านช่องทางการค้าปลีกแบบหลายช่องทาง | ปานนันทา คงมัน และ ธีระ เตชะมณีสถิตย์ | |
| | 8 | 13.15-13.30 น. | 143 | 08 | เครื่องมือตัดสินใจในการวางแผนการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรตามลำดับความสำคัญของงานเพื่อให้เวลาในระบบรวมต่ำสุด: กรณีศึกษา | รัฐไกร อธิธาภิชัย นันทพล จงวิไลเกษม และ บุษบา พุกษาพันธุ์รัตน์ | |
| 9 | 13.30-13.45 น. | 150 | 09 | การประยุกต์ใช้เทคนิค ABC และ การพยากรณ์แบบ MAPE ในการวางแผน การผลิต ขึ้นงานแบบผสม (mixed model) | ชาญชัย วัลลิสุต สุขสันต์ พรหมบุญพงศ์ และ นิกร อุไรรัตน์ | | |

ห้องปลาซ่า

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|------------------------------|--|---|--|--|
| Production and Operations Management | 10 | 13.45-14.00 น. | 152 | 10 | การประยุกต์เทคนิคการสร้างสมรรถนะสำหรับปัญหาการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติกรณีศึกษา โรงงานผลิตโปรไฟล์อลูมิเนียม | อภิชาติ แสงทอง และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | |
| | 11 | 14.00-14.15 น. | 165 | 11 | การจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์กรณีศึกษาสายการผลิตแขนจับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ | จุฑามาศ โทบุรินทร์ และ นุชบา พงกษาพันธุ์รัตน์ | |
| | 12 | 14.15-14.30 น. | 166 | 12 | การใช้ระบบคัมบังในการแก้ปัญหาการขนถ่ายในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ | วัฒน์ชาติ ศิริวัชร สวัสดิ์ ศรีเจริญ และ เจริญ สุนทรวาณิชย์ | |
| | 13 | 14.30-14.45 น. | 184 | 13 | การพัฒนาวิธีการสร้างลำดับการผลิตด้วยเมตริกซ์เพื่อการผลิตสินค้าที่สามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของลูกค้า | ณัฐพล รอบคอบ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง | |
| | | 14.45-15.00 น. | พักรับประทานอาหารว่าง | | | | |
| | 14 | 15.00-15.15 น. | 219 | 14 | Assembly Line Balancing by Using Genetic Algorithm: A Case Study of Electrical Appliance Factories | Rati Wongsathan and Budtree Limvanich | |
| | 15 | 15.15-15.30 น. | Q5 | 15 | การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการจัดทำใบเสนอราคา : กรณีศึกษาเครื่องผสมเม็ดพลาสติก | กวินวัชร สัตินนท์วรโชติ และ กุศล พิมาพันธุ์ศรี | |
| | 16 | 15.30-15.45 น. | Q6 | 16 | การลดเวลาสูญเสียของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ | ภัทวดี เต็มสุวรรณพานิช และ อรรถกร เก่งพล | |
| | 17 | 15.45-16.00 น. | Q7 | 17 | การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนเพื่อลดรอบเวลาการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น | ปราการัตน์ ชันธทัต วิภาณันท์ เอียประเสริฐ และ มานพ ศรีตุลยโชติ | |
| 18 | 16.00-16.15 น. | V4 | 18 | ซิกซ์ ซิกม่า วิธีการปรับปรุงกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทย | กฤษดา ัศวรุ่งแสงกุล | | |
| 19 | 16.15-16.30 น. | V6 | 19 | การลดเวลาดันหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อ : กรณีศึกษาโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น | ประยุทธ ชื่นอุดม และ ยุทธชัย บรรเทงจิตร | | |

ห้องเจริญเมือง

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|------------------------|----------------|----------------|---------------------------------|---|---|---|--|
| Operations Research | 1 | 10.30-10.45 น. | 69 | 20 | แบบจำลองสินค้าคงคลังของพัดลมระบายอากาศสำหรับ อุตสาหกรรมก่อสร้าง | รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และ นันทินี บุญมี | |
| | 2 | 10.45-11.00 น. | 70 | 21 | การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการสถาบัน โรคทรวงอก | รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และ พิศุทธิ์ ปัญญวัฒน์กุล | |
| | 3 | 11.00-11.15 น. | 72 | 22 | การปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการศูนย์ซ่อมบำรุงรถยนต์ ด้วยการจำลองสถานการณ์ | รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และ รวีวรรณ ใจศิริ | |
| | 4 | 11.15-11.30 น. | 91 | 23 | การวิเคราะห์หาปริมาณจักรยานและกำหนดจุดจอดรถจักรยานที่เหมาะสม โครงการ จักรยานวิทยาลัยเชียงใหม่ | วรวิมล หวังวัชรกุล และ จินตนันท์ หาญเม่ง | |
| | 5 | 11.30-11.45 น. | 141 | 24 | การหารูปแบบและปริมาณการขนส่งและระดับน้ำมันคงคลังที่เหมาะสมใน กระบวนการโลจิสติกส์ของน้ำมันดีเซล | ตุลยา ศิริแพทย์ ทิพย์ดา จตุรนาพิทย์ ทิพวรรณ วงษ์ธัยรา ช่อแก้ว จตุรานนท์ เดือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์ และ เจริญชัย โขมพัตราภรณ์ | |
| | 6 | 11.45-12.00 น. | 146 | 25 | การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติ เพื่อให้ได้เศษตัดที่มีประสิทธิภาพ | จตุพร ใจดำรง ปิยวิทย์ สุวรรณ และ บรรเลง คำเกตุ | |
| | | 12.00-13.00 น. | พักรับประทานอาหารกลางวัน | | | | |
| | 7 | 13.00-13.15 น. | 179 | 26 | การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางการทำงาน กรณีสถานี่งานเรียงต่อกันเป็นอนุกรม | เศรษฐา เพชรอำไพ และ ธราธร กุลภัทรนิรันดร์ | |
| | 8 | 13.15-13.30 น. | V1 | 27 | การประยุกต์ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบผสมสำหรับการจัดตารางการผลิตแบบ ไหลเลื่อน | วัชรพันธ์ สุขเกิด และ ธีรเดช ภูมิพรพันธ์ | |
| 9 | 13.30-13.45 น. | Q10 | 28 | การวางแผนผัง เพื่อการจัดเก็บสินค้าน้ำสุรา กรณีศึกษา บริษัทยูไนเต็ดไวน์เบอร์รี่ แอนด์ ดิสทิลเลอรี จำกัด | ชาติวี พลชัย และ ณัฐพล ศิริสว่าง | | |

ห้องเจริญเมือง

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|--|----------------|----------------|------------------------------|---|--|--|--|
| Work Study, Plant Layout, Ergonomics, and Safety Engineering | 10 | 13.45-14.00 น. | 63 | 29 | การออกแบบผังโรงงานสำหรับผลิตภัณฑ์หลายประเภทในสายการผลิต | สุทธิชัย ขวาคำ และ จิรศิริพงษ์ เจริญภักธารักษ์ | |
| | 11 | 14.00-14.15 น. | 66 | 30 | การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตข้าวเหนียวมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคการศึกษางาน | วรพจน์ ศิริวัชร์ ชินวร แจ้ววิสอน ลิขิต คำประละ และ ศรีแพร ลือภะ | |
| | 12 | 14.15-14.30 น. | 81 | 31 | การศึกษาค่าเวลามาตรฐานและการเคลื่อนไหวนแบบพรีดิเตอร์มินในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม | กนกวรรณ สุภักดี วิชญ์พันธ์ รูปพรหม ธวัชชัย ตาบุตรดา นพรัตน์ สายสมุทร และ นันทพงศ์ นันทสำเริง | |
| | 13 | 14.30-14.45 น. | 112 | 32 | การเพิ่มผลผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ปาร์ติเคิลบอร์ดในโรงงานตัวอย่างโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ | สุรัชชัย บุญยประเวศ และ วุฒิชัย วงษ์ทัศน์เกียรติ | |
| | | 14.45-15.00 น. | พักรับประทานอาหารว่าง | | | | |
| | 14 | 15.00-15.15 น. | 135 | 33 | การประยุกต์แนวคิดแบบลีนเพื่อลดความสูญเปล่าในการผลิตกรณีศึกษา สายการประกอบชุดรับ-ส่งสัญญาณแสง | ณัฐพร ภาสภิรมย์ และ สวัสดิ์ ภาระราช | |
| | 15 | 15.15-15.30 น. | 136 | 34 | การศึกษาทางด้านการยศาสตร์เกี่ยวกับรูปร่างของด้ามมีดและท่าทางการจับมีดสำหรับงานตัดเฉือน | อรทัย บัวมุด และ นริศ เจริญพร | |
| | 16 | 15.30-15.45 น. | 174 | 35 | การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำเชื่อมถุง | นันทชัย กานตานั้นทะ และ กมลชนก เจียมสินกุล | |
| | 17 | 15.45-16.00 น. | 204 | 36 | การปรับปรุงกำลังผลิตแกนเพลาล้อรถยนต์โดยวิธีลดความสูญเปล่า | พูนเพิ่ม พูนนาค และ จิรศิริพงษ์ เจริญภักธารักษ์ | |
| 18 | 16.00-16.15 น. | 221 | 37 | การประยุกต์การศึกษาการทำงานเพื่อลดความสูญเปล่ากรณีศึกษา โรงงานผลิตเลนส์ | รัฐพล เอกลักษณ์นันท์ และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | | |

ห้องเจริญผล

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง |
|---|-------|----------------|---------------------------------|--------|---|--|
| Quality Management, Robust Design, and Statistical Applications | 1 | 10.30-10.45 น. | 42 | 38 | การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสียที่ส่งน้ำมันไปยังเพลาลูกเบี้ยว | จิรวรรณ คัล้อยภยันต์ และ พุทธิพงษ์ ชันดีส์ัจพงษ์ |
| | 2 | 10.45-11.00 น. | 85 | 39 | การประยุกต์และเปรียบเทียบการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการไซน์นิน กับวิธีการแฟคทอเรียล | ยศวัฒน์ ศิริกมลชัย และ ทศพล เกียรติเจริญผล |
| | 3 | 11.00-11.15 น. | 90 | 40 | การออกแบบการทดลองเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก | วรุฒิ หวังวัชรกุล และ พิสิฐ เตวารานนท์ |
| | 4 | 11.15-11.30 น. | 120 | 41 | การจัดกลุ่มคุณลักษณะของกล้องถ่ายภาพตามหลักการของคาโนโมเดล | วิรุฬห์ ผลวัฒน์ และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ |
| | 5 | 11.30-11.45 น. | 139 | 42 | ศึกษาปัจจัยในกระบวนการผลิตที่ทำให้หัวหมอนของเบาะรถยนต์เป็นโพรงอากาศ | มณฑล ศาสนนันท์ และ ธนาณพัฒน์ หงวนไธสง |
| | 6 | 11.45-12.00 น. | 158 | 43 | การศึกษาปัจจัยเสี่ยงสำหรับการติดเชื้อโดยใช้ตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป กรณีศึกษา : โรงพยาบาลตัวอย่าง | จันทร์เพ็ญอรุณรัตนานนท์ ดวงพร บุญญาภิบาลวงศ์ ภาวินี ใจชื่อสมบุญณ์ และ วรณสิริ ไตรวิลาศ |
| | | 12.00-13.00 น. | พักรับประทานอาหารกลางวัน | | | |
| | 7 | 13.00-13.15 น. | Q12 | 44 | การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบ โดยการพัฒนากระบวนการวัด กรณีศึกษาโรงงานตัดเย็บกางเกงบ็อกเซอร์ | กิม พรประเสริฐ วิไล น้อยวงศ์ วุฒิไกร การสุวรรณ และ วรจักร สุ่มมาตย์ |
| Logistics and Supply Chain Management | 8 | 13.15-13.30 น. | 36 | 45 | การศึกษายาบทาของตัวกลางในโซ่อุปทานพริกในประเทศไทย | ปิยวรา พรหมอักษร และ พรธิภา องค์คุณารักษ์ |
| | 9 | 13.30-13.45 น. | 86 | 46 | การประเมินและปรับปรุงพื้นที่จัดเก็บด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น ในโรงงานผลิตคาร์บอน | วรางคณา พุ่มดียิง และ ประจวบ กล่อมจิตร |
| | 10 | 13.45-14.00 น. | 118 | 47 | การศึกษารูปแบบการดำเนินงานของเกษตรกรผู้ปลูกผัก สำหรับการจัดหาผักสดของร้านอาหาร | วันเพ็ญ สุ่มนานุสรณ์ และ พรธิภา องค์คุณารักษ์ |
| | 11 | 14.00-14.15 น. | 140 | 48 | การพัฒนาเครื่องมือสร้างแบบจำลองเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานอย่างรวดเร็ว | อลงกรณ์ จรัสสุริยา และ พรเทพ อนุสรณนิตินสาร |
| | 12 | 14.15-14.30 น. | 175 | 49 | การศึกษาโซ่อุปทานของสินค้าประเภทเครื่องสำอาง เพื่อการส่งออกไปประเทศเวียดนาม | สมพิทย์ สุวรรณโณ และ ธราธร กุลภัทรนรินทร์ |

ห้องเจริญผล

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|--|-------|----------------|------------------------------|--------|--|---|--|
| Logistics and Supply Chain Management | 13 | 14.30-14.45 น. | 180 | 50 | การแก้ปัญหาการสั่งซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหลายช่วงเวลา โดยวิธีฮิวริสติกส์ | ทศพร อติเศรษฐพงศ์ และ สวัสดิ์ ภาะระราช | |
| | | 14.45-15.00 น. | พักรับประทานอาหารว่าง | | | | |
| | 14 | 15.00-15.15 น. | Q4 | 51 | การสร้างแบบจำลองกลไกการทำงานของโซ่อุปทานด้วยแผนภูมิวงรอบเหตุและผล กรณีศึกษาโซ่อุปทานยางพาราภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย | ธนภณ เจียรณัย ศิริศักย เทพจิต และ วิทยา สุหฤตดำรง | |
| | 15 | 15.15-15.30 น. | Q13 | 52 | การศึกษาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของเหล็กรูปพรรณกลวง เขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ | ธีระยุทธ แสนแก้ว และ เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์ | |
| Innovation Management, | 16 | 15.30-15.45 น. | 12 | 53 | การศึกษาการเดินรถไฟฟ้่าใต้ดิน สายเฉลิมรัชมงคล ในช่วงเวลาเร่งด่วน ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ | เปรมชิวิน ไตรทิพย์ และ วุฒิชัย วงษ์ทัศน์เกียรติกร | |
| Industrial Technology | 17 | 15.45-16.00 น. | 88 | 54 | โปรแกรมศึกษาความเป็นไปได้ของได้ของโครงการ และวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน | จักรา สายประสงคสิน และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ | |
| Transfer | 18 | 16.00-16.15 น. | V3 | 55 | การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยวิศวกรรมคั่นไซ | กุศล พิมาพันธุ์ศรี | |
| Others that Related to Industrial Engineering and Management | 19 | 16.15-16.30 น. | Q3 | 93 | การประยุกต์เทคนิค Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) สำหรับจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสมในระบบมัลติครัน | ฐิติพันธ์ คำอ้ายวัฒนา และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | |

ห้องจรัสเมือง 1

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|---|-------|----------------|---------------------------------|--------|--|---|--|
| Environmental Management | 1 | 10.30-10.45 น. | 125 | 56 | การสังเคราะห์วัสดุแลกเปลี่ยนประจุจากยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว โดยการใช้ปฏิกิริยาไมโครเวฟ | ภาณุวัตร มังโกมินทร์ และ สุพิชชา รุ่งโรจน์นิมิตชัย | |
| | 2 | 10.45-11.00 น. | 167 | 57 | การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต Wireless router modem โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต | ธิดิศวรรค์ เหมหาญ และ มณฑล ศาสนนันทน์ | |
| Materials, Production, CAD/CAM, Manufacturing Engineering | 3 | 11.00-11.15 น. | 77 | 58 | การศึกษาการตัดชิ้นงาน ซิลิคอนไนไตรต์ ด้วยวิธีการตัดร่อง โดยใช้การอาร์คด้วยไฟฟ้า | คงสิน เอื้อสถิตวงศ์ และ อภิวัฒน์ มุตตามระ | |
| | 4 | 11.15-11.30 น. | 121 | 59 | การวิเคราะห์ความแข็งแรงของงานฉีดพลาสติก โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม(CAE) | ปิยวัฒน์ วัชรวัฒนากุล อภิวัฒน์ มุตตามระ และ เสกสรร ไชยจิตต์ | |
| | 5 | 11.30-11.45 น. | 169 | 60 | การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการติดกลับกับความเค้นในกระบวนการตัดโลหะแบบ Compression โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ | อักษรายุทธ พิเศษสุวรรณิช และ ศิริชัย ต่อสกุล | |
| | 6 | 11.45-12.00 น. | 186 | 61 | การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแพด้วยขวดน้ำดื่มพลาสติกเหลือใช้ | ปรีชา ช่างย่อม | |
| | | 12.00-13.00 น. | พักรับประทานอาหารกลางวัน | | | | |
| | 7 | 13.00-13.15 น. | 189 | 62 | การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำกับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ | ธนสาร อินทรกำจรชัย และ สุวัฒน์ จีระเกียรติ | |
| | 8 | 13.15-13.30 น. | Q1 | 63 | Wood Composite from Highly Filled System of Palm Flour and Polybenzoxazine | Narongchai Khawphong and Sarawut Rimdusit | |
| Maintenance Management | 9 | 13.30-13.45 น. | 37 | 64 | การลดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรโดยประยุกต์ใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษาโรงงานผลิตสบริง | ณัฐธีร์ วิจิตรกรติกุล และ ยุทธชัย บรรเทงจิตร | |
| | 10 | 13.45-14.00 น. | 170 | 65 | การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือเพื่อลดเวลาสูญเสียในการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษ | พิเชษฐ์ แก้วไทรท้วม และ ประจวบ กล่อมจิตร | |
| | 11 | 14.00-14.15 น. | V8 | 66 | การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์: กรณีศึกษา หจก. เอ.พี.เค เอ็นจิเนียริง แอนด์ ซัพพลาย | รัตนา ผูกน้อย และ ยุทธชัย บรรเทงจิตร | |

ห้องจรัสเมือง 1

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง |
|--|-------|----------------|------------------------------|--------|--|--|
| Mechatronics | 12 | 14.15-14.30 น. | 214 | 67 | ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตและการปรับเทียบสำหรับการหลีกเลี่ยงการชนของหุ่นยนต์ในการทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ | วีระชัย เวียงคำสา และ จรัมพร หรรษมนตร์ |
| | 13 | 14.30-14.45 น. | 216 | 68 | การออกแบบชุดหีบจับและส่งผ่านชิ้นงานต้นแบบในเครื่องปั๊มโลหะ ขนาด 300 ตัน | วสันต์ ธิวัชสุวรรณ และ จรัมพร หรรษมนตร์ |
| | | 14.45-15.00 น. | พักรับประทานอาหารว่าง | | | |
| Others that Related to Industrial Engineering and Management | 14 | 15.00-15.15 น. | 153 | 69 | การประหยัดพลังงานในระบบอากาศอัดสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม | มานิช วงศ์ธนบุญชร และ กীরติ ชยะกุลศิริ |
| | 15 | 15.15-15.30 น. | 157 | 70 | การศึกษาการลดของเสียซึ่งเกิดจากการคัดแยกงานเกินความจำเป็นของกระบวนการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิตชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ | ศักดิ์สิทธิ์ สุดใจ และ มณฑล ศาสนนันทน์ |
| | 16 | 15.30-15.45 น. | 164 | 71 | การอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม | สุลักษณ์ เอื้อจิตร และ อัครนันท์ คิตสม |
| | 17 | 15.45-16.00 น. | 176 | 72 | การพัฒนาบุคลากร บนพื้นฐานสมรรถนะ (Competency) กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร | เกษร พักเย็นใจ และ ธราทร กุลภัทรนิรันดร์ |
| | 18 | 16.00-16.15 น. | 185 | 73 | พัฒนาวิธีการออกแบบเพื่อจัดกลุ่มชิ้นส่วนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน | จิณกมล ลุยจันทร์ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง |
| | 19 | 16.15-16.30 น. | 117 | 94 | ผลกระทบวัสดุแกนกลางโพลีเอทิลีนโฟมต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุแขนวิช | เอกชัย รอดพิสา และ ศิริชัย ต่อสกุล |

ห้องจรัสเมือง 2

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|--|----------------|----------------|---------------------------------|--|--|---|--|
| Others that Related to Industrial Engineering and Management | 1 | 10.30-10.45 น. | 24 | 74 | การบริหารประสบการณ์เพื่อสร้างพฤติกรรมความจงรักภักดีของลูกค้ายกรณศึกษา ซูเปอร์เซ็นเตอร์ในประเทศไทย | ทรงศักดิ์ วิจัยธรรมฤทธิ์ และ ธีระ เตชะมณีสถิตย์ | |
| | 2 | 10.45-11.00 น. | 31 | 75 | การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ เพื่อสร้างคุณค่าตราสินค้า | ณัฐกาญจน์ สุวรรณธาดา และ ธีระ เตชะมณีสถิตย์ | |
| | 3 | 11.00-11.15 น. | 32 | 76 | การพัฒนาโปรแกรมคำนวณต้นทุนการผลิตและราคาขายสำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ | สาโรช เวโรจน์ นิธิ อัดถิ วุฒินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ ชาญเดช หลอนันต์ อัมพร โพธิ์ไย และ ธีรเดช วุฒิพรพันธ์ | |
| | 4 | 11.15-11.30 น. | 33 | 77 | การพัฒนาเครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติด้วยวิธีการวิเคราะห์จำแนกประเภท | สายัณห์ เจนวิถีสุข และ จิรศิริพงศ์ เจริญภัณฑารักษ์ | |
| | 5 | 11.30-11.45 น. | 46 | 78 | การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการมีผู้ผลิตขึ้นส่วนในประเทศไทย : กรณีศึกษาชิ้นส่วนรถยนต์ | สรายุทธ ใหม่อ่อน และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ์ | |
| | 6 | 11.45-12.00 น. | 47 | 79 | กรณีศึกษาการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสถานศึกษาด้วยโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร | ยุทธจักร หินทอง และ ชาญณรงค์ อัครเทศานุภาพ | |
| | | 12.00-13.00 น. | พักรับประทานอาหารกลางวัน | | | | |
| | 7 | 13.00-13.15 น. | 55 | 80 | การสร้างภาพลักษณ์องค์กร | ศศิธร จัวนพันธ์ และ ธีระ เตชะมณีสถิตย์ | |
| | 8 | 13.15-13.30 น. | 93 | 81 | การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำการเกษตรแบบปรับความยาวได้ | ชิตพงษ์ ชินสันติ และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ | |
| | 9 | 13.30-13.45 น. | 102 | 82 | การประยุกต์ใช้การจัดการความรู้ : กรณีศึกษา | นนทวรรณ ตั้งวรการพานิช และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ์ | |
| | 10 | 13.45-14.00 น. | 103 | 83 | ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์สินค้าในภาคอุตสาหกรรม | ฐิติพร ลวดทอง และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ์ | |
| | 11 | 14.00-14.15 น. | 116 | 84 | การพัฒนากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจของสายการบินต้นทุนต่ำ | ธิดารัตน์ สืบสง่า และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ | |
| 12 | 14.15-14.30 น. | 122 | 85 | การศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดตั้งกระบวนการชุบตีบูกด้วยไฟฟ้าผลิตภัณ์ทรานซิสเตอร์ | เชิดพงษ์ บุญสง และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ์ | | |

ห้องจรัสเมือง 2

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|--|-------|----------------|------------------------------|--------|--|---|--|
| Others that Related to Industrial Engineering and Management | 13 | 14.30-14.45 น. | 128 | 86 | การพัฒนาโปรแกรมการจัดการสินค้าคงคลังและพยากรณ์การสั่งซื้อสารเคมี สำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ | นิธิกุล แซ่โล่ นิธิ อัคริ ภูมินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ ชาญเดช หุรอนันต์ อัมพร โพธิ์ไย และ ธีรเดช ภูมิจรพันธ์ | |
| | | 14.45-15.00 น. | พักรับประทานอาหารว่าง | | | | |
| | 14 | 15.00-15.15 น. | 145 | 87 | การลดเวลาการทำงานของกระบวนการกรีดเส้นด้ายโดยการพัฒนาเครื่องกรอเส้นด้าย | พรเทพ แก้วเชื้อ วรินทร์ เกียรติภูกุล อุษาวดี อินทร์คล้าย และ ดวงใจ ทาแก้ว | |
| | 15 | 15.15-15.30 น. | 147 | 88 | แนวทางการลดความสูญเสียของวัสดุ : กรณีศึกษา สายการบรรจุสุรา | วสุ งามภักดิ์ และ จิรรัตน์ ธีระวรพฤษ์ | |
| | 16 | 15.30-15.45 น. | 183 | 89 | พัฒนาวิธีการในการติดตามผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบเพื่อรองรับการผลิตตามความต้องการเฉพาะ | นุจิรา โคตรหานาม และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง | |
| | 17 | 15.45-16.00 น. | V5 | 90 | การลดอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างของเกษตรกรผู้กรีดยางพาราในขั้นตอนการกรีดยาง ในตำบลไชยราช อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ | บัณฑิตย์ ชูบัวทอง และ ยุทธชัย บรรเทงจิตร | |
| | 18 | 16.00-16.15 น. | V7 | 91 | จุดเหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กังหันก๊าซ | ยุทธนา สีนถาวร และ ยุทธชัย บรรเทงจิตร | |
| | 19 | 16.15-16.30 น. | Q9 | 92 | การเทียบเคียงงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานสกอร์บอร์ดของกรมพลศึกษา | ประพันธ์ ไพธังกูร | |

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| Production and Operation Management | |
| 01 การศึกษาต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวัดดแปร สุนิดา อัครวิบูลย์กุล ธนิต พุทธิพงษ์ศิริพร และ น้ำฝน ลำดับวงศ์ | 1 |
| 02 การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียกรณีศึกษา โรงงานประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จิรวรรณ คล้อยภรณ์ และ อานนท์ จิตรกร | 2 |
| 03 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อการวางแผนความต้องการวัสดุ กรณีศึกษา : บริษัท บอสตัน เอ็นจิเนียริง จำกัด ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร และ พิพัฒน์ รุจิระจินดา | 3 |
| 04 การศึกษาผลกระทบของความต้องการของลูกค้าและเวลานำที่ไม่แน่นอนต่อปริมาณสต็อกปลอดภัย (Safety Stock) วรุฒิ หวังวัชรกุล และ วิศรุต วงษ์สะอาด | 4 |
| 05 การศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายรวมของระบบสินค้าคงคลัง วรุฒิ หวังวัชรกุล และ ภาณุพงศ์ สุทธิหาระ | 5 |
| 06 การประยุกต์ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลเพื่อกำหนดนโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมกรณีศึกษา โรงงานผลิตเม็ดพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน ฉัตรชัย เดิมสกุล และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | 6 |
| 07 เปรียบเทียบส่วนประสมทางการตลาดค่าปลีกที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้าผ่านช่องทาง การค้าปลีกแบบหลายช่องทาง ปานนันทา คงมั่น และ ชีระ เตชะมณีสถิตย์ | 7 |
| 08 เครื่องมือตัดสินใจในการวางแผนการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรตามลำดับความสำคัญของงานเพื่อให้เวลา ในระบบรวมต่ำสุด: กรณีศึกษา รัฐไกร อธิภาภิชัย นันทพล จงวิไลเกษม และ บุษบา พุกษาพันธ์รัตน์ | 8 |
| 09 การประยุกต์ใช้เทคนิค ABC และการพยากรณ์แบบ MAPE ในการวางแผน การผลิตชิ้นงานแบบผสม (mixed model) ชาญชัย วลัยสุต สุขสันต์ พรหมบุญพงศ์ และ นิกร อุไรรัตน์ | 9 |
| 10 การประยุกต์เทคนิคการสร้างสมรรถนะสำหรับปัญหาการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติ กรณีศึกษา โรงงานผลิต โปรไฟล์อลูมิเนียม อภิชาติ แสงทอง และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | 10 |
| 11 การจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา สายการผลิตแขน จับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จุฑามาศ ไทปรินทร์ และ บุษบา พุกษาพันธ์รัตน์ | 11 |
| 12 การใช้ระบบคัมบังในการแก้ปัญหาการขนถ่ายในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ วัฒน์ชาติ ศิริรักษ์ สาวิตรี ศรีเจริญ และ เจริญ สุนทราวาณิชย์ | 12 |

| | | |
|----------------------------|---|----|
| 13 | การพัฒนาวิธีการสร้างลำดับการผลิตด้วยเมตริกซ์เพื่อการผลิตสินค้าที่สามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของลูกค้า | 13 |
| | <i>ณัฐดล รอบคอบ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง</i> | |
| 14 | Assembly Line Balancing by Using Genetic Algorithm: A Case Study of Electrical Appliance Factories | 14 |
| | <i>Rati Wongsathan and Budtree Limvanich</i> | |
| 15 | การพัฒนาาระบบสนับสนุนการตัดสินใจบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการจัดทำใบเสนอราคา : กรณีศึกษาเครื่องผสมเม็ดพลาสติก | 15 |
| | <i>กวิณวัชร ลีตินนท์วรโชติ และ กุศล พิมาพันธุ์ศรี</i> | |
| 16 | การลดเวลาสูญเสียของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ | 16 |
| | <i>ภทวดี เต็มสุวรรณพานิช และ อรรถกร เก่งพล</i> | |
| 17 | การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนเพื่อลดรอบเวลาการผลิต : กรณีศึกษาโรงงานปัมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่น | 17 |
| | <i>ปรภากรรัตน์ ชันธทัต วิภาณันท์ เอียประเสริฐ และ มานพ ศรีตุลยโชติ</i> | |
| 18 | ซิกซ์ ซิกม่า วิธีการปรับปรุงกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทย | 18 |
| | <i>กฤษฎดา อัศวรุ่งแสงกุล</i> | |
| 19 | การลดเวลาค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อ : กรณีศึกษาโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น | 19 |
| | <i>ประยุทธ ชื่นอุดม และ ยุทธชัย บรรเทิงจิตร</i> | |
| Operations Research | | |
| 20 | แบบจำลองสินค้าคงคลังของพัดลมระบายอากาศสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง | 20 |
| | <i>รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และ นันทินี บุญมี</i> | |
| 21 | การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการสถาบันโรคทรวงอก | 21 |
| | <i>รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และ พิศุทธิ์ ปัญญวัฒน์กุล</i> | |
| 22 | การปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการศูนย์ซ่อมบำรุงรถยนต์ด้วยการจำลองสถานการณ์ | 22 |
| | <i>รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และ รวีวรรณ ใจศิริ</i> | |
| 23 | การวิเคราะห์หาปริมาณจักรยานและกำหนดจุดจอดรถจักรยานที่เหมาะสม โครงการจักรยานวิทยาเขตสี่เขี้ยว | 23 |
| | <i>วรวุฒิ หวังวัชรภุ และ จินตนันท์ หาญเม่ง</i> | |
| 24 | การหารูปแบบและปริมาณการขนส่งและระดับน้ำมันคงคลังที่เหมาะสมในกระบวนการโลจิสติกส์ของน้ำมันดีเซล | 24 |
| | <i>ศุลยา ศิริแพทย์ ทิพยดา จตุรนาพิทย์ ทิพวรรณ วงษ์อัยรา ช่อแก้ว จตุรานนท์ เตือนใจ สมบุญณวิวัฒน์ และ เจริญชัย ไชมพัตราภรณ์</i> | |
| 25 | การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติเพื่อให้ได้เศษตัดที่มีประสิทธิภาพ | 25 |
| | <i>จตุพร ใจดำรงค์ ปิยวิทย์ สุวรรณ และ บรรเลง คำเกตุ</i> | |

| | | |
|----|---|----|
| 26 | การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางการทำงาน กรณีศึกษาโรงงานเรียงต่อกันเป็นอนุกรม <i>เศรษฐา เพชรอำไพ และ ธราธร ภูมัทธน์วันดี</i> | 26 |
| 27 | การประยุกต์ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบผสมสำหรับการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อน <i>วัชรพันธ์ สุขเกิด และ อธิเดช วุฒิพรพันธ์</i> | 27 |
| 28 | การวางแผนผัง เพื่อการจัดเก็บสินค้าน้ำสุรา กรณีศึกษา บริษัทยูไนเต็ดไวน์เบอร์รี่ แอนด์ ดิสทิลเลอรี จำกัด <i>ชาติรี พลชัย และ ณัฐพล ศิริสว่าง</i> | 28 |

Work Study, Plant Layout, Ergonomics, Safety Engineering

| | | |
|----|--|----|
| 29 | การออกแบบผังโรงงานสำหรับผลิตภัณฑ์หลายประเภทในสายการผลิต <i>สุทธิชัย ขวาคำ และ จิรศิริพงศ์ เจริญภัณฑารักษ์</i> | 29 |
| 30 | การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตข้าวเกรียบมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคการศึกษางาน <i>วรพจน์ ศิริรักษ์ ชินวร แจ้ววิสอน ลิขิต คำประละ และ ศรีแพร ลือภา</i> | 30 |
| 31 | การศึกษาค่าเวลามาตรฐานและการเคลื่อนไหวแบบพรีดีเทอร์มินในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม <i>กนกวรรณ สุภักดี วิชญพันธ์ รูปพรหม ธวัชชัย ตาบุตรดา นพรัตน์ สายสมุทร และ นันทพงศ์ นันทสำเริง</i> | 31 |
| 32 | การเพิ่มผลผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ปาร์ติเคิลบอร์ดในโรงงานตัวอย่างโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ <i>สุรชัย บุญยประเวศ และ วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร</i> | 32 |
| 33 | การประยุกต์แนวคิดแบบลีนเพื่อลดความสูญเปล่าในการผลิต กรณีศึกษา สายการประกอบชุดรับ-ส่ง สัญญาณแสง <i>ณัฐพร ภาสภิรมย์ และ สวัสดิ์ ภาระราช</i> | 33 |
| 34 | การศึกษาทางด้านการยศาสตร์เกี่ยวกับรูปร่างของด้ามมีดและท่าทางการจับมีดสำหรับงานตัดเชื่อน <i>อรทัย บัวผุด และ นริศ เจริญพร</i> | 34 |
| 35 | การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำเชื่อมถุง <i>นันทชัย กานตานั้นทะ และ กมลชนก เจียมสินกุล</i> | 35 |
| 36 | การปรับปรุงกำลังผลิตแกนเพลาล้อรถยนต์โดยวิธีลดความสูญเปล่า <i>พูนเพิ่ม พูนนาค และ จิรศิริพงศ์ เจริญภัณฑารักษ์</i> | 36 |
| 37 | การประยุกต์การศึกษางานเพื่อลดความสูญเปล่า กรณีศึกษา โรงงานผลิตเลนส์ <i>รัฐพล เอกลักษณ์านันท์ และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์</i> | 37 |

Quality Management, Robust Design, Statistical Applications

| | | |
|----|---|----|
| 38 | การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสียที่ส่งน้ำมันไปยังเพลาลูกเบี้ยว <i>จิรวรรณ คล้อยภยันต์ และ พุทธิพงษ์ ชันดีส์จางษ์</i> | 38 |
| 39 | การประยุกต์และเปรียบเทียบการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการไซนกับวิธีการแฟคทอเรียล <i>ยศวัฒน์ ศิริกมลชัย และ ทศพล เกียรติเจริญผล</i> | 39 |
| 40 | การออกแบบการทดลองเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก <i>วรวุฒิ หวังวัชรกุล และ พิสิษฐ เตวรานนท์</i> | 40 |

| | | |
|----|--|----|
| 41 | การจัดกลุ่มคุณลักษณะของกล้องถ่ายภาพตามหลักการของคาโนโมเดล วิรุฬห์ ผลวัฒน์ และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ | 41 |
| 42 | ศึกษาปัจจัยในกระบวนการผลิตที่ทำให้หัวหมอนของเบาะรถยนต์เป็นโพรงอากาศ มณฑล ศาสนนันท์ และ ธนาณพัฒน์ หงวนไธสง | 42 |
| 43 | การศึกษาปัจจัยเสี่ยงสำหรับการติดเชื้อโดยใช้ตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป กรณีศึกษา : โรงพยาบาลตัวอย่าง จันทร์เพ็ญ อนุรัตน์ นานนท์ ดวงพร บุญญาภิบาลวงศ์ ภาวินี ใจซื่อสมบุญ และ วรณศิริ ไตรวิลาศ | 43 |
| 44 | การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบ โดยการพัฒนากระบวนการวัด กรณีศึกษาโรงงานตัดเย็บ กางเกงบ็อกเซอร์ ภิรม พรประเสริฐ วิไล น้อยวงศ์ วุฒิไกร การสุวรรณ และ วรจักร สุ่มมาตย์ | 44 |

Logistics and Supply Chain Management

| | | |
|----|---|----|
| 45 | การศึกษาบทบาทของตัวกลางในโซ่อุปทานพริกในประเทศไทย ปิยะวรา พรหมอักษร และ พรธิภา องค์คุณารักษ์ | 45 |
| 46 | การประเมินและปรับปรุงพื้นที่จัดเก็บด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นในโรงงานผลิตคาร์บอน วรางคณา พุ่มดี ยิ่ง และ ประจวบ กล่อมจิตร์ | 46 |
| 47 | การศึกษารูปแบบการดำเนินงานของเกษตรกรผู้ปลูกผักสำหรับการจัดหาผักสดของร้านอาหาร วันเพ็ญ สุนานุสรณ์ และ พรธิภา องค์คุณารักษ์ | 47 |
| 48 | การพัฒนาเครื่องมือสร้างแบบจำลองเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานอย่างรวดเร็ว อลงกรณ์ จรัสสุริยา และ พรเทพ อนุสรณ์นิตินสาร | 48 |
| 49 | การศึกษาโซ่อุปทานของสินค้าประเภทเครื่องสำอางเพื่อการส่งออกในประเทศเวียดนาม สมพิทย์ สุวรรณโณ และ ธรารท กุลภัทรนรินทร์ | 49 |
| 50 | การแก้ปัญหาการสั่งซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหลายช่วงเวลา โดยวิธีวิธีวิฤตติศาสตร์ ทศพร อติเศรษฐพงศ์ และ สวัสดิ์ ภาละราช | 50 |
| 51 | การสร้างแบบจำลองกลไกการทำงานของโซ่อุปทานด้วยแผนภูมิวงรอบเหตุและผล กรณีศึกษา โซ่อุปทานยางพาราภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ธนภณ เจียรณีย์ ศิริศักย เทพจิต และ วิทยา สุหนฤตดำรง | 51 |
| 52 | การศึกษาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของห้างสรรพสินค้าประเภทห้างสรรพสินค้า เขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ธีระยุทธ แสนแก้ว และ เตือนใจ สมบุญณวิวัฒน์ | 52 |

Innovation Management, Industrial Technology Transfer

| | | |
|----|--|----|
| 53 | การศึกษารถไฟความเร็วสูงไฟฟ้าใต้ดิน สายเฉลิมรัชมงคลในช่วงเวลาเร่งด่วน ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เปรมชิวิน ไตรทิพย์ และ วุฒิชัย วงษ์ทัศน์เกียรติ | 53 |
| 54 | โปรแกรมศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการและวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน จักรา สายประสงศ์สิน และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ | 54 |
| 55 | การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยวิศวกรรมคัมไฮ กุศล พิมาพันธุ์ศรี | 55 |

Environmental Management

- 56 การสังเคราะห์วัสดุแลกเปลี่ยนประจุจากยางรถยนต์ที่ใช้แล้วโดยการใช้ปฏิกิริยาไมโครเวฟ 56
ภาณุวัตร มัทธิมินทร์ และ สุพิชชา รุ่งโรจน์นิมิตชัย
- 57 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต Wireless router modem โดยใช้เทคนิคการ 57
ประเมินวัฏจักรชีวิต
ฉัตรสรค์ เหมหาญ และ มณฑล ศาสนนันทน์

Materials, Production, CAD/CAM, Manufacturing Engineering

- 58 การศึกษาการตัดชิ้นงาน ซิลิคอนไนไตรต์ ด้วยวิธีการตัดร่องโดยใช้การอาร์คด้วยไฟฟ้า 58
คงสิน เชื้อสถิตวงศ์ และ อภิวัฒน์ มุตตามระ
- 59 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของงานฉีดพลาสติกโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม (CAE) 59
ปิยวัฒน์ วัชรวัฒนากุล อภิวัฒน์ มุตตามระ และ เสกสรร ไชยจิตต์
- 60 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตีกลับกับความเค้นในกระบวนการดัดโลหะแบบ Compression 60
โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์
อักรายุทธ พิเศษสุวานิช และ ศิริชัย ต๋อสกุล
- 61 การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแพคด้วยขวดน้ำดื่มพลาสติกเหลือใช้ 61
ปรีชา ช่างย่อ
- 62 การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำกับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ 62
ธนสาร อินทรกำธรชัย และ สุวัฒน์ จีระเกียรติ
- 63 Wood Composite from Highly Filled System of Palm Flour and Polybenzoxazine 63
Narongchai Khawphong and Sarawut Rimdusit

Maintenance Management

- 64 การลดหยุดชะงักของเครื่องจักรโดยประยุกต์ใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษาโรงงาน 64
ผลิตสบริง
ณัฐวีร์ วิจิตรกีรติกุล และ ดร.ยุทธชัย บรรเทงจิตร
- 65 การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือเพื่อลดเวลาสูญเสียในการผลิต กรณีศึกษา 65
โรงงานผลิตกระดาษ
พิเชษฐ์ แก้วไทรท้วม และ ประจวบ กล่อมจิตร
- 66 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์ : กรณีศึกษา หจก. เอ.พี.เค เอ็นจิเนียริง แอนด์ 66
ซัพพลาย
รัตนา ผูกน้อย และ ยุทธชัย บรรเทงจิตร

Mechatronics

- 67 ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตและการปรับเทียบสำหรับการหลีกเลี่ยงการชนของหุ่นยนต์ในการทดสอบ 67
ฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ
วีระชัย เวียงคำสา และ จรัมพร ธรรมมนตรี

| | | |
|----|---|----|
| 68 | การออกแบบชุดหีบจับและส่งผ่านชิ้นงานต้นแบบในเครื่องปั๊มโลหะ ขนาด 300 ตัน วสันต์ ธวัชสุวรรณ และ จรัมพร หรรษมนตร์ | 68 |
|----|---|----|

Others that Related to Industrial Engineering and Management

| | | |
|----|--|----|
| 69 | การประหยัดพลังงานในระบบอากาศอัดสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม มาโนช วงศ์ธนกุญชร และ กิรติ ชยะกุลศิริ | 69 |
| 70 | การศึกษาการลดของเสียซึ่งเกิดจากการตัดแยกงานเกินความจำเป็น ของกระบวนการตรวจสอบค่าทาง ไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ ศักดิ์สิทธิ์ สุดใจ และ มณฑล ศาสนนันท์ | 70 |
| 71 | การอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม สุลักษณ์ เอื้อจิตร และ อัศวินันท์ คิณสม | 71 |
| 72 | การพัฒนาบุคลากร บนพื้นฐานสมรรถนะ (Competency) กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร เกษร พักเย็นใจ และ ธราธร กุลภัทรนิรันดร์ | 72 |
| 73 | พัฒนาวิธีการออกแบบเพื่อจัดกลุ่มชิ้นส่วนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน จิณกมล ลุยจันทร์ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง | 73 |
| 74 | การบริหารประสบการณ์เพื่อสร้างพฤติกรรมความจงรักภักดีของลูกค้า กรณีศึกษา ซูเปอร์เซ็นเตอร์ ในประเทศไทย ทรงศักดิ์ วิจัยธรรมฤทธิ์ และ ดร.ธีระ เตชะมณีสถิตย์ | 74 |
| 75 | การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ เพื่อสร้างคุณค่าตราสินค้า ณัฐกาญจน์ สุวรรณธारा และ ธีระ เตชะมณีสถิตย์ | 75 |
| 76 | การพัฒนาโปรแกรมคำนวณต้นทุนการผลิตและราคาขายสำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ สาโรช เวโรจน์ นิธิ อรรถิ วุฒินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ ชาญเดช หุอนันต์ อัมพร ไพริโย และ ธีรเดช วุฒิพรพันธ์ | 76 |
| 77 | การพัฒนาเครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติด้วยวิธีการวิเคราะห์จำแนกประเภท สายัณห์ เจนวิทีสุข และ จิรศิริพงษ์ เจริญภักดิ์วารักษ์ | 77 |
| 78 | การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการมีผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศไทย : กรณีศึกษา ชิ้นส่วนรถยนต์ สรายุทธ ใหม่อ่อง และ จิรวัฒน์ ธีระวราพฤษ | 78 |
| 79 | กรณีศึกษาการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสถานศึกษาด้วยโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร ยุทธจักร หินทอง และ ชาญณรงค์ อัศวเทศานุกภาพ | 79 |
| 80 | การสร้างภาพลักษณ์องค์กร ศศิธร จัณพันธ์ และ ธีระ เตชะมณีสถิตย์ | 80 |
| 81 | การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำการเกษตร แบบปรับความยาวได้ ชิตพงษ์ ชินสันติ และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ | 81 |

| | | |
|----|---|----|
| 82 | การประยุกต์ใช้การจัดการความรู้ : กรณีศึกษา นันทวรรณ ตั้งวรการพานิช และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์ | 82 |
| 83 | ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์สินเชื่อบริษัทในภาคอุตสาหกรรม ฐิติพร ลวดทอง และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์ | 83 |
| 84 | การพัฒนากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจของสายการบินต้นทุนต่ำ ธิดารัตน์ สืบสง่า และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ | 84 |
| 85 | การศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดตั้งกระบวนการชุบด้วยไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ทรานซิสเตอร์ เชิดพงษ์ บุญส่ง และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์ | 85 |
| 86 | การพัฒนาโปรแกรมการจัดการสินค้าคงคลังและพยากรณ์การสั่งซื้อสารเคมี สำหรับกระบวนการผลิต อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ นิธิกุล แซ่โล่ นิธิ อัดถิ วุฒินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ ชาญเดช หรูอนันต์ อัมพร โพธิ์ไธ และ ธีรเดช วุฒิพรพันธ์ | 86 |
| 87 | การลดเวลาการทำงานของกระบวนการกรีดเส้นด้ายโดยพัฒนาเครื่องกรอเส้นด้าย พรเทพ แก้วเชื้อ วรินทร์ เกียรติคุณ อุซาวดี อินทร์คล้าย และ ดวงใจ ทาแก้ว | 87 |
| 88 | แนวทางการลดความสูญเสียของพัสดุ : กรณีศึกษา สายการบรรจุสุรา วสุ งามภักดิ์ และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์ | 88 |
| 89 | พัฒนาวิธีการในการติดตามผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบเพื่อรองรับการผลิต ตามความต้องการเฉพาะ นุจิรา โคตรหานาม และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง | 89 |
| 90 | การลดอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างของเกษตรกรผู้กรีดยางพาราในขั้นตอนการกรีดยาง ในตำบลไชยราช อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ บัณฑิตย์ ชูบัวทอง และ ยุทธชัย บรรเทงจิตร | 90 |
| 91 | จุดเหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ ยุทธนา สีนถาวร และ ยุทธชัย บรรเทงจิตร | 91 |
| 92 | การเทียบเคียงงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานสกอ์บอร์ดของกรมพลศึกษา ประพันธ์ ไพธองกูร | 92 |
| 93 | การประยุกต์เทคนิค Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) สำหรับจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสมในระบบมัลติคัน ฐิติพันธ์ คำอ้ายวัฒนา และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | 93 |
| 94 | ผลกระทบวัสดุแกนกลางโพสิทีฟริเทนโฝมต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุแกนวิช เอกชัย รอดพิสา และ ศิริชัย ต่อสกุล | 94 |

การศึกษาต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวัดดแปร

สุนิดา อัครวิสัยกุล¹ ธนิต พุทธิพงษ์ศิริพร² และ น้ำฝน ลำดับวงศ์³

^{1,2}ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร และ ³ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail: ¹sunimay@hotmail.com, ²thanitpu@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวัดดแปร เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียม จากการศึกษา พบว่า กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวัดดแปร ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การผลิตแป้งดแปร การผลิตเม็ดเรซิน และการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์โดยใช้กระบวนการฉีดเข้าเบ้า เมื่อจำแนกและคำนวณต้นทุน พบว่า ต้นทุนรวมในการผลิตประกอบไปด้วยค่าวัตถุดิบทางตรง คิดเป็น 45% ค่าแรงงานทางตรง คิดเป็น 14% และค่าไถ่ห่วยการผลิต คิดเป็น 41% และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างต้นทุนการผลิต พบว่า ต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวัดดแปรสูงกว่าต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียมชนิดโพลิโพรพิลีนถึง 2.60 เท่า โดยมีสัดส่วนค่าวัตถุดิบทางตรงและค่าไถ่ห่วยการผลิตที่สูงกว่า เนื่องจากกระบวนการผลิตที่ศึกษา ยังเป็นการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการและยังไม่ต่อเนื่อง ผลที่ได้จากการศึกษานี้ประกอบกับผลการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงจะช่วยให้ผู้ประกอบการ และหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้องเห็นถึงโอกาสและความเป็นไปได้ในการผลักดันให้เกิดการผลิตบรรจุภัณฑ์ด้วยวัสดุทดแทนในระดับอุตสาหกรรมเพื่อสร้างทางเลือกในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ ต้นทุนการผลิต, บรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพ, แป้งข้าวัดดแปร, กระบวนการฉีดเข้าเบ้า

การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสีย กรณีศึกษา โรงงานประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

จิรวรรณ คล้อยภยันต์ และ อานนท์ จิตรกร

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: Arnon.j@emerson.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้ประกอบการต้องสามารถผลิตสินค้าที่ดีและมีคุณภาพ และมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำเพื่อแข่งขันกับบริษัทอื่นๆ ทั้งในและนอกประเทศ หนึ่งในวิธีของการลดต้นทุนที่สามารถที่นิยมทำคือการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสีย ซึ่งนอกจากจะลดต้นทุนที่เกิดขึ้นได้แล้วยังส่งผลลูกค้าเกิดความมั่นใจในสินค้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นทางด้านการลดของเสียในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์ งานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคของเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง เพื่อเลือกลักษณะของเสียส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น แล้วนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงเพื่อหา ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อของเสียในกระบวนการผลิต จากนั้นดำเนินการแก้ไขปัญหาเพื่อลดอัตราของเสีย โดยการฝึกอบรมพนักงาน กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ ปรับปรุงฟีกเจอร์และวางแผนการบำรุงรักษา จากผลการวิจัยพบว่าสามารถทำให้อัตราของเสียลดลงจากร้อยละ 3.4 เป็น ร้อยละ 2.00 ตามเป้าหมายที่กำหนดได้

คำสำคัญ อัตราของเสีย, เครื่องมือคุณภาพ, อุปกรณ์คอนโทรลเลอร์

การพัฒนาโปรแกรมเพื่อการวางแผนความต้องการวัสดุ กรณีศึกษา : บริษัท บอสตัน เอ็นจิเนียริง จำกัด

ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร พิพัฒน์ รุจิระจินตตามณี

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กทม. 10160

E-mail: dr.ploypaitoon@gmail.com

บทคัดย่อ

การนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการวางแผนความต้องการวัสดุ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน มีรายการวัสดุจำนวนมาก จะช่วยให้การวางแผนความต้องการวัสดุมีความถูกต้องและรวดเร็วกว่าการคำนวณด้วยมือ ทำให้การเปลี่ยนแปลงแผนความต้องการวัสดุและแผนการผลิตทำได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น การทำการวิจัย เริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูล โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต เวลารานำในการสั่งซื้อ และส่งผลิต เพื่อนำมาเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการประมวลผล ผลการทดลองนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในโรงงาน ที่แต่เดิมใช้วิธีการประมาณความต้องการวัสดุโดยการพยากรณ์จากสถิติการใช้วัสดุ เมื่อมีการนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการวางแผนความต้องการวัสดุในโรงงาน ผลที่ได้พบว่าเปอร์เซ็นต์การขาดแคลนชิ้นส่วนของไส้กรองน้ำมันเครื่องลดลง 30% คิดเป็นจำนวนเงิน 1,791,200 บาท และเปอร์เซ็นต์การขาดแคลนชิ้นส่วนของไส้กรองอากาศลดลง 30.3% คิดเป็นจำนวนเงิน 178,500 บาท

คำสำคัญ การวางแผนความต้องการวัสดุ ไส้กรองอากาศ ไส้กรองน้ำมันเครื่อง

การศึกษาผลกระทบของความต้องการของลูกค้าและเวลานำที่ไม่แน่นอน ต่อปริมาณสต็อกปลอดภัย (Safety Stock)

วรวิมล หวังวัชรกุล¹ และ วิศรุต วงษ์สะอาด²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 10902

E-mail: fengwww@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของความต้องการของลูกค้าและเวลานำที่ไม่แน่นอนต่อปริมาณสต็อกปลอดภัย วิเคราะห์ถึงความคลาดเคลื่อนของการกำหนดค่าสต็อก ปลอดภัยโดยใช้การประมาณค่าการแจกแจงของความถี่ใน ช่วงเวลานำด้วยการแจกแจงปกติ (normal approximation) [3] ในกรณีที่ความต้องการและเวลานำ มีค่าไม่คงที่ จึงทำการศึกษาหาปัจจัยที่มีผลกระทบ ต่อสต็อกปลอดภัย และหาปัจจัยที่มีผลกระทบ ต่อความแม่นยำในการประมาณค่าดังกล่าว โดยวิธีการจำลองสถานการณ์ Monte-Carlo simulation โดยทำการทดลองที่การแจกแจงของความถี่ และเวลานำที่แตกต่างกันหลายรูปแบบ [2] เพื่อแสดงช่วงของ ระดับบริการลูกค้าที่ได้รับผลกระทบจากการประมาณค่า และแนวทางในการ กำหนดค่าเผื่อ คลาดเคลื่อนให้ ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อตอบสนอง ความต้องการ ของลูกค้าอย่างแม่นยำ อีกทั้งยังศึกษา วิธีการเลือกผู้ส่งมอบสินค้า ในกรณีที่ราคาสินค้า และช่วงเวลานำของผู้ส่งมอบ แตกต่างกัน เพื่อเลือกผู้ส่งมอบที่ทำให้ค่าใช้จ่าย ของสต็อกปลอดภัยต่ำสุด

คำสำคัญ สต็อกปลอดภัย, การประมาณค่า จากการแจกแจงปกติ, การเลือกผู้ส่งมอบ

การศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายรวมของระบบสินค้าคงคลัง

วรวิมล หวังวัชรกุล¹ และ ภาณุพงศ์ สุทธิหาระ²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 10902

E-mail: fengwww@ku.ac.th*

บทคัดย่อ

ในนโยบายสินค้าคงคลังแบบ (Q, r) การกำหนดปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อในระบบสินค้าคงคลัง ที่ทำให้ได้ต้นทุนรวมต่ำสุด ต้องใช้สมการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน จึงทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายรวมของสินค้าคงคลังภายในระบบ (Q, r) ด้วยการสร้างแบบจำลองของระบบสินค้าคงคลัง โดยใช้โปรแกรม ARENA เพื่อหา Q^* และ r^* ที่ดีที่สุด ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อใหม่ด้วยวิธีการต่างกันเพื่อวิเคราะห์ความไว (Sensitivity) รวมทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติด้วยการสร้างสมการผิวสะท้อน (Response Surface) ของค่าใช้จ่ายรวมและตัวแปรนำเข้าต่างๆ เพื่อใช้ในการหาค่า Q และ r ที่ดีที่สุดและใช้ในการประมาณค่าต้นทุนรวมนำผลที่ได้มาทำการ เปรียบเทียบค่าความแตกต่างว่าวิธีการใดใกล้เคียงกับจุดต่ำสุดของค่าใช้จ่ายรวมมากที่สุด

คำสำคัญ : ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด, จุดสั่งซื้อ, นโยบาย (Q, r) , สมการผิวสะท้อน

การประยุกต์ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลเพื่อกำหนดนโยบายการสั่งซื้อ และจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม กรณีศึกษา โรงงานผลิตเม็ดพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน

ฉัตรชัย เดิมสูง^{1*} วิชัย รุ่งเรืองอนันต์²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: chatchai.d@irpc.co.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหานโยบายการสั่งซื้อและกำหนดจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม ที่ใช้ในโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีกำหนดยุทธศาสตร์การสั่งซื้อสินค้าที่แน่นอนโดยเฉพาะสินค้าคงคลังประเภทโพลีโพรพิลีนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ส่งผลให้ต้นทุนรวมการจัดซื้อสินค้าคงคลังสูงถึง 19.6 ล้านบาทต่อปี ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล เพื่อหานโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ ABC เพื่อเลือกสินค้าคงคลังที่มีปริมาณสูงในกลุ่ม A ซึ่งได้โพลีโพรพิลีนทั้งหมด 3 ประเภท คือ โพลีโพรพิลีนชนิด Nikro#128 , Nikro#143 Nikro#158 และจากนั้นทำการหาข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าคงคลังและช่วงเวลานำในการสั่งซื้อสินค้าในอดีตของสินค้าแต่ละประเภทเพื่อสร้างเป็นตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลความต้องการ จากนั้นกำหนดความต้องการสินค้าคงคลังและช่วงเวลานำจากการกำหนดนโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อของสินค้าทั้ง 3 ชนิดได้ทั้งหมด 64 นโยบาย จากนั้นทำการทดลองสถานการณ์ตามนโยบายและจุดสั่งซื้อ เพื่อหานโยบายการสั่งซื้อใหม่ที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมการจัดการสินค้าคงคลังต่ำสุดตัวเลขสุ่ม โดยพบว่า ปริมาณการสั่งซื้อต่อครั้งและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมของสินค้าคงคลังต่ำสุด ประกอบด้วย การสั่งซื้อของโพลีโพรพิลีนชนิด Nikro #128 เท่ากับ 550 ชิ้นต่อครั้งและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมเท่ากับ 756 ชิ้นและ ปริมาณการสั่งซื้อของโพลีโพรพิลีนชนิด Nikro #143 เท่ากับ 950 ชิ้นต่อครั้งและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมเท่ากับ 1140 ชิ้นและปริมาณการสั่งซื้อของโพลีโพรพิลีนชนิด Nikro #158 เท่ากับ 900 ชิ้นต่อครั้งและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมเท่ากับ 756 ชิ้น พบว่า นโยบายการสั่งซื้อใหม่ที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมการจัดการซื้อสินค้าคงคลังต่ำสุด เป็นจำนวนเงิน 15.35 ล้านบาทต่อปี ภายใต้ข้อมูลต้นทุนรวมที่มีการกระจายตัวแบบปกติและจำนวนรอบในการทดลองที่เหมาะสม ซึ่งสามารถลดต้นทุนการสั่งซื้อรวมที่เกิดขึ้นจากนโยบายเดิมได้ 4,250,000 บาทต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 21.68 ต่อปี

คำสำคัญ การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล การจัดการสินค้าคงคลัง

เปรียบเทียบส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีกที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของ ลูกค้าผ่านช่องทางการค้าปลีกแบบหลายช่องทาง

ปาดนันทดา คงมั่น¹ ดร.ธีระ เตชะมณีสถิตย์²

¹ภาควิชาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

²ภาควิชาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

E-mail: Babie_katip@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ (1) ศึกษาส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีก ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้าผ่านช่องทางการค้าปลีกแบบหลายช่องทาง (multi-channel) (2) เปรียบเทียบส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านผลิตภัณฑ์ ราคา สถานที่การจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด และภาพลักษณ์องค์กร ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้าผ่านช่องทางหน้าร้าน (ร้านทีวี ไดเรค โคว์เคส) และช่องทางอื่นๆ (อินเทอร์เน็ต, ทีวี และโทรศัพท์) ระเบียบวิธีในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือแบบสอบถาม กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ ลูกค้าที่ซื้อสินค้าผ่านช่องทางต่างๆ ของบริษัท ทีวี ไดเรค จำกัด ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล วิธีการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการกำหนดสัดส่วน (quota sampling) ที่เท่ากันในแต่ละสาขา และจากนั้นจะเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบตามความสะดวก (convenience sampling) จนกระทั่งได้จำนวนตัวอย่างครบ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ผลการวิจัยพบว่า ช่องทางการขายแตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ในด้านผลิตภัณฑ์ ราคา และภาพลักษณ์องค์กรแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ และในด้านสถานที่การจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาดไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

คำสำคัญ ส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีก, ช่องทางการค้าปลีกแบบหลายช่องทาง, ร้านค้าปลีก

เครื่องมือตัดสินใจในการวางแผนการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรตามลำดับ ความสำคัญของงานเพื่อให้เวลาในระบบรวมต่ำสุด: กรณีศึกษา

นายรัฐไกร อธิธาภิชัย¹, นายันทพล จงวิไลเกษม² และบุษบา พุกษาพันธ์รัตน์³

^{1,2} TEP/TEPE, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต คลองหลวง ปทุมธานี 12120

³ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

คลองหลวง ปทุมธานี 12120

E-mail: min8822@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องมือสำหรับการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรที่เหมาะสมสำหรับแผนกฉีดพลาสติกของโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel ปัญหาหลัก คือ การจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากลำดับความสำคัญของงานที่แตกต่างกัน เครื่องจักรและเวลาการผลิตงานที่แตกต่างกันจึงทำให้การจัดสรรโดยผู้วางแผนมีความซับซ้อนและยุ่งยากผิดพลาดได้ง่ายและต้องใช้เวลาในการดำเนินงานมาก ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรที่ง่ายต่อการใช้งานและเหมาะสมสำหรับงานการจัดสรรงานสำหรับกรณีศึกษาขึ้นโดยเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนของการนำเข้าข้อมูล ส่วนดำเนินการ และส่วนแสดงผล งานที่มีการนำเข้าในระบบจะประกอบไปด้วย งานเร่ง งานค้าง และงานปัจจุบัน ส่วนดำเนินการจะวิเคราะห์งานตามลำดับความสำคัญของงานและจัดสรรงานที่ใช้เวลาดำเนินการต่ำสุด (shortest processing time) ก่อนโดยใช้ Solver ส่วนแสดงผลจะแสดงการจัดสรรงานแต่ละประเภทในวันนั้นๆ ตัวชี้วัดที่สำคัญในการเปรียบเทียบกับการจัดสรรในระบบเดิมที่เป็นแบบเข้าก่อนออกก่อน (First in first out) คือ เวลารวมในระบบ จำนวนครั้งของการติดตั้ง ความผิดพลาด และเวลาในการจัดสรรงาน โดยทำการเปรียบเทียบเป็น 4 กรณี คือ จากข้อมูลการจัดสรรจริงในปัจจุบัน การจัดสรรในกรณีที่งานมีน้อยกว่า เท่ากับ และมากกว่ากำลังการผลิต โดยผลที่ได้พบว่า เวลารวมในระบบ จำนวนครั้งของการติดตั้ง ความผิดพลาด และเวลาในการจัดสรรงานลดลงในทุกกรณี ซึ่งเครื่องมือสำหรับตัดสินใจนี้สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตในกับแผนกพลาสติกได้

คำสำคัญ การจัดสรรงานในแก่เครื่องจักร (job loading), เครื่องมือตัดสินใจ, ลำดับความสำคัญของงาน, เวลารวมในระบบต่ำสุด

การประยุกต์ใช้เทคนิค ABC และ การพยากรณ์แบบ MAPE ในการวางแผน การผลิตชิ้นงานแบบผสม (mixed model)

ชาญชัย วลัยสุต ผศ.ดร.สุขสันต์ พรหมบุญพงศ์ และ นิกร อุไรรัตน์

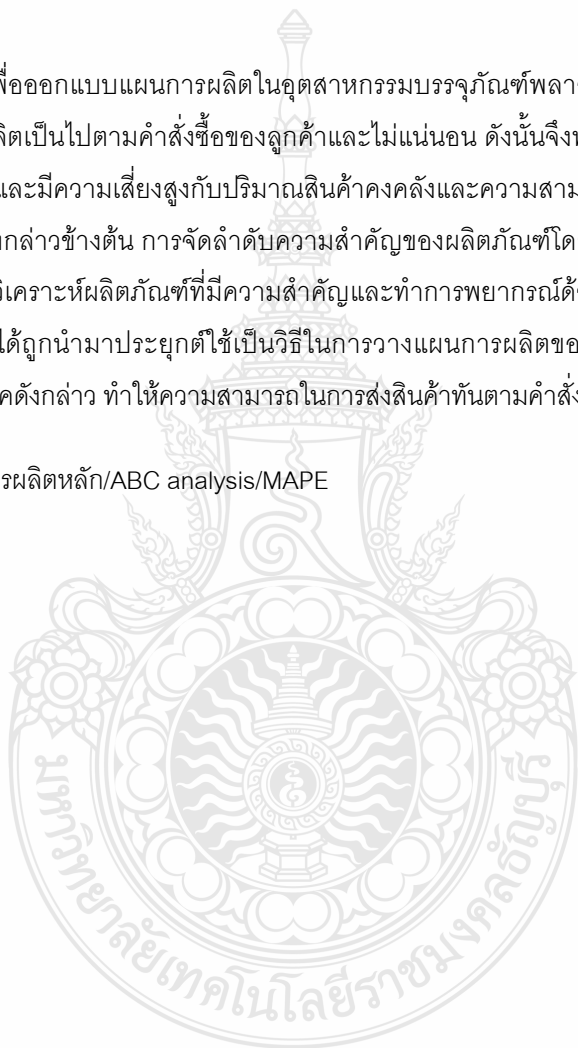
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Email: c_vanlisuta@yahoo.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบแผนการผลิตในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่มีการผลิตหลายรูปแบบ (mixed model) และจำนวนผลิตเป็นไปตามคำสั่งซื้อของลูกค้าและไม่แน่นอน ดังนั้นจึงทำให้การวางแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์ในแต่ละรุ่นทำได้ยากและมีความเสี่ยงสูงกับปริมาณสินค้าคงคลังและความสามารถในการส่งสินค้าให้ทันตามกำหนดของลูกค้า จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น การจัดลำดับความสำคัญของผลิตภัณฑ์โดยหลักการ ABC analysis และการจำแนกลักษณะอุปสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญและทำการพยากรณ์ด้วยวิธีต่างๆ และนำมาคัดเลือกด้วยค่าเฉลี่ย(MAPE)ต่ำสุด ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นวิธีในการวางแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์เหล่านั้น จากการศึกษาวิจัยพบว่าจากการใช้เทคนิคดังกล่าว ทำให้ความสามารถในการส่งสินค้าทันตามคำสั่งซื้อเพิ่มขึ้นอีก 19.2%

คำสำคัญ : การกำหนดตารางการผลิตหลัก/ABC analysis/MAPE



การประยุกต์เทคนิคการสร้างสดมภ์สำหรับปัญหาการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติ กรณีศึกษา โรงงานผลิตโปรไฟล์อลูมิเนียม

อภิชาติ แสงทอง¹ และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

E-mail : eaw_7@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหารูปแบบการตัดที่เหมาะสม เพื่อลดปริมาณการใช้อลูมิเนียมแท่ง (Aluminum Billet) ความยาวมาตรฐาน และลดปริมาณเศษอลูมิเนียมขนาดที่ไม่ต้องการ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการตัดอลูมิเนียมแท่งของโรงงานผลิตโปรไฟล์อลูมิเนียม เนื่องจากในปัจจุบันการกำหนดรูปแบบการตัดอลูมิเนียมแท่งของโรงงานจะใช้การตัดด้วยความยาวขนาดย่อยเท่ากันตลอดทั้งแท่ง จึงทำให้มีการใช้ปริมาณอลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานมากเกินไปจนเกิดความจำเป็นและเกิดการสูญเสียจากการเหลือเศษอลูมิเนียมขนาดที่ไม่ต้องการเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้โรงงานต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้ออลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐาน ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บอลูมิเนียมแท่ง และค่าใช้จ่ายในการกำจัดเศษอลูมิเนียมเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation Technique) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติมาใช้ในการสร้างรูปแบบการตัดอลูมิเนียมแท่งให้สอดคล้องกับเงื่อนไข ในขั้นตอนการตัดอลูมิเนียมแท่งของโรงงาน หลังจากที่ได้รูปแบบการตัดที่เหมาะสมและนำมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการตัดอลูมิเนียมแท่งของโรงงานกรณีศึกษา พบว่าสามารถลดปริมาณการใช้อลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานลงได้ ทำให้เกิดการใช้อลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานได้อย่างคุ้มค่า และยังช่วยลดปริมาณเศษอลูมิเนียมจากขั้นตอนการตัดอลูมิเนียมแท่งได้อีกด้วย

คำสำคัญ ปัญหาการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติ, เทคนิคการสร้างสดมภ์, อลูมิเนียมแท่ง

การจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษาสายการผลิตแขนจับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

จุฑามาศ ไทบุรินทร์* และ บุษบา พุกษาพันธุ์รัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์วิจัยดีดีคลองหลวง ปทุมธานี 12120

E-mail: juthamard_th@hotmail.com*

บทคัดย่อ

จากการเติบโตที่รวดเร็วของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง ทำให้บริษัทที่เป็นกรณีศึกษาซึ่งเป็นผู้ผลิตแขนจับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รายใหญ่รายหนึ่งมีการขยายตัวมากขึ้น เนื่องจากมีคำสั่งซื้อจากลูกค้าเพิ่มขึ้น ตามความต้องการของตลาดที่มีแนวโน้มสูงขึ้น บริษัทจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบการผลิต พร้อมทั้งจัดการสายการผลิตให้มีความสมดุลเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการผลิตสูงสุด แต่เนื่องจากการจัดระบบกระบวนการผลิตในปัจจุบัน ยังไม่เหมาะสม จึงทำให้เกิดงานค้างคั่งสะสมในกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งมากขึ้นไป และการจัดสรรงานให้แก่พนักงานยังไม่เหมาะสมทำให้การใช้ประโยชน์ของพนักงานโดยรวมน้อย การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่อยู่ในกระบวนการผลิตและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อวัดประสิทธิภาพโดยไม่จำเป็นต้องดำเนินการกับสายการผลิตจริง จัดสมดุลสายการผลิต และสร้างแบบจำลองภายหลังการปรับปรุง เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นค้างคั่งระหว่างการผลิตในแต่ละกระบวนการให้น้อยที่สุด ซึ่งสามารถวัดค่าจากการวัดผลเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงได้ โดยผลการศึกษาคือ สามารถลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในสายการผลิตลงได้ 18.75%, เพิ่มอัตราการผลิต (Productivity) 107.69%, เพิ่มอรรถประโยชน์ (Utilization) โดยเฉลี่ยของพนักงาน 29.01% และเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิต (Efficiency) 29.01% โดยเทียบกับปริมาณผลผลิตที่เท่ากัน

คำสำคัญ การจัดสมดุลสายการผลิต, การเพิ่มประสิทธิภาพ, จัดระบบกระบวนการผลิต, แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

การใช้ระบบคัมบังในการแก้ปัญหาการขนถ่าย ในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

วัฒน์ชาติ ศิริรักษ์¹, สวัสดิ์ ศรีเจริญ², เจริญ สุนทรวาณิช³

¹บริษัท เวสเทิร์นดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด

²วิศวกร Productivity Center โรงพยาบาลบางปะกอก9

³ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถ.ประชาธิปไตย บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

E-mail: charoen.soon@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการรายงานผลการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับผู้ผลิต โดยเริ่มต้นจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีเวลานำที่แน่นอน โดยนำระบบคัมบังมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นเครื่องมือสื่อสารที่ใช้ในการส่งสัญญาณ สำหรับการเติมชิ้นงานระหว่างแผนก โดยได้เลือกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว ความจุ 160GB 250GB 320GB เป็นชิ้นงานกรณีศึกษา โดยเริ่มศึกษาตั้งแต่แผนกประกอบ PCBA มายังสถานที่พักชิ้นงาน (Supermarket) ซึ่งจากการเก็บข้อมูลพบว่า ปัญหาที่ควรนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนคือ เวลาระหว่างการมาของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่รอการทดสอบบริเวณหน้าเครื่องทดสอบมีปริมาณไม่สอดคล้องกับความต้องการ โดยหลังจากที่นำระบบคัมบังมาประยุกต์ใช้ผลที่เกิดขึ้นคือสามารถทำให้เวลานำที่ใช้ในการเติมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จากเดิมที่ไม่แน่นอน กลายเป็นแบบมีเวลานำที่แน่นอนและสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าคือ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว ความจุ 160GB 250GB 320GB มีเวลานำในการเติมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เท่ากับ 0.40 วัน 0.46 วัน และ 0.80 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ เวลานำในการเติมชิ้นงาน, ความสูญเสียเปล่า, คัมบัง, ชิ้นงานระหว่างกระบวนการทดสอบ, กระดานคัมบัง

การพัฒนาวิธีการสร้างลำดับการผลิตด้วยเมตริกซ์ เพื่อการผลิตสินค้าที่สามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของลูกค้า

ณัฐดล รอบคอบ¹ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

E-mail : natthadon.r@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นศึกษาและพัฒนาวิธีการวางแผนการผลิตเพื่อรองรับต่องานดัดแปลงสินค้ามาตรฐานเพื่อตอบสนองตามความต้องการเฉพาะของลูกค้าแต่ละราย โดยเริ่มจากการรวบรวมและจัดกลุ่มรูปแบบความต้องการของลูกค้า วิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์โดยแบ่งออกเป็นโครงสร้างหน้าที่ (Functional Structure) และโครงสร้างของชิ้นส่วนประกอบ (Component Structure) เพื่อให้ทราบถึงหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ จากนั้นทำการกำหนดความสัมพันธ์ของแต่ละชิ้นส่วนประกอบในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Dependencies Structure Matrix: DSM) เพื่อนำไปสู่การจัดลำดับการผลิต/ประกอบด้วยวิธี Partitioning รวมถึงประยุกต์เมตริกซ์ความสัมพันธ์ในการกำหนด time factor และคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรม เพื่อใช้ในการประมวลผลการจัดลำดับการผลิตและแสดงผลในรูปแบบของ Gantt Chart ด้วยโปรแกรม Microsoft Project เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประมาณการเวลาการผลิต ซึ่งสามารถช่วยในการจัดลำดับการผลิตได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ เมตริกซ์ความสัมพันธ์, โครงสร้างผลิตภัณฑ์, การวางแผนการผลิต, time factor

Assembly Line Balancing by Using Genetic Algorithm: A Case Study of Electrical Appliance Factories

Rati Wongsathan¹ and Budtree Limvanich²

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, North-Chiang Mai University

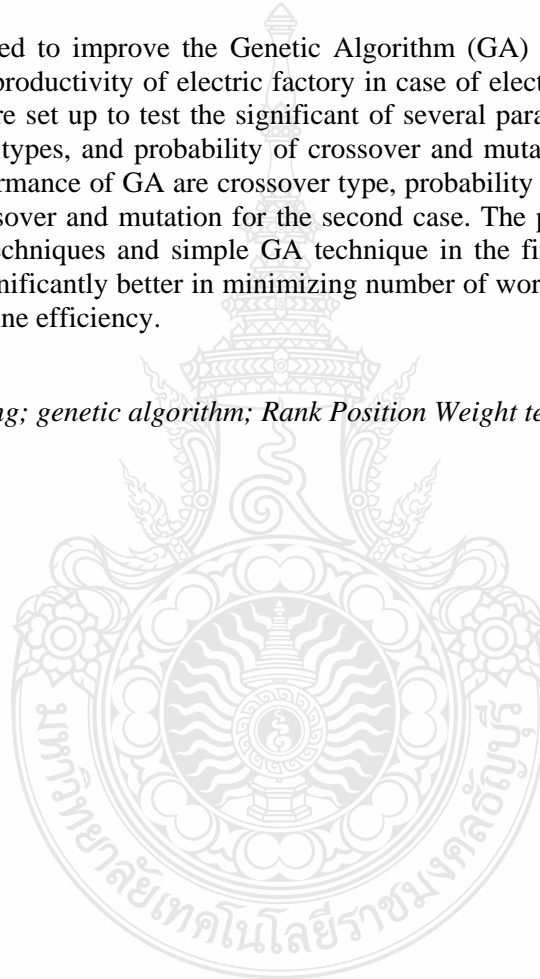
²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, North-Chiang Mai University

169 Moo 3 Hang Dong Rd, Hang Dong Chiang Mai 50230, Thailand

rati1003@gmail.com, chaiporn@northcm.ac.th

Abstract—This research was aimed to improve the Genetic Algorithm (GA) for single model Assembly Line Balancing (ALB) to increase the productivity of electric factory in case of electric rice cooker and electric kettle factory. Experimental designs were set up to test the significant of several parameters of GA including problem sizes, population sizes, crossover types, and probability of crossover and mutation. The results showed that the significant factors affect the performance of GA are crossover type, probability of crossover and mutation for the first case, and probability of crossover and mutation for the second case. The performance comparison between the proposed GA and heuristic techniques and simple GA technique in the first and second case respectively, shows that GA gives performs significantly better in minimizing number of workstations, work load variance and total idle time and increasing the line efficiency.

Keywords-Assembly Line Balancing; genetic algorithm; Rank Position Weight technique, COMSOAL



การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการจัดทำ ใบเสนอราคา : กรณีศึกษาเครื่องผสมเม็ดพลาสติก

กวินวัชร ฐิตินนท์วรโชติ* และ กุศล พิมาพันธุ์ศรี

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: kawinwach@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างมาก หลายบริษัทต้องพึ่งพิงเทคโนโลยีเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการดำเนินงาน งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบการจัดทำใบเสนอราคาของบริษัทตัวแทนจำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องผสมเม็ดพลาสติกกรณีศึกษาแห่งหนึ่ง จากศึกษาระบบงานเดิมพบว่า การจัดทำใบเสนอราคาใช้เวลาโดยเฉลี่ย 2 ชั่วโมงต่อ 1 ใบเสนอราคา เนื่องจากการเลือกเครื่องผสมเม็ดพลาสติกที่เหมาะสมกับความต้องการมีความซับซ้อนและต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการตัดสินใจเลือก และบริษัทกรณีศึกษาขาดระบบการสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีข้อจำกัดในการปฏิบัติงานนอกสถานที่ของพนักงานขาย ที่ต้องนำข้อมูลส่งกลับมาให้ผู้เชี่ยวชาญตัดสินใจจึงสามารถนำเสนอราคาได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอระบบสนับสนุนการตัดสินใจบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการจัดทำใบเสนอราคา โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมภาษาพีเอชพี (PHP) ในการพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานผ่านทางคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) และประยุกต์ใช้โปรแกรมมายเอสคิวแอล (MySQL) ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูล ผลจากงานวิจัย ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นสามารถลดระยะเวลาการจัดทำเอกสารใบเสนอราคาโดยเฉลี่ยเหลือเพียง 3 นาทีต่อการเสนอราคาหนึ่งครั้งและจะช่วยให้ผู้ใช้งานทั่วไปที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญสามารถจัดทำใบเสนอราคาได้

คำสำคัญ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การจัดทำใบเสนอราคา เครื่องผสมเม็ดพลาสติก

การลดเวลาสูญเสียของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ภัทวดี เต็มสุวรรณพานิช¹, ดร.อรรถกร เก่งพล²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จ.กรุงเทพฯ 10800

²รองศาสตราจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จ.กรุงเทพฯ 10800

E-mail: phattawadee.t@gmail.com

บทคัดย่อ

สภาพการทำงานของเครื่องจักรสำหรับทดสอบหัวอ่านเขียนสำเร็จที่ผลิตในสายการผลิต พบว่า ปัญหาเครื่องจักรขัดข้องขณะทำการทดสอบหัวอ่านเขียนสำเร็จเกิดจากหลากหลายปัญหาและสาเหตุที่แตกต่างกันทำให้เกิดเวลาหยุดทำงานของเครื่องจักรสูง เป้าหมายของการวิจัย คือ ศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลต่อการเกิดข้อผิดพลาดที่เครื่องทดสอบหัวอ่านเขียนสำเร็จ โดยนำหลักการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกมาใช้ในการพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของเครื่องจักรเสียหายกับการเกิดข้อผิดพลาดที่เครื่องทดสอบหัวอ่านเขียนสำเร็จ โดยผลลัพธ์จากการวิเคราะห์พบว่าสาเหตุที่เกิดจากหัวต่อ 6 หัว ตำแหน่งการวางหัวอ่าน ตำแหน่งตัวบังคับหัวอ่าน แผ่นบันทึกข้อมูล วงจรขยาย และแกน X, Y มีความสัมพันธ์กับการเกิดข้อผิดพลาดที่เครื่องทดสอบหัวอ่านเขียนสำเร็จอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นทำการวิเคราะห์ช่วงเวลาความเสียหาย เพื่อใช้จัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยวิธีการลดเปอร์เซ็นต์ของการหยุดเครื่องจักร หลังจากที่ได้นำระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันมาใช้งานในโรงงานกรณีศึกษา พบว่า ค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องทดสอบหัวอ่านเขียนสำเร็จเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 87.92% นอกจากนี้ยังมีจำนวนความถี่ในการเกิดความเสียหายลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 42.87% และจำนวนเวลาที่เกิดความเสียหายลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 56.69%

คำสำคัญ การถดถอยโลจิสติก ค่าเฉลี่ยระหว่างความเสียหาย การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนเพื่อลดรอบเวลาการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานปัมป์ขึ้นรูปโลหะแผ่น

ปราการรัตน์ ชันธทัต¹ วิกานันท์ เตียประเสริฐ¹ และมานพ ศรีตุลย์โชติ²

¹สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล นครราชสีมา

²สมาคมส่งเสริมคุณภาพแห่งประเทศไทย

¹E-mail; paka_nan010@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดรอบเวลาการผลิตขึ้นส่วนปัมป์ขึ้นรูปโลหะแผ่นและจัดขั้นตอนความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตด้วยแนวคิดระบบการผลิตแบบลีน ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาประสบปัญหาห้วงเวลาการผลิตมากกว่า Takt Time 2.21 วินาที ส่งผลให้ไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการของลูกค้า โดยเฉพาะสายการผลิตปัมป์ขึ้นรูปโลหะแผ่น คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปัญหาจากแผนภูมิสายธารคุณค่า แผนภูมิการไหลของวัสดุและข้อมูล พบว่ากระบวนการผลิตมีลำดับการผลิต สถานที่ปฏิบัติงานและเครื่องมือช่วยการผลิตไม่เหมาะสม จึงประยุกต์ใช้แนวคิดระบบการผลิตแบบลีนโดยใช้เครื่องมือ 3 อย่าง คือ การจัดลำดับงานหรือรวมงานย่อยเข้าด้วยกัน การสร้างมาตรฐานการผลิตใหม่ และการใช้ระบบการผลิตแบบดึง ผลการประยุกต์ใช้พบว่า สามารถลดรอบเวลาการผลิตได้ 3.28 วินาที หรือลดลงร้อยละ 32.38 และลดเวลานำรวมของสายธารคุณค่าได้ 6.65 วัน หรือลดลงร้อยละ 75.57 นอกจากนี้ยังสามารถลดเวลาการรอคอยในกระบวนการได้ 51.5 ชั่วโมง

คำสำคัญ แนวคิดการผลิตแบบลีน, การปรับปรุงการผลิต, กระบวนการปัมป์ขึ้นรูปโลหะ

ซิกซ์ ซิกมา วิธีการปรับปรุงกระบวนการที่มีประสิทธิภาพ สำหรับอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทย

กฤษฎา อัสวรุ่งแสงกุล

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

E-mail: Krisadaa@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตและส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รายใหญ่ที่สุดในโลก และอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นอุตสาหกรรมที่ได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐ ผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำเป็นต้องมีการออกแบบและควบคุมการผลิตขึ้นส่วนประกอบทุกชิ้นให้มีความผันแปรต่ำ เนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการทำงานที่ค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้นการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องจึงได้รับความสนใจอย่างมากในกลุ่มอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยมีการนำซิกซ์ ซิกมา ซึ่งเป็นวิธีการปรับปรุงกระบวนการที่มีการกำหนดขั้นตอนในการดำเนินการอย่างชัดเจน 5 ขั้นตอนคือ (1) การระบุปัญหา (Define) (2) การวัดสภาพปัญหา (Measure) (3) การวิเคราะห์หาสาเหตุ (Analyze) (4) การปรับปรุง (Improve) และ (5) การควบคุม (Control) กระบวนการแก้ปัญหาแบบซิกซ์ ซิกมาจะสามารถทำให้เกิดการลดความผันแปรของกระบวนการ และเพิ่มศักยภาพในการควบคุมกระบวนการให้เข้าสู่ค่าเป้าหมาย โดยจะมุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่มีผลกระทบต่อลูกค้าและต้นทุนการผลิต ซึ่งบทความวิชาการนี้จะแสดงถึงขั้นตอนต่างๆของกระบวนการแก้ปัญหาแบบซิกซ์ ซิกมาในโรงงานผลิตแขนจับยึดหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตลดลง เนื่องมาจากสามารถลดผลิตภัณฑ์บกพร่องได้เป็นจำนวนมาก

คำสำคัญ ซิกซ์ ซิกมา การปรับปรุงกระบวนการ อุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทย

การลดเวลาดำเนินการข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อ : กรณีศึกษาโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น

ประยูทธ ชื่นอุดม¹ และ ยุทธชัย บรรเทิงจิตร²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

E-mail: prayootc@yahoo.co.th¹ ytc@kmutnb.ac.th²

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อลดเวลาในการค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อ ซึ่งในปัจจุบันต้องใช้เวลาค้นหาข้อมูลเฉลี่ยอยู่ที่ 1 ชั่วโมง 32 นาทีต่องาน หรือ 20% ของเวลางานต่อวัน (จากการเก็บข้อมูล 10 งาน) เนื่องจากข้อมูลถูกเก็บอยู่ในรูปแบบของเอกสารซึ่งมีจำนวนมากซึ่งยากในการค้นหา จึงนำระบบฐานข้อมูลเข้ามาช่วย โดยเลือกใช้โปรแกรม MySQL เนื่องจากเป็นระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่ทำงานกับตารางข้อมูลหลายๆ ตารางพร้อมกันได้ ฐานข้อมูลที่จัดทำขึ้นมีระบบท่อ 15 ระบบ และมีขนาดข้อมูล 3.74 MB จากการใช้งานระบบฐานข้อมูลที่จัดทำขึ้นช่วยในการค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อจำนวน 10 งาน สรุปได้ว่าใช้เวลาค้นหาเฉลี่ย 15 นาทีต่องาน ลดลง 77 นาที หรือลดลง 83.7 % ใน 1 ปี โรงงานนี้ออกแบบระบบท่อเฉลี่ยปีละ 173 งาน จึงสามารถลดเวลาได้ 222 ชั่วโมง หรือลดค่าแรงในการออกแบบลงได้ปีละ 107,670 บาท

คำสำคัญ ระบบฐานข้อมูล การลดเวลา โพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น

แบบจำลองสินค้าคงคลังของพัสดุระบายอากาศสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง

รุ่งรัตน์ ภิรัชเพ็ญ¹ และ นันทินี บุญมี²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สาขาการจัดการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

E-mail: fengros@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทพัสดุระบายอากาศสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างโดยคัดเลือกผลิตภัณฑ์หลักมาทำการศึกษา 5 รุ่นซึ่งแต่ละรุ่นมีช่วงเวลานำของสินค้าไม่แน่นอนและมีเวลานำส่งนาน ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการคัดเลือกเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมจาก 4 วิธี คือ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียล, วิธีปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้ง และวิธีวินเตอร์ เพื่อนำค่าที่ได้จากการพยากรณ์ไปใช้ในการวางแผนกำหนดนโยบายการสั่งซื้อใหม่ ด้วยการสร้างแบบจำลองสินค้าคงคลังภายใต้อุปสงค์ที่ไม่แน่นอน ซึ่งมี 3 นโยบาย คือ 1. กำหนดเวลาการสั่งซื้อคงที่ 2 ครั้งต่อเดือน 2. ไม่กำหนดเวลาการสั่งซื้อจนกว่าระดับสินค้าคงคลังต่ำกว่าระดับสินค้าคงคลังปลอดภัย และ 3. มีการสั่งสินค้าทุกเดือนและไม่กำหนดเวลาการสั่งซื้อแต่กำหนดระดับสินค้าคงคลังปลอดภัยในแต่ละเดือน เพื่อกำหนดเป็นนโยบายการสั่งซื้อใหม่ที่เหมาะสมกับสินค้าแต่ละรุ่นโดยมีต้นทุนรวมต่ำที่สุด จากผลการทดลองพบว่า การกำหนดนโยบายการสั่งซื้อใหม่สามารถลดต้นทุนสินค้าคงคลังรวมของทางบริษัทลงได้ประมาณ 18.5%

คำสำคัญ : การจำลองสถานการณ์ การพยากรณ์ สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย

การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการสถาบันโรคทรวงอก

รุ่งรัตน์ ภิษฐ์เพ็ญ¹ และ พิศุทธิ์ ปัญญวัฒน์กุล²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

E-mail: fengros@ku.ac.th

บทคัดย่อ

สถาบันโรคทรวงอกเป็นโรงพยาบาลเฉพาะโรคที่รักษาเกี่ยวกับโรคปอดที่มีชื่อเสียงและได้รับความน่าเชื่อถือ จึงมีผู้ป่วยเข้ามารับการรักษาเป็นจำนวนมาก ซึ่งปัญหาที่พบในปัจจุบัน คือ ผู้ป่วยใช้เวลารอคอยเพื่อเข้ารับการรักษาเป็นเวลานาน ซึ่งแผนกโรคปอดของสถาบันโรคทรวงอกมีผู้ป่วยเข้ามาใช้บริการเฉลี่ย 100 คน/วัน มีห้องตรวจ 3 ห้อง เนื่องจากผู้ป่วยมีจำนวนมากแต่จำนวนห้องตรวจและจำนวนแพทย์มีอย่างจำกัดจึงทำให้เกิดปัญหาดังกล่าวขึ้น ดังนั้น เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและปัญหาของระบบ ผู้วิจัยจึงใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena เป็นเครื่องมือในศึกษาระบบและวิเคราะห์ระบบเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์พบว่าจุดคอขวดของระบบ คือ เวลาที่ใช้รอคอยหน้าห้องตรวจก่อนเข้าพบแพทย์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงระบบด้วยวิธีการปรับปรุงระบบแถวคอยและการปรับปรุงระบบการจัดตารางการออกตรวจของแพทย์ใหม่ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า แนวทางการจัดตารางการออกตรวจของแพทย์ขึ้นมาใหม่และปรับเปลี่ยนระบบแถวคอยจาก 3 คิว ให้เหลือเพียง 1 คิวนั้น จะส่งผลให้เวลารอคอยในระบบโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยทุกประเภทลดลงจาก 167.93 ± 23.23 นาที/คน เหลือเพียง 115.68 ± 13.12 นาที/คน ซึ่งลดลงคิดเป็น 31.11% โดยที่การปรับปรุงนี้ไม่ต้องทำการเพิ่มทรัพยากรเข้ามาในระบบ เพียงแค่ปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานบางอย่าง ทำให้ไม่เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบได้ทำให้ผู้ป่วยที่เข้ามาใช้บริการเกิดความพึงพอใจมากขึ้น

คำสำคัญ: การจำลองสถานการณ์ ระบบแถวคอย

การปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการศูนย์ซ่อมบำรุงรถยนต์ ด้วยการจำลองสถานการณ์

รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ¹ และ รวีวรรณ ใจศิริ²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

E-mail: fengros@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์ บริษัท โตโยต้า วรจักรยนต์ (พหุโยธิน) ตั้งขึ้นเพื่อการดำเนินงานเกี่ยวกับการให้บริการซ่อมบำรุงรถยนต์ ซึ่งลูกค้าที่มาใช้บริการจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ช่วงวัน และเวลาในแต่ละวัน ดังนั้น บางช่วงเวลาทำให้มีลูกค้ามาใช้บริการมากทำให้เกิดการรอคอยที่ยาวนาน โดยเฉพาะในหน่วยงานเช็คระยะเป็นหน่วยงานที่ถูกใช้บริการมากที่สุด ทำให้เกิดการรอคอยที่ยาวนานและเกิดการทํางานล่วงเวลาขึ้นบ่อยครั้ง จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงหาแนวทางในการปรับปรุงระบบเพื่อให้ระบบสามารถบริการลูกค้าได้รวดเร็วขึ้น และเพื่อลดเวลาในการทำงานล่วงเวลา โดยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบภายใต้ความไม่แน่นอนของเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุง และความไม่แน่นอนของการมาถึงของลูกค้า ซึ่งจากการศึกษารูปแบบของระบบในศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์นั้นพบว่า เป็นระบบแถวคอยเดี่ยว หลายช่องให้บริการ แต่การรอคอยเกิดขึ้นเนื่องจากจำนวนช่องให้บริการในแต่ละช่วงเวลานั้นยังไม่เหมาะสม ซึ่งจากปกติที่มี 4 ช่องให้บริการและมีการทํางานล่วงเวลาเกิดขึ้น โดยหลังจากปรับเปลี่ยนตารางการทํางานของพนักงานในช่องให้บริการเพื่อสอดคล้องกับจำนวนผู้มาใช้บริการแล้ว มีผลทำให้เวลาในการทำงานลดลง และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาลงได้อีกด้วย

คำสำคัญ : การจำลองสถานการณ์ ระบบแถวคอย

การวิเคราะห์หาปริมาณจักรยานและกำหนดจุดจอตจรจักรยานที่เหมาะสม โครงการจักรยานวิทยาเขตสี่เขี้ยว

วรวิมล หวังวัชรกุล¹ และ จินตพันธ์ หาญเม่ง²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: fengwww@ku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการจักรยานวิทยาเขตสี่เขี้ยวได้เปิดให้บริการ ตั้งแต่วันที่สิงหาคม 2552 จากการสำรวจ พบว่า มีรถจักรยานปริมาณมากที่จอดอยู่ตามจุดจอดต่างๆ โดยไม่ได้ใช้งาน ทำให้เสียค่าใช้จ่ายและความสูญเสีย จึงได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และกำหนดรูปแบบการยืมคืน เพื่อให้เกิดความคล่องตัวในการใช้งาน และวิเคราะห์จำนวนตำแหน่งของจุดจอตจรจักรยานที่เหมาะสม และเพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้บริการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน ของรถจักรยาน โดยทำการเก็บตัวอย่างแบบสอบถาม ความคิดเห็นจาก นิสิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ศึกษาารูปแบบการยืมคืนรถจักรยานในปัจจุบัน วิเคราะห์หาจำนวนรถจักรยานที่เหมาะสม โดยใช้วิธีวิเคราะห์ลูกโซ่มาร์คอฟ (Discrete-time Markov Chain) และคำนึงถึงค่าตลาดเคลื่อนทางสถิติ ร่วมในการวิเคราะห์ พบว่า หากมีการเปลี่ยนรูปแบบ การยืมคืน จะทำให้มีผู้ใช้บริการมากขึ้น 70.06% จุดจอตจรเพิ่มจาก 4 จุด เป็น 7 จุด โดยตำแหน่งจุดจอตจรส่วนใหญ่ อยู่ตามคณะต่างๆ ศูนย์เรียนรวม โรงอาหารต่างๆ และประตูต่างๆ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และปริมาณรถจักรยานในแต่ละจุดมีจำนวนต่างกันขึ้น กับ ปริมาณผู้ใช้บริการ

คำสำคัญ ลูกโซ่มาร์คอฟ จำนวนรถจักรยาน ประสิทธิภาพการใช้งาน

การหารูปแบบและปริมาณการขนส่งและระดับน้ำมันคงคลังที่เหมาะสม ในกระบวนการโลจิสติกส์ของน้ำมันดีเซล

ศุภยา ศิริแพทย์, ทิพยดา จตุรนาพิทย์, ทิพวรรณ วงษ์อัยรา, ช่อแก้วจตุรานนท์¹, เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์²
และ เจริญชัย โขมพัตราภรณ์³

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถ. ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

E-mails: ¹ chorkaew.jat@kmutt.ac.th, ² tuanjai.som@kmutt.ac.th, ³ charoenchai.kho@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการวางแผนการขนส่งน้ำมันดีเซลและระดับน้ำมันคงคลังที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดของบริษัทค้าน้ำมันเชื้อเพลิงแห่งหนึ่งในประเทศไทย ระบบการขนส่งน้ำมันดีเซลประกอบไปด้วย โรงกลั่นน้ำมัน คลังน้ำมันส่วนกลาง และคลังน้ำมันส่วนภูมิภาค โดยเน้นคลังน้ำมันในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีรูปแบบการขนส่ง 4 รูปแบบ คือ ทางท่อส่งน้ำมัน ทางรถไฟ ทางเรือ และทางรถบรรทุกน้ำมัน และระดับน้ำมันคงคลังต้องไม่น้อยกว่าระดับน้ำมันคงคลังตามกฎหมาย งานวิจัยนี้เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาการปฏิบัติการขนส่งและระดับน้ำมันคงคลังที่มีต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด และคำนึงถึงการสูญเสียน้ำมันในการขนส่ง จากนั้นทำการหาคำตอบโดยใช้ Premium Excel Solver เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม

คำสำคัญ การวางแผนการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิง, การขนส่งหลายรูปแบบ, การสูญเสียในการขนส่ง, ระดับน้ำมันคงคลัง, Premium Excel Solver

การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติเพื่อให้ได้ เศษตัดที่มีประสิทธิภาพ

จตุพร ใจดำรงค์^{1*} ปิยวิทย์ สุวรรณ² บรรเลง คำเกตุ³

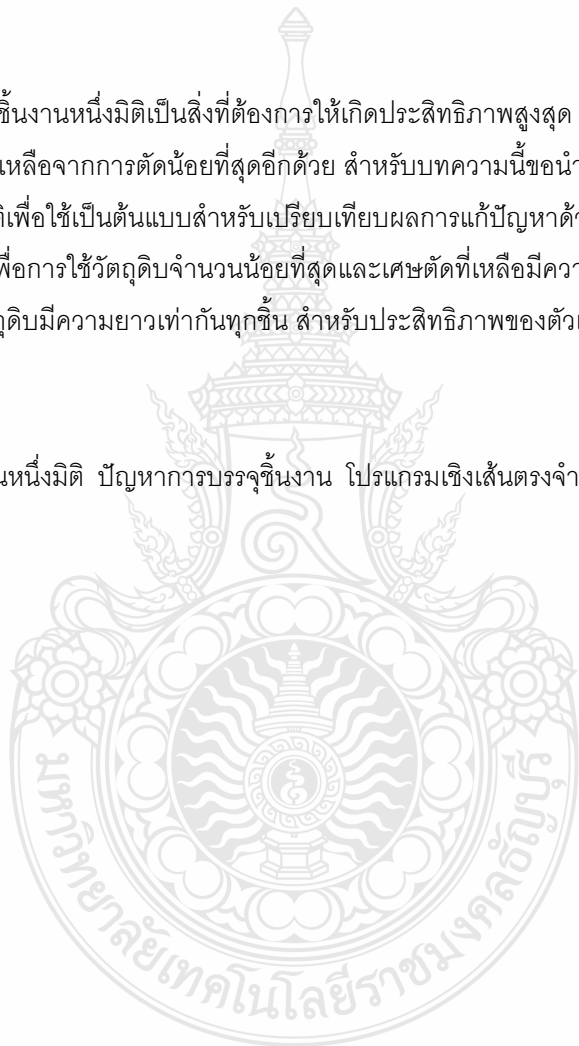
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.เมือง จ.สงขลา 90000

E-mail: jjaidumrong@hotmail.com*

บทคัดย่อ

ปัญหาการวางแผนการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติเป็นสิ่งที่ต้องการให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด นั่นคือการใช้วัสดุดิบในจำนวนน้อยที่สุดหรือทำให้เกิดเศษตัดที่เหลือจากการตัดน้อยที่สุดอีกด้วย สำหรับบทความนี้ขอนำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติเพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับเปรียบเทียบผลการแก้ปัญหาด้วยวิธีการอื่นๆ ต่อไป เป้าหมายของการวางแผนการตัดชิ้นงานเพื่อการใช้วัสดุดิบจำนวนน้อยที่สุดและเศษตัดที่เหลือมีความยาวมากที่สุดหรือเศษตัดที่มีประสิทธิภาพ เมื่อกำหนดให้วัสดุดิบมีความยาวเท่ากันทุกชิ้น สำหรับประสิทธิภาพของตัวแบบที่พัฒนาขึ้นจะถูกแสดงในผลการทดลอง

คำสำคัญ ปัญหาการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติ ปัญหาการบรรจุชิ้นงาน โปรแกรมเชิงเส้นตรงจำนวนเต็มแบบผสม เศษตัดที่มีประสิทธิภาพ



การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางการทำงาน กรณีสถานงานเรียงต่อกันเป็นอนุกรม

เศรษฐา เพชรอำไพ^{1*}, ธราธร กุลภัทรนิรันดร์²

¹บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร 10530

²คณะบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร 10530

E-mail: snk_mt@hotmail.com^{1*}, E-mail: tarathor@mut.ac.th²

บทคัดย่อ

ปัญหาการจัดตารางการทำงานเป็นปัญหาพื้นฐานที่พบได้โดยทั่วไปในอุตสาหกรรม และปัญหานี้เป็นปัญหาที่มีผู้สนใจศึกษากันอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพราะการจัดตารางการทำงานเกี่ยวข้องกับรอบเวลาการผลิต ระยะเวลาแล้วเสร็จของงานแต่ละงาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms) มาช่วยในการจัดตารางการทำงาน (Job Shop Scheduling) กรณีที่สถานงานเรียงต่อกันแบบอนุกรม ขอบเขตของการศึกษาจะศึกษาเฉพาะปัญหาการจัดตารางการทำงานที่มีสถานงานหรือเครื่องจักรที่วางเรียงต่อกันเป็นอนุกรม และงานแต่ละงานไม่จำเป็นต้องเข้าทุกสถานงาน จากการทดลองพบว่า วิธีเชิงพันธุกรรมสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดตารางการทำงาน ได้มีประสิทธิภาพกว่าวิธีของแคมเบล และเมื่อทดสอบเปรียบเทียบกับโปรแกรม LEKIN Scheduler จะมีประสิทธิภาพมากกว่าในกรณีที่ปัญหามีขนาดไม่ใหญ่มาก

คำสำคัญ วิธีเชิงพันธุกรรม, การจัดตารางการทำงาน

การประยุกต์ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบผสม สำหรับการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อน

วัชรพันธ์ สุขเกิด และ วีระเดช วุฒิพรพันธ์*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: teeradejw@kmutnb.ac.th*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการจัดตารางการผลิตขึ้นส่วนยานยนต์ของโรงงานตัวอย่าง ใช้เพียงประสบการณ์ของพนักงาน ทำให้การจัดตารางการผลิตในแต่ละครั้งได้ผลลัพธ์ที่ไม่เหมาะสม เช่น มีความล่าช้าสูง มีชิ้นงานค้างอยู่ในระบบนานเกินไป และยังใช้เวลาในการวางแผนโดยเฉลี่ยประมาณ 5 วัน งานวิจัยนี้นำเสนอระบบการจัดตารางการผลิตที่เรียกว่า วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบผสม (Hybrid Artificial Neural Network; HANN) โดยเริ่มจากการใช้วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm; GA) ในการหาคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) รวมถึงการหาค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอส (Connection Weight & Bias) ให้กับวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network; ANN) โดยมีสมการเป้าหมายเพื่อหาค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดของผลรวมระหว่างค่าปรับความล่าช้าและค่าใช้จ่ายของงานที่ค้างอยู่ในระบบ (Tardiness and Flow time) จากการทดลองใช้วิธีการที่นำเสนอจัดตารางการผลิตให้กับ 520 คำสั่งผลิต ผลการทดลองพบว่าจากการใช้คำตอบเริ่มต้นชุดเดียวกัน วิธีการแบบ HANN จะให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการ ANN และยังพบว่าการใช้ GA ในการหาค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอสของวิธีการ HANN จะใช้เวลาในการประมวลผลสั้นกว่าการใช้วิธีการแพร่ค่าย้อนกลับ (Backpropagation) ซึ่งใช้อยู่ในวิธีการ ANN โดยทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ การจัดตารางการผลิต วิธีโครงข่ายประสาทเทียม และวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

การวางแผนผัง เพื่อการจัดเก็บสินค้าน้ำสุรา กรณีศึกษา บริษัทยูไนเต็ดไวน์เนอร์ แอนด์ ดิสทิลเลอร์ จำกัด

ชาตรี พลชัย และ ณัฐพล ศิริสว่าง

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศิลปากร

E-mail: pol_chatree@live.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการวางแผนผังการจัดเก็บสินค้าคงคลัง อาคารเก็บบ่มสุราถึงไม้โอ๊ค เพื่อนำมาปรับปรุงการจัดเก็บสินค้าประเภทสุราถึงไม้โอ๊ค ของกระบวนการผลิตสุราขาวและสุราบรันดี ในขั้นตอนการเก็บบ่ม เพื่อบริหารจัดการพื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้าให้ใช้ได้เต็มที่ และพนักงานสามารถทราบตำแหน่งและจำนวนสินค้าน้ำสุราแต่ละประเภทที่เก็บบ่มได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยการนำระบบการวางแผนผังการจัดเก็บสินค้ามาใช้ แบ่งพื้นที่ภายในอาคารเก็บบ่มตามประเภทสินค้าน้ำสุราที่เก็บบ่มและกำหนดเส้นทางเดินสำหรับพนักงานและรถยกให้ชัดเจน จากการแบ่งพื้นที่ทำให้พนักงานสามารถตรวจนับจำนวนสินค้า และทำการตรวจเช็คสภาพการรั่วซึมของถังไม้โอ๊คได้อย่างสะดวกและคล่องตัวมากยิ่งขึ้น เมื่อได้เวลาตามแผนการเก็บบ่มน้ำสุราทำการสุ่มตรวจคุณภาพน้ำสุราหรือเมื่อครบอายุการเก็บบ่ม โดยที่พิจารณาให้ความสำคัญกับการเคลื่อนย้ายสินค้าเข้าและออก สินค้าที่เข้าก่อนต้องออกก่อน

งานวิจัยนี้ได้นำผลการปรับปรุงแผนผังการจัดเก็บสินค้าทั้ง 4 รูปแบบมาเปรียบเทียบ ระหว่างการจัดเก็บสินค้าในอาคารเก็บบ่มแบบเดิม (รูปแบบที่ 1) และการจัดเก็บสินค้าจากการวางแผนผังที่กำหนดให้มีเส้นทางเดินสำหรับพนักงานและรถยกเข้ามาช่วยในการจัดการคลังสินค้า (รูปแบบที่ 2-4) พบว่า การจัดเก็บสินค้าแบบเดิมสามารถจัดเก็บสินค้าได้เต็มพื้นที่อาคารเก็บบ่มจะเห็นได้ว่ารูปแบบที่ 1 สามารถจัดเก็บสินค้าได้มากที่สุด และรูปแบบที่ 4 สามารถจัดเก็บสินค้าได้รองลงมา เนื่องจากพื้นที่ส่วนหนึ่งแบ่งเป็นเส้นทางเดิน แต่สามารถทำให้พนักงานสามารถทราบตำแหน่งและจำนวนในการจัดเก็บสินค้าได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ จึงสรุปได้ว่าการจัดการคลังสินค้าโดยการวางแผนผังที่ดีช่วยให้การจัดการคลังสินค้าในกระบวนการเก็บบ่มสุราถึงไม้โอ๊ค สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลการศึกษานี้นำไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งานในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ การวางแผนผัง การจัดเก็บสินค้า สุราถึงไม้โอ๊ค

การออกแบบผังโรงงานสำหรับผลิตภัณฑ์หลายประเภทในสายการผลิตเดียวกัน

สุทิศย์ ขวาคำ และ จิรศิริพงษ์ เจริญภักดิ์ พารักษ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ต. คลองหนึ่ง อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120

E-mail: sutid_jack@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ทำการออกแบบและวิเคราะห์ หาผังโรงงานที่มีความเหมาะสม สำหรับโรงงานผลิตเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางการแพทย์ ซึ่งมีผลิตภัณฑ์อยู่ 5 ประเภทผลิตภัณฑ์อยู่ในสายการผลิตเดียวกัน การศึกษาเริ่มจากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแต่ละสถานีงานในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์ ซึ่งมีกระบวนการผลิตย่อยที่แตกต่างกัน หลังจากนั้น ทำการวิเคราะห์ผังโรงงานและออกแบบผังโรงงานสำหรับการผลิตจำนวน 3 แบบ ตามหลักการการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning: SLP)[1] และทำการคำนวณคะแนนสำหรับผังโรงงานแต่ละแบบ โดยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ โดยพิจารณาที่องค์ประกอบเปรียบเทียบกับแผนต่างๆ เมื่อได้ผังโรงงานที่ดีที่สุดแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบสมดุลสายการผลิต (Line Balancing)^[2] ในกระบวนการผลิตย่อยแต่ละกระบวนการ เพื่อหาจำนวนพนักงานในแต่ละตำแหน่งการผลิตที่เหมาะสมที่สุด

ผลการศึกษาพบว่า ในขั้นต้นโรงงานกรณีศึกษามีการจัดวางตำแหน่งของเครื่องจักรอย่างไม่เหมาะสม อันเนื่องมาจากการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นระยะๆ และการมีพื้นที่จำกัด ทำให้สถานีงานที่มีความสัมพันธ์กันอยู่ใกล้กัน ทำให้ระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่แต่ละจุดปฏิบัติงาน หรือสถานีงาน (Work Station) ไม่เหมาะสม รวมถึงปัญหาของการจัดสรรทรัพยากรในการดำเนินการผลิตแต่ละสถานีงานไม่เหมาะสม อีกทั้งอุปกรณ์สนับสนุนการผลิต และสภาพการไหลของงานไม่เอื้ออำนวยต่อประสิทธิภาพการทำงาน ทำให้มีปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิตมาก (Work In Process) และส่งผลให้เวลานำ (Lead Time) ในการผลิตมาก ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผังโรงงานจำนวน 3 ผัง พบว่าผังโรงงานที่ออกแบบใหม่ได้คะแนน 141, 103 และ 122 คะแนนตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ผังโรงงานแบบที่ 1 เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตในปัจจุบัน และได้ทำการปรับปรุงผังโรงงานตามผังโรงงานแบบที่ 1 จากผลการดำเนินการดังกล่าว ทำให้สามารถลดเวลานำ (Lead Time) การผลิตได้ 71.02%, ลดงานระหว่างกระบวนการ (Work In Process) ได้ 45.47% และสามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่ได้ 48.70%

คำสำคัญ การวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ[1], การออกแบบสมดุลสายการผลิต[2]

การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตข้าวเกรียบมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคการศึกษางาน

วรพจน์ ศิริรักษ์, ชินวร แจ้ววิสอน, ลิขิต คำประละ และ ศรีแพร ลือภะ

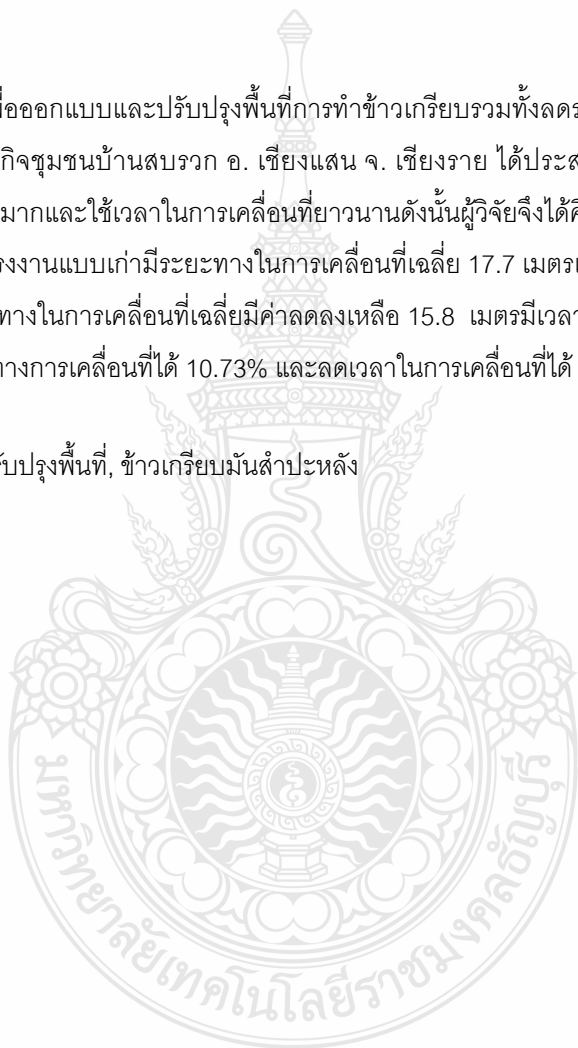
สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เขตพื้นที่เชียงใหม่

E-mail: chin_ie02@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและปรับปรุงพื้นที่การทำข้าวเกรียบรวมทั้งลดระยะทางและลดเวลาการทำงานในการผลิตข้าวเกรียบ ซึ่งวิสาหกิจชุมชนบ้านสบรวก อ. เชียงแสน จ. เชียงราย ได้ประสบปัญหาการผลิตข้าวเกรียบซ้ำเนื่องจากมีระยะทางการเคลื่อนที่มากและใช้เวลาในการเคลื่อนที่ยาวนานดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและปรับปรุงผังโรงงานใหม่โดยใช้วิธีการศึกษางาน โดยผังโรงงานแบบเก่ามีระยะทางในการเคลื่อนที่เฉลี่ย 17.7 เมตรและมีเวลาเฉลี่ย 8.23 นาที จาก การปรับปรุงผังโรงงานใหม่มีระยะทางในการเคลื่อนที่เฉลี่ยมีค่าลดลงเหลือ 15.8 เมตรมีเวลาเฉลี่ย 7.5 นาทีตามลำดับซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะพบว่าลดระยะทางการเคลื่อนที่ได้ 10.73% และลดเวลาในการเคลื่อนที่ได้ 8.87%

คำสำคัญ การศึกษางาน, การปรับปรุงพื้นที่, ข้าวเกรียบมันสำปะหลัง



การศึกษาค่าเวลามาตรฐานและการเคลื่อนไหวแบบพรีดีเทอร์มิน ในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม

กนกวรรณ สุภักดี^{1*} วิชญ์พันธุ์รูปพรหม² ธวัชชัย ตาบุตร³ นพรัตน์ สายสมุทร⁴ และ นันทพงษ์ นันทสำเริง⁵
^{1,2,3,4,5*} สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

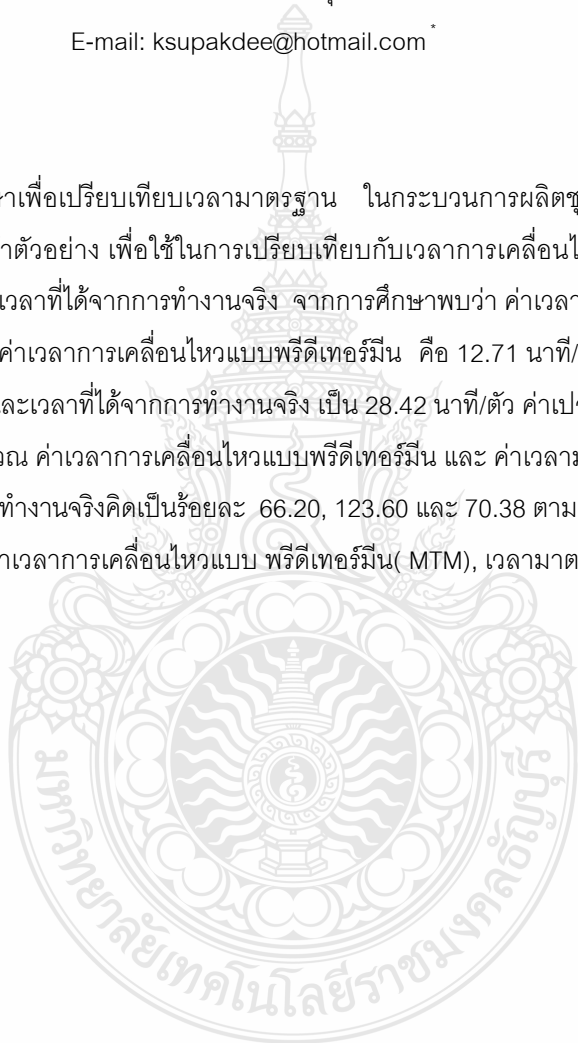
2 ถ.ราชธานี ต.ในเมือง อ.เมือง จ.อุบลราชธานี 34000

E-mail: ksupakdee@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบเวลามาตรฐาน ในกระบวนการผลิตชุดนักเรียน รูปแบบเสื้อยืดของพนักงานในโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าตัวอย่าง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับเวลาการเคลื่อนไหวแบบพรีดีเทอร์มิน เวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนด และเวลาที่ได้จากการทำงานจริง จากการศึกษาพบว่า ค่าเวลามาตรฐานของเสื้อยืดที่ได้จากการคำนวณ คือ 17.10 นาที/ตัว ค่าเวลาการเคลื่อนไหวแบบพรีดีเทอร์มิน คือ 12.71 นาที/ตัว ค่าเวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนดใช้เวลา 16.68 นาที/ตัว และเวลาที่ได้จากการทำงานจริง เป็น 28.42 นาที/ตัว ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเวลามาตรฐานที่ได้จากการคำนวณ ค่าเวลาการเคลื่อนไหวแบบพรีดีเทอร์มิน และ ค่าเวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนด เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ได้จากการทำงานจริงคิดเป็นร้อยละ 66.20, 123.60 และ 70.38 ตามลำดับ

คำสำคัญ : เวลามาตรฐาน, ค่าเวลาการเคลื่อนไหวแบบ พรีดีเทอร์มิน (MTM), เวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนด (SAM), การตัดเย็บเสื้อผ้า



การเพิ่มผลผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ปาร์ติเคิลบอร์ดในโรงงานตัวอย่าง โดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

สุรัชชัย บุญยประเวศ¹ และ วุฒิชัย วงษ์ทัศน์กร²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ.ปทุมธานี 12120

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ.ปทุมธานี 12120

E-mail: surachai_boon@hotmail.com¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้สนใจปัญหาของโรงงานไม้ปาร์ติเคิลบอร์ด คือ ผลิตไม่ทันตามความต้องการของลูกค้า ทำให้เกิดการทํางานล่วงเวลาเป็นประจำและทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาและปรับปรุงสายการผลิต โดยใช้แผนภูมิเหตุและผลในการวิเคราะห์หาต้นเหตุของปัญหาที่แท้จริง เบื้องต้นพบว่า เครื่องจักรยังทํางานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพเพราะเกิดการรอกคอยในสายการผลิต สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยสามารถกำจัดกระบวนการผลิตที่ไม่จำเป็น และลดเวลาการรอกคอยเฉลี่ย 15.08 นาที จากนั้นทำการทดสอบว่าสามารถทํางานโดยไม่มีการทำงานล่วงเวลา กล่าวคือลดเวลาการทำงานจาก 12 ชั่วโมงเป็น 8 ชั่วโมง ต่อจากนั้นทำการโยกย้ายตำแหน่งของคานงานเพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมที่ทำให้สายการผลิตมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลจากการปรับปรุงในงานวิจัยนี้ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 98.86%

คำสำคัญ เฟอร์นิเจอร์ไม้ปาร์ติเคิลบอร์ด การเพิ่มผลผลิต
การจำลองสถานการณ์

การประยุกต์แนวคิดแบบลีนเพื่อลดความสูญเปล่าในการผลิต กรณีศึกษา สายการประกอบชุดรับ-ส่งสัญญาณแสง

ณัฐพร ภาสกริมย์ และ สวัสดิ์ ภาวระราช

สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: pnut000@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ ศึกษาแนวทางการลดความสูญเสียนในการผลิตและลดชิ้นส่วนระหว่างกระบวนการผลิต (WIP) กรณีศึกษา สายการประกอบชุดรับ-ส่งสัญญาณแสง การศึกษาเริ่มจากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การไหลของวัสดุของสายการประกอบ พบปัญหาความไม่สมดุลของสายการผลิต จึงได้ประยุกต์แนวคิดแบบลีน ในการปรับปรุงกระบวนการทำงานของสถานีงานย่อยต่างๆ เช่น การปรับเปลี่ยนลำดับงาน วางแผนการผลิตและการจัดสรรทรัพยากรการผลิตด้านแรงงานเป็นรายวัน ผลการดำเนินงานพบว่าสามารถลดเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนลดลงจาก 26.04 เป็น 22 วินาที จำนวนสถานีลดลงจาก 13 เหลือ 11 สถานี จำนวนคนลดลงจาก 15 เป็น 13 คน และชิ้นงานคงค้างในกระบวนการผลิตลดลง 372 เหลือ 222 ชิ้นต่อเดือน หรือลดลง 40% ใน 3 เดือนต่อเนื่อง

คำสำคัญ การศึกษางาน การจัดสมดุลการประกอบ ชิ้นส่วนระหว่างกระบวนการผลิต ลีน

การศึกษาทางด้านการยศาสตร์เกี่ยวกับรูปร่างของด้ามจับและท่าทางการจับมิด สำหรับงานตัดเฉือน

อรทัย บัวผุด¹ นริศ เจริญพร²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ. ปทุมธานี 12120

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ. ปทุมธานี 12120

E-mail: orrataibie@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้าน การยศาสตร์เกี่ยวกับรูปร่างของด้ามจับและท่าทางการจับมิดสำหรับงานตัดเฉือน โดยการใช้ผู้เข้ารับการทดลองที่มีสุขภาพดี 8 คน ทำงานตัดเฉือนด้วยท่าทางการจับมิดที่ต่างกัน 2 ท่าทาง รูปร่างของด้ามจับที่แตกต่างกัน 3 แบบ วัดผลโดยใช้ตัวชี้วัด 3 ตัว คือ 1) ค่าสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ วัดกล้ามเนื้อ แขนส่วนปลาย 4 มัด คือ(1) กล้ามเนื้อเฟลกเซอร์ คาร์ไพ เรเดียลิส : FCR (2) กล้ามเนื้อเฟลกเซอร์ ดิจิทอรัม ซูเปอร์ฟิเซียลิส : FDS (3) กล้ามเนื้อเอกซ์เทนเซอร์ คาร์ไพ อัลนาริส : ECU และ(4) กล้ามเนื้อเอกซ์เทนเซอร์ ดิจิทอรัม: ED ด้วยเครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyography : EMG) 2) วัดค่ามุมการเคลื่อนไหวของข้อมือ ด้วยเครื่องอิเล็กทรอนิกส์โอมิเตอร์ (Electrogoniometer) และ 3) วัดค่าความพึงพอใจต่อมิดและการใช้มิด โดยใช้แบบประเมิน ผลการทดลองพบว่า ความนุ่ม รูปร่างของด้ามจับ และท่าทางการจับมิดมีผลต่อการออกแรงของกล้ามเนื้อแขนส่วนปลายและความพึงพอใจของผู้เข้ารับการทดลอง การจับมิดด้วยท่าทางที่ 2 ดีกว่าท่าทางที่ 1 เพราะทำให้ข้อมือมีการเบนน้อยกว่า ส่งผลให้การออกแรงของกล้ามเนื้อ FCR และ ECU มีค่าน้อยกว่าด้วย ส่วนด้ามจับที่มีความแข็ง 70° ShA มีผลทำให้กล้ามเนื้อ FDS ออกแรงน้อยกว่าการจับด้ามจับที่มีความแข็งมากกว่า และมีผลต่อความพึงพอใจมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ มิด , การยศาสตร์, งานตัดเฉือน

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำเชื่อมถุง

นันทชัย กานตานันทะ* และ กมลชนก เจียมสินกุล

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

E-mail: nantachai.k@ku.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมถุงของบริษัทกรณีศึกษาซึ่งทำการรับจ้างบรรจุให้กับผู้ประกอบการน้ำตาลทรายรายหนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเสียในการผลิต ปัญหาหลักมาจากการที่ถุงน้ำเชื่อมแตกหรือรั่วจากการผลิต ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียและออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหา อีกทั้งได้ทำการปรับปรุงด้านการลดเวลามาตรฐาน และการลดความเมื่อยล้าแก่พนักงานควบคู่กันไปด้วย ผลการปรับปรุงมีดังนี้ (1) การปรับปรุงเพื่อลดของเสีย ก่อนปรับปรุงมีของเสีย 23.71% เมื่อวิเคราะห์สาเหตุในการเกิดของเสียและทำการปรับปรุง พบว่าของเสียลดลงเหลือเพียง 5.18% (2) การปรับปรุงเพื่อลดเวลามาตรฐาน ได้มีการออกแบบอุปกรณ์เสริมเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงาน ทำให้เวลามาตรฐานในสถานงานที่ปรับปรุงลดลงเฉลี่ย 58.61% และประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มขึ้น 8.40% รวมทั้งค่าจ้างแรงงานลดลง 53.87% (3) การปรับปรุงเพื่อลดความเมื่อยล้าของพนักงาน ด้วยการออกแบบอุปกรณ์เสริมตามหลักการยศาสตร์ พบว่าอุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้นนี้ช่วยลดจำนวนครั้งในการเคลื่อนไหวของบางสถานีงานลงได้ และลดความเมื่อยล้าบริเวณข้อมือ หลัง หัวเข่า หัวไหล่ และแขน ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพรวมทั้งกำลังใจในการทำงานของพนักงานในระยะยาว

คำสำคัญ ประสิทธิภาพ, การศึกษางาน, เวลามาตรฐาน, ความเมื่อยล้า, เศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหว

การปรับปรุงกำลังผลิตแกนเพลาล้อรถยนต์โดยวิธีลดความสูญเปล่า

พูนเพิ่ม พูนนาค¹ จิรศิริพงศ์ เจริญภัณฑารักษ์²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จ.ปทุมธานี 12120

E-mail: poonperm_ie4@hotmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อศึกษาแนวความคิด และวิธีการลดความสูญเปล่า (Muda) และนำมาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงการทำงานในการเพิ่มกำลังการผลิตในส่วนของการเชื่อมแกนเพลาล้อรถยนต์ (Axle Beam) ให้สามารถทำการผลิตได้สอดคล้องกับยอดการผลิต หรือปริมาณความต้องการของลูกค้า ซึ่งจากการศึกษา พบว่า ในส่วนของกระบวนการเชื่อมแกนเพลาล้อรถยนต์ ใช้เวลาในการผลิตต่อชิ้น (Cycle Time) ที่ 2.4 นาที แต่จากยอดการผลิตตามความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ต้องทำการผลิตแกนเพลาล้อรถยนต์ต่อชิ้น ด้วยเวลา 1.9 นาที จึงมีความจำเป็นต้องทำการลดเวลาในกระบวนการเชื่อมชิ้นส่วนต่อชิ้น (Cycle Time) ที่ 2.4 นาที ให้น้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาในการผลิตต่อชิ้นตามความต้องการของลูกค้า (Takt Time) ซึ่งอยู่ที่ 1.9 นาที จากการวิเคราะห์ ค้นหา จำแนกประเภท และกำจัดความสูญเปล่าในแต่ละกระบวนการ รวมถึงการออกแบบจัดเรียงขั้นตอนการทำงานใหม่ ปรับปรุงผังการทำงาน (Layout) ติดตั้งอุปกรณ์ขนย้ายเพิ่มเติม และจับเวลาหลังการแก้ไข เพื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมาย นำเครื่องมือทางคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tool) มาตรวจสอบคุณภาพงาน เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถรักษาระดับคุณภาพได้ โดยประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการทำงานของพนักงานคนที่ 3, 4 และ 5 สามารถลดเวลาในการผลิต (Cycle Time) ที่ 2.4 นาที ให้เหลืออยู่ที่ 1.9 นาทีได้ ทำให้เพิ่มกำลังการผลิตได้ตามความต้องการ ลดความเมื่อยล้าของพนักงาน และสามารถรักษาระดับคุณภาพได้

คำสำคัญ ความสูญเปล่า, เครื่องมือคุณภาพ

การประยุกต์การศึกษาการทำงานเพื่อลดความสูญเสียเปล่า กรณีศึกษา โรงงานผลิตเลนส์

นาย รัฐพล เอกลักษณ์นันท์, ดร. วิชัย รุ่งเรืองอนันต์*

สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

E-mail: ekalaksananan@hotmail.com*, r_vichai@yahoo.com**

บทนำ

เนื่องจากมีความต้องการของตลาดเลนส์มีลติโคตที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 12.5% ต่อปี ซึ่งทำให้ไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการของลูกค้า ทำให้เกิดการสูญเสียโอกาสในการขาย ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงทำการศึกษา เพื่อปรับปรุงผลผลิตด้วยการลดความสูญเสียเวลาทำงานของ การศึกษาเริ่มจาก การจัดทำแผนภูมิการไหล เก็บข้อมูลเวลามาตรฐานในการทำงานในแต่ละขั้นตอน วิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน ที่ก่อให้เกิดความสูญเสียเปล่า พร้อมเสนอแนวทางการแก้ไขโดยใช้กิจกรรมกลุ่มคุณภาพ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าการทำงานระหว่างคนกับเครื่องจักรนั้นทำให้เกิดการรอคอยที่ไม่เกิดคุณค่า โดยมีสาเหตุมาจาก 1) ไม่มีพนักงานคอยช่วยยกเลนส์เข้าเครื่อง 2) เครื่องที่มีเบ้าเผามากจึงทำให้เต็มสารช้าและสวิตช์กดยาก 3) วิธีการทำงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยไม่จำเป็น ทำให้เกิดเวลารอคอยเท่ากับ 1,234 วินาที หรือ 28.69% จากนั้นได้ทำการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานใหม่โดย 1) เพิ่มพนักงานเข้ามาช่วยดูแลการยกเลนส์ 2) ออกแบบฝาครอบสารเคมี (Crucible) ให้มีหลายรูเพื่อลดเวลาการหมุนของหลุม 3) ออกแบบสวิตช์จากที่ใช้มือกด (Push Switch) เป็นแบบใช้เท้า (Foot Switch) 4) ออกแบบพื้นที่การทำงานให้สะดวกต่อการยกเลนส์ ซึ่งพบว่าจากแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถลดเวลารอคอยได้เหลือ 516 วินาที หรือ 12.97 % ลดลงถึง 718 วินาที ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตได้ จากเดิม 87 เลนส์ เป็น 100 เลนส์ ต่อ ชั่วโมง โดยที่ไม่ต้องลงทุนติดตั้งเครื่องจักรใหม่ และ ลดการสูญเสียโอกาสในการขาย

การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสีย ทอส่งน้ำมันไปยังเพลาลูกเบี้ยว

จิรวรรณ คล้อยภยันต์ และ พุทธพงษ์ ชันติสัจจพงษ์*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: Puttaponng.s@asico.co.th

บทคัดย่อ

เนื่องจากผู้ผลิตยานยนต์ ต้องแข่งขันทั้งด้านต้นทุนและคุณภาพ เพื่อรักษาสถานะลูกค้าเดิมให้เชื่อมั่นในคุณภาพและพอใจในราคาของสินค้า งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิตทอส่งน้ำมันไปยังเพลาลูกเบี้ยว ของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาอัตราและลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยนำเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่างมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิต ของเสียที่เกิดขึ้นเป็นอันดับแรกคือชิ้นงานผิดรูปทรง และอันดับสองคือการเกิดรอยบนผิวทอ เมื่อทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้วพบว่าสามารถลดของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต จาก 8 เปอร์เซ็นต์ให้เหลือน้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ได้

คำสำคัญ อัตราของเสีย, เครื่องมือคุณภาพ, ชิ้นส่วนยานยนต์

การประยุกต์และเปรียบเทียบการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการไซนิน กับวิธีการแฟคทอเรียล

ยศวัจน์ ศิริกมลชัย¹ ทศพล เกียรติเจริญผล²

¹การจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นครนายก 26120

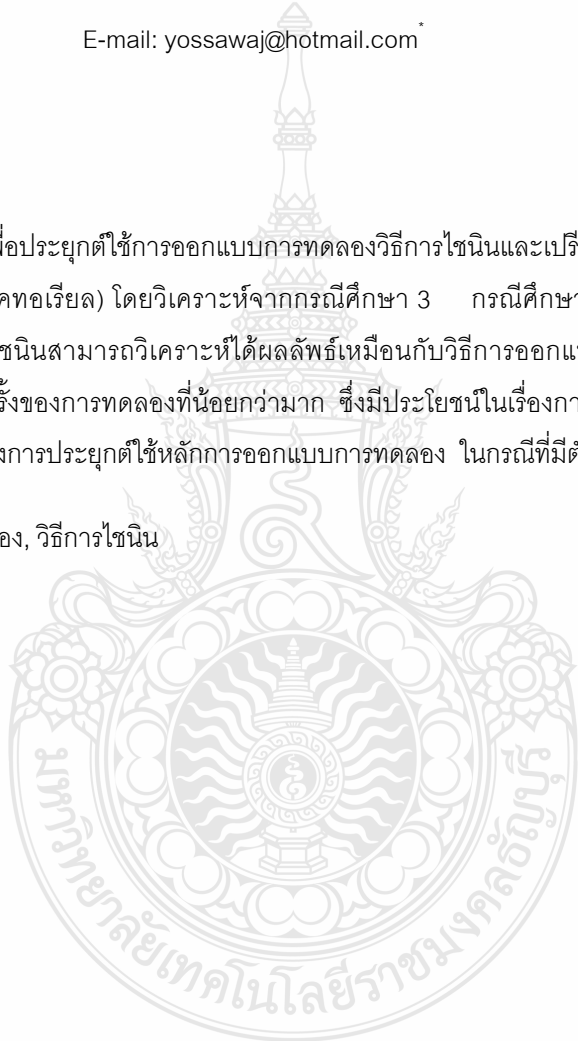
²วิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นครนายก 26120

E-mail: yossawaj@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองวิธีการไซนินและเปรียบเทียบกับวิธีการออกแบบการทดลองแบบมาตรฐาน (แฟคทอเรียล) โดยวิเคราะห์จากกรณีศึกษา 3 กรณีศึกษา ซึ่งผลการทดลองพบว่าหลักการค้นหาตัวแปรของไซนินสามารถวิเคราะห์ได้ผลลัพธ์เหมือนกับวิธีการออกแบบการทดลองแบบมาตรฐาน (แฟคทอเรียล) และใช้จำนวนครั้งของการทดลองที่น้อยกว่ามาก ซึ่งมีประโยชน์ในเรื่องการประหยัดต้นทุนในการทำการทดลองและเป็นทางเลือกหนึ่งของการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง ในกรณีที่มีตัวแปรที่ศึกษาจำนวนมาก

คำสำคัญ การออกแบบการทดลอง, วิธีการไซนิน



การออกแบบการทดลองเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก

วรวิมล หวังวัชรกุล¹, พิสิฐ เตวารานนท์²

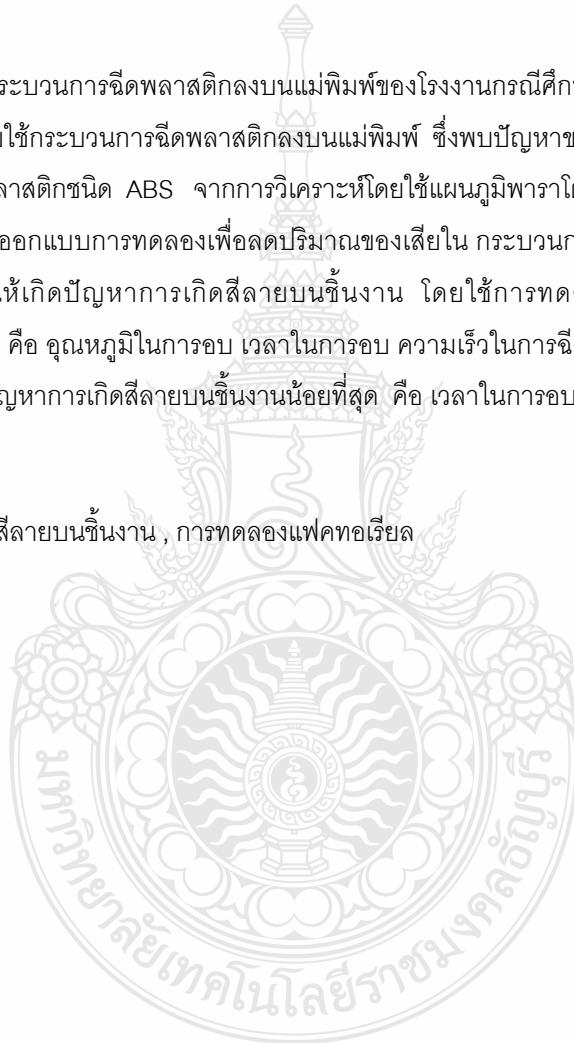
^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 10902

E-mail : fengwww@ku.ac.th*

บทคัดย่อ

จากการที่ได้เข้าไปศึกษากระบวนการฉีดพลาสติกลงบนแม่พิมพ์ของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานที่ทำการผลิตชิ้นส่วนของรถจักรยานยนต์ โดยใช้กระบวนการฉีดพลาสติกลงบนแม่พิมพ์ ซึ่งพบปัญหาของเสียจากชิ้นงาน Cover Side ของรถจักรยานยนต์ที่ผลิตจากพลาสติกชนิด ABS จากการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิพาราโตโดยมีปัญหาคือ การเกิดสีลายบนชิ้นงาน จึงได้มีการออกแบบการทดลองเพื่อลดปริมาณของเสียใน กระบวนการฉีดพลาสติก โดยมุ่งสู่ การศึกษาและหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการเกิดสีลายบนชิ้นงาน โดยใช้การทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ โดยกำหนดปัจจัยในการศึกษา คือ อุณหภูมิในการอบ เวลาในการอบ ความเร็วในการฉีดพลาสติก และจากการศึกษาพบว่าระดับปัจจัยที่มีผลให้เกิดปัญหาการเกิดสีลายบนชิ้นงานน้อยที่สุด คือ เวลาในการอบที่ 4 ชั่วโมงและความเร็วในการฉีดที่ 3%

คำสำคัญ ลดของเสีย , การเกิดสีลายบนชิ้นงาน , การทดลองแฟคทอเรียล



การจัดกลุ่มคุณลักษณะของกล้องถ่ายภาพตามหลักการของคาโนโมเดล

วิรุพท์ ผลวัฒน์ และจิรรัตน์ ธีระวราพฤษ์

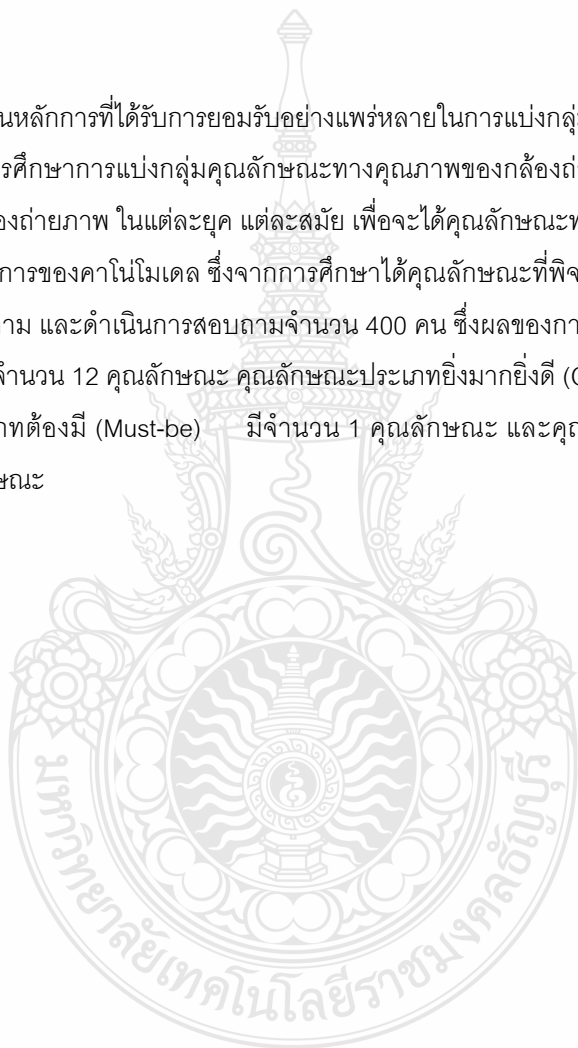
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

E-mail : wcxxii@hotmail.com

บทคัดย่อ

หลักการของคาโนโมเดลเป็นหลักการที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการแบ่งกลุ่มคุณลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษารายละเอียดการแบ่งกลุ่มคุณลักษณะทางคุณภาพของกล้องถ่ายภาพ โดยเริ่มจากการศึกษาคุณลักษณะทางคุณภาพของกล้องถ่ายภาพ ในแต่ละยุค แต่ละสมัย เพื่อจะได้คุณลักษณะทางคุณภาพของกล้องถ่ายภาพที่จะใช้ในการวิเคราะห์ตามหลักการของคาโนโมเดล ซึ่งจากการศึกษาได้คุณลักษณะที่พิจารณาจำนวน 24 คุณลักษณะ หลังจากนั้นจึงได้ออกแบบสอบถาม และดำเนินการสอบถามจำนวน 400 คน ซึ่งผลของการสอบถาม พบว่า คุณลักษณะประเภทน่าดึงดูด (Attractive) มีจำนวน 12 คุณลักษณะ คุณลักษณะประเภทยิ่งยวด (One-Dimensional) มีจำนวน 3 คุณลักษณะ คุณลักษณะประเภทต้องมี (Must-be) มีจำนวน 1 คุณลักษณะ และคุณลักษณะประเภทไม่แตกต่างกัน (Indifferent) มีจำนวน 8 คุณลักษณะ



ศึกษาปัจจัยในกระบวนการผลิต ที่ทำให้หัวหมอนของเบาะรถยนต์เป็นโพรงอากาศ

มณฑล ศาสตราจารย์ และ ธานาณพัฒน์ หงวนไธสง

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

E-mail: promise_phat@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการแก้ปัญหาโพรงอากาศในหัวหมอนรองศีรษะของเบาะรถยนต์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิต โดยใช้เครื่องมือด้านคุณภาพ QC Tools และการออกแบบการทดลองของทาคุชิ (Taguchi Methodology) มาช่วยในการทดลองหาปัจจัยที่มีผลต่อการฉีดหัวหมอนทำให้เกิดโพรงอากาศ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าปัจจัยที่สงสัยว่าทำให้เกิดปัญหามีด้วยกัน 4 ปัจจัย แต่จะปัจจัยจะทำการทดลอง 3 ระดับ ได้แก่ เวลาในการฟุ้งตัวของหัวหมอน ที่ 55,60,65 วินาที ตามลำดับ, อุณหภูมิความร้อนสะสมในแม่พิมพ์หัวฉีดทำการควบคุมน้ำหล่อเย็นที่อุณหภูมิที่ 20,25,30 °C ตามลำดับ, ทิศทางการไหลของน้ำยาโฟม (ลักษณะของปลายหลอดฉีดควบคุมทิศทางการไหลของน้ำยา) การไหล 1 ทิศทาง, การไหลการไหล 2 ทิศทางการไหล 3 ทิศทาง, และความดันของการฉีดน้ำยาโฟมที่ระดับ 12,14,16 MPA ตามลำดับ จากการทดลองสรุปว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหานี้คือ ทิศทางการไหลของน้ำยาโฟม (ลักษณะของปลายหลอดฉีดควบคุมทิศทางการไหลของน้ำยา) จากการใช้ปลายหลอดฉีดน้ำยาโฟมไหลออกทิศทางเดียว ทำให้เกิดโพรงอากาศ ทิศทางการไหลที่เหมาะสมและไม่ทำให้เกิดปัญหานี้คือ การใช้ปลายหลอดฉีดน้ำยาโฟมไหลออก 2 ทิศทางเดียว, มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 25 °C และความดันของการฉีดน้ำยาโฟมที่ระดับ 14 MPA

คำสำคัญ เครื่องมือคุณภาพ (QC tools), การออกแบบการทดลองของทาคุชิ (Taguchi Methodology)

การศึกษาปัจจัยเสี่ยงสำหรับการติดเชื้อโดยใช้ตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป กรณีศึกษา : โรงพยาบาลตัวอย่าง

จันทร์เพ็ญ อนุรัตน์นนท์ , ดวงพร บุญญาภิบาลวงศ์, ภาวินี ใจชื่อสมบุรณ์ และ วรณสิริ ไตรวิลาส

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร อำเภอเมือง จ.นครปฐม 73000

โทร. (034) 219362 E-mail: chanpen@su.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยเสี่ยงและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงและการติดเชื้อของผู้ป่วยในแผนกอายุรกรรม ปัจจัยเสี่ยงที่ใช้ศึกษา คือ เพศ (x_1), โรคประจำตัว (x_2), การใช้ท่อช่วยหายใจ (x_3) และ การใช้เครื่องช่วยหายใจ (x_4) มุ่งเน้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนองกับปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการติดเชื้อในโรงพยาบาลเพื่อประเมินความเสี่ยงการติดเชื้อของผู้ป่วย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษา คือ ผู้ป่วยที่ได้รับการติดเชื้อและไม่ติดเชื้อจากการเข้ามารับการรักษาในแผนกอายุรกรรมจากโรงพยาบาลตัวอย่าง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 จำนวน 693 คน ผลที่ได้พบว่าปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการติดเชื้อของผู้ป่วยในแผนกอายุรกรรมจากโรงพยาบาลตัวอย่าง มีผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อน้อยกว่าผู้ป่วยที่ไม่มีการติดเชื้อ ซึ่งเป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง มีอายุตั้งแต่ 51 ปีขึ้นไป ผู้ป่วยที่ไม่มีโรคประจำตัวมีมากกว่าผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัว การใช้ท่อช่วยหายใจและเครื่องช่วยหายใจ พบว่าผู้ป่วยส่วนมากไม่มีการใส่ท่อช่วยหายใจ และ การใช้เครื่องช่วยหายใจ และเมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัยเสี่ยงพบว่า โรคประจำตัว และ การใช้เครื่องช่วยหายใจมีผลต่อการติดเชื้อในโรงพยาบาล

คำสำคัญ : ปัจจัยเสี่ยง, การติดเชื้อ, ตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบ โดยการพัฒนากระบวนการวัด กรณีศึกษาโรงงานตัดเย็บกางเกงบ็อกเซอร์

กิม พรประเสริฐ^{1*} วิไล น้อยวงศ์² วุฒิไกร การสุวรรณ³ และ วรจักร สุ่มมาตย์⁴
^{1*, 2, 3, 4}สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

2 ถนนราชธานี ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

E-mail: peema2000@yahoo.com

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของกางเกงบ็อกเซอร์โดยใช้วิธีการพัฒนาระบบการวัดในบริษัทอุตสาหกรรมตัวอย่าง การดำเนินการวิจัยใช้วิธีการดำเนินงานตามแบบ พี ดี ซี เอ เริ่มจากการเก็บข้อมูลจากใบตรวจสอบและการสนทนากลุ่มผู้เกี่ยวข้องแล้วนำประเด็นปัญหาด้านประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบคุณภาพมาวิเคราะห์คะแนนความสำคัญหลังจากนั้นใช้แผนภาพพาเรโตแสดงลำดับและปริมาณความสำคัญของปัญหา จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัย พบว่าปัญหาหลักที่ด้านประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบคือ การส่งสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพสูงลูกค้า และการปฏิเสธสินค้าที่ได้คุณภาพออกสู่ลูกค้า จึงทำการวิเคราะห์ระบบการวัดก่อนการปรับปรุง เพื่อทราบถึงแหล่งความแปรผันและหาวิธีกำจัดความแปรผันโดยใช้แผนภาพก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุได้ผลลัพธ์คือ พนักงานไม่มีวิธีการตรวจสอบที่เป็นมาตรฐาน พนักงานไม่ทราบลักษณะความบกพร่องที่แน่นอน และ พนักงานขาดทักษะการตรวจสอบ จึงดำเนินการแก้ไขโดยการจัดทำมาตรฐานการทำงานของกางเกงบ็อกเซอร์ทุกรุ่น จัดทำเอกสารบ่งชี้จุดบกพร่องแสดงในบริเวณจุดตรวจสอบ จัดทำตัวอย่างขอบเขตดี เสีย ในจุดที่จำเป็น หลังจากนั้นแผนการอบรมพนักงานควบคุมคุณภาพทั้งหมดให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน โดยมุ่งเน้นที่พนักงานที่เป็นแหล่งความแปรผันเป็นพิเศษ จากผลการวิจัยพบว่าค่าระบบการวัดที่ดีขึ้น ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพด้านความถูกต้องในการตรวจสอบกางเกงบ็อกเซอร์เพิ่มมากขึ้น และรอบเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบกางเกงบ็อกเซอร์ลดน้อยลง

คำสำคัญ กางเกงบ็อกเซอร์ ประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบ และการวิเคราะห์ระบบการวัด

การศึกษาบทบาทของตัวกลางในโซ่อุปทานพริกในประเทศไทย

เป็ยวรา พรหมอักษร¹ และ พรธิภา องค์คุณารักษ์¹

¹ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail: peewara.p@gmail.com

บทคัดย่อ

พริกที่ผลิตในประเทศไทยมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการในประเทศ จึงต้องนำเข้าจากหลายประเทศ เช่น จีน และอินเดีย และราคาพริกมีความแปรปรวนสูง จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น พบว่า ในประเทศไทยมีตัวกลาง หรือผู้รวบรวมพริกจำนวนมาก ทำให้การควบคุมคุณภาพ เช่น ความชื้น ความสะอาด และการปลอมปนทำได้ยาก ส่งผลต่อสุขภาพ และความปลอดภัยของผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของตัวกลางในการวางแผนรวบรวมผลผลิต การจัดหาผลผลิต การรวบรวมผลผลิต การส่งมอบ และการส่งคืนผลผลิตของพริกสดและพริกแห้ง และปัญหาที่พบในการดำเนินงานของตัวกลางในโซ่อุปทานพริก โดยใช้ข้อมูลจากงานวิจัยในอดีตร่วมกับการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องด้วยแบบสอบถามตามแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงาน ผลการศึกษาพบว่า ตัวกลางแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ ผู้รวบรวมท้องถิ่น สหกรณ์การเกษตร ผู้ประกอบการท้องถิ่น แผงลอยข้างทาง ผู้ค้าในตลาดระดับต่าง ๆ และตลาดกลาง โดยใช้แบบจำลอง SCOR-Model วิเคราะห์กิจกรรมและเสนอแนะดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ ผลการศึกษาพบปัญหา การตัดราคา ระหว่างตัวกลางด้วยกัน และราคาวัตถุดิบแปรปรวน และเพิ่มสูงขึ้น เป็นต้น ดังนั้นหากมีจำนวนตัวกลางไม่มากและมีการจัดการที่เหมาะสม จะสามารถควบคุมคุณภาพ และความปลอดภัยได้ดีขึ้น และควรจัดให้มีการพัฒนาพันธมิตรทางการค้า ด้วยการรวมกลุ่มกัน ซึ่งทำให้โซ่อุปทานพริกมีความยั่งยืนขึ้น

คำสำคัญ : พริก; โซ่อุปทาน; ตัวกลาง; SCOR-Model

การประเมินและปรับปรุงพื้นที่จัดเก็บด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น ในโรงงานผลิตคาร์บอน

วารางคณา พุ่มดียิ่ง¹ ประจวบ กลุ่มมจิตร²

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยศิลปากร

²คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

E-mail: warangkana_oui@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการขนส่งเพื่อจัดเก็บ รวมถึงประเมินและปรับปรุงการทำงานของแผนกคลังสินค้า โดยหาแนวทางลดค่าใช้จ่ายด้านการจัดเก็บด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น และเพื่อหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานในพื้นที่จัดเก็บ จากการศึกษาการทำงาน โดยใช้หลักการการศึกษางานมาใช้ในการเก็บข้อมูลที่จำเป็นคำนวณค่าใช้จ่ายซึ่งประกอบด้วยแผนผังพื้นที่จัดเก็บ กระบวนการทำงาน ระยะทางการเคลื่อนย้าย ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง ทรัพยากรที่ใช้ในการทำงาน ปริมาณสินค้าที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดทดลองนำข้อมูลจำนวนปริมาณสินค้าจำนวน 5 เดือน ของสินค้า 5 ชนิด จาก 15 ชนิด มาประมวลเปรียบเทียบผลของค่าใช้จ่ายที่ได้จากการขนส่งต่ำที่สุดจากการทดลองกับวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน การพิจารณาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการขนส่งแบบปัจจุบันกับแบบที่ได้จากการทดลอง พบว่าระยะทางและเชื้อเพลิงลดลง 34.10% ค่าเชื้อเพลิงลดลงคิดเป็นเงิน 46,238.04 บาท

คำสำคัญ การจัดเก็บ, คลังสินค้า, โปรแกรมเชิงเส้น

การศึกษารูปแบบการดำเนินงานของเกษตรกรผู้ปลูกผัก สำหรับการจัดหาผักสดของร้านอาหาร

วันเพ็ญ สุมนานุสรณ์¹ และ พรธิภา องค์คุณารักษ์¹

¹ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail: wanpen.ku64@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันร้านอาหารส่วนใหญ่มีความต้องการผักที่สดและปลอดภัยจากสารพิษตกค้าง ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกผักมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง โดยในโซ่อุปทานผักสดของร้านอาหาร มีเกษตรกรผู้ปลูกผักส่วนใหญ่เป็นรายย่อย และมีตัวกลางจำนวนมาก เช่น ผู้รวบรวมท้องถิ่น ผู้ค้าในตลาดกลาง ผู้ค้าส่ง-ปลีกในจังหวัด งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันของเกษตรกรผู้ปลูกผัก ด้วยการสัมภาษณ์และวิเคราะห์ตามแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานโซ่อุปทาน ผลการศึกษาพบว่า การมีมาตรฐาน GAP และตราสินค้ามีผลต่อการดำเนินงานของเกษตรกรและคุณภาพผักสด โดยเกษตรกรที่มี GAP จะมีการบันทึกข้อมูล และรวมกลุ่มกันซื้อปัจจัยการผลิตเพื่อเพิ่มอำนาจการต่อรอง และมีการใช้สารเคมีอย่างถูกต้อง มีสัดส่วนผลผลิตเน่าเสียน้อยกว่าเกษตรกรที่ไม่มี GAP ทำให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น แต่ราคาผักที่มีและไม่มี GAP ไม่แตกต่างกัน เกษตรกรที่มีตราสินค้ามักเป็นรายใหญ่ ส่งมอบสินค้าไปยังร้านอาหารโดยตรงด้วยรถบรรทุกที่ควบคุมอุณหภูมิ และรับคืนผลผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน โดยราคาผักจะสูงกว่าราคาตลาดทั่วไป ดังนั้นภาครัฐควรส่งเสริมให้ผักที่มีคุณภาพดีมีราคาแตกต่างเพื่อเพิ่มมูลค่าผักสดในโซ่อุปทานสำหรับร้านอาหารที่เน้นผู้บริโภคที่ใส่ใจด้านสุขภาพและความปลอดภัย และสามารถเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรด้วย

คำสำคัญ: เกษตรกร; ผักสด; GAP; SCOR Model; ร้านอาหาร

การพัฒนาเครื่องมือสร้างแบบจำลองเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานอย่างรวดเร็ว

อลงกรณ์ จรัสสุริยา¹ และ พรเทพ อนุสรณินิศาร¹

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail: g521450268@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ในธุรกิจปัจจุบันห่วงโซ่อุปทานได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก โดยการจัดการห่วงโซ่อุปทานที่มีประสิทธิภาพจะมองภาพรวมของระบบตั้งแต่ ผู้จัดหาวัตถุดิบ โรงงานผลิต ศูนย์กระจายสินค้า จนกระทั่งถึงร้านค้าปลีก ซึ่งในแต่ละส่วนต้องมีการส่งสินค้า, การจัดเก็บสินค้าและการขนส่ง ดังนั้นการจัดการให้มีต้นทุนต่ำที่สุดและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ด้วยเป็นสิ่งจำเป็น แต่เนื่องจากห่วงโซ่อุปทานเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน อีกทั้งความต้องการของลูกค้ามีความไม่แน่นอน ที่ผ่านมามีได้มีการนำระบบการจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยวิเคราะห์และประเมินภายใต้ห่วงโซ่อุปทานต่างๆ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการใช้ระบบการจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วย การพัฒนาแบบจำลองก็ยังคงต้องใช้เวลานานรวมทั้งผู้ใช้จะต้องมีความรู้ในการสร้างแบบจำลองและระบบต่างๆ ภายในห่วงโซ่อุปทานด้วย งานวิจัยฉบับนี้ได้พัฒนาเทมเพลตขึ้นเพื่อปรับปรุงให้ผู้ใช้สามารถสร้างแบบจำลองระบบห่วงโซ่อุปทานได้ง่ายและรวดเร็ว โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องใช้ความเชี่ยวชาญในการสร้างแบบจำลองมากนัก ซึ่งภายในเทมเพลตจะแบ่งเป็นโมดูลต่างๆ ดังนี้ ผู้จัดหาวัตถุดิบ โรงงานผลิต ศูนย์กระจายสินค้า ร้านค้าปลีก และการขนส่ง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำไปสร้างเป็นระบบห่วงโซ่อุปทานได้ทันที

คำสำคัญ การจำลองสถานการณ์ สินค้าคงคลัง ห่วงโซ่อุปทาน การขนส่ง

การศึกษาใช้อุปทานของสินค้าประเภทเครื่องสำอาง เพื่อการส่งออกไปประเทศเวียดนาม

สมพิทย์ สุวรรณโณ¹, ธารธร กุลภัทรนรินทร์²

¹บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร 10530

โทรศัพท์ 0-2988-3666 โทรสาร 0-2988-4040 E-mail: spaproduct@yahoo.com*

²คณะบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร 10530

โทรศัพท์ 0-2988-3666 โทรสาร 0-2988-4040 E-mail: tarathor@mut.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระบบโลจิสติกส์และใช้อุปทานของสินค้าประเภทเครื่องสำอาง ที่ส่งออกจากประเทศไทยไปยังประเทศเวียดนาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงรูปแบบของใช้อุปทาน รูปแบบการขนส่ง กฎระเบียบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้น วิธีการศึกษาใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ที่เกี่ยวข้องในใช้อุปทานของสินค้าประเภทเครื่องสำอาง ได้แก่ ผู้ประกอบการไทยที่ส่งเครื่องสำอางไปยังประเทศเวียดนาม ผู้ผลิตเครื่องสำอางบริษัทขนส่งที่ได้รับการว่าจ้างจัดส่งเครื่องสำอางไปยังประเทศเวียดนาม การศึกษาได้แบ่งกลุ่มของผู้ประกอบการออกเป็น 3 กลุ่ม ตามขนาดของธุรกิจ คือ บริษัทขนาดใหญ่ บริษัทขนาดกลาง และบริษัทขนาดเล็ก จากการศึกษาพบว่าทั้งสามกลุ่มขนาดธุรกิจ มีใช้อุปทานที่คล้ายคลึงกัน แต่จะแตกต่างกันที่วิธีการทำการตลาด และการกระจายสินค้า ในส่วนของปัญหาและอุปสรรคที่พบ คือ กฎหมายและกฎระเบียบของประเทศเวียดนาม ยุ่งยากซับซ้อน และล่าช้า เช่น การจดทะเบียนสินค้าต้องใช้เวลากว่าจะแล้วเสร็จประมาณ 3 เดือน เป็นต้น

คำสำคัญ เครื่องสำอาง ใช้อุปทาน การส่งออก

การแก้ปัญหาการส่งซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหลายช่วงเวลา โดยวิธีฮิวริสติกส์

ทศพร อติเศรษฐพงศ์¹ และ สวัสดิ์ ภาระราช²

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: tossworn@gmail.com

บทคัดย่อ

การแก้ปัญหาการส่งซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหลายช่วงเวลา เป้าหมาย คือต้นทุนที่ต่ำที่สุดในการส่งน้ำมันหลายชนิดไปยังแต่ละสถานีน้ำมันภายใต้ข้อจำกัด จำนวนรถขนส่ง ความจุของถังบรรจุน้ำมันของรถขนส่งแต่ละคัน และความจุของถังจัดเก็บน้ำมันของแต่ละสถานี การแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการกำหนดการเชิงเส้นตรงจำนวนเต็มใช้ระยะเวลานาน เนื่องจากจำนวนเงื่อนไขและตัวแปรในการคำนวณมีจำนวนมากโดยเฉพาะกรณีปัญหาที่มีขนาดใหญ่วิธีการกำหนดการเชิงเส้นตรงจำนวนเต็มไม่สามารถหาคำตอบได้ วิธีการฮิวริสติกส์จึงมีบทบาทในการหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดได้ และใช้เวลาในการคำนวณที่น้อยกว่านั่นเอง ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เสนอวิธีฮิวริสติกส์ คือ วิธีการปรับปรุง Multi-Period Oil Station Replenishment Heuristic (MPOSH) (ปรับปรุงจากวิธีของ Cornilier และคณะ) จากการทดลองขนาดปัญหา 5 ชุดสถานีได้แก่ 3, 4 และ 5 สถานี แต่ละชุดสถานีทดลองโดยใช้รถขนส่งน้ำมัน 2 คัน ในระยะเวลาทำงาน 3 และ 4 วัน พบว่า วิธีฮิวริสติกส์ที่เสนอสามารถให้คำตอบที่ ใกล้เคียงกับคำตอบที่แท้จริง วิธีการ MPOSH ซึ่งหากนำวิธีการดังกล่าวไปแก้ปัญหาค่าส่งน้ำมันจริงจะทำให้ทราบจำนวนรถ จำนวนเที่ยว จำนวนวันที่ทำให้ต้นทุนในการขนส่งน้ำมันต่ำลงได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้จำหน่ายน้ำมัน และหน่วยงานขนส่งอื่นๆ ได้

คำสำคัญ ต้นทุนในการส่งน้ำมัน ฮิวริสติกส์

การสร้างแบบจำลองกลไกการทำงานของโซ่อุปทานด้วยแผนภูมิวงรอบเหตุและผล กรณีศึกษาโซ่อุปทานยางพาราภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ธนภณ เจียรณัย¹ ศิริศักย เทพจิต² และ วิทยา สุฤทธดำรง³

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย 10800

^{2,3}สถาบันวิทยาการโซ่อุปทาน มหาวิทยาลัยศรีปทุม

อาคาร 10 ชั้น 4 ห้อง 402 เลขที่ 61 ถนนพหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail: pop608@hotmail.com¹

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นการนำเสนอแบบจำลองกลไกการทำงานของโซ่อุปทานยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ด้วยแนวคิดเชิงระบบ โดยใช้แผนภูมิวงรอบเหตุและผล เป็นเครื่องมือในการตั้งสมมติฐานเชิงพลวัตของกลไกการทำงานในโซ่อุปทานยางพาราจากการระบุความสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นในโซ่อุปทานยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยรูปแบบพฤติกรรมตลอดช่วงเวลาจากสมมติฐานดังกล่าวจะถูกนำไปใช้เป็นพฤติกรรมอ้างอิงการสร้างและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองพลวัตของระบบโซ่อุปทานยางพารา เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการทำสอบแผนงานและจัดทำข้อเสนอแนะในการพัฒนาโซ่อุปทานยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ การคิดเชิงระบบ แผนภูมิวงรอบเหตุและผล โซ่อุปทาน ยางพารา

การศึกษาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของहेลักรูปพรรณกลวง เขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้

ธีระยุทธ แสนแก้ว¹ และ เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

E-mail: sankae_w_t@hotmail.com¹, tuanjai.som@kmutt.ac.th²

บทคัดย่อ

ปัจจุบันภาคการก่อสร้าง และภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่จังหวัดภาคใต้ได้มีการใช้हेลักรูปพรรณ ปริมาณเพิ่มสูงขึ้นมาก ทำให้สภาวะการแข่งขันในพื้นที่นี้มีสูงขึ้นจากผู้ผลิตहेลักรูปพรรณหลายราย ดังนั้น บริษัทธรณีศึกษาต้องปรับตัวเพื่อรองรับการแข่งขันด้านการตลาดมากขึ้น ปัจจุบันบริษัทมีปัญหาด้านต้นทุนการขนส่งที่สูงจากการขนส่งหลายชั้นตอน และทำให้สูญเสียเวลาในการส่งมอบ โดยบริษัทจะดำเนินการขนส่งสินค้าไปยังท่ารถขนส่งภายนอกเพื่อส่งต่อไปยังลูกค้าปลายทาง ดังนั้นบทความนี้ได้ศึกษาการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ของบริษัทธรณีศึกษาเพื่อลดต้นทุนค่าขนส่งสินค้า ลดระยะเวลาในการรอสินค้าซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการตลาด และการเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคได้เพิ่มมากขึ้น โดยพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ของการหาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมและทำการแก้ปัญหาโดยใช้ Microsoft Excel solver ประยุกต์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการร้านค้าปลีกและร้านค้าส่งहेลักรูปพรรณ ผลจากการศึกษาพบว่าที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สุดคือ ที่จังหวัดชุมพร ซึ่งมีค่าขนส่งต่ำที่สุด คือ 1.5 ล้านบาท ที่ปริมาณยอดขายสินค้าहेลักรูปพรรณในพื้นที่ 14 จังหวัด เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,500-3,000 ตันต่อปี

คำสำคัญ การเลือกทำเลที่ตั้ง / ศูนย์กระจายสินค้า/हेลักรูปพรรณกลวง

การศึกษาการเดินรถไฟฟ้าใต้ดิน สายเฉลิมรัชมงคล ในช่วงเวลาเร่งด่วน ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

เปรมชิวิน ไตรทิพย์¹ และ วุฒิชัย วงษ์ทัศน์กร²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ.ปทุมธานี 12120

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ.ปทุมธานี 12120

E-mail: premchewin@hotmail.com¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษารูปแบบ การให้บริการการเดินรถไฟฟ้าใต้ดิน (Mass Rapid Transit, MRT) สายเฉลิมรัชมงคล ในวันจันทร์ - ศุกร์ ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ช่วงเวลาประมาณ 07.00-09.00 น. จากแผนการเดินรถรูปแบบเดิมได้กำหนดให้ค่าเวลาความถี่ ระหว่างขบวนของรถไฟฟ้า (Headway) ไม่เกิน 5 นาที รถไฟฟ้าวิ่งทั้งหมด 18 ขบวน และมีรถไฟฟ้าสำรอง 1 ขบวน แต่ในปัจจุบัน มีผู้โดยสารหนาแน่น จนทำให้ต้องวิ่งรถไฟฟ้าทั้งหมด 19 ขบวน และ Headway อยู่ที่ประมาณ 3.2 นาที ซึ่งการใช้งานรถไฟฟ้าทุกขบวนอาจทำให้มีผลกระทบ ในการซ่อมบำรุงและทำให้ประสิทธิภาพของรถไฟฟ้าที่อาจลดลงได้ในอนาคต ดังนั้นจึงนำหลักการสร้างแบบจำลอง ทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมอาเร็น่า (Arena Software) มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาการจัดรูปแบบการเดินรถไฟฟ้า โดยมีตัวชี้วัดเป็นจำนวนขบวนรถ จำนวนผู้โดยสารตกค้าง และเวลาที่ผู้โดยสารรอคอยรถไฟฟ้าในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนในสถานี ผลการจำลองพบว่าสามารถลดจำนวนขบวนรถลงได้ 1 ขบวนไว้สำหรับการซ่อมบำรุง และเตรียมรถไฟฟ้าไว้ในกรณีฉุกเฉิน โดยไม่มีผลกระทบกับการให้บริการในปัจจุบัน โดยกำหนดให้ Headway เท่ากับ 3.2 นาที และความเร็วเฉลี่ย 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

คำสำคัญ แผนการเดินรถ ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ความถี่ระหว่างขบวนของรถไฟฟ้า ผู้โดยสารตกค้าง

โปรแกรมศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ และวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน

จักรา สายประสงศ์สิน และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121
E-mail: jakkras@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการและวิเคราะห์ความเหมาะสมของการลงทุนจากอัตราส่วนทางการเงิน โดยในปัจจุบันโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีอยู่ทั่วไปนั้น สามารถนำมาวิเคราะห์ได้เพียงความเป็นไปได้ของโครงการ แต่ไม่สามารถนำมาช่วยในการวิเคราะห์ความเหมาะสมของการลงทุนได้ งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาโปรแกรมซึ่งสามารถให้ผู้ใช้งานใส่ข้อมูล เช่น ข้อมูลรูปแบบการลงทุน, ข้อมูลต้นทุนด้านการผลิต, ข้อมูลต้นทุนด้านการดำเนินงาน, ข้อมูลประมาณการยอดขาย ข้อมูลระยะเวลาการดำเนินงาน เป็นต้น เพื่อให้โปรแกรมสามารถแสดงผลของงบประมาณรายรับรายจ่าย, งบกำไรขาดทุน และงบดุลของโครงการได้ นอกจากนี้แล้วโปรแกรมยังสามารถคำนวณประมาณการอัตราส่วนทางการเงินจากการดำเนินงานของโครงการในด้าน ผลตอบแทนการลงทุน, ผลตอบแทนกำไร, การใช้ประโยชน์จากทรัพย์สินของโครงการ, การใช้ประโยชน์จากทรัพย์สินถาวรของโครงการ, ความสามารถในการชำระหนี้, ความสามารถในการทำกำไรเบื้องต้น และความสามารถในการชำระดอกเบี้ยได้ ผลจากการศึกษาโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์โครงการตัวอย่าง พบว่าผู้ใช้งานสามารถใช้โปรแกรมเพื่อช่วยในการตัดสินใจการลงทุน และสามารถพิจารณาผลประกอบการจากการลงทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ โปรแกรมศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ, การวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยวิศวกรรมคันไซ

กุศล พิมาพันธุ์ศรี

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: kusolp@kmutnb.ac.th

1. บทนำ

ในปัจจุบัน หลายบริษัทพยายามปรับเปลี่ยนตัวเองจากผู้รับจ้างผลิต (OEM) ให้มาเป็นผู้รับจ้างออกแบบ (ODM) เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน รวมทั้งเป็นความต้องการจากลูกค้าที่ต้องการลดภาระในส่วนการออกแบบผลิตภัณฑ์ และหลายบริษัทต้องการผันตัวเองสู่ธุรกิจที่มีตราสินค้าเป็นของตนเอง (OBM) อย่างไรก็ตาม บริษัทผู้ผลิตในประเทศไทยโดยส่วนมาก เติบโตจากการเป็นผู้รับจ้างผลิต เมื่อต้องพัฒนาตนเองให้เป็นผู้รับจ้างออกแบบหรือการมีตราสินค้าเป็นของตนเองจึงเป็นโจทย์ที่ค่อนข้างยาก เนื่องจากเงื่อนไขและข้อจำกัดด้านต่าง ๆ เช่น ด้านต้นทุน ด้านการผลิต ด้านสิ่งแวดล้อม มาตรฐานระบบคุณภาพ เป็นต้น หลายผลิตภัณฑ์ได้รับการพัฒนาและถูกนำสู่ตลาดแต่กลับไม่ประสบความสำเร็จ แม้ว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะสามารถตอบโจทย์ในแง่ของประสิทธิภาพและหน้าที่การใช้งาน รวมถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดดังกล่าวแล้วก็ตาม นอกจากนี้ ผู้บริโภคในปัจจุบันมีความช่างเลือกมากขึ้น นอกเหนือจากปัจจัยทางด้านราคา ประสิทธิภาพ และหน้าที่การใช้งานแล้ว รูปลักษณ์และความสวยงามของผลิตภัณฑ์ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค

Kaulio (1998 อ้างอิงใน [1]) กล่าวว่า การออกแบบผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันได้ถูกปรับเปลี่ยนจาก “ออกแบบเพื่อ” ผู้บริโภคเป็น “ออกแบบโดย” ผู้บริโภคแทน ซึ่งหมายความว่าบริษัทต้องผลิตสินค้าตามความต้องการของลูกค้าได้ และสามารถให้ลูกค้าเป็นผู้กำหนดรายละเอียดเฉพาะเอง (Customization and Customerization) ดังนั้นการสื่อสารกับผู้บริโภคมีความสำคัญอย่างยิ่งในช่วงเริ่มต้นและระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์

บทความนี้ได้กล่าวถึงแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยหลักการวิศวกรรมคันไซ (Kansei Engineering) ซึ่งเป็นวิธีการในการแปลงความรู้สึกและอารมณ์ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ให้อยู่ในรูปแบบของคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ เพื่อช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถนำคุณลักษณะดังกล่าวไปออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองต่อพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคได้

การสังเคราะห์วัสดุแลกเปลี่ยนประจุจากยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว โดยการใส่ปฏิกิริยาไมโครเวฟ

ภาณุวัตร มุกโกมินทร์¹ และ สุพิชชา รุ่งโรจน์นิมิตชัย²

¹ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: muminchan1@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำยางรถยนต์ใช้แล้วมาสังเคราะห์เป็นเรซินแลกเปลี่ยนประจุลบ ด้วยการทำให้ปฏิกิริยาเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชัน โดยใช้วัตถุดิบเป็นยางขนาด 500 และ 2000 ไมครอนมาทำปฏิกิริยาแอมโมโนไลซิส และโปรโตเนชัน โดยนำยางที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มในโทลูอีนทำการวิเคราะห์ค่าไอโอดีน จากนั้นจึงนำยางขนาดที่เหมาะสมมาทำปฏิกิริยาแอมโมโนไลซิสโดยให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 450 และ 600 วัตต์ เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที พบว่ายางขนาด 500 ไมครอนนั้นมีค่าไอโอดีน 19.51 และเรซินที่สังเคราะห์ได้จากการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 450 วัตต์ เป็นเวลา 30 นาที จะให้ค่าการแลกเปลี่ยนประจุสูงสุด คือ 0.95 meq/g เมื่อนำเรซินที่สังเคราะห์ได้มาทดสอบการดูดซับฟลูออไรด์ไอออน พบว่าเรซินที่สังเคราะห์ได้จากการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟจะมีค่า Defluorination capacity สูงสุด คือ 600 mgF⁻/kg

คำสำคัญ วัสดุแลกเปลี่ยนประจุ, การดูดซับ, ไมโครเวฟ, ยางรถยนต์

การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต Wireless router modem โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต

ธิติศรรค์ เหมหาญ¹ มณฑลีส ศาสนนันท์²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: thitisan397@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิต Wireless router modem ด้วยเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต ทำการประเมินด้วยวิธี Eco-Indicator 95 โดยศึกษาตั้งแต่ขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ลงบนแผ่นวงจร ไปจนถึงการบรรจุผลิตภัณฑ์ ผลการประเมินพบว่าในกระบวนการ Surface mounting technology (SMT) ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดร้อยละ 55.20 เนื่องจากกระบวนการนี้มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงถึง 1.27 kWh ต่อการประกอบ 1 ตัว รองลงมาคือ กระบวนการ Wave soldering ร้อยละ 25.40 และกระบวนการ In circuit test (ICT) ร้อยละ 11.10 ตามลำดับ

คำสำคัญ การประเมินวัฏจักรชีวิต ผลกระทบสิ่งแวดล้อม Wireless router modem

การศึกษาการตัดชิ้นงาน ซิลิคอนไนไตรด์ ด้วยวิธีการตัดร่อง โดยใช้การอาร์คด้วยไฟฟ้า

คงสิน เอื้อสถิตวงษ์ (Kongsin Auasathitwong)¹

อภิวัฒน์ มุตตามาระ (Apiwat Muttamara)²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail : sinamaru@hotmail.com

บทคัดย่อ

ความก้าวหน้าของวัสดุพิเศษ เช่น วัสดุเซรามิกส์ทางวิศวกรรม ทำให้การขึ้นรูปกับเครื่องจักรดั้งเดิมเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก อีกทั้ง การขึ้นรูปวัสดุพิเศษเหล่านี้ล้วนมีต้นทุนที่สูงมาก ในปัจจุบันวัสดุเซรามิกส์ทางวิศวกรรม เช่น ซิลิคอนไนไตรด์ (Si_3N_4) สามารถขึ้นรูปได้จากวิธีการอาร์คด้วยไฟฟ้า (EDM) โดยใช้อิเล็กโตรดช่วยสปาร์ค การศึกษานี้จะใช้ซิลิคอนไนไตรด์เป็นชิ้นงาน และขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการตัดร่อง รวมถึงนำหลักการของวิธีการ EDM มาใช้ อิเล็กโตรดทำมาจากแผ่นทองเหลือง วงกลมขนาดบาง มีความหนา 0.2 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร ผลการศึกษาพบว่าสามารถใช้วิธีการตัดร่องซิลิคอนไนไตรด์โดยใช้การ EDM ได้สำเร็จ ค่าตัวแปรพิจารณาจากค่ากระแสไฟฟ้า ผลการทดลองประเมินจากลักษณะร่องที่เกิดขึ้น อัตราการขจัดเนื้องาน และอัตราการสึกกร่อนของอิเล็กโตรด

คำสำคัญ : การกัดอาร์คด้วยไฟฟ้า, อิเล็กโตรด, ทองเหลือง, ซิลิคอนไนไตรด์, ตัดร่อง

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของงานฉีดพลาสติก โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม(CAE)

นายปิยวัฒน์ วัชรวัฒนากุลและ อภิวัฒน์ มุตตามระ, เสกสรร ไชยจิตต์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต คลองหลวง ปทุมธานี

E-mail: piyawat-w@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัญหาชิ้นงานฉีดพลาสติกชนิดอะครีเลท-สไตรีน-อครีโลไนไตร (ASA) เพื่อผลิตโคมไฟรถจักรยานยนต์คือ เกิดการแตกหักบริเวณที่เป็นจุดประกอบในขั้นตอนการทดสอบคุณภาพ ทำให้ต้องทำการเปลี่ยนแปลงการออกแบบชิ้นงานหลายครั้ง ทำให้เกิดต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น เช่น ต้นทุนในการแก้ไขแม่พิมพ์ ฯลฯ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงานฉีดพลาสติกโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในขั้นตอนการออกแบบก่อนทำการผลิตจริง วิธีดำเนินการคือ กำหนดให้มีภาระกระทำกับชิ้นงานบริเวณที่เป็นจุดประกอบ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการรับน้ำหนัก และกำหนดแรงที่กระทำกับชิ้นงานบริเวณจุดประกอบ โดยกำหนดให้มีลักษณะเป็นความถี่เหมือนการทดสอบคุณภาพของชิ้นงานในงานจริง ผลการวิเคราะห์จากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบจริง ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรมสามารถวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงาน ได้ใกล้เคียงกับการทดสอบความแข็งแรงในขั้นตอนทดสอบคุณภาพ และสามารถลดการแก้ไขแบบชิ้นงานหลังการผลิตได้

คำสำคัญ คอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม(CAE), การวิเคราะห์ความแข็งแรง, งานฉีดพลาสติก

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการติดกลับกับความเค้นในระบบการตัดโลหะ แบบ Compression โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

อัครราชทูต พิเศษฐานิช¹ ศิริชัย ต่อสกุล^{2*}

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

*E-mail: storsakul@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการติดกลับกับความเค้นในระบบการตัดโลหะแบบ Compression โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ จัดทำเพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้ชุดแม่พิมพ์ตัดมัลติฟังก์ชันกับเหล็ก 3 ประเภทในองศาการตัดที่ต่างกัน งานวิจัยนี้จะใช้เหล็กเกรด ST37 สำหรับชิ้นงาน (1) เหล็กที่ทอกลวงเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.8 มิลลิเมตร ที่มีความบางของผนังท่อเท่ากับ 0.4 มิลลิเมตร (2) เหล็กเส้นกลมผิวเรียบเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร (3) เหล็กแผ่นความกว้าง 25 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ และการปฏิบัติงานจริงจะใช้องศาในการตัดเท่ากับ 15 , 30 , 45 , 60 , 75 และ 90 องศา ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าเหล็กที่ทอกลวงมีค่าคงที่การติดกลับ (K) สูงสุดเท่ากับ 0.983 ที่องศาตัด 60 องศา ซึ่งมีความเค้นน้อยสุดเท่ากับ $6.31E+002$ เหล็กเส้นกลมมีค่า (K) สูงสุดเท่ากับ 0.967 ที่องศาตัด 60 องศา ซึ่งมีความเค้นน้อยสุดเท่ากับ $6.45E+002$ และเหล็กแผ่นมีค่า (K) เท่ากับ 0.933 ที่องศาตัด 75 องศา ซึ่งมีความเค้นน้อยสุดเท่ากับ $6.38E+002$ โดย (K) จะแปรผกผันกับความเค้นที่เกิดขึ้นบริเวณส่วนโค้งของเหล็กทั้ง 3 ประเภท คือเหล็กที่มีความเค้นมากจะมีเปอร์เซ็นต์การติดกลับมาก โดยเหล็กแผ่นจะเกิดการติดกลับมากที่สุด ตามด้วยเหล็กเส้น สุดท้ายเหล็กที่ทอกลวงจะเกิดการติดกลับน้อยที่สุด

คำสำคัญ การติดกลับ, ความเค้นตกค้าง, การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์, Compression

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแพด้วยขวดน้ำดื่มพลาสติกเหลือใช้

ปรีชา ช่างย่อม

สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.เชียงใหม่

E-mail: changchana@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแพด้วยขวดน้ำดื่มพลาสติกเหลือใช้ เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ประชาชนที่มีบ้านพักอาศัยอยู่ในพื้นที่ประสบอุทกภัยเป็นประจำทุกปีสามารถนำขวดน้ำดื่มพร้อมฝาปิดที่ผ่านการใช้งานแล้ว นำมามัดรวมกันเป็นแพสำหรับการขนย้ายสัมภาระ หรือเด็กเล็กออกนอกพื้นที่ได้อย่างปลอดภัย โดยเริ่มต้นจากการนำขวดน้ำดื่มพลาสติกเหลือใช้ที่ปิดฝาสนิทและมีปริมาตรความจุเท่ากันมามัดรวมกันให้เป็นแพ ซึ่งปัจจัยนำเข้าคือขนาดความจุของขวด 2 ขนาด ได้แก่ 0.6 ลิตร และ 1.5 ลิตร เพื่อนำมาหาจำนวนขวดที่มีผลต่อตัวแปรผลตอบคือน้ำหนักหรือภาระที่รับได้ โดยกำหนดขอบเขตของแต่ละแพให้สามารถรับภาระได้ไม่ต่ำกว่า 80 กิโลกรัม และแพนั้นๆ จะจมลงได้เพียงครึ่งหนึ่งของความสูงของขวดเท่านั้น ผลการทดลองพบว่า แพซึ่งประกอบจากขวดน้ำดื่มที่มีความจุ 0.6 ลิตร ขนาด 12x18 ขวด รวมจำนวน 216 ขวด และความจุ 1.5 ลิตร ขนาด 10x12 ขวด รวมจำนวน 120 ขวด สามารถรับภาระได้ 80 กิโลกรัมอย่างปลอดภัย

คำสำคัญ แพ, ขวดน้ำดื่มเหลือใช้, พลาสติก, Recycle, Reuse

การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำกับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์

ธนาสาร อินทรกำธรชัย¹ และ สุวัฒน์ จีระเยียรนาถ²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

²ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

E-mail: thanasani@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ความพยายามที่จะทำให้อุตสาหกรรมมีน้ำหนักเบาลงเพื่อลดอัตราการใช้เชื้อเพลิง ส่งผลให้ภาคการผลิตมีการนำวัสดุใหม่ๆ เข้ามาทดแทนเหล็กคาร์บอนต่ำที่ใช้ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นวัสดุในรูปแบบที่ 1) ค่าความหนาแน่นต่ำกว่าเหล็ก เช่น อลูมิเนียม และ แมกนีเซียมอัลลอย หรือ 2) เป็นวัสดุที่ทำจากเหล็กแต่ปรับปรุงคุณสมบัติทางกลให้มีความแข็งแรงมากขึ้น เพื่อลดความหนาของเหล็กแผ่นที่ใช้งานจากเดิม เช่น เหล็กแผ่นทนแรงดึงสูง (High strength steel) ซึ่งวัสดุทั้งสองแบบที่เลือกใช้นั้นมีความสามารถในการขึ้นรูปต่ำกว่าเหล็กคาร์บอนต่ำที่ใช้ในปัจจุบันแทบทั้งสิ้น ส่งผลให้กระบวนการขึ้นรูปแบบดั้งเดิมเช่นกระบวนการลากขึ้นรูป (Deep Drawing) ไม่สามารถที่จะขึ้นรูปกับวัสดุเหล่านี้ได้ดีมากนัก บทความวิชาการนี้จึงนำเสนอวิธีการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการขึ้นรูปของโลหะแผ่นที่ใช้ให้มากขึ้น โดยมีหัวข้อที่นำเสนอ คือ

1. ทำไมต้องขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ
2. ประเภทของการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ
3. กรณีศึกษาการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำชนิดลากขึ้นรูป
4. การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับผลการจำลองการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ
5. บทสรุป

คำสำคัญ การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ ความสามารถในการขึ้นรูป การจำลองการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ

Wood Composite from Highly Filled System of Palm Flour and Polybenzoxazine

Narongchai Khawphong¹ and Sarawut Rimdusit^{2*}

¹Technopreneurship and innovation Management program, Graduate School of,
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

^{2*}Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

E-mail: Narongchai_kp@hotmail.com

Abstract

The purpose of this research is to study the properties of wood-plastic composites (WPCs) made from *Tenera* palm leaves and polybenzoxazine for a potential outdoor application. *Tenera* palm leaves are easily found locally in Thailand and are usually used as fertilizers and animal food or left as waste materials. Therefore, to use the palm leaves as WPC filler can add value to the material and can indirectly save energy. In this study, the ground leaf powder, 106–425µm in size, is blended with polybenzoxazine which is of high mechanical and adhesive properties. The proportion of the ground leaf powder and benzoxazine resin is fixed at a 65:35 weight ratio. Then, their molding compound was gone through compression molding process at a temperature of 170°C and at a pressure of 200 bar. The obtained wood composite specimens were then characterized for the wood substituted properties including density measurement, bending test, micro hardness test, water absorption measurement and weathering test. The properties of WPC are compared to commercial wood composite as well as natural wood such as Teak wood, Makhamong wood and Iron wood.

Keywords: Polybenzoxazine, Highly Filled System, Palm Flour, Wood Composite

การลดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรโดยประยุกต์ใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษาโรงงานผลิตสปริง

ณัฐวีร์ วิจิตรกิริติกุล¹ และ ดร.ยุทธชัย บรรเทิงจิตร²

¹ภาควิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

²รองศาสตราจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

E-mail: natthi_mie18@hotmail.com

บทคัดย่อ

จากการศึกษาข้อมูลที่ได้จากโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานผลิตสปริงเพื่อส่งออก พบว่าโรงงานมีปัญหาในด้านการขาดมาตรฐานในการบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างมีระบบ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนเหตุขัดข้องของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตสปริงโดยประยุกต์ใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน วางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำวัน ประจำสัปดาห์ และประจำเดือนของเครื่องม้วนสปริง และหาค่าระยะเวลาใช้งานเฉลี่ยก่อนการขัดข้อง (Mean Time Between Failure; MTBF) หลังดำเนินตามแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน พบว่าสามารถลดจำนวนเหตุขัดข้องของเครื่องจักรลดลงจาก 21 ครั้ง เหลือ 18 ครั้งต่อเครื่อง หรือลดลงประมาณ 14.28% ของจำนวนครั้งการขัดข้อง และระยะเวลาการใช้งานเฉลี่ยก่อนการขัดข้องเพิ่มขึ้นจาก 475.2 ชั่วโมงเป็น 649.3 ชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 42.01% ของระยะเวลาการใช้งานได้ของเครื่องจักร

คำสำคัญ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน, ค่าระยะเวลาใช้งานเฉลี่ยระหว่างแต่ละการขัดข้อง

การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือเพื่อลดเวลาสูญเสียใน การผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษ

พิเชษฐ แก้วไทรท่อม¹ และ ประจวบ กล่อมจิตร²

¹นักศึกษานิเทศศาสตร์และ ²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

E-mail: pichetka@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาสูญเสียที่เกิดจากปัญหาการขัดข้องและเสียหายของเครื่องจักรในระหว่างทำการผลิต และกำหนดวิธีการบำรุงรักษาป้องกันให้กับชิ้นส่วนอุปกรณ์ของโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้หลักการวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ แนวทางการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องผลิตกระดาษ และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความเสียหายและระดับความเสี่ยงด้วยวิธีการวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ (FMEA) จากนั้นทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ความน่าเชื่อถือ เพื่อใช้เป็นข้อมูลกำหนดวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับชิ้นส่วนอุปกรณ์ ผลการการศึกษาพบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เวลาสูญเสียในการผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็นอัตราความเสียหายเฉลี่ยของเครื่องจักร เครื่อง MC1 ลดลง 5.68% เครื่อง MC2 ลดลง 9.56% เครื่อง MC3 ลดลง 4.47% และอัตราความพร้อมในการใช้งานเฉลี่ยของเครื่องจักร เครื่อง MC1 เพิ่มขึ้น 80.20% เครื่อง MC2 เพิ่มขึ้น 79.54% เครื่อง MC3 เพิ่มขึ้น 80.53% ตามลำดับ

คำสำคัญ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน, วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ, การวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์: กรณีศึกษา หจก. เอ.พี.เค เอ็นจิเนียริง แอนด์ ซัพพลาย

รัตนา ผูกน้อย^{1*} ยุทธชัย บรรเทิงจิตร^{2**}

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: prattana24@gmail.com* ytc@kmutnb.ac.th **

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาในการทำเอกสารในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์โดยลดขั้นตอนในการพิมพ์เอกสารที่มีลักษณะข้อความที่ซ้ำๆ กันของการทำใบรับงานซ่อม ใบเสนอราคา ใบส่งของ ใบเสร็จรับเงิน และรายงานการซ่อมให้แก่ลูกค้า รวมถึงการค้นหาประวัติของมอเตอร์ เนื่องจากการจัดเก็บข้อมูลถูกบันทึกในแผ่นซีดี ทำให้ใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ย 40 นาทีต่องาน ดังนั้นเพื่อลดเวลาการทำงานลงจึงได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการทำระบบฐานข้อมูล โดยได้เลือกโปรแกรมไมโครซอฟต์แอ็กเซส 2007 มาใช้ โปรแกรมที่จัดทำประกอบด้วย 8 ฐานข้อมูล ในพื้นที่ใช้งาน 5 GB เมื่อนำไปทดลองใช้งานพบว่า การทำงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์ ใช้เวลาเฉลี่ย 14 นาทีต่องาน ลดลง 26 นาที หรือลดลง 65%

คำสำคัญ ซ่อมบำรุงมอเตอร์, ไมโครซอฟต์ แอ็กเซส 2007

ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตและการปรับเทียบสำหรับการหลีกเลี่ยง การชนของหุ่นยนต์ในการทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ

วีระชัย คำเวียงสา¹ และรองศาสตราจารย์ ดร.จรัมพร หรรษมนตรี²

¹ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail : Weerachai-K@hotmail.com

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์เป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิตขั้นสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเข้ามาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ เพื่อให้ได้ความเร็วและความแม่นยำเพิ่มขึ้น ความแม่นยำของแขนหุ่นยนต์เป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาเพื่อนำมาใช้กับเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ มีหลายครั้งที่แขนหุ่นยนต์ชนกับชิ้นสำหรับใส่ฮาร์ดดิสก์เพื่อทดสอบหลังทำการเคลื่อนที่ไปตำแหน่งเดิม เหตุการณ์นี้ทำให้ฮาร์ดดิสก์เสียหายตลอดจนส่งผลกระทบต่อ การทดสอบฮาร์ดดิสก์ ช่างชำนาญการจะต้องตั้งค่าตำแหน่งของแขนหุ่นยนต์ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการสอบเทียบ แขนหุ่นยนต์เพื่อที่จะปรับปรุงความแม่นยำของแขนหุ่นยนต์ วิธีการต้องทำให้มีการสอบเทียบแผ่นทดสอบพร้อมกับ เซ็นเซอร์ที่จะปรับระยะแขนหุ่นยนต์การสอบเทียบระหว่าง (1) การสอบเทียบได้โดยไม่มีถาดฮาร์ดดิสก์และฮาร์ดดิสก์ (2) การสอบเทียบกับถาดฮาร์ดดิสก์และฮาร์ดดิสก์ แสดงให้เห็นวิธีการพัฒนาในระบบการผลิตสามารถลดความถี่ของปัญหา การชนของหุ่นยนต์จาก 13 ครั้งต่อเดือน เหลือเพียง 1 ครั้งต่อเดือน นอกจากนี้สามารถตรวจสอบความแม่นยำของหุ่นยนต์ หลังปรับปรุงโดยใช้การทดสอบการทำซ้ำ

คำสำคัญ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม, ความถี่ของปัญหาการชนของหุ่นยนต์, ฮาร์ดดิสก์

การออกแบบชุดหยิบจับและส่งผ่านชิ้นงานต้นแบบ ในเครื่องปั๊มโลหะ ขนาด 300 ตัน

วสันต์ ธิวัชสุวรรณ¹ และ รองศาสตราจารย์ ดร.จรัมพร หรรษมนตร์²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail: mhin_mte@yahoo.com

บทคัดย่อ

ในการผลิตชิ้นส่วนโลหะปั๊มขึ้นรูปสำหรับอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์นั้น แต่ละขั้นตอนจะใช้เครื่องปั๊มโลหะจำนวน 1 เครื่อง ควบคุมด้วยคนจำนวน 1 คน ลักษณะการทำงานเช่นนี้ทำให้ยากต่อการปรับปรุงการผลิต เพื่อหาวิธีการที่ดีกว่าและลดการทำงานด้วยคนลง ระบบส่งผ่านชิ้นงานจึงถูกออกแบบขึ้นเพื่อส่งผ่านชิ้นงานในระหว่างขั้นตอนการปั๊มขึ้นรูป โดยรวมขั้นตอนการปั๊มจำนวน 4 ขั้นตอนจากเครื่องปั๊มโลหะขนาด 80 ตัน 4 เครื่อง มาไว้ในเครื่องปั๊มโลหะขนาด 300 ตัน เพียงเครื่องเดียวและนำระบบส่งผ่านชิ้นงานซึ่งสามารถหยิบจับชิ้นงานได้พร้อมกัน 5 ชิ้นต่อครั้ง มาหยิบจับชิ้นงานจากอุปกรณ์ไหลตักชิ้นงานและแม่พิมพ์โลหะทั้ง 4 แม่พิมพ์ หลังจากนั้นจะนำชิ้นงานไปวางยังแม่พิมพ์ตัวถัดไป โดยชิ้นงานแต่ละชิ้นก็จะผ่านขั้นตอนการปั๊มจนครบทั้ง 4 ขั้นตอน ระบบส่งผ่านชิ้นงานนี้ได้ถูกออกแบบและจัดสร้างขึ้นพร้อมทดสอบการทำงาน ซึ่งผลการทดสอบการทำงานสามารถทำงานได้โดยใช้เวลาประมาณ 10.1 วินาทีต่อชิ้น คิดเป็น 356 ชิ้นต่อชั่วโมง

คำสำคัญ เครื่องปั๊ม, ระบบส่งผ่าน, แม่พิมพ์โลหะ

การประหยัดพลังงานในระบบอากาศอัดสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

มานิช วงศ์ธนกุลชกร กীরติ ชยะกุลคีรี

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร 0-2579-1111 ต่อ 2272 โทรสาร 0-2561-1111 ต่อ 2147

E-mail: manoch1280@hotmail.com

บทคัดย่อ

ระบบอากาศอัด(Compressed air systems) เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ และมีหลายแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบอากาศอัด เช่นการลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ การลดแรงดันให้ต่ำเหมาะกับการใช้งานพร้อมกับป้องกันรอยรั่วต่างๆในระบบ และจัดการ การทำงานของเครื่องอัดอากาศ (air compressor)โดยใช้เครื่องควบคุมความเร็วรอบ(Inverter) และตู้ควบคุมอัตโนมัติแบบหลายหน่วย (Auto Multiple Unit Control) บทความนี้เสนอแนวทางการออกแบบ ติดตั้งระบบอากาศอัด เลือกใช้เครื่องอัดอากาศแบบโรตารีสกรู และ อุปกรณ์ต่างๆที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย และกราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศ ที่ความดันและอุณหภูมิของอากาศเข้าต่างๆ สามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ 30,058 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี และลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศได้ 9,116.88 กิโลกรัมต่อปี

คำสำคัญ การประหยัดพลังงาน, ระบบอากาศอัด, ลดอุณหภูมิอากาศเข้า

การศึกษาการลดของเสียซึ่งเกิดจากการตัดแยกงานเกินความจำเป็น ของ กระบวนการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์

ศักดิ์สิทธิ์ สุดใจ¹ มณฑลีส ศาสนนันท์²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ.ปทุมธานี 12120

E-mail: tochi_physic@yahoo.com

บทคัดย่อ

จากการเก็บข้อมูลการผลิตตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ.2553 ถึง พฤษภาคม พ.ศ.2553 พบว่าผลิตภัณฑ์ชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ มีงานเสียเนื่องจากการการตัดแยกงานเกินความจำเป็น ของความต้านทานไฟฟ้าชนิด TAN-D ของเครื่องตรวจสอบค่าทางไฟฟ้า ในแต่ละเดือนเป็นจำนวนมาก ซึ่งตัวเสียเหล่านี้ทำให้ทางบริษัทเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะลดจำนวนตัวเสียดังกล่าว โดยการประยุกต์ใช้แนวทางการแก้ปัญหาตามแบบแผนของระบบการควบคุมคุณภาพ (QC Story) มาทำการวิเคราะห์และแก้ปัญหา โดยอ้างอิงข้อมูล เหตุผล และความรู้ทางวิชาการเพื่อลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งในกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ทำการวิจัยได้ใช้เทคนิคของ QC 7 Tool, การวิเคราะห์สมมติฐานทางสถิติ และทฤษฎีสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) มาทำการวิเคราะห์และทำการแก้ปัญหา ซึ่งหลังจากที่ได้ทำการแก้ปัญหาโดยใช้หลักการดังกล่าวแล้ว สามารถทำให้จำนวนตัวเสียลดลงจากเดิมได้ประมาณ 72.05 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ ความต้านทานไฟฟ้าชนิด TAN-D(DF), Tantalum Capacitor , การแก้ปัญหาตามแบบแผนของระบบการควบคุมคุณภาพ

การอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม

สุลักษณ์ เอื้อจิตร¹ และอัคนันท์ คิตสม

¹30 ซอยศาลาธนบุรี 27 ถ.พัฒนาการ แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160

E-mail: sulakuachit@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาความยั่งยืนในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นโรงงานได้รับรางวัล Thailand Energy Award 2007 ด้านการอนุรักษ์พลังงาน ประเภทโรงงานควบคุมดีเด่น จำนวน 11 แห่ง โดยประเด็นที่ทำการค้นคว้า ได้แก่ สภาพการดำเนินการในปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2550) แรงจูงใจและการสนับสนุนการอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนแนวทางในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การดำเนินการหลังจากที่ได้รับรางวัล โรงงานควบคุมดังกล่าวยังคงดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง ในด้านการเก็บข้อมูลการใช้พลังงาน กิจกรรมต่างๆ ที่ให้เกิดการมีส่วนร่วมและสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงาน มีการวางแผนในมาตรการการอนุรักษ์พลังงานทั้งที่ต้องการเงินลงทุนและไม่ใช้เงินลงทุน อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาและอุปสรรค ในการดำเนินการ ได้แก่ การขาดการประชาสัมพันธ์ และการส่งข้อมูลข่าวสารกับโรงงานโดยตรง เช่น กำหนดการและหลักสูตรฝึกอบรม ด้านความชัดเจนของผู้ตรวจสอบการจัดการพลังงานที่กฎหมายบังคับให้ผู้ตรวจสอบทำการตรวจสอบ และผ่านการตรวจรับรองการจัดการพลังงาน แต่เมื่อถึงกำหนดที่ต้องส่งรายงานก็ยังไม่มีการตรวจสอบขึ้นทะเบียนกับทางราชการ รวมทั้งยังมีความกังวลด้านค่าใช้จ่ายการว่าจ้างผู้ตรวจสอบที่อาจเกิดขึ้นกับทางโรงงาน นอกจากนี้ยังมีประเด็นเกี่ยวกับพระราชบัญญัติฯ กับ ISO 50001 มาตรฐานด้านการจัดการพลังงาน ซึ่งถ้าหากแล้วเสร็จ โรงงานควบคุมน่าจะปฏิบัติตามมาตรฐานเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและป้องกันการกีดกันทางการค้าได้ และด้านแรงจูงใจ จากภาครัฐ ซึ่งได้แก่ สิทธิประโยชน์ทางภาษี การประกวดการอนุรักษ์พลังงาน และสุดท้ายคือ ในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืนนั้น ผู้บริหารต้องมีนโยบายอย่างชัดเจน และเห็นความสำคัญเพื่อสนับสนุนคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานในภาคปฏิบัติ เพื่อผลักดันการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง และปลูกจิตสำนึกจึงจะเกิดการความยั่งยืน

คำสำคัญ อนุรักษ์พลังงาน การจัดการพลังงาน โรงงานควบคุม

การพัฒนาบุคลากร บนพื้นฐานสมรรถนะ (Competency) กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

เกษร พักเย็นใจ และ ธีรธร กุลภัทรนิรันดร์

หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร 10530

โทรศัพท์ 0-2988-3666 โทรสาร 0-2988-4040

E-mail: kasom @ mut.ac.th

บทคัดย่อ

แนวทางการพัฒนาบุคลากร บนพื้นฐานสมรรถนะ (Competency) มีพื้นฐานว่าการที่บุคคลจะแสดงสมรรถนะใด สมรรถนะหนึ่งได้นั้นจะต้องมีองค์ประกอบทั้งด้านความรู้ ทักษะ ความสามารถที่เกี่ยวข้องกับงานนั้น และคุณลักษณะที่จำเป็นส่วนบุคคลเอง การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษา สมรรถนะหลัก และสมรรถนะในงาน ของพนักงานสนับสนุนการเรียนการสอนภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร โดยได้มีการประเมิน จัดลำดับความสำคัญ และสร้างเกณฑ์ ในการวัดสมรรถนะหลัก และสมรรถนะในงานสำหรับตำแหน่งงานต่างๆ ขึ้นมา จากนั้นได้ทำการประเมินสมรรถนะตำแหน่งงานต่างๆ ด้วยวิธีการประเมินแบบ 180 องศา และได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงสมรรถนะที่ควรต้องได้รับการพัฒนาของตำแหน่งงานต่างๆ กับแผนการฝึกอบรมของฝ่ายบุคลากร จากการศึกษาพบว่าการพัฒนาบุคลากรบนพื้นฐานสมรรถนะของมหาวิทยาลัยฯ จำเป็นต้องพัฒนาสมรรถนะในงาน เช่น ความรู้ในเชิงเทคนิคเฉพาะงาน และพัฒนาคุณลักษณะที่จำเป็นต่อผลสำเร็จของงานอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น การมุ่งผลสัมฤทธิ์ ความรับผิดชอบ เป็นต้น อย่างไรก็ตามแนวทางในการพัฒนาบุคลากรนอกจากการฝึกอบรมแล้วยังสามารถใช้วิธีการอื่นๆ ประกอบได้ด้วย

คำสำคัญ การพัฒนาบุคลากรสมรรถนะหลัก สมรรถนะในงาน

พัฒนาวิธีการออกแบบเพื่อจัดกลุ่มชิ้นส่วนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน

จिनกมล ลุยจันทร์¹ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง¹

ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800¹

E-mail: jinkamon_mate01@hotmail.com

บทคัดย่อ

จากสภาวะการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันส่งผลให้หลายบริษัทผู้ผลิตสินค้าต้องปรับตัวและพัฒนากลยุทธ์การดำเนินงานเพื่อตอบสนองต่อความหลากหลายตามความต้องการของลูกค้าเฉพาะราย (Individualized Product) ด้วยเหตุนี้ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาวิธีการในการจัดกลุ่มชิ้นส่วนเพื่อรองรับต่อสภาวะการดังกล่าวโดยสามารถปรับแต่ง (Modify) เฉพาะกลุ่มชิ้นส่วน โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนด้วยวิธีเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix, DSM) จากนั้นคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Dependency Coefficient) เพื่อใช้ในการสร้างโมดูลของชิ้นส่วนประกอบด้วยวิธีการจัดกลุ่มแบบขั้นตอน (Hierarchical Clustering) ซึ่งวิธีการที่พัฒนาขึ้นได้นำไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษา แบบโครงสร้างตัวถังรถยนต์โดยสาร ผลที่ได้เกิดการสร้างโมดูลย่อยภายใต้โมดูลเดิมทำให้ง่ายต่อการปรับเปลี่ยนการออกแบบ (Re-Design) ในแต่ละโมดูลโดยไม่กระทบต่อโครงสร้างหลักของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จะสนับสนุนให้ผู้ผลิตสามารถตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะของลูกค้าแต่ละรายได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ เมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix), การจัดกลุ่ม (Clustering)

การบริหารประสบการณ์เพื่อสร้างพฤติกรรมความจงรักภักดีของลูกค้า กรณีศึกษา ซูเปอร์เซ็นเตอร์ในประเทศไทย

ทรงศักดิ์ วิจัยธรรมฤทธิ์¹ และ ดร.ธีระ เตชะมณีสถิตย์²

¹ภาควิชาบริหารธุรกิจดุชะฎาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

²ภาควิชาบริหารธุรกิจดุชะฎาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

E-mail: boatbigc@hotmail.com *

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาถึงรูปแบบของประสบการณ์ที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความจงรักภักดีของลูกค้า โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาถึงลักษณะประสบการณ์ที่มีคุณค่า จากกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้า เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงประสบการณ์ที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมความจงรักภักดี ในกลุ่มธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่รูปแบบซูเปอร์เซ็นเตอร์ จากปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความจงรักภักดีของลูกค้าอันได้แก่ ตราสินค้า ราคา โปรโมชัน ไซ้อุปทาน สถานที่ การโฆษณา หนีบห่อการบรรจุ การบริการและบรรยากาศ ระเบียบวิธีในการวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการวิจัยเชิงปริมาณโดยการออกแบบสอบถามและเลือกประชากรจากการสุ่มตัวอย่างแบ่งกลุ่มหลายชั้นตอน ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยทั้ง 9 มิติดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับความจงรักภักดีของลูกค้าอย่างมีนัยสำคัญ โดยความจงรักภักดีของลูกค้า นั้นก่อให้เกิด ความพึงพอใจของลูกค้าซึ่งทำให้เกิดการขายที่เพิ่มมากขึ้น ผลที่ตามมาคือการเจริญเติบโตของรายรับ ส่วนแบ่งตลาดที่เพิ่มมากขึ้น และกำไรที่เพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ การบริหารประสบการณ์ลูกค้า, ความจงรักภักดีซูเปอร์เซ็นเตอร์

การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ เพื่อสร้างคุณค่าตราสินค้า

ณัฐกาญจน์ สุวรรณธรา¹ และ ดร.ธีระ เตชะมณีสถิตย์²

¹ ภาควิชาบริหารธุรกิจดุสิตบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

² ภาควิชาบริหารธุรกิจดุสิตบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

E-mail: nattkarn2010@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ เพื่อสร้างคุณค่าตราสินค้า เป็นบทบาทหนึ่งที่สำคัญในการวางแผนกลยุทธ์ตลาด และหากต้องทำการแข่งขันกับตราสินค้าต่างประเทศการแข่งขันยิ่งรุนแรงมากขึ้น เพราะมีผลกระทบในเรื่องของการดำเนินธุรกิจ การเปลี่ยนแปลงของวัฒนธรรม และรายได้ของประเทศ และในขณะนี้ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางในประเทศไทย มีการแข่งขันกันสูงมาก สืบเนื่องมาจากที่ประเทศไทย มีข้อตกลงการการค้าเสรี ในการนำเข้าของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางต่างประเทศโดยไม่มีการเสียภาษี เริ่มปี พ.ศ.2553 เป็นต้นไป ทำให้ผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางไทยต้องเผชิญกับการแข่งขันที่รุนแรงขึ้น

ดังนั้น การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการเพื่อสร้างคุณค่าตราสินค้าเครื่องสำอางของไทยจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ ผลการวิจัย พบว่ารูปแบบการสื่อสารที่สำคัญที่สุดคือการโฆษณา สำคัญน้อยสุดคือการจัดแสดงสินค้า สำหรับคุณค่าตราสินค้าสามารถทำให้ผู้บริโภคได้รู้จักในระดับมากแต่ ความเชื่อมโยงและความภักดีอยู่เพียงระดับปานกลางเท่านั้น

คำสำคัญ การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ, คุณค่าตราสินค้า, เครื่องสำอางไทย

การพัฒนาโปรแกรมคำนวณต้นทุนการผลิตและราคาขาย สำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

สาโรช เวโรจน์¹ นิธิ อัทธิต^{2*} วุฒินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ² ชาญเดช หุออนันต์² อัมพร โพธิ์ไย² และวีระเดช วุฒิพรพันธ์¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

² ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) สังกัด ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

51/4 หมู่ที่ 1 ถนนสุวินทวงศ์ ตำบลวังตะเคียน อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

E-mail: nithi.atthi@nectec.or.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลและโปรแกรมคำนวณต้นทุนการผลิตและราคาขายสำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำของศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ โดยออกแบบให้เป็นโปรแกรมที่สามารถทำงานบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ภาษาจาวาและภาษามายด์เอสคิวแอล (MySQL) ในการพัฒนาความสามารถของโปรแกรมจะครอบคลุมถึงการวิเคราะห์ต้นทุนแรงงาน ต้นทุนวัสดุและสารเคมี รวมถึงต้นทุนค่าเสียหายอื่นๆ การออกแบบการทำงานของโปรแกรมได้ออกแบบให้สอดคล้องกับการทำงานของระบบควบคุมการผลิตภายในศูนย์ฯ นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลในแต่ละล็อตการผลิตและหาจุดคุ้มทุนโดยอาศัยข้อมูลทางการตลาดของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เพื่อกำหนดกลยุทธ์ด้านการตลาดในการแข่งขัน จากการสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อโปรแกรกดังกล่าวโดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 จากคะแนนเต็ม 5.0 คะแนน ซึ่งถือว่ามี ความพึงพอใจมากในการใช้งานโปรแกรม

คำสำคัญ ต้นทุนกิจกรรม กระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ โปรแกรมคำนวณต้นทุนการผลิต

การพัฒนาเครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติด้วยวิธีการวิเคราะห์จำแนกประเภท

สายัณห์ เจนวิถีสุข¹ และ จิรศิริพงษ์ เจริญภักธาทักษ์²

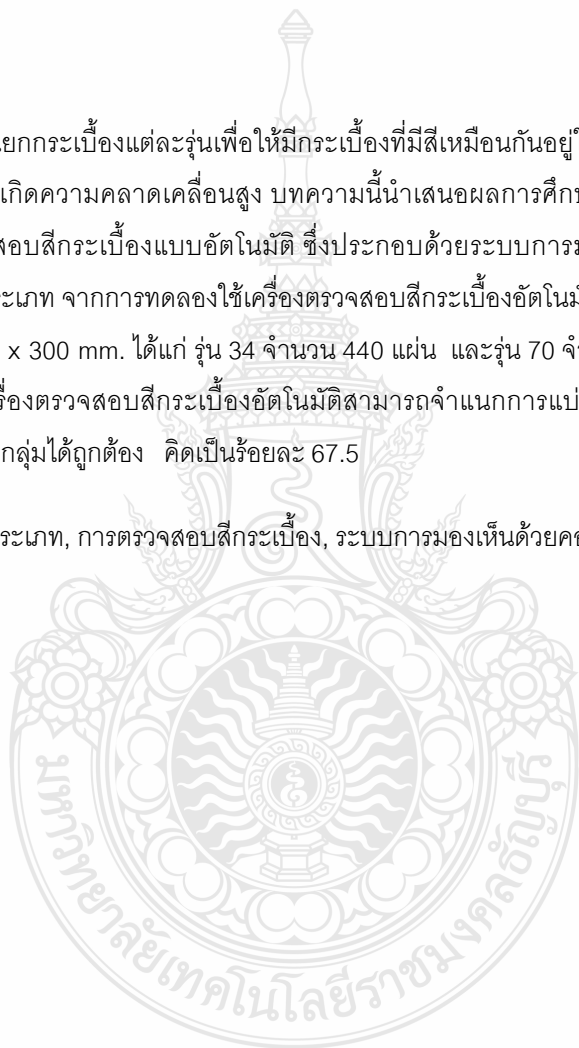
^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จังหวัดปทุมธานี 12120

E-mail: sayanc@scg.co.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการตรวจสอบคัดแยกกระเบื้องแต่ละรุ่นเพื่อให้มีกระเบื้องที่มีสีเหมือนกันอยู่ในรุ่นเดียวกันยังคงใช้พนักงานตรวจสอบด้วยสายตา ซึ่งพบว่าเกิดความคลาดเคลื่อนสูง บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาปรับปรุงวิธีการตรวจสอบสีกระเบื้องเพื่อให้ได้เครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องแบบอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วยระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์และโปรแกรมการวิเคราะห์จำแนกประเภท จากการทดลองใช้เครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นในการตรวจสอบสีกระเบื้อง 2 รุ่นขนาด 300 mm. x 300 mm. ได้แก่ รุ่น 34 จำนวน 440 แผ่น และรุ่น 70 จำนวน 330 เปรียบเทียบกับการใช้พนักงานตรวจสอบ พบว่าเครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติสามารถจำแนกการแบ่งกลุ่มได้ถูกต้องร้อยละ 96.88 พนักงานสามารถจำแนกการแบ่งกลุ่มได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 67.5

คำสำคัญ การวิเคราะห์จำแนกประเภท, การตรวจสอบสีกระเบื้อง, ระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์



การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการมีผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศไทย : กรณีศึกษาชิ้นส่วนรถยนต์

สรายุทธ ใหม่อ่อง และ จิรรัตน์ ธีระวาพุกฤษ
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121
E-mail: sarayut@tims-tech.co.th

บทคัดย่อ

จากการเติบโตของความต้องการรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน ส่งผลให้ความต้องการชิ้นส่วนรถยนต์เกิดการขยายตัวตามไปด้วย โดยในปัจจุบัน การผลิตชิ้นส่วนรถยนต์จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบบางประเภทที่นำเข้าจากต่างประเทศ ใน การศึกษานี้ ชิ้นส่วนวัตถุดิบที่ทำการศึกษาเพื่อลดการนำเข้าประกอบด้วย 8 รายการ ซึ่งทั้งหมดนั้นเป็นการนำเข้าจาก ประเทศญี่ปุ่น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อที่จะหาแนวทางในการลดการนำเข้าชิ้นส่วนวัตถุดิบทั้ง 8 รายการ ซึ่ง ผลจากการศึกษา สรุปได้ว่า แนวทางการลดการนำเข้าชิ้นส่วนวัตถุดิบที่เหมาะสม คือการจ้างบริษัทในประเทศไทยทำการ ผลิตชิ้นส่วนเพื่อทดแทนการนำเข้าชิ้นส่วนทั้ง 8 รายการ

คำสำคัญ การศึกษาความเป็นไปได้ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ การทดแทนการนำเข้า

กรณีศึกษาการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสถานศึกษาด้วยโปรแกรมจำลอง การใช้พลังงานในอาคาร

ยุทธจักร หินทอง¹ และ ชาญณรงค์ อัครเทศานุกาพ²

¹เทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

99 ม.18 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121 โทรศัพท์ 087-0451223

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

99 ม.18 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121 โทรศัพท์ 02-564-3001-9 ต่อ 3211

E-mail: pange.group@gmail.com, acharnna@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารสถานศึกษา โดยการใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร (eQuest) ซึ่งมุ่งเน้นการใช้พลังงานที่เกิดจากภาระการทำความเย็นบนพื้นที่ปรับอากาศ ในการศึกษาได้ใช้อาคารอำนวยการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ซึ่งเป็นอาคารเรียนที่มีความสูง 7 ชั้นมาเป็นกรณีศึกษา วิธีการศึกษาคือ การสำรวจและเก็บข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร ได้แก่ โครงสร้างกรอบอาคารและวัสดุลักษณะการใช้งานของอาคาร ระบบไฟแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ รวมถึงขนาดและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ในการสร้างแบบจำลองอาคารและข้อมูลนำเข้าให้กับโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร สำหรับการคำนวณค่าการใช้พลังงานและค้นหามาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารตัวอย่าง จากการศึกษาพบว่า การปรับปรุงกรอบอาคาร การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงาน และการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ในอาคารตัวอย่างอย่างเหมาะสมจะส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ ซึ่งแนวทางการศึกษาที่น่าเสนอในงานวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานของอาคารตัวอย่างต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ ภาระการทำความเย็น, อีควีส, โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร

การสร้างภาพลักษณ์องค์กร

ศศิธร งามพันธ์¹ และ ดร.ธีระ เตชะมณีสถิตย์²

¹ภาควิชาบริหารธุรกิจดุสิตบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

²ภาควิชาบริหารธุรกิจดุสิตบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

E-mail:3402081@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการสร้างภาพลักษณ์องค์กร (corporate image) กรณีศึกษาธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่ เนื่องจากปัจจุบันการค้าปลีกสมัยใหม่มีการแข่งขันกันสูงขึ้น การสร้างภาพลักษณ์องค์กรสามารถทำให้ธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่เกิดการสร้างภาพลักษณ์ที่ยั่งยืนและผลกำไรในระยะยาวได้ดีขึ้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะและแนวทางปฏิบัติในการสร้างภาพลักษณ์องค์กรสำหรับธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่ เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ (qualitative research) มีการศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) กับผู้บริหารด้านการค้าปลีกสมัยใหม่และการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างภาพลักษณ์องค์กร จากการศึกษา พบว่าการสร้างภาพลักษณ์องค์กรสำหรับธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่นั้นประกอบไปด้วยภาพลักษณ์ในการสร้างกิจกรรมเพื่อสังคม (social image) ภาพลักษณ์พนักงาน (image of employees) ภาพลักษณ์สินค้าและบริการ (image of products and services) ภาพลักษณ์การสื่อสารทางการตลาด (image of marketing communications) ภาพลักษณ์ช่องทางการจัดจำหน่าย (image channels) ภาพลักษณ์สถานที่และสิ่งแวดล้อม (image of working environment) ภาพลักษณ์อุปกรณ์ที่ทันสมัย (image of modern equipment) จากการค้นพบดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ที่ต่อไปในอนาคตสำหรับแนวทางปฏิบัติในการสร้างภาพลักษณ์องค์กรให้กับธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่

คำสำคัญ การสร้างภาพลักษณ์องค์กร, ธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่

การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำ ประเภทท่อสูบน้ำการเกษตรแบบปรับความยาวได้

นายชิตพงษ์ ชินสันติ¹ และ ผศ.ดร. ดนุพันธ์ วิสุวรรณ²

¹นักศึกษานิเทศศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: chitpong_tan@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำการเกษตรแบบปรับความยาวได้ โดยผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันไม่สามารถปรับความยาวตามพื้นที่ใช้งานได้จึงกลายเป็นข้อจำกัด งานวิจัยนี้จึงพัฒนาท่อสูบน้ำดังกล่าวให้สามารถปรับความยาวได้ตามต้องการ และสามารถจำหน่ายได้ในเชิงพาณิชย์ งานวิจัยเริ่มต้นด้วยการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาดพบว่ายังคงมีอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์นี้เป็นจำนวนมาก จากนั้นจึงศึกษาด้านการผลิตเพื่อรองรับอุปสงค์ ผลการศึกษาพบว่าจะต้องมีการลงทุนในการสร้างโรงงาน , เครื่องจักรทั้งหมด 9 เครื่องและอื่น ๆ รวมเป็นเงิน 27 ล้านบาท สำหรับการศึกษาด้านการบริหารพบว่าจะต้องใช้บุคลากรจำนวน 43 คนเพื่อปฏิบัติงานในตำแหน่งต่างๆ และเมื่อศึกษาด้านการเงินพบว่าการดำเนินธุรกิจจะให้ผลตอบแทนทางการเงิน มูลค่าเงินปัจจุบัน = 5,147,754 บาท, อัตราผลตอบแทน = 15.17% และระยะเวลาคืนทุน = 3.27 ปี ดังนั้นการดำเนินธุรกิจนี้จึงมีความเป็นไปได้ในการลงทุนเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจ , เครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำการเกษตรแบบปรับความยาวได้

การประยุกต์ใช้การจัดการความรู้ : กรณีศึกษา

นนทวรรณ ตั้งวรการพานิช และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

E-mail : thunderstorm448@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในสภาวะที่มีการแข่งขันสูงเช่นปัจจุบัน องค์กรทุกองค์กรจำเป็นต้องหาวิธีการในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และต้นทุนการผลิต ในกระบวนการของการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนการผลิตนั้น จำเป็นต้องมีความรู้มาเกี่ยวข้อง การจัดการความรู้ที่ดีจึงมีส่วนช่วยให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนการผลิต งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงการประยุกต์ใช้การจัดการความรู้เพื่อให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนการผลิต โดยได้ศึกษาถึงความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนการผลิตของกรณีศึกษา หลังจากนั้นจึงได้ทำการจัดหมวดหมู่ความรู้ และได้ออกแบบระบบสารสนเทศเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการความรู้ ซึ่งระบบสารสนเทศนี้จะทำให้การเข้าถึงความรู้เป็นไปได้โดยสะดวกและรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถแบ่งปันความรู้ ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย ผลจากการนำการจัดการความรู้ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในองค์กรกรณีศึกษาพบว่า จำนวน ใคเซ็นซีที่จากการขยายผลอยู่ในระดับร้อยละ 8-17 และความพึงพอใจของผู้ที่เกี่ยวข้องในการประยุกต์ใช้การจัดการความรู้ อยู่ในระดับร้อยละ 81-92

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์สินเชื่อในภาคอุตสาหกรรม

ฐิติพร ลวดทอง และจิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

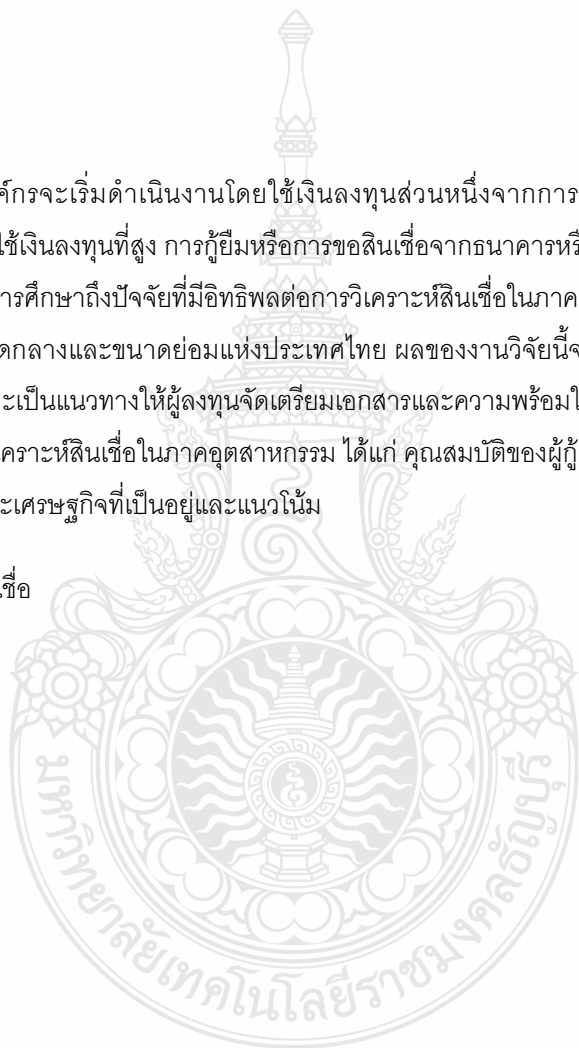
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

E-mail: titiporn@smebank.co.th

บทคัดย่อ

ในการลงทุน เกือบทุกองค์กรจะเริ่มดำเนินงานโดยใช้เงินลงทุนส่วนหนึ่งจากการกู้ยืม โดยเฉพาะการลงทุนในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนที่สูง การกู้ยืมหรือการขอสินเชื่อจากธนาคารหรือสถาบันทางการเงินจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์สินเชื่อในภาคอุตสาหกรรม โดยทำการศึกษากับธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย ผลของงานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการวิเคราะห์สินเชื่อให้กับผู้วิเคราะห์สินเชื่อและเป็นแนวทางให้ผู้ลงทุนจัดเตรียมเอกสารและความพร้อมในการขอสินเชื่อ จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์สินเชื่อในภาคอุตสาหกรรม ได้แก่ คุณสมบัติของผู้กู้ ความสามารถในการชำระหนี้ เงินทุน หลักประกัน รวมทั้งสถานะเศรษฐกิจที่เป็นอยู่และแนวโน้ม

คำสำคัญ ปัจจัยที่มีอิทธิพล, สินเชื่อ



การพัฒนากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจของสายการบินต้นทุนต่ำ

ธิดารัตน์ สืบสง่า และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120

E-mail: thidarat.aor@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพัฒนากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจของสายการบินต้นทุนต่ำเพื่อให้ทราบถึงทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อบัณฑิตจบใหม่ประกอบกิจการตลาดโดยผลจากการศึกษา สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับผู้ประกอบการสายการบินต้นทุนต่ำเพื่อสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงกลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจให้สอดคล้องกับกับความต้องการของผู้ใช้บริการต่อไปในอนาคตเนื่องจากปัจจุบันธุรกิจนี้เติบโตและมีการแข่งขันสูง จึงได้ศึกษากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจเฉพาะการออกแบบส่วนประกอบทางการตลาดอันประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด บุคลากร กระบวนการให้บริการ และการนำเสนอลักษณะทางกายภาพ งานวิจัยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการศึกษา และใช้การวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ระดับความสนใจและการเดินทางบ่อยเพื่อหากลุ่มลูกค้าเป้าหมายที่จะนำมาใช้ในการกำหนดกลยุทธ์และสถิติอ้างอิงในการวิเคราะห์ความแตกต่างของทัศนคติของกลุ่มเป้าหมาย ผลของงานวิจัยได้นำมาใช้ในการออกแบบส่วนประกอบทางการตลาดสำหรับกลุ่มเป้าหมายแต่ละกลุ่มและได้นำไปประเมินผลการออกแบบโดยผู้บริหารระดับสูงโดยหลายข้อเสนอจากการออกแบบโดยรวมอยู่ในระดับสูง อาทิ เช่น การสำรองที่นั่งหรือซื้อบัตรโดยสารทางโทรศัพท์ Smart phone และที่ศูนย์การค้า เป็นต้น

คำสำคัญ บัณฑิตจบใหม่ประกอบกิจการตลาด, พัฒนากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจ, สายการบินต้นทุนต่ำ

การศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดตั้งกระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ทรานซิสเตอร์

เชิดพงษ์ บุญสง¹ และ จิรรัตน์ ธีระวรพาฤกษ์²

¹ที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

E-mail: cherdpong.b@hotmail.com

บทคัดย่อ

จากการเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ส่งผลให้บริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นบริษัทผลิต ผลิตภัณฑ์ ทรานซิสเตอร์ มียอดความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง กระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า เป็นกระบวนการหลัก กระบวนการหนึ่ง ของการผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าว โดยในปัจจุบัน บริษัทกรณีศึกษาจ้างบริษัทภายนอกดำเนินการใน กระบวนการดังกล่าว บริษัทกรณีศึกษามีแนวคิดในการลงทุนจัดตั้งกระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า และดำเนินการเอง ภายในบริษัท การศึกษานี้จึงเป็นการวิเคราะห์การลงทุนของการจัดตั้งกระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า โดยจะเริ่มจากการ วิเคราะห์ด้านเทคนิคและด้านการดำเนินงาน สุดท้ายจะทำการวิเคราะห์ด้านการเงิน ผลการศึกษาพบว่า การจัดตั้ง กระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า จะทำให้สามารถประหยัดเงินได้ถึงเดือนละ 1.2 ล้านบาท และมีระยะเวลาคืนทุน 1.4 ปี

คำสำคัญ การวิเคราะห์การลงทุน กระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า

การพัฒนาโปรแกรมการจัดการสินค้าคงคลังและพยากรณ์การสั่งซื้อสารเคมี สำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

นิธิกุล แซ่โล¹ นิธิ อັตติ^{2*} วุฒินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ² ชาญเดช หุออนันต์² อัมพร โพธิ์ไย² และ วีระเดช วุฒิพรพันธ์¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

²ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

51/4 หมู่ที่ 1 ถนนสุวินทวงศ์ ตำบลวังตะเคียน อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

E-mail: nithi.atthi@nectec.or.th *

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาโปรแกรมการจัดการสินค้าคงคลังและพยากรณ์การสั่งซื้อสารเคมี สำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำของศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) เพื่อรองรับกำลังการผลิตที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต โดยใช้ภาษาจาวา (JAVA script) สำหรับส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานผ่านทางแม่ข่าย (Server) และสร้างระบบฐานข้อมูลโดยใช้มายเอสคิวแอล (MySQL) ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถบันทึกและตรวจสอบปริมาณสารเคมีเข้า-ออกในคลังสารเคมี ด้วยระบบบาร์โค้ด (Barcode interface) และยังสามารถตรวจสอบปริมาณการใช้สารเคมีภายในเครื่องจักรได้ โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากระบบบริหารจัดการการผลิตของศูนย์ฯ ตามเวลาและการผลิตจริง อีกทั้งยังมีระบบแจ้งเตือนพนักงานเมื่อปริมาณสารเคมีคงเหลือใกล้เคียงกับระดับที่กำหนด หรือในกรณีที่สารเคมีหมดอายุ นอกจากนี้ยังสามารถวางแผนการสั่งซื้อสารเคมีที่เหมาะสม โดยอาศัยทฤษฎีระบบขนาดการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity, EOQ) และทฤษฎีจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point, ROP) จากการประเมินการใช้งานโดยใช้แบบสอบถาม พบว่าผู้ใช้งานโปรแกรมดังกล่าวมีระดับความพึงพอใจมาก

คำสำคัญ : จุดสั่งซื้อใหม่ ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด สินค้าคงคลัง ระบบสารสนเทศ

การลดเวลาการทำงานของกระบวนการกรีดเส้นด้าย โดยการพัฒนาเครื่องกรอเส้นด้าย

พรเทพ แก้วเชื้อ¹ วรินทร์ เกียรติบุญกุล² อุษาวดี อินทร์คล้าย³ ดวงใจ ทาแก้ว⁴

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กระจุกทราย หนองจอก กรุงเทพฯ

E-mail: ouijishiro@yahoo.com ,084-880-0068

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์ทำการลดระยะเวลาในการทำงานของกระบวนการกรีดเส้นด้ายจากหลอดด้ายที่เหลือจากการทอ ในแผนกสตรี ของโรงงาน A จำกัด เนื่องจากกระบวนการกรีดเส้นด้ายที่เหลือจากการทอ เพื่อนำหลอดด้ายกลับไปใช้ใหม่ การกรีดหลอดด้ายแบบเก่าเป็นการให้พนักงานใช้มีดกรีดทำให้เสียเวลา และเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย และเกิดงานค้างอยู่ในแผนกสตรีเป็นจำนวนมาก รวมไปถึงทำให้เกิดความเสียหายแก่หลอดด้ายจากการกรีด ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดแก้ไขปัญหาโดยการสร้างเครื่องกรอเส้นด้ายเข้ามาช่วยในการทำงานของการกรีดเส้นด้าย โดยมุ่งเน้นการลดเวลาการทำงานและความเสียหายของหลอดด้ายในกระบวนการกรีดเส้นด้าย หลังจากทำการปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่สามารถลดเวลาการทำงานในสายการกรีดเส้นด้ายของหลอดเขียวแกนเล็กเวลาเฉลี่ยก่อนปรับปรุง 31.87 วินาทีต่อชิ้น หลังปรับปรุงเวลาเฉลี่ยเป็น 12.18 วินาทีต่อชิ้นสามารถลดเวลาลงได้ 61.78 เปอร์เซ็นต์ หลอดด้ายจางสถิตเวลาเฉลี่ยก่อนปรับปรุง 39.48 วินาทีต่อชิ้น หลังปรับปรุงเวลาเฉลี่ยเป็น 14.83 วินาทีต่อชิ้น สามารถลดเวลาลงได้ 62.44 เปอร์เซ็นต์ หลอดแกนย่อมเวลาเฉลี่ยก่อนปรับปรุง 69.69 วินาทีต่อชิ้น หลังปรับปรุงเวลาเฉลี่ยเป็น 17.54 วินาทีต่อชิ้น สามารถลดเวลาลงได้ 74.83 เปอร์เซ็นต์ และนอกจากนั้นยังสามารถลดความเสียหายของหลอดด้ายลงได้ 100 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ การลดเวลา , หลอดด้าย , เย็บเสื้อผ้า , ลดอุบัติเหตุ

แนวทางการลดความสูญเสียของพัสดุ : กรณีศึกษา สายการบรรจุสุรา

วสุ งามภักดิ์ และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

kaewasu@hotmail.com

บทคัดย่อ

จากการศึกษาอัตราการสูญเสียของพัสดุในสายการบรรจุสุราของบริษัทกรณีศึกษา พบว่า อัตราการสูญเสียที่สูงที่สุดสองอันดับแรกคือ ขวดบรรจุสุราขนาด 350 มิลลิลิตรและฝาเกลียว จากการวิเคราะห์สาเหตุของการสูญเสียด้วยเครื่องมือผังก้างปลา พบว่า สาเหตุที่สำคัญคือ 1) พนักงานขาดทักษะและความรู้ความเข้าใจในการทำงาน 2) เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษา และ 3) สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เมื่อทราบถึงสาเหตุของการสูญเสียจึงได้หาแนวทางในการแก้ไข โดยได้ดำเนินการชี้แจงความเข้าใจในการควบคุมงานของหัวหน้างานและปรับปรุงวิธีการทำงาน จัดทำแผนการบำรุงรักษา และปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านแสงสว่างเพื่อให้เพียงพอต่อการทำงานและตรวจสอบความผิดปกติของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ ยังได้จัดทำเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานและประกาศให้พนักงานทราบ ผลจากการดำเนินงานเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ความสูญเสียของขวดบรรจุสุราขนาด 350 มิลลิลิตรลดลงจากร้อยละ 1.93 เหลือร้อยละ 0.38 และปัญหาความสูญเสียของฝาเกลียวลดลงจากร้อยละ 2.07 เหลือร้อยละ 0.11

พัฒนาวิธีการในการติดตามผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบเพื่อ รองรับการผลิตตามความต้องการเฉพาะ

นุจิรา โคตรหานาม¹ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง¹

ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800¹

E-mail: nujira.k@gmail.com.

บทคัดย่อ

จากการพัฒนาสินค้าใหม่หรือผลิตภัณฑ์ตามความต้องการเฉพาะของลูกค้า ส่วนใหญ่เป็นการแก้ไขตัดแปลงผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเพียงหนึ่งชิ้นส่วนสามารถส่งผลกระทบต่อชิ้นส่วนอื่นๆ ที่ประกอบเข้าด้วยกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาวิธีการและเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง โดยการวิเคราะห์โครงสร้างหน้าที่การทำงาน (Functional Requirement) กับชิ้นส่วนประกอบ นำผลลัพธ์ที่ได้มาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ด้านพื้นที่และการส่งผ่านพลังงาน และกำหนดค่าความสัมพันธ์ในเมตริกความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix, DSM) เพื่อนำไปจัดลำดับความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบ โดยการทำ Partitioning ด้วยวิธี Reachability Matrix ผลที่ได้คือโครงสร้างความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบใหม่ที่รองรับต่อการติดตามผลกระทบของการเปลี่ยนแปลง และแสดงสถานะของชิ้นส่วนที่เกิดผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถประเมินความยากง่ายของการผลิต จำนวนชิ้นส่วนที่ต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงการออกแบบ, เมตริกความสัมพันธ์

การลดอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างของเกษตรกรผู้กรีดยางพาราในขั้นตอนการกรีดยาง ในตำบลไชยราช อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

บัณฑิตย์ ชูบัวทอง^{1*} ยุทธชัย บรรรเวทิจิตร^{2**}

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: toonpat_eng@hotmail.com * ytc@kmutnb.ac.th**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างอันเนื่องมาจากการทำงานของเกษตรกรผู้กรีดยางพาราในตำบลไชยราช อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากการสำรวจสุขภาพของเกษตรกรจำนวน 52 คน สรุปได้ว่าเกษตรกรมีอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างจากขั้นตอนการกรีดยางมากที่สุดถึง 30 คน จากทั้งหมด 52 คน หรือร้อยละ 58 และมีค่า AI เฉลี่ย 3.8 จึงเลือกที่จะลดอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างในขั้นตอนการกรีดยาง จากการวัดค่า RULA โดยแยกเป็นการกรีดยางหน้าระดับบน กลาง และล่าง เท่ากับ 6.4, 6.8 และ 6.8 คะแนน ตามลำดับ และค่า EMG โดยแยกเป็นการกรีดยางหน้าระดับบน กลาง และล่าง ที่กล้ามเนื้อ Infraspinatus ด้านซ้ายและขวามีค่า (25.5, 34.0), (45.4, 52.1) และ (55.3, 59.5) μV . ตามลำดับ ที่กล้ามเนื้อ Erector Spinae ด้านซ้ายและขวามีค่า (24.9, 27.1), (38.3, 46.2) และ (45.3, 53.2) μV . ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่ต้องมีการปรับปรุงท่าทางการทำงานทันที จึงปรับปรุงท่าทางการทำงานให้มีการก้มหลังที่น้อยลง จากนั้นจึงวัดค่า AI มีค่าเฉลี่ย 2.6 ค่า RULA โดยแยกเป็นการกรีดยางหน้าระดับบน กลาง และล่าง เท่ากับ 2.2, 2.4 และ 2.8 คะแนน ตามลำดับ และค่า EMG โดยแยกเป็นการกรีดยางหน้าระดับบน กลาง และล่าง ที่กล้ามเนื้อ Infraspinatus ด้านซ้ายและขวามีค่า (20.2, 26.4), (23.7, 30.0) และ (27.0, 31.8) μV . ตามลำดับ ที่กล้ามเนื้อ Erector Spinae ด้านซ้ายและขวามีค่า (17.9, 21.6), (20.9, 25.5) และ (23.4, 28.6) μV . ตามลำดับผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆ ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน โดยใช้สถิติ Pair t-test พบว่าค่า AI ค่า RULA และค่า EMG ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่หน้ายางระดับกลาง และระดับล่าง

คำสำคัญ การยศาสตร์, การลดอาการเจ็บปวดหลัง, เกษตรกรผู้กรีดยางพารา

จุดเหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ

ยุทธนา สีนถาวร^{1*} ยุทธชัย บรรเทิงจิตร^{2**}

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

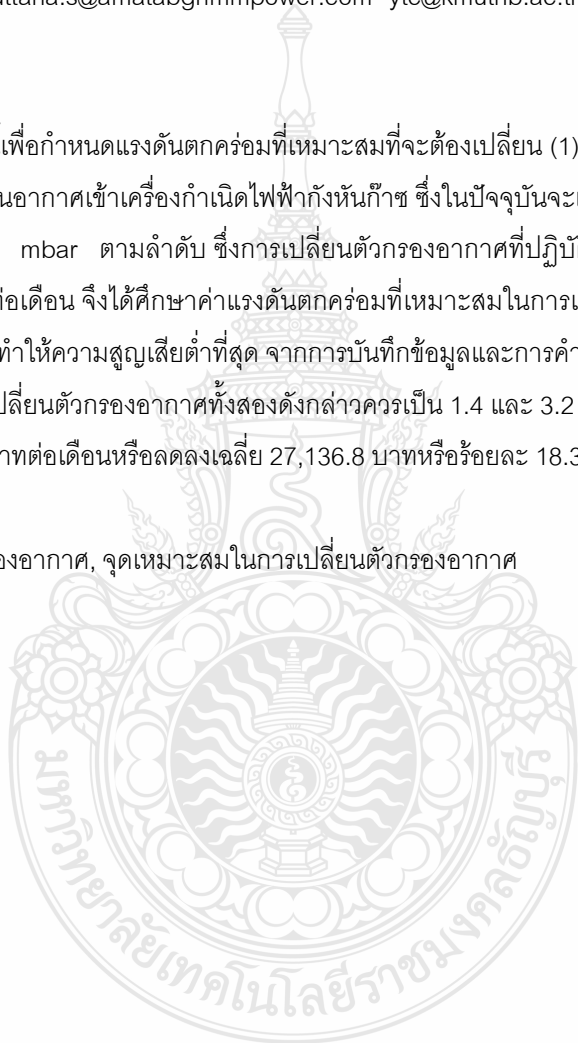
1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: yuttana.s@amatabgrimpower.com* ytc@kmutnb.ac.th **

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อกำหนดแรงดันตกคร่อมที่เหมาะสมที่จะต้องเปลี่ยน (1) ชุดกรองอากาศขั้นต้น และ (2) ชุดกรองอากาศละเอียดในชุดป้อนอากาศเข้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ ซึ่งในปัจจุบันจะเปลี่ยนตามที่ถูกผลิตกำหนดเมื่อมีแรงดันตกคร่อม 3.0 และ 4.0 mbar ตามลำดับ ซึ่งการเปลี่ยนตัวกรองอากาศที่ปฏิบัติดังกล่าวทำให้โรงงานมีความสูญเสียเฉลี่ย 148,039.6 บาทต่อเดือน จึงได้ศึกษาค่าแรงดันตกคร่อมที่เหมาะสมในการเปลี่ยนชุดกรองอากาศดังกล่าว โดยคำนวณหาแรงดันตกคร่อมที่ทำให้ความสูญเสียต่ำที่สุด จากการบันทึกข้อมูลและการคำนวณโดยใช้หลักเศรษฐศาสตร์ สรุปได้ว่าแรงดันตกคร่อมที่ควรเปลี่ยนตัวกรองอากาศทั้งสองดังกล่าวควรเป็น 1.4 และ 3.2 mbar ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้มีความสูญเสียเฉลี่ย 120,902.9 บาทต่อเดือนหรือลดลงเฉลี่ย 27,136.8 บาทหรือร้อยละ 18.3%

คำสำคัญ แรงดันตกคร่อมตัวกรองอากาศ, จุดเหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศ



การเทียบเคียงงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานสกอร์บอร์ดของกรมพลศึกษา

ประพันธ์ ไพรอังกูร

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

Por_Prapan@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเทียบเคียงโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงสำรวจ ซึ่งการวิจัยเริ่มจากการออกแบบสอบถามและส่งให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการอาคารสถานกีฬา การจัดการงานก่อสร้าง และการบริหารกิจกรรมโครงการของกรมพลศึกษาภายในสนามกีฬาแห่งชาติ ผลการตอบกลับของแบบสอบถามมีความสมบูรณ์เป็นร้อยละ 100 จากการวิเคราะห์เชิงสถิติ พบว่า ปัญหาที่สำคัญของการดำเนินการติดตั้งสกอร์บอร์ดอยู่ในช่วงงานติดตั้งโครงสร้างสกอร์บอร์ด เนื่องจากอาคารสถานกีฬาจำเป็นต้องใช้งานตลอดเวลา ดังนั้นผู้รับผิดชอบต้องมีการวางแผนงานอย่างชัดเจนนับตั้งแต่การจัดทำร่างขอบเขตของงาน แผนการใช้พื้นที่ และความชำนาญของเจ้าหน้าที่ทุกฝ่าย ทั้งวิศวกรโครงสร้าง วิศวกรงานระบบ ช่างเทคนิคที่จะทำการก่อสร้างโครงสร้างที่รองรับสกอร์บอร์ดที่มีความมั่นคงแข็งแรง เพราะเป็นพื้นที่สาธารณะ จากการเทียบเคียงพบว่างานที่มีการวางแผน การร่างขอบเขต และมีการบริหารจัดการทั้งด้านวิศวกรรมและการใช้อาคารสถานกีฬาจะมีผลกระทบกับการบริหารงบประมาณและเวลาน้อยกว่าการดำเนินการที่ขาดการวางแผนที่ทำให้ไม่สามารถควบคุมการเบิกจ่ายงบประมาณได้ที่กำหนด สุดท้ายนี้งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางเพื่อปรับปรุงการบริหารงานก่อสร้างของกรมพลศึกษาให้มีประสิทธิภาพในทุกด้านยิ่งขึ้นต่อไป

คำสำคัญ วิธีวิจัยกฤต, เทคนิคการตรวจสอบและประเมินผลโครงการ, การเทียบเคียง, การบริหารจัดการ

การประยุกต์เทคนิค Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) สำหรับจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมในระบบมิลค์รัน

จิตติพันธ์ คำอ้ายวัฒนา* วิชัย รุ่งเรืองอนันต์*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

Email: tkamaiwa@visteon.com r_vichai@yahoo.com

* นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

** อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าในระบบมิลค์รันที่ขนส่งสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตขึ้นส่วนไปยังโรงงานประกอบรถยนต์ตัวอย่าง โดยประยุกต์วิธีฮิวริสติก Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) ในการหาเส้นทางการขนส่งที่มีระยะทางการขนส่งรวมทั้งสิ้นที่สั้นที่สุด เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกเส้นทาง การเดินทางและบริหารจัดการเส้นทางให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ของโรงงานประกอบรถยนต์ตัวอย่างที่มีโรงงานผู้ผลิตขึ้นส่วนซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัด โดยขั้นตอนการดำเนินการศึกษาเริ่มจากการศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานประกอบรถยนต์ตัวอย่าง วิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางขนส่งปัจจุบัน ประยุกต์วิธีการ Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) ในการจัดเส้นทางเดินทางขนส่ง ขั้นตอนนี้ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือกระบวนการสร้างคำตอบเริ่มต้นและขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบ ในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบใช้สองวิธี คือวิธีการสลับเปลี่ยนตำแหน่งของลูกค้า (Swap Customer) และวิธีย้ายตำแหน่งลูกค้าข้ามเส้นทาง (Move Exchanges) เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดระยะทางเดินทางขนส่งขึ้นส่วนวัตถุดิบลง 658 กิโลเมตรต่อวัน จากเดิมมีระยะทางเท่ากับ 2,268 กิโลเมตรต่อวัน ลดลงเหลือเพียง 1,610 กิโลเมตรต่อวัน หรือลดลงเท่ากับ 29 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสามารถลดจำนวนรถขนส่งจากเดิม 8 เที่ยวต่อวัน ลดลงเหลือเพียง 6 เที่ยวต่อวัน

คำสำคัญ มิลค์รัน Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP)

ผลกระทบวัสดุแกนกลางโพลีเอทิลีนไฟมต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุแกนวิช

เอกชัย รอดพิสา, ศิริชัย ต่อสกุล

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

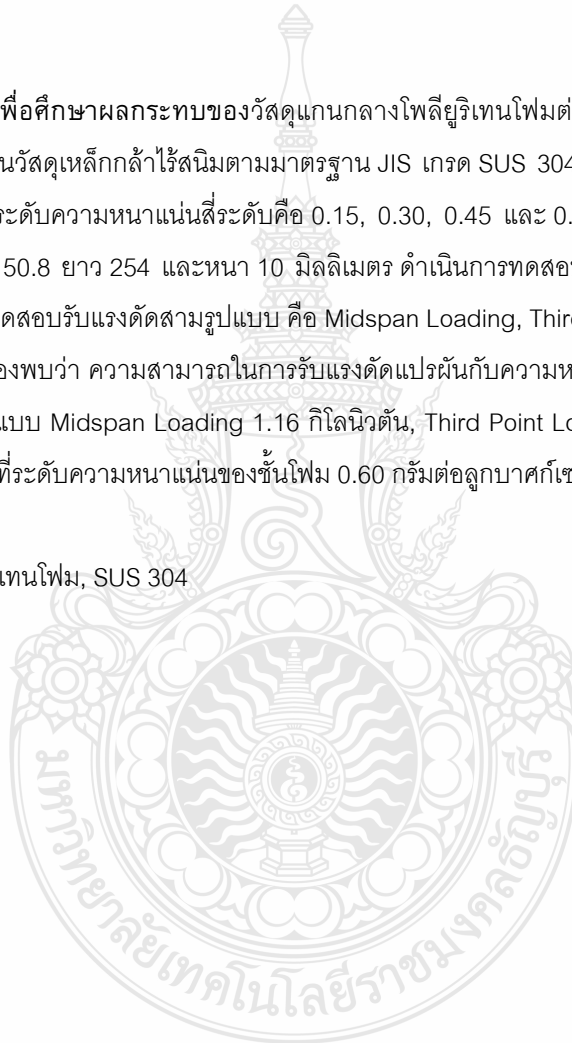
จ.ปทุมธานี

E-mail: ekkachai.r@mutk.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของวัสดุแกนกลางโพลีเอทิลีนไฟมต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุแกนวิช โดยการใช้แผ่นประกบแกนวิชเป็นวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมตามมาตรฐาน JIS เกรด SUS 304 หนา 1 มิลลิเมตร และใช้วัสดุแกนกลางเป็นโพลีเอทิลีนไฟมที่ระดับความหนาแน่นสี่ระดับคือ 0.15, 0.30, 0.45 และ 0.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยชิ้นงานทดสอบมีความกว้าง 50.8 ยาว 254 และหนา 10 มิลลิเมตร ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C393-00 ด้วยวิธีการกำหนดรูปแบบการทดสอบรับแรงดัดสามรูปแบบ คือ Midspan Loading, Third Point Loading และ Quarter Point Loading ซึ่งจากการทดลองพบว่า ความสามารถในการรับแรงดัดแปรผันกับความหนาแน่นของชั้นไฟม ซึ่งสามารถรับแรงดัดสูงสุดจากการทดสอบแบบ Midspan Loading 1.16 กิโลนิวตัน, Third Point Loading 0.60 KN และ Quarter Point Loading 0.92 กิโลนิวตัน ที่ระดับความหนาแน่นของชั้นไฟม 0.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

คำสำคัญ: วัสดุแกนวิช, โพลีเอทิลีนไฟม, SUS 304





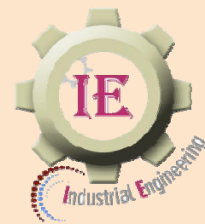
***Conference of
Industrial Operations Development 2011***

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
เลขที่ 99 หมู่ 18 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
โทรศัพท์ : 0-2564-3002-9 ต่อ 3086, 3038, 3238 โทรสาร : 0-2564-3017
www.ciod.engr.tu.ac.th, www.ie.engr.tu.ac.th



การประชุมวิชาการ ด้านการพัฒนาการดำเนินงาน ทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2

วันที่ 11 พฤษภาคม 2554
ณ โรงแรม เดอะ ทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพฯ



จัดโดย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

PROCEEDINGS

**The Conference of Industrial Operations
Development 2011**

สนับสนุนโดย



การประชุมวิชาการ
ด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2

PROCEEDINGS

The Conference of Industrial Operations Development 2011



โดย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ร่วมกับ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ณ โรงแรม เดอะ ทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพฯ

วันที่ 11 พฤษภาคม 2554

คำนำ

ในยุคที่มีการแข่งขันที่สูงเช่นปัจจุบัน องค์กรอุตสาหกรรม จำเป็นต้องมีการปรับตัวและพัฒนาการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้องค์กรสามารถอยู่รอดและประสบความสำเร็จได้ นอกจากนี้ การนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้กับองค์กรอุตสาหกรรมก็เป็นสิ่งจำเป็น การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมนี้จะทำให้กระบวนการดำเนินงานมีความทันสมัยและคล่องตัว และส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูง อันจะนำมาซึ่งผลประกอบการที่ดี และสามารถแข่งขันในตลาดการค้าได้อย่างยั่งยืน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ได้จัดการประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่จะส่งเสริมงานวิจัยและเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม ทั้งในเชิงทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ อันจะทำให้องค์กรอุตสาหกรรมต่างๆ ได้นำงานวิจัยและความรู้ทางวิชาการไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม ซึ่งจะก่อให้เกิดการพัฒนาการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง อันจะส่งผลให้องค์กรอุตสาหกรรมเหล่านั้นมีการพัฒนาและสามารถแข่งขันในตลาดการค้าได้ และภาคอุตสาหกรรม ได้พบปะแลกเปลี่ยนความรู้ และประสบการณ์ อันจะนำไปสู่ความร่วมมือทางการวิจัยและทางวิชาการต่อไป

ในนามของกรรมการจัดงาน ขอขอบพระคุณผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่านที่ได้สละเวลาเข้าร่วมการประชุมวิชาการแห่งชาติครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้บริหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนการจัดงาน ขอขอบคุณคณะกรรมการกลั่นกรองบทความ และที่สำคัญขอขอบคุณคณะกรรมการจัดการประชุม อันประกอบด้วย คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภายใต้การอำนวยการของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิวัฒน์ มุตตามระ ที่ทำให้งานประชุมนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า การจัดการประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2 ประจำปี 2554 ครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้เข้าร่วมประชุม รวมทั้งท่านผู้ศึกษางานวิจัยจากเอกสารประกอบการประชุม ตลอดจนเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาภาคอุตสาหกรรมของประเทศตามวัตถุประสงค์ของงานที่ได้ตั้งไว้



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วุฒิชัย วงษ์ทัศน์เกียรติกร)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สารจากประธานคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ ด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2

การจัดการประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2554 ภายใต้การดำเนินงานของโครงการบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ในปีนี้นับว่าได้รับการสนับสนุนในการส่งบทความทางวิชาการจากทั้งภายในและภายนอกสถาบันเป็นอย่างดี ซึ่งนับเป็นนิมิตหมายที่ดี แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของงานวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและสร้างความเป็นเลิศทางด้านการทำงานทางอุตสาหกรรมของประเทศสืบต่อไป

โครงการบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ขอขอบพระคุณผู้บริหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนในการจัดการประชุมวิชาการ และขอขอบพระคุณคุณภุสดี เพ็ญศิริ ผู้บรรยายรับเชิญ รวมทั้งผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการประชุมครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณที่ปรึกษา คณะกรรมการจัดงาน คณะกรรมการวิชาการ เจ้าหน้าที่ประสานงาน และนักศึกษาปริญญาโททุกท่าน ที่ได้ทุ่มเทกำลังกาย กำลังใจในการจัดการประชุมครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลจากการจัดการประชุมในครั้งนี้จะสร้างเครือข่ายงานวิจัยที่มีความเข้มแข็งต่อไปในอนาคต

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิวัฒน์ มุตตามระ)

ผู้อำนวยการโครงการบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ประธานจัดการประชุมวิชาการ CIOD 2011

กำหนดการจัดประชุมวิชาการ CIOD 2011
วันที่ 11 พฤษภาคม 2554 ณ โรงแรม เดอะ ทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพ
ห้องพลาซ่า

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------|---|---|--|--|
| Production and Operations Management | 1 | 10.30-10.45 น. | 29 | 01 | การศึกษาต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวัดดแปร | สุนิดา อัครวิสัยสกุล ธนิต พุทธิพงษ์ศิริพร และ น้ำฝน ลำดับวงศ์ | |
| | 2 | 10.45-11.00 น. | 35 | 02 | การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสีย กรณีศึกษา โรงงานประกอบคูปกรรณิเล็กทรอนิกส์ | จิรวรรณ คล้อยภยันต์ และ อานนท์ จิตรกร | |
| | 3 | 11.00-11.15 น. | 84 | 03 | การพัฒนาโปรแกรมเพื่อการวางแผนความต้องการวัสดุ กรณีศึกษา : บริษัท บอสตัน เอ็นจิเนียริง จำกัด | ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร และ พิพัฒน์ รุจิระจินตามณี | |
| | 4 | 11.15-11.30 น. | 89 | 04 | การศึกษาผลกระทบของความต้องการของลูกค้าและเวลานำที่ไม่แน่นอน ต่อปริมาณสต็อกปลอดภัย (Safety Stock) | วรฤดี หวังวัชรกุล และ วิศรุต วงษ์สะอาด | |
| | 5 | 11.30-11.45 น. | 92 | 05 | การศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายรวมของระบบสินค้าคงคลัง | วรฤดี หวังวัชรกุล และ ภาณุพงศ์ สุทธิหาระ | |
| | 6 | 11.45-12.00 น. | 106 | 06 | การประยุกต์ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลเพื่อกำหนดนโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมกรณีศึกษา โรงงานผลิตเม็ดพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน | ฉัตรชัย เดิมสลุง และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | |
| | | 12.00-13.00 น. | พักรับประทานอาหารกลางวัน | | | | |
| | 7 | 13.00-13.15 น. | 126 | 07 | เปรียบเทียบส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีกที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ผ่านช่องทางการค้าปลีกแบบหลายช่องทาง | ปานนันทา คงมัน และ ธีระ เตชะมณีสถิตย์ | |
| | 8 | 13.15-13.30 น. | 143 | 08 | เครื่องมือตัดสินใจในการวางแผนการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรตามลำดับความสำคัญของงานเพื่อให้เวลาในระบบรวมต่ำสุด: กรณีศึกษา | รัฐไกร อธิธาภิชัย นันทพล จงวิไลเกษม และ บุษบา พุกษาพันธุ์รัตน์ | |
| 9 | 13.30-13.45 น. | 150 | 09 | การประยุกต์ใช้เทคนิค ABC และ การพยากรณ์แบบ MAPE ในการวางแผน การผลิต ขึ้นงานแบบผสม (mixed model) | ชาญชัย วัลลิสุต สุขสันต์ พรหมบุญพงศ์ และ นิกร อุไรรัตน์ | | |

ห้องปลาซ่า

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|------------------------------|--|---|--|--|
| Production and Operations Management | 10 | 13.45-14.00 น. | 152 | 10 | การประยุกต์เทคนิคการสร้างสมรรถนะสำหรับปัญหาการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติกรณีศึกษา โรงงานผลิตโปรไฟล์อลูมิเนียม | อภิชาติ แสงทอง และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | |
| | 11 | 14.00-14.15 น. | 165 | 11 | การจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์กรณีศึกษาสายการผลิตแขนจับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ | จุฑามาศ โทบุรินทร์ และ นุชบา พงกษาพันธุ์รัตน์ | |
| | 12 | 14.15-14.30 น. | 166 | 12 | การใช้ระบบคัมบังในการแก้ปัญหาการขนถ่ายในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ | วัฒน์ชาติ ศิริวัชร สวัสดิ์ ศรีเจริญ และ เจริญ สุนทรวาณิชย์ | |
| | 13 | 14.30-14.45 น. | 184 | 13 | การพัฒนาวิธีการสร้างลำดับการผลิตด้วยเมตริกซ์เพื่อการผลิตสินค้าที่สามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของลูกค้า | ณัฐพล รอบคอบ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง | |
| | | 14.45-15.00 น. | พักรับประทานอาหารว่าง | | | | |
| | 14 | 15.00-15.15 น. | 219 | 14 | Assembly Line Balancing by Using Genetic Algorithm: A Case Study of Electrical Appliance Factories | Rati Wongsathan and Budtree Limvanich | |
| | 15 | 15.15-15.30 น. | Q5 | 15 | การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการจัดทำใบเสนอราคา : กรณีศึกษาเครื่องผสมเม็ดพลาสติก | กวินวัชร สัตินนท์วรโชติ และ กุศล พิมาพันธุ์ศรี | |
| | 16 | 15.30-15.45 น. | Q6 | 16 | การลดเวลาสูญเสียของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ | ภัทวดี เต็มสุวรรณพานิช และ อรรถกร เก่งพล | |
| | 17 | 15.45-16.00 น. | Q7 | 17 | การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนเพื่อลดรอบเวลาการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น | ปราการัตน์ ชันธทัต วิภาณันท์ เอียประเสริฐ และ มานพ ศรีตุลยโชติ | |
| 18 | 16.00-16.15 น. | V4 | 18 | ซิกซ์ ซิกม่า วิธีการปรับปรุงกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทย | กฤษดา ัศวรุ่งแสงกุล | | |
| 19 | 16.15-16.30 น. | V6 | 19 | การลดเวลาดันหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อ : กรณีศึกษาโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น | ประยุทธ ชื่นอุดม และ ยุทธชัย บรรเทิจิตร | | |

ห้องเจริญเมือง

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|------------------------|----------------|----------------|---------------------------------|--|---|---|--|
| Operations Research | 1 | 10.30-10.45 น. | 69 | 20 | แบบจำลองสินค้าคงคลังของพัดลมระบายอากาศสำหรับ อุตสาหกรรมก่อสร้าง | รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และ นันทินี บุญมี | |
| | 2 | 10.45-11.00 น. | 70 | 21 | การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการสถาบัน โรคทรวงอก | รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และ พิศุทธิ์ ปัญญวัฒน์กุล | |
| | 3 | 11.00-11.15 น. | 72 | 22 | การปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการศูนย์ซ่อมบำรุงรถยนต์ ด้วยการจำลองสถานการณ์ | รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ และ รวีวรรณ ใจศิริ | |
| | 4 | 11.15-11.30 น. | 91 | 23 | การวิเคราะห์หาปริมาณจักรยานและกำหนดจุดจอดรถจักรยานที่เหมาะสม โครงการ จักรยานวิทยาลัยเชียงใหม่ | วรวิมล หวังวัชรกุล และ จินตนันท์ หาญเม่ง | |
| | 5 | 11.30-11.45 น. | 141 | 24 | การหารูปแบบและปริมาณการขนส่งและระดับน้ำมันคงคลังที่เหมาะสมใน กระบวนการโลจิสติกส์ของน้ำมันดีเซล | ตุลยา ศิริแพทย์ ทิพย์ดา จตุรนาพิทย์ ทิพวรรณ วงษ์ธัยรา ช่อแก้ว จตุรานนท์ เดือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์ และ เจริญชัย โขมพัตราภรณ์ | |
| | 6 | 11.45-12.00 น. | 146 | 25 | การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติ เพื่อให้ได้เศษตัดที่มีประสิทธิภาพ | จตุพร ใจดำรง ปิยวิทย์ สุวรรณ และ บรรเลง คำเกตุ | |
| | | 12.00-13.00 น. | พักรับประทานอาหารกลางวัน | | | | |
| | 7 | 13.00-13.15 น. | 179 | 26 | การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางการทำงาน กรณีสถานี่งานเรียงต่อกันเป็นอนุกรม | เศรษฐา เพชรอำไพ และ ธราธร กุลภัทรนิรันดร์ | |
| | 8 | 13.15-13.30 น. | V1 | 27 | การประยุกต์ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบผสมสำหรับการจัดตารางการผลิตแบบ ไหลเลื่อน | วัชรพันธ์ สุขเกิด และ ธีรเดช ภูมิพรพันธ์ | |
| 9 | 13.30-13.45 น. | Q10 | 28 | การวางแผนผัง เพื่อการจัดเก็บสินค้าน้ำสุรา กรณีศึกษา บริษัทยูไนเต็ดไวน์เบอร์รี่ แอนด์ ดิสทิลเลอร์รี่ จำกัด | ชาติวี พลชัย และ ณัฐพล ศิริสว่าง | | |

ห้องเจริญเมือง

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|--|----------------|----------------|------------------------------|---|--|--|--|
| Work Study, Plant Layout, Ergonomics, and Safety Engineering | 10 | 13.45-14.00 น. | 63 | 29 | การออกแบบผังโรงงานสำหรับผลิตภัณฑ์หลายประเภทในสายการผลิต | สุทธิชัย ขวาคำ และ จิรศิริพงษ์ เจริญภักษารักษ์ | |
| | 11 | 14.00-14.15 น. | 66 | 30 | การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตข้าวเหนียวมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคการศึกษางาน | วรพจน์ ศิริวัชร์ ชินวร แจ้ววิสอน ลิขิต คำประละ และ ศรีแพร ลือภะ | |
| | 12 | 14.15-14.30 น. | 81 | 31 | การศึกษาค่าเวลามาตรฐานและการเคลื่อนไหวแบบพรีดิเตอร์มินในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม | กนกวรรณ สุภักดี วิชญ์พันธ์ รูปพรหม ธวัชชัย ตาบุตรดา นพรัตน์ สายสมุทร และ นันทพงศ์ นันทสำเริง | |
| | 13 | 14.30-14.45 น. | 112 | 32 | การเพิ่มผลผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ปาร์ติเคิลบอร์ดในโรงงานตัวอย่างโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ | สุรัชชัย บุญยประเวศ และ วุฒิชัย วงษ์ทัศน์เกียรติ | |
| | | 14.45-15.00 น. | พักรับประทานอาหารว่าง | | | | |
| | 14 | 15.00-15.15 น. | 135 | 33 | การประยุกต์แนวคิดแบบลีนเพื่อลดความสูญเปล่าในการผลิตกรณีศึกษา สายการประกอบชุดรับ-ส่งสัญญาณแสง | ณัฐพร ภาสภิรมย์ และ สวัสดิ์ ภาชะราช | |
| | 15 | 15.15-15.30 น. | 136 | 34 | การศึกษาทางด้านการยศาสตร์เกี่ยวกับรูปร่างของด้ามมีดและท่าทางการจับมีดสำหรับงานตัดเฉือน | อรทัย บัวมุด และ นริศ เจริญพร | |
| | 16 | 15.30-15.45 น. | 174 | 35 | การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำเชื่อมถุง | นันทชัย กานตานั้นทะ และ กมลชนก เจียมสินกุล | |
| | 17 | 15.45-16.00 น. | 204 | 36 | การปรับปรุงกำลังผลิตแกนเพลาล้อรถยนต์โดยวิธีลดความสูญเปล่า | พูนเพิ่ม พูนนาค และ จิรศิริพงษ์ เจริญภักษารักษ์ | |
| 18 | 16.00-16.15 น. | 221 | 37 | การประยุกต์การศึกษาการทำงานเพื่อลดความสูญเปล่ากรณีศึกษา โรงงานผลิตเลนส์ | รัฐพล เอกลักษณ์นันท์ และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | | |

ห้องเจริญผล

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง |
|---|-------|----------------|---------------------------------|--------|---|--|
| Quality Management, Robust Design, and Statistical Applications | 1 | 10.30-10.45 น. | 42 | 38 | การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสียที่ส่งน้ำมันไปยังเพลาลูกเบี้ยว | จิรวรรณ คัล้อยภยันต์ และ พุทธิพงษ์ ชันดีส์ัจพงษ์ |
| | 2 | 10.45-11.00 น. | 85 | 39 | การประยุกต์และเปรียบเทียบการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการไซน์นิน กับวิธีการแฟคทอเรียล | ยศวัฒน์ ศิริกมลชัย และ ทศพล เกียรติเจริญผล |
| | 3 | 11.00-11.15 น. | 90 | 40 | การออกแบบการทดลองเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก | วรุฒิ หวังวัชรกุล และ พิสิฐ เตวารานนท์ |
| | 4 | 11.15-11.30 น. | 120 | 41 | การจัดกลุ่มคุณลักษณะของกล้องถ่ายภาพตามหลักการของคาโนโมเดล | วิรุฬห์ ผลวัฒน์ และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ |
| | 5 | 11.30-11.45 น. | 139 | 42 | ศึกษาปัจจัยในกระบวนการผลิตที่ทำให้หัวหมอนของเบาะรถยนต์เป็นโพรงอากาศ | มณฑล ศาสนนันท์ และ ธนาณพัฒน์ หงวนไธสง |
| | 6 | 11.45-12.00 น. | 158 | 43 | การศึกษาปัจจัยเสี่ยงสำหรับการติดเชื้อโดยใช้ตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป กรณีศึกษา : โรงพยาบาลตัวอย่าง | จันทร์เพ็ญอรุณรัตนานนท์ ดวงพร บุญญาภิบาลวงศ์ ภาวินี ใจชื่อสมบุญณ์ และ วรณสิริ ไตรวิลาศ |
| | | 12.00-13.00 น. | พักรับประทานอาหารกลางวัน | | | |
| | 7 | 13.00-13.15 น. | Q12 | 44 | การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบ โดยการพัฒนากระบวนการวัด กรณีศึกษาโรงงานตัดเย็บกางเกงบ็อกเซอร์ | กิม พรประเสริฐ วิไล น้อยวงศ์ วุฒิไกร การสุวรรณ และ วรจักร สุ่มมาตย์ |
| Logistics and Supply Chain Management | 8 | 13.15-13.30 น. | 36 | 45 | การศึกษายาทาของตัวกลางในโซ่อุปทานพริกในประเทศไทย | ปิยวรา พรหมอักษร และ พรธิภา องค์คุณารักษ์ |
| | 9 | 13.30-13.45 น. | 86 | 46 | การประเมินและปรับปรุงพื้นที่จัดเก็บด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น ในโรงงานผลิตคาร์บอน | วรางคณา พุ่มเตียง และ ประจวบ กล่อมจิตร |
| | 10 | 13.45-14.00 น. | 118 | 47 | การศึกษารูปแบบการดำเนินงานของเกษตรกรผู้ปลูกผัก สำหรับการจัดหาผักสดของร้านอาหาร | วันเพ็ญ สุ่มนานุสรณ์ และ พรธิภา องค์คุณารักษ์ |
| | 11 | 14.00-14.15 น. | 140 | 48 | การพัฒนาเครื่องมือสร้างแบบจำลองเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานอย่างรวดเร็ว | อลงกรณ์ จรัสสุริยา และ พรเทพ อนุสรณนิตินสาร |
| | 12 | 14.15-14.30 น. | 175 | 49 | การศึกษาโซ่อุปทานของสินค้าประเภทเครื่องสำอาง เพื่อการส่งออกไปประเทศเวียดนาม | สมพิทย์ สุวรรณโณ และ ธราธร กุลภัทรนรินทร์ |

ห้องเจริญผล

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|--|-------|----------------|------------------------------|--------|--|---|--|
| Logistics and Supply Chain Management | 13 | 14.30-14.45 น. | 180 | 50 | การแก้ปัญหาการสั่งซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหลายช่วงเวลา โดยวิธีฮิวริสติกส์ | ทศพร อติเศรษฐพงศ์ และ สวัสดิ์ ภาะระราช | |
| | | 14.45-15.00 น. | พักรับประทานอาหารว่าง | | | | |
| | 14 | 15.00-15.15 น. | Q4 | 51 | การสร้างแบบจำลองกลไกการทำงานของโซ่อุปทานด้วยแผนภูมิวงรอบเหตุและผล กรณีศึกษาโซ่อุปทานยางพาราภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย | ธนภณ เจียรณัย ศิริศักย เทพจิต และ วิทยา สุหฤตดำรง | |
| | 15 | 15.15-15.30 น. | Q13 | 52 | การศึกษาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของเหล็กรูปพรรณกลวง เขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ | ธีระยุทธ แสนแก้ว และ เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์ | |
| Innovation Management, | 16 | 15.30-15.45 น. | 12 | 53 | การศึกษาการเดินทางไฟฟ้าใต้ดิน สายเฉลิมรัชมงคล ในช่วงเวลาเร่งด่วน ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ | เปรมชิวิน ไตรทิพย์ และ วุฒิชัย วงษ์ทัศน์เกียรติกร | |
| Industrial Technology | 17 | 15.45-16.00 น. | 88 | 54 | โปรแกรมศึกษาความเป็นไปได้ของได้ของโครงการ และวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน | จักรา สายประสงคสิน และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ | |
| Transfer | 18 | 16.00-16.15 น. | V3 | 55 | การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยวิศวกรรมคั้นไซ | กุศล พิมาพันธุ์ศรี | |
| Others that Related to Industrial Engineering and Management | 19 | 16.15-16.30 น. | Q3 | 93 | การประยุกต์เทคนิค Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) สำหรับจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสมในระบบมัลติครัน | ฐิติพันธ์ คำอ้ายวัฒนา และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | |

ห้องจรัสเมือง 1

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|---|-------|----------------|---------------------------------|--------|--|---|--|
| Environmental Management | 1 | 10.30-10.45 น. | 125 | 56 | การสังเคราะห์วัสดุแลกเปลี่ยนประจุจากยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว โดยการใช้ปฏิกิริยาไมโครเวฟ | ภาณุวัตร มังโกมินทร์ และ สุพิชชา รุ่งโรจน์นิมิตชัย | |
| | 2 | 10.45-11.00 น. | 167 | 57 | การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต Wireless router modem โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต | ธิดิศวรรค์ เหมหาญ และ มณฑลธิ ศาสนนันทน์ | |
| Materials, Production, CAD/CAM, Manufacturing Engineering | 3 | 11.00-11.15 น. | 77 | 58 | การศึกษาการตัดชิ้นงาน ซิลิคอนไนไตรด์ ด้วยวิธีการตัดร่อง โดยใช้การอาร์คด้วยไฟฟ้า | คงสิน เอื้อสถิตวงศ์ และ อภิวัฒน์ มุตตามระ | |
| | 4 | 11.15-11.30 น. | 121 | 59 | การวิเคราะห์ความแข็งแรงของงานฉีดพลาสติก โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม(CAE) | ปิยวัฒน์ วัชรวัฒนากุล อภิวัฒน์ มุตตามระ และ เสกสรร ไชยจิตต์ | |
| | 5 | 11.30-11.45 น. | 169 | 60 | การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการติดกลับกับความเค้นในกระบวนการตัดโลหะแบบ Compression โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ | อัครายุทธ พิเศษสุวรรณิช และ ศิริชัย ต่อสกุล | |
| | 6 | 11.45-12.00 น. | 186 | 61 | การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแพด้วยขบวนการฉีดพลาสติกเหลือใช้ | ปรีชา ช่างย่อม | |
| | | 12.00-13.00 น. | พักรับประทานอาหารกลางวัน | | | | |
| | 7 | 13.00-13.15 น. | 189 | 62 | การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำกับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ | ธนสาร อินทรกำธรชัย และ สุวัฒน์ จีระเกียรติ | |
| | 8 | 13.15-13.30 น. | Q1 | 63 | Wood Composite from Highly Filled System of Palm Flour and Polybenzoxazine | Narongchai Khawphong and Sarawut Rimdusit | |
| Maintenance Management | 9 | 13.30-13.45 น. | 37 | 64 | การลดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรโดยประยุกต์ใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษาโรงงานผลิตสบริง | ณัฐธีร์ วิจิตรกรติกุล และ ยุทธชัย บรรเทงจิตร | |
| | 10 | 13.45-14.00 น. | 170 | 65 | การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือเพื่อลดเวลาสูญเสียในการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษ | พิเชษฐ แก้วไทรท้วม และ ประจวบ กล่อมจิตร | |
| | 11 | 14.00-14.15 น. | V8 | 66 | การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์: กรณีศึกษา หจก. เอ.พี.เค เอ็นจิเนียริง แอนด์ ซัพพลาย | รัตนา ผูกน้อย และ ยุทธชัย บรรเทงจิตร | |

ห้องจรัสเมือง 1

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง |
|--|-------|----------------|------------------------------|--------|--|--|
| Mechatronics | 12 | 14.15-14.30 น. | 214 | 67 | ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตและการปรับเทียบสำหรับการหลีกเลี่ยงการชนของหุ่นยนต์ในการทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ | วีระชัย เวียงคำสา และ จรัมพร หรรษมนตร์ |
| | 13 | 14.30-14.45 น. | 216 | 68 | การออกแบบชุดหีบจับและส่งผ่านชิ้นงานต้นแบบในเครื่องปั๊มโลหะ ขนาด 300 ตัน | วสันต์ ธีวัชสุวรรณ และ จรัมพร หรรษมนตร์ |
| | | 14.45-15.00 น. | พักรับประทานอาหารว่าง | | | |
| Others that Related to Industrial Engineering and Management | 14 | 15.00-15.15 น. | 153 | 69 | การประหยัดพลังงานในระบบอากาศอัดสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม | มานิช วงศ์ธนุกฤษ และ กীরติ ชยะกุลศิริ |
| | 15 | 15.15-15.30 น. | 157 | 70 | การศึกษาการลดของเสียซึ่งเกิดจากการคัดแยกงานเกินความจำเป็นของกระบวนการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิตชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ | ศักดิ์สิทธิ์ สุดใจ และ มณฑล ศาสนนันท์ |
| | 16 | 15.30-15.45 น. | 164 | 71 | การอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม | สุลักษณ์ เอื้อจิตร และ อัครนันท์ คิตสม |
| | 17 | 15.45-16.00 น. | 176 | 72 | การพัฒนาบุคลากร บนพื้นฐานสมรรถนะ (Competency) กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร | เกษร พักเย็นใจ และ ธราทร กุลภัทรนิรันดร์ |
| | 18 | 16.00-16.15 น. | 185 | 73 | พัฒนาวิธีการออกแบบเพื่อจัดกลุ่มชิ้นส่วนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน | จิณกมล ลุยจันทร์ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง |
| | 19 | 16.15-16.30 น. | 117 | 94 | ผลกระทบวัสดุแกนกลางโพลีเอทิลีนโฟมต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุแกนวิช | เอกชัย รอดพิสา และ ศิริชัย ต่อสกุล |

ห้องจรัสเมือง 2

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|--|----------------|----------------|---------------------------------|---|--|---|--|
| Others that Related to Industrial Engineering and Management | 1 | 10.30-10.45 น. | 24 | 74 | การบริหารประสบการณ์เพื่อสร้างพฤติกรรมความจงรักภักดีของลูกค้ากรณีศึกษา ซูเปอร์เซ็นเตอร์ในประเทศไทย | ทรงศักดิ์ วิจัยธรรมฤทธิ์ และ ธีระ เตชะมณีสถิตย์ | |
| | 2 | 10.45-11.00 น. | 31 | 75 | การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ เพื่อสร้างคุณค่าตราสินค้า | ณัฐกาญจน์ สุวรรณธาดา และ ธีระ เตชะมณีสถิตย์ | |
| | 3 | 11.00-11.15 น. | 32 | 76 | การพัฒนาโปรแกรมคำนวณต้นทุนการผลิตและราคาขายสำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ | สาโรช เวโรจน์ นิธิ อัดติ วุฒินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ ชาญเดช หลอนันต์ อัมพร โพธิ์ไย และ ธีรเดช วุฒิพรพันธ์ | |
| | 4 | 11.15-11.30 น. | 33 | 77 | การพัฒนาเครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติด้วยวิธีการวิเคราะห์จำแนกประเภท | สายัณห์ เจนวิถีสุข และ จิรศิริพงศ์ เจริญภัณฑารักษ์ | |
| | 5 | 11.30-11.45 น. | 46 | 78 | การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการมีผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศไทย : กรณีศึกษาชิ้นส่วนรถยนต์ | สรายุทธ ใหม่อ่อน และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ์ | |
| | 6 | 11.45-12.00 น. | 47 | 79 | กรณีศึกษาการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสถานศึกษาด้วยโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร | ยุทธจักร หินทอง และ ชาญณรงค์ อัครเทศานุภาพ | |
| | | 12.00-13.00 น. | พักรับประทานอาหารกลางวัน | | | | |
| | 7 | 13.00-13.15 น. | 55 | 80 | การสร้างภาพลักษณ์องค์กร | ศศิธร จ้วนพันธ์ และ ธีระ เตชะมณีสถิตย์ | |
| | 8 | 13.15-13.30 น. | 93 | 81 | การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำการเกษตรแบบปรับความยาวได้ | ชิตพงษ์ ชินสันติ และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ | |
| | 9 | 13.30-13.45 น. | 102 | 82 | การประยุกต์ใช้การจัดการความรู้ : กรณีศึกษา | นนทวรรณ ตั้งวรการพานิช และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ์ | |
| | 10 | 13.45-14.00 น. | 103 | 83 | ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์สินค้าในภาคอุตสาหกรรม | ฐิติพร ลวดทอง และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ์ | |
| | 11 | 14.00-14.15 น. | 116 | 84 | การพัฒนากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจของสายการบินต้นทุนต่ำ | ธิดารัตน์ สืบสง่า และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ | |
| 12 | 14.15-14.30 น. | 122 | 85 | การศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดตั้งกระบวนการชุบตีบูกด้วยไฟฟ้าผลิตภัณ์ทราวนซิสเตอร์ | เชิดพงษ์ บุญสง และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ์ | | |

ห้องจรัสเมือง 2

| สาขา | ลำดับ | เวลา | ID | New ID | ชื่อบทความ | ชื่อผู้แต่ง | |
|--|-------|----------------|------------------------------|--------|--|---|--|
| Others that Related to Industrial Engineering and Management | 13 | 14.30-14.45 น. | 128 | 86 | การพัฒนาโปรแกรมการจัดการสินค้าคงคลังและพยากรณ์การสั่งซื้อสารเคมีสำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ | นิธิกุล แซ่โล่ นิธิ อัคริ ภูมินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ ชาญเดช หุรอนันต์ อัมพร โพธิ์ไย และ ธีรเดช ภูมิจรพันธ์ | |
| | | 14.45-15.00 น. | พักรับประทานอาหารว่าง | | | | |
| | 14 | 15.00-15.15 น. | 145 | 87 | การลดเวลาการทำงานของกระบวนการกรีดเส้นด้ายโดยการพัฒนาเครื่องกรอเส้นด้าย | พรเทพ แก้วเชื้อ วรินทร์ เกียรติภูกุล อุษาวดี อินทร์คล้าย และ ดวงใจ ทาแก้ว | |
| | 15 | 15.15-15.30 น. | 147 | 88 | แนวทางการลดความสูญเสียของวัสดุ : กรณีศึกษา สายการบรรจุสุรา | วสุ งามภักดิ์ และ จิรรัตน์ ธีระวรพฤษ์ | |
| | 16 | 15.30-15.45 น. | 183 | 89 | พัฒนาวิธีการในการติดตามผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบเพื่อรองรับการผลิตตามความต้องการเฉพาะ | นุจิรา โคตรหานาม และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง | |
| | 17 | 15.45-16.00 น. | V5 | 90 | การลดอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างของเกษตรกรผู้กรีดยางพาราในขั้นตอนการกรีดยาง ในตำบลไชยราช อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ | บัณฑิตย์ ชูบัวทอง และ ยุทธชัย บรรเทงจิตร | |
| | 18 | 16.00-16.15 น. | V7 | 91 | จุดเหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ | ยุทธนา สีนถาวร และ ยุทธชัย บรรเทงจิตร | |
| | 19 | 16.15-16.30 น. | Q9 | 92 | การเทียบเคียงงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานสกอร์บอร์ดของกรมพลศึกษา | ประพันธ์ ไพธังกูร | |

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| Production and Operation Management | |
| 01 การศึกษาต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวัดดแปร สุนิดา อัครวิบูลย์กุล ธนิต พุทธิพงษ์ศิริพร และ น้ำฝน ลำดับวงศ์ | 1 |
| 02 การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียกรณีศึกษา โรงงานประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จิรวรรณ คล้อยภรณ์ และ อานนท์ จิตรกร | 6 |
| 03 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อการวางแผนความต้องการวัสดุ กรณีศึกษา : บริษัท บอสตัน เอ็นจิเนียริง จำกัด ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร และ พิพัฒน์ รุจิระจินดา | 12 |
| 04 การศึกษาผลกระทบของความต้องการของลูกค้าและเวลานำที่ไม่แน่นอนต่อปริมาณสต็อกปลอดภัย (Safety Stock) วรุฒิ หวังวัชรกุล และ วิศรุต วงษ์สะอาด | 17 |
| 05 การศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายรวมของระบบสินค้าคงคลัง วรุฒิ หวังวัชรกุล และ ภาณุพงศ์ สุทธิหาระ | 22 |
| 06 การประยุกต์ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลเพื่อกำหนดนโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมกรณีศึกษา โรงงานผลิตเม็ดพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน ฉัตรชัย เดิมสกุล และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | 27 |
| 07 เปรียบเทียบส่วนประสมทางการตลาดค่าปลีกที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้าผ่านช่องทาง การค้าปลีกแบบหลายช่องทาง ปานนันทา คงมั่น และ ชีระ เตชะมณีสถิตย์ | 35 |
| 08 เครื่องมือตัดสินใจในการวางแผนการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรตามลำดับความสำคัญของงานเพื่อให้เวลา ในระบบรวมต่ำสุด: กรณีศึกษา รัฐไกร อธิภาภิชัย นันทพล จงวิไลเกษม และ บุษบา พุกษาพันธ์รัตน์ | 40 |
| 09 การประยุกต์ใช้เทคนิค ABC และการพยากรณ์แบบ MAPE ในการวางแผน การผลิตชิ้นงานแบบผสม (mixed model) ชาญชัย วัลลิสุต สุขสันต์ พรหมบุญพงศ์ และ นิกร อุไรรัตน์ | 45 |
| 10 การประยุกต์เทคนิคการสร้างสมรรถนะสำหรับปัญหาการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติ กรณีศึกษา โรงงานผลิต โปรไฟล์อลูมิเนียม อภิชาติ แสงทอง และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | 50 |
| 11 การจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา สายการผลิตแขน จับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จุฑามาศ ไทปรินทร์ และ บุษบา พุกษาพันธ์รัตน์ | 57 |
| 12 การใช้ระบบคัมบังในการแก้ปัญหาการขนถ่ายในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ วัฒน์ชาติ ศิริรักษ์ สาวิตรี ศรีเจริญ และ เจริญ สุนทราวาณิชย์ | 63 |

| | | |
|----------------------------|--|-----|
| 13 | การพัฒนาวิธีการสร้างลำดับการผลิตด้วยเมตริกซ์เพื่อการผลิตสินค้าที่สามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของลูกค้า | 71 |
| | <i>ณัฐสุด รอบคอบ และ ณัฐรุสุมิ จันทร์ทอง</i> | |
| 14 | Assembly Line Balancing by Using Genetic Algorithm: A Case Study of Electrical Appliance Factories | 78 |
| | <i>Rati Wongsathan and Budtree Limvanich</i> | |
| 15 | การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการจัดทำใบเสนอราคา : กรณีศึกษาเครื่องผสมเม็ดพลาสติก | 84 |
| | <i>กวิณวัชร จูตินนท์วรโชติ และ กุศล พิมาพันธุ์ศรี</i> | |
| 16 | การลดเวลาสูญเสียของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ | 90 |
| | <i>ภัทวดี เต็มสุวรรณพานิช และ อรรถกร เก่งพล</i> | |
| 17 | การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนเพื่อลดรอบเวลาการผลิต : กรณีศึกษาโรงงานบีบขึ้นรูปโลหะแผ่น | 100 |
| | <i>ปราการรัตน์ ชันธทัต วิภาณันท์ เอียประเสริฐ และ มานพ ศรีตุลยโชติ</i> | |
| 18 | ซิกซ์ ซิกมา วิธีการปรับปรุงกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทย | 105 |
| | <i>กฤษดา อัครรุ่งแสงกุล</i> | |
| 19 | การลดเวลาค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อ : กรณีศึกษาโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น | 113 |
| | <i>ประยุทธ์ ชื่นอุดม และ ยุทธชัย บรรเทิงจิตร</i> | |
| Operations Research | | |
| 20 | แบบจำลองสินค้าคงคลังของพัดลมระบายอากาศสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง | 120 |
| | <i>รุ่งรัตน์ ภัสซเพ็ญ และ นันทินี บุญมี</i> | |
| 21 | การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการสถาบันโรคทรวงอก | 125 |
| | <i>รุ่งรัตน์ ภัสซเพ็ญ และ พิศุทธิ์ ปัญญาวัฒน์กุล</i> | |
| 22 | การปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการศูนย์ซ่อมบำรุงรถยนต์ด้วยการจำลองสถานการณ์ | 130 |
| | <i>รุ่งรัตน์ ภัสซเพ็ญ และ รวิวรรณ ใจศิริ</i> | |
| 23 | การวิเคราะห์หาปริมาณจักรยานและกำหนดจุดจอดรถจักรยานที่เหมาะสม โครงการจักรยานวิทยาเขตสี่เขี้ยว | 136 |
| | <i>วรวิมล หวังวัชรกุล และ จินตนันท์ หาญเม่ง</i> | |
| 24 | การหารูปแบบและปริมาณการขนส่งและระดับน้ำมันคงคลังที่เหมาะสมในกระบวนการโลจิสติกส์ของน้ำมันดีเซล | 141 |
| | <i>ศุลยา ศิริแพทย์ ทิพยดา จตุรนาพิทย์ ทิพวรรณ วงษ์อัยรา ช่อแก้ว จตุรานนท์ เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์ และ เจริญชัย โคมพัตราภรณ์</i> | |

| | | |
|---|--|-----|
| 25 | การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติเพื่อให้ได้เศษตัดที่มีประสิทธิภาพ จตุพร ใจดำรงค์ ปิยวิทย์ สุวรรณ และ บรรณ เลง คำเกตุ | 150 |
| 26 | การประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางการทำงาน กรณีศึกษาโรงงานเรียงต่อกันเป็นอนุกรม เศรษฐา เพชรอำไพ และ ธราธร ภูมัทธินันต์ | 155 |
| 27 | การประยุกต์ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบผสมสำหรับการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อน วัชรพันธ์ สุขเกิด และ ชีรเดช วุฒิพรพันธ์ | 162 |
| 28 | การวางแผนผัง เพื่อการจัดเก็บสินค้าสุรา กรณีศึกษา บริษัทยูไนเต็ควาไรตี้ แอนด์ ดิสทริบิวทอรี จำกัด ชาติรี พลชัย และ ณัฐพล ศิริสว่าง | 175 |
| Work Study, Plant Layout, Ergonomics, Safety Engineering | | |
| 29 | การออกแบบผังโรงงานสำหรับผลิตภัณฑ์หลายประเภทในสายการผลิต สุทธิชัย ขวาคำ และ จิรศิริพงศ์ เจริญภัณฑารักษ์ | 184 |
| 30 | การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตข้าวเกรียบมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคการศึกษางาน วรพจน์ ศิริรักษ์ ชินวร แจ้ววิสอน ลิขิต คำประละ และ ศรีแพร ลือภา | 190 |
| 31 | การศึกษาค่าเวลามาตรฐานและการเคลื่อนไหวแบบพรีดิเทอร์มินในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม กนกวรรณ สุภักดี วิชญพันธ์ รูปพรหม ธวัชชัย ตาบุตรดา นพรัตน์ สายสมุทร และ นันทพงศ์ นันทสำเริง | 195 |
| 32 | การเพิ่มผลผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ปาร์ติเคิลบอร์ดในโรงงานตัวอย่างโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ สุรัชย์ บุญยประเวศ และ วุฒิชัย วงษ์ทัศน์เกียรติ | 201 |
| 33 | การประยุกต์แนวคิดแบบลีนเพื่อลดความสูญเสียเปล่าในการผลิต กรณีศึกษา สายการประกอบชุดรับ-ส่ง สัญญาณแสง ณัฐพร ภาสภิรมย์ และ สวัสดิ์ ภาระราช | 208 |
| 34 | การศึกษาทางด้านการยศาสตร์เกี่ยวกับรูปร่างของด้ามมีดและท่าทางการจับมีดสำหรับงานตัดเนื้อ อรทัย บัวผุด และ นริศ เจริญพร | 213 |
| 35 | การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำเชื่อมถุง นันทชัย กานตานั้นทะ และ กมลชนก เจียมสินกุล | 219 |
| 36 | การปรับปรุงกำลังผลิตแกนเพลาล้อรถยนต์โดยวิธีลดความสูญเสียเปล่า พูนเพิ่ม พูนนาค และ จิรศิริพงศ์ เจริญภัณฑารักษ์ | 225 |
| 37 | การประยุกต์การศึกษาการทำงานเพื่อลดความสูญเสียเปล่า กรณีศึกษา โรงงานผลิตเลนส์ รัฐพล เอกลักษณ์นันท์ และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ | 232 |

Quality Management, Robust Design, Statistical Applications

- 38 การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสียที่ส่งน้ำมันไปยังเพลาลูกเบี้ยว 238
จิรวรรณ คล้อยภยันต์ และ พุทธพงษ์ ชันดีส์ัจพงษ์
- 39 การประยุกต์และเปรียบเทียบการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการไซนกับวิธีการแฟคทอเรียล 243
ยศวัจน์ ศิริกมลชัย และ ทศพล เกียรติเจริญผล
- 40 การออกแบบการทดลองเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก 249
วรุฒิ หวังวัชรกุล และ พิสิฐ เตวรานนท์
- 41 การจัดกลุ่มคุณลักษณะของกล้องถ่ายภาพตามหลักการของคาโนโมเดล 253
วิรุพท์ ผลวัฒน์ และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ์
- 42 ศึกษาปัจจัยในกระบวนการผลิตที่ทำให้หัวหมอนของเบาะรถยนต์เป็นโพรงอากาศ 258
มณฑลลี ศาสนนันท์ และ ธนาณพัฒน์ หงวนไธสง
- 43 การศึกษาปัจจัยเสี่ยงสำหรับการติดเชื้อโดยใช้ตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป กรณีศึกษา : โรงพยาบาลตัวอย่าง 262
จันทร์เพ็ญ อนุรัตน์นันทน์ ดวงพร บุญญาภิบาลวงศ์ ภาวินี ใจชื่อสมบุญ และ วรณสิริ ไตรวิลาศ
- 44 การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบ โดยการพัฒนาระบบการวัด กรณีศึกษาโรงงานตัดเย็บ 268
กางเกงบ็อกเซอร์
ภิรม พรประเสริฐ วิไล น้อยวงศ์ วุฒิไกร การสุวรรณ และ วรจักร สุ่มมาตย์

Logistics and Supply Chain Management

- 45 การศึกษาบทบาทของตัวกลางในโซ่อุปทานพริกในประเทศไทย 274
ปิยวรา พรหมอักษร และ พรธิภา องค์กรนารักษ์
- 46 การประเมินและปรับปรุงพื้นที่จัดเก็บด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นในโรงงานผลิตคาร์บอน 280
วรางคณา พุ่มดียิ่ง และ ประจวบ กล่อมจิตร
- 47 การศึกษารูปแบบการดำเนินงานของเกษตรกรผู้ปลูกผักสำหรับการจัดหาผักสดของร้านอาหาร 285
วันเพ็ญ สุนานุสรณ์ และ พรธิภา องค์กรนารักษ์
- 48 การพัฒนาเครื่องมือสร้างแบบจำลองเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานอย่างรวดเร็ว 291
อลงกรณ์ จรัสสุริยา และ พรเทพ อนุสรณ์นิตินสาร
- 49 การศึกษาโซ่อุปทานของสินค้าประเภทเครื่องสำอางเพื่อการส่งออกประเทศเวียดนาม 296
สมพิทย์ สุวรรณโณ และ ธีรธร กุลภัทรนรินทร์
- 50 การแก้ปัญหาการสั่งซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหลายช่วงเวลา โดยวิธีวิธีวิสติกส์ 302
ทศพร อติเศรษฐพงศ์ และ สวัสดิ์ ภาชนะราช
- 51 การสร้างแบบจำลองกลไกการทำงานของโซ่อุปทานด้วยแผนภูมิวงรอบเหตุและผล 308
กรณีศึกษา โซ่อุปทานยางพาราภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
ธนาณ เจียรณัย ศิริศักย เทพจิต และ วิทยา สุหฤทดำรง

| | | |
|--|--|-----|
| 52 | การศึกษาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของห้างสรรพสินค้า เขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ธีระยุทธ แสนแก้ว และ เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์ | 313 |
| Innovation Management, Industrial Technology Transfer | | |
| 53 | การศึกษาการเดินรถไฟฟ้าใต้ดิน สายเฉลิมรัชมงคลในช่วงเวลาเร่งด่วน ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เปรมชิวิน ไตรทิพย์ และ วุฒิชัย วงษ์ทัศน์เกียรติ | 319 |
| 54 | โปรแกรมศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการและวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน จักรา สายประสงศ์สิน และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ | 326 |
| 55 | การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยวิศวกรรมคั้นไซ กุศล พิมาพันธุ์ศรี | 331 |
| Environmental Management | | |
| 56 | การสังเคราะห์วัสดุแลกเปลี่ยนประจุจากยางรถยนต์ที่ใช้แล้วโดยการใช้ปฏิกิริยาไมโครเวฟ ภาณุวัตร มุกโกมินทร์ และ สุพิชชา รุ่งโรจน์นิมิตชัย | 338 |
| 57 | การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต Wireless router modem โดยใช้เทคนิคการ ประเมินวัฏจักรชีวิต ธิดิศรค์ เหมหาญ และ มณฑล ศาสนนันทน์ | 343 |
| Materials, Production, CAD/CAM, Manufacturing Engineering | | |
| 58 | การศึกษาการตัดชิ้นงาน ซิลิคอนไนไตรต์ ด้วยวิธีการตัดร่องโดยใช้การอาร์คด้วยไฟฟ้า คงสิน เอื้อสถิตวงศ์ และ อภิวัฒน์ มุตตามระ | 348 |
| 59 | การวิเคราะห์ความแข็งแรงของงานฉีดพลาสติกโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม (CAE) ปิยวัฒน์ วัชรวัฒนากุล อภิวัฒน์ มุตตามระ และ เสกสรร ไชยจิตต์ | 353 |
| 60 | การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตีกลับกับความเค้นในกระบวนการตัดโลหะแบบ Compression โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ อัครราษฎร์ พิเศษสุวรรณิช และ ศิริชัย ต่อสกุล | 357 |
| 61 | การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแพด้วยขวดน้ำดื่มพลาสติกเหลือใช้ ปรีชา ช่างย่อ | 363 |
| 62 | การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำกับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ ธนสาร อินทรกำารชัย และ สุวัฒน์ จีร์เกียรติ | 368 |
| 63 | Wood Composite from Highly Filled System of Palm Flour and Polybenzoxazine Narongchai Khawphong and Sarawut Rimdusit | 376 |

Maintenance Management

- 64 การลดหยุดชะงักของเครื่องจักรโดยประยุกต์ใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษาโรงงานผลิตสปริง 384
ณัฐธีร์ วิจิตรกีรติกุล และ ดร.ยุทธชัย บรรเทิงจิตร
- 65 การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือเพื่อลดเวลาสูญเสียในการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษ 389
พิเชษฐ์ แก้วไทรท้วม และ ประจวบ กล่อมจิตร
- 66 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์ : กรณีศึกษา หจก. เอ.พี.เค เอ็นจิเนียริง แอนด์ ซัพพลาย 396
รัตนา ผูกน้อย และ ยุทธชัย บรรเทิงจิตร

Mechatronics

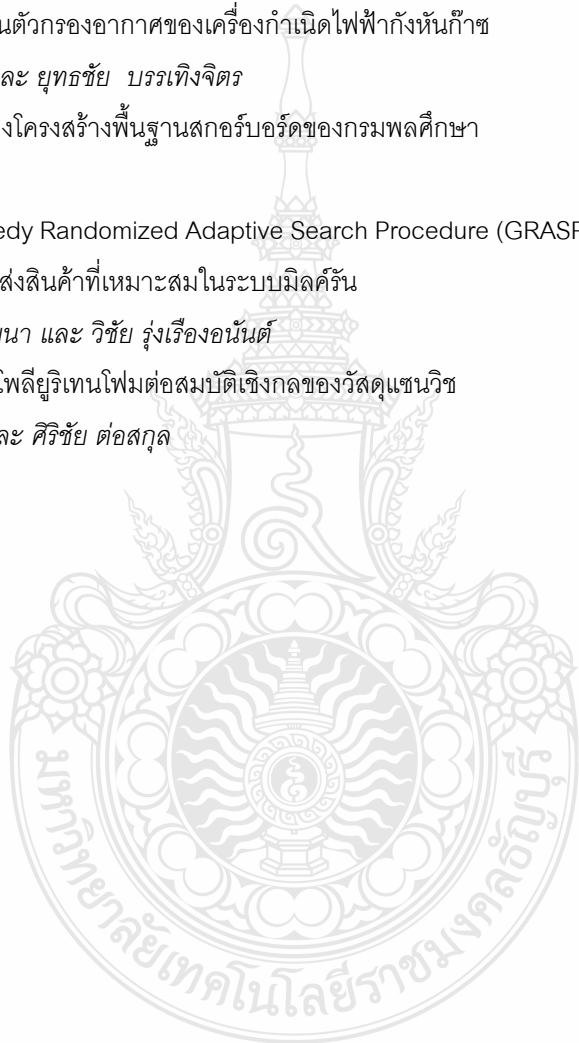
- 67 ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตและการปรับเทียบสำหรับการหลีกเลี่ยงการชนของหุ่นยนต์ในการทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ 404
วีระชัย เวียงคำสา และ จรัมพร ธรรมมนตร์
- 68 การออกแบบชุดหนีบจับและส่งผ่านชิ้นงานต้นแบบในเครื่องปั๊มโลหะ ขนาด 300 ตัน 412
วสันต์ ธวัชสุวรรณ และ จรัมพร ธรรมมนตร์

Others that Related to Industrial Engineering and Management

- 69 การประหยัดพลังงานในระบบอากาศอัดสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม 418
มานิช วงศ์ธนกุญชร และ กิรติ ชยะกุลศิริ
- 70 การศึกษาการลดของเสียซึ่งเกิดจากการคัดแยกงานเกินความจำเป็น ของกระบวนการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ 423
ศักดิ์สิทธิ์ สุดใจ และ มณฑล ศาสนนนท์
- 71 การอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม 430
สุลักษณ์ เอื้อจิตร และ อัครนันท์ คิณสม
- 72 การพัฒนาบุคลากร บนพื้นฐานสมรรถนะ (Competency) กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร 436
เกษร พักเย็นใจ และ ธราธร กุลภักธนรินทร์
- 73 พัฒนาวิธีการออกแบบเพื่อจัดกลุ่มชิ้นส่วนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน 442
จินกมล ลุยจันทร์ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง
- 74 การบริหารประสิทธิภาพเพื่อสร้างพฤติกรรมความจงรักภักดีของลูกค้า กรณีศึกษา ซูเปอร์เซ็นเตอร์ในประเทศไทย 448
ทรงศักดิ์ วิจัยธรรมฤทธิ์ และ ดร.ธีระ เตชะมณีสถิตย์

- 75 การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ เพื่อสร้างคุณค่าตราสินค้า
นิธิฎาญจัน สุวรรณธาดา และ วีระ เตชะมณีสถิตย 453
- 76 การพัฒนาโปรแกรมคำนวณต้นทุนการผลิตและราคาขายสำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ
สาโรช เวโรจน์ นิธิ อัดถิ วุฒินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ ชาญเดช หุอนันต์ อัมพร โพธิ์ไย และ
ธีรเดช วุฒิพรพันธ์ 459
- 77 การพัฒนาเครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติด้วยวิธีการวิเคราะห์จำแนกประเภท
สายัณห์ เจนวิถีสุข และ จิรศิริพงส์ เจริญภักธวารักษ์ 465
- 78 การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการมีผู้ผลิตขึ้นส่วนในประเทศไทย : กรณีศึกษา
ขึ้นส่วนรถยนต์
สรายุทธ ใหม่อ่อง และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์ 470
- 79 กรณีศึกษาการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสถานศึกษาด้วยโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร
ยุทธจักร หินทอง และ ชาญณรงค์ อัครเวศานภาพ 476
- 80 การสร้างภาพลักษณ์องค์การ
ศศิธร จัวนพันธ์ และ วีระ เตชะมณีสถิตย 481
- 81 การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำการเกษตร
แบบปรับความยาวได้
ชิตพงษ์ ชินสันติ และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ 486
- 82 การประยุกต์ใช้การจัดการความรู้ : กรณีศึกษา
นนทวรรณ ตั้งวรการพานิช และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์ 491
- 83 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์สินเชื่อในภาคอุตสาหกรรม
ฐิติพร ลวดทอง และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์ 497
- 84 การพัฒนากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจของสายการบินต้นทุนต่ำ
ธิดารัตน์ สืบสง่า และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ 504
- 85 การศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดตั้งกระบวนการชุบสีบุกด้วยไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ทราเนซิสเตอร์
เชิดพงษ์ บุญสง และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์ 510
- 86 การพัฒนาโปรแกรมการจัดการสินค้าคงคลังและพยากรณ์การสั่งซื้อสารเคมี สำหรับกระบวนการผลิต
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ
นิธิกุล แซ่โล่ นิธิ อัดถิ วุฒินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ ชาญเดช หุอนันต์ อัมพร โพธิ์ไย และ
ธีรเดช วุฒิพรพันธ์ 515
- 87 การลดเวลาการทำงานของกระบวนการรีดเส้นด้ายโดยการพัฒนาเครื่องกรอเส้นด้าย
พรเทพ แก้วเชื้อ วรินทร์ เกียรติบุญกุล อุษาวดี อินทร์คล้าย และ ดวงใจ ทาแก้ว 522
- 88 แนวทางการลดความสูญเสียของพัสดุ : กรณีศึกษา สายการบรรจุสุรา
วุฒางามศักดิ์ และ จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์ 526

- 89 พัฒนาวิธีการในการติดตามผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบเพื่อรองรับการผลิตตามความต้องการเฉพาะ
นุจิรา โคตรหานาม และ ณัฐรุสมี จันทร์ทอง 532
- 90 การลดอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างของเกษตรกรผู้กรีดยางพาราในขั้นตอนการกรีดยางในตำบลไชยราช อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
บัณฑิตย์ ชูบัวทอง และ ยุทธชัย บรรเทึงจิตร 538
- 91 จุดเหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ
ยุทธนา สีนถาวร และ ยุทธชัย บรรเทึงจิตร 545
- 92 การเทียบเคียงงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานสกอรับอร็ดของกรมพลศึกษา
ประพันธ์ ไพธอังกูร 552
- 93 การประยุกต์เทคนิค Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) สำหรับจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสมในระบบมัลติคัน
ฐิติพันธ์ คำอ้ายวัฒนา และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ 562
- 94 ผลกระทบวัสดุแกนกลางโพลีเอทิลีนโพรพิลีนต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุแกนวิช
เอกชัย รอดพิสา และ ศิริชัย ต่อสกุล 571



การศึกษาต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปร

สุนิดา อัสวีสกุล¹ ธนิต พุทพงษ์ศิริพร² และ นำฝน ลำดับวงศ์³

^{1,2}ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร และ ³ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail: ¹sunimay@hotmail.com, ²thanitpu@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปร เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียม จากการศึกษา พบว่า กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปร ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การผลิตแป้งตัดแปร การผลิตเม็ดเรซิน และการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์โดยใช้กระบวนการฉีดเข้าเบ้า เมื่อจำแนกและคำนวณต้นทุน พบว่า ต้นทุนรวมในการผลิตประกอบไปด้วยค่าวัตถุดิบทางตรง คิดเป็น 45% ค่าแรงงานทางตรง คิดเป็น 14% และค่าเสียการผลิต คิดเป็น 41% และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างต้นทุนการผลิต พบว่า ต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปรสูงกว่าต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียมชนิดโพลิโพรพิลีนถึง 2.60 เท่า โดยมีสัดส่วนค่าวัตถุดิบทางตรงและค่าเสียการผลิตที่สูงกว่า เนื่องจากกระบวนการผลิตที่ศึกษา ยังเป็นการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการและยังไม่ต่อเนื่อง ผลที่ได้จากการศึกษานี้ ประกอบกับผลการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง จะช่วยให้ผู้ประกอบการ และหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้องเห็นถึงโอกาสและความเป็นไปได้ในการผลักดันให้เกิดการผลิตบรรจุภัณฑ์ด้วยวัสดุทดแทนในระดับอุตสาหกรรมเพื่อสร้างทางเลือกในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ ต้นทุนการผลิต, บรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพ, แป้งข้าวตัดแปร, กระบวนการฉีดเข้าเบ้า

1. บทนำ

พลาสติกจากปิโตรเลียม ที่นิยมใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์มีหลายประเภท อาทิเช่น โพลีเอทิลีน โพลิโพรพิลีน โพลิไวนิลคลอไรด์ เป็นต้น บรรจุภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียมมีคุณสมบัติทนทานต่อความร้อน สภาพกรด-ด่าง ความสามารถในการป้องกันหรือปล่อยให้อากาศและไอน้ำซึมผ่าน ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีเหล่านี้ประกอบกับราคาที่ถูกกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ทำให้บรรจุภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียมเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมและมีแนวโน้มการใช้ที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง หากแต่ว่าคุณสมบัติด้านความทนทานต่อการสึกกร่อนและการย่อยสลายโดยกลไกธรรมชาติได้ยากนั้น เป็นเหตุสำคัญที่ทำให้บรรจุภัณฑ์พลาสติกปิโตรเลียมก่อให้เกิดปัญหาขยะพลาสติกที่ย่อยสลายได้ยากอันเป็นผลเสียต่อสภาวะแวดล้อม [1] จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นทำให้เกิดกระแสอนุรักษ์ธรรมชาติและความสะดวกต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะภาวะโลกร้อน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกย่อยสลายได้ในตลาดโลกมีความต้องการมากยิ่งขึ้น [2] ในส่วนของประเทศไทยการใช้วัสดุทดแทนวัตถุดิบประเภทพลาสติกจากปิโตรเลียมกำลังเป็นที่สนใจของทั้งภาครัฐบาลและเอกชน โดยรัฐบาลได้เห็นชอบใน

หลักการพัฒนาอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพ และส่งเสริม การพัฒนาวัสดุทดแทนวัสดุปิโตรเลียมพลาสติกจาก ปิโตรเลียมมาโดยตลอด วัสดุทดแทนพลาสติกที่ได้รับการ ส่งเสริมจากกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ แป้งข้าว แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น [3] การนำแป้งข้าวมาใช้แทนพลาสติกนั้นเป็นไปได้ในทาง เทคนิคแต่สิ่งที่สำคัญและจำเป็นคือการพิสูจน์ให้รู้ถึงต้นทุน ในการผลิตว่ามีโครงสร้างต้นทุนการผลิตอย่างไร คำนวณค่าต่อ การลงทุนหรือไม่ เพื่อจูงใจให้ผู้ผลิตหันมาผลิตบรรจุภัณฑ์ พลาสติกชีวภาพมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ชีวภาพจากแป้งข้าวดัดแปร
2. เพื่อศึกษาโครงสร้างต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์ พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวดัดแปร
3. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างต้นทุนการ ผลิตของบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวดัดแปร และบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียม

3. แนวคิดและทฤษฎี

3.1 โครงสร้างต้นทุนการผลิต

โครงสร้างต้นทุนการผลิต คือ ต้นทุนที่ใช้ในการผลิต สินค้าแต่ละชนิด ประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญคือ ค่า วัสดุทางตรง (Direct Material Costs) ค่าแรงงาน ทางตรง (Direct Labor Costs) และค่าโชห่วยการผลิต (Manufacturing Overhead Costs) [4] ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. ค่าวัสดุทางตรง (Direct Material Costs) คือ ต้นทุนของวัสดุที่เข้าไปเป็นส่วนสำคัญของผลิตภัณฑ์ สำเร็จรูป ซึ่งสามารถระบุได้ง่ายและแน่นอนว่าใช้ในการ ผลิตผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนเท่าใด คิดเป็นเงินเท่าใด วิธีการ คำนวณที่นิยมใช้ได้แก่ วิธีเข้าก่อน-ออกก่อน (First-in, First-out หรือ FIFO), วิธีเข้าหลัง-ออกก่อน (Last-in, First-out หรือ LIFO), วิธีคิดต้นทุนแบบถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่

(Moving Average) เป็นต้น

2. ค่าแรงงานทางตรง (Direct Labor Costs) คือ ต้นทุนแรงงานที่อาจติดตามได้โดยตรงเข้ากับการผลิต ผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น ค่าแรงของพนักงาน ผลิต สามารถ คำนวณได้จากการบันทึกเวลาทำงานของพนักงานที่ เกี่ยวข้อง

3. ค่าโชห่วยการผลิตหรือค่าใช้จ่ายในการผลิต (Manufacturing Overhead Costs) คือ ต้นทุนการผลิต ทั้งหมดที่นอกเหนือจากค่าวัสดุทางตรงและค่าแรงงาน ทางตรง วิธีการคำนวณค่าโชห่วยการผลิต แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีการที่ใช้กันทั่วไป (Conventional costing) และ วิธีการคิดต้นทุนจากฐานกิจกรรม (Activity based costing)

3.2 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง

การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis) คือ การวิเคราะห์ว่าผลลัพธ์ที่ คำนวณได้จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงในลักษณะต่างๆ จาก ปัจจัยที่ไม่คาดคิดหรือไม่ เช่น ต้นทุนค่าวัสดุ ปริมาณ ผลผลิต เกิดการเปลี่ยนแปลงจะมีผลกระทบอย่างไร

เนื่องจากต้นทุนที่ได้วางแผนเอาไว้ใน ในอนาคตอาจ มีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อสถานการณ์เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ เนื่องจากโครงการเกษตรโดยทั่วไปแล้วจะมีความเสี่ยงเข้า มาเกี่ยวข้องอยู่ด้วยเสมอ จากความเป็นจริงทั้งราคา ผลผลิตที่ใช้ประเมินผลประโยชน์ ราคาปัจจัยการผลิตที่ใช้ ประเมินต้นทุนการผลิตตลอดจนต้นทุนวัสดุอุปกรณ์ย่อมไม่ คงที่ตลอด ดังนั้นจึงจำเป็นที่กำหนดราคาเผื่อเลือกเพื่อใช้ ประเมิน หลายๆ ราคา ซึ่งทำได้โดยการสมมติให้ราคาของ ผลผลิต ปัจจัยการผลิต และต้นทุนโครงการเปลี่ยนแปลงโดย เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากการคาดการณ์ไว้

4. ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย เครื่องวัด ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า เครื่องมือที่ใช้ในการดัดแปร แป้งข้าว เครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูปและตัดเม็ดเรซิน ตู้อบ

ไฟฟ้าลมร้อน เครื่องฉีดพลาสติกเข้าเบา นาฬิกาจับเวลา และแบบฟอร์มในการเก็บข้อมูลการผลิต ส่วนวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย แป้งข้าว ส่วนผสมอื่นๆ เม็ดเรซินจากแป้งข้าวตัดแปร และเม็ดพลาสติกจากปิโตรเลียมชนิดโพลิโพรพิลีน

4.2 วิธีการ

เก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) โดยการศึกษากระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกในขั้นตอนต่างๆ ว่ามีกระบวนการผลิตอย่างไร ใช้วัตถุดิบและอุปกรณ์ชนิดใดบ้างในกระบวนการผลิต บันทึกข้อมูลค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลงในแบบฟอร์มที่สร้างขึ้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณต้นทุนการผลิตของบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปร และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างต้นทุนการผลิตของบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปรและบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียมชนิดโพลิโพรพิลีน รวมถึงปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต แล้ววิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์

5. ผลการวิจัย

5.1 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปร

พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปร เป็นพลาสติกที่มีสตาร์ชเป็นส่วนประกอบหลัก ผลิตจากวัตถุดิบประเภทแป้งข้าวที่สามารถปลูกทดแทนใหม่ได้ และย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยศึกษากระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากแป้งข้าวตัดแปร พบว่ากระบวนการผลิตประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1.

ขั้นตอนที่ (1) การผลิตแป้งตัดแปร โดยนำแป้งข้าวมาตัดแปรด้วยการผสมกับส่วนผสม A เพื่อให้มีสมบัติแข็งหนืดของแป้งข้าวให้พร้อมต่อการขึ้นรูปเป็นเม็ดเรซิน ขั้นตอนที่ (2) การผลิตเม็ดเรซิน โดยผสมแป้งข้าวตัดแปรกับส่วนผสม B และ C เพื่อให้มีคุณสมบัติเป็นเทอร์โม

พลาสติก แล้วนำไปอัดรีดขึ้นรูปเป็นเส้น และตัดเม็ดได้เป็นเม็ดเรซินจากแป้งข้าวตัดแปร และขั้นตอนที่ (3) การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ โดยนำเม็ดเรซินจากแป้งข้าวตัดแปรไปขึ้นรูปโดยใช้กระบวนการฉีดเข้าเบา



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตและวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต บรรจุภัณฑ์พลาสติกจากแป้งข้าวตัดแปร

5.2 โครงสร้างต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปร

5.2.1 ค่าวัตถุดิบทางตรง

วัตถุดิบทางตรง พิจารณาจากวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ในแต่ละขั้นตอน ดังรูปที่ 1. ประกอบด้วย แป้งข้าว และส่วนผสมอื่นๆ ซึ่งสามารถคำนวณค่าวัตถุดิบทางตรงได้จากปริมาณที่ใช้ตามสูตรของการผลิต และราคาของวัตถุดิบ

5.2.2 ค่าแรงงานทางตรง

ค่าแรงงานทางตรง พิจารณาจากแรงงานในกระบวนการผลิต ได้แก่ เช่น พนักงานผลิต พนักงานควบคุมเครื่องจักร พนักงานที่ทำการขึ้นรูป ซึ่งคำนวณได้จากการบันทึกเวลาทำงานของพนักงานที่เกี่ยวข้อง

5.2.3 ค่าวัสดุการผลิต

ค่าวัสดุการผลิต ประกอบด้วย ค่าของใช้สิ้นเปลือง ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรเพื่อการผลิต ค่าพลังงานไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายอื่นๆ

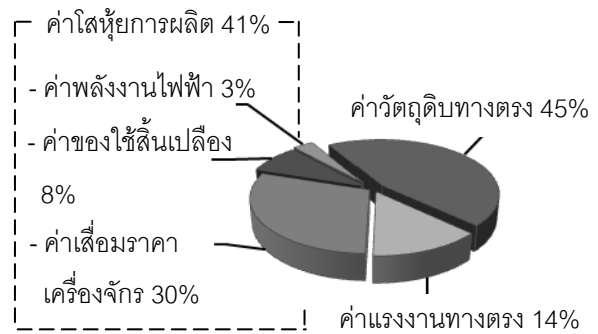
ผลการคำนวณต้นทุนจากข้อมูล que เก็บรวบรวมได้นำมาจำแนกต้นทุนตามโครงสร้างต้นทุนการผลิต แสดงในตารางที่ 1.

ตารางที่ 1 ต้นทุนการผลิตแป้งข้าวตัดแปรรและการผลิตเม็ดเรซินจากแป้งข้าวตัดแปรร

| ต้นทุนการผลิต (บาท/กิโลกรัม) | ขั้นตอนการผลิต | |
|---------------------------------|--------------------|------------------|
| | การผลิตแป้งตัดแปรร | การผลิตเม็ดเรซิน |
| วัตถุดิบทางตรง | 32.94 | 63.81 |
| แรงงานทางตรง | 15.36 | 37.33 |
| ค่าใช้จ่ายการผลิต | 2.90 | 34.30 |
| ต้นทุนรวม | 51.19 | 135.43 |

จากตารางที่ 1 พบว่า ในขั้นตอนที่ (1) การผลิตแป้งตัดแปรร มีสัดส่วนต้นทุนค่าวัตถุดิบทางตรงสูงที่สุดคิดเป็น 64.34% รองลงมาคือ ค่าแรงงานทางตรงและค่าใช้จ่ายการผลิตคิดเป็น 30.00% และ 5.66% ตามลำดับ และมีต้นทุนรวมในการผลิต 51.19 บาทต่อกิโลกรัม โดยค่านี้จะใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตในขั้นตอนที่ (2) ต่อไป สำหรับในขั้นตอนที่ (2) การผลิตเม็ดเรซิน มีต้นทุนรวมในการผลิต 135.43 บาทต่อกิโลกรัม โดยมีสัดส่วนต้นทุนค่าวัตถุดิบทางตรงสูงที่สุดคิดเป็น 47.12% รองลงมาคือ ค่าแรงงานทางตรงและค่าใช้จ่ายการผลิตคิดเป็น 27.56% และ 25.32% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาสัดส่วนต้นทุนการผลิตของทั้ง 2 ขั้นตอนจะเห็นว่า มีสัดส่วนของต้นทุนค่าวัตถุดิบทางตรงสูงที่สุดเหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันในส่วนของคุณค่าแรงงานทางตรงและค่าใช้จ่ายการผลิต โดยขั้นตอนการผลิตแป้งตัดแปรรจะมีค่าแรงงานทางตรงสูงกว่าเนื่องจากในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาค่อนข้างมากในการตัดแปรรแป้งข้าว แต่ใช้เครื่องมือที่มีราคาไม่สูงมากและไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ส่วนในขั้นตอนการผลิตเม็ดเรซินจะตรงข้ามกัน คือมีค่าใช้จ่ายการผลิตที่สูงกว่าเนื่องจากในขั้นตอนนี้ต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ที่มีราคาสูง ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก และใช้เวลานานในการผลิต

ส่วนกระบวนการผลิตในขั้นตอนที่ (3) การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ โดยใช้กระบวนการฉีดเข้าเบ้า จะนำเม็ดเรซินที่ผลิตได้มาทำการขึ้นรูปเป็นชิ้นงาน คิดเป็นต้นทุนรวมในการผลิตบรรจุภัณฑ์ 7.89 บาทต่อชิ้น โดยมีสัดส่วนต้นทุนการผลิต ดังรูปที่ 2.



รูปที่ 2 สัดส่วนโครงสร้างต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปรร

จากรูปที่ 2 สัดส่วนโครงสร้างต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์ พบว่า สัดส่วนค่าวัตถุดิบทางตรงมีค่าสูงที่สุดซึ่งใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายการผลิต เนื่องจากในการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ต้องใช้เครื่องจักรที่ขนาดใหญ่และราคาสูง ทำให้มีค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรสูงตามไปด้วย นอกจากนี้ระหว่างการขึ้นรูปจะต้องใช้สารหล่อลื่นเพื่อไม่ให้แป้งติดแม่พิมพ์ ทำให้ค่าของใช้สิ้นเปลืองมีค่าสูงด้วย

5.3 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปรรและบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียม

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างต้นทุนการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปรรและบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียมชนิดโพลีโพรพิลีน

| ต้นทุนการผลิต | ราคาบรรจุภัณฑ์ (บาท/ชิ้น) | |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| | พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปรร | พลาสติกจากปิโตรเลียมชนิดโพลีโพรพิลีน |
| ค่าวัตถุดิบทางตรง | 3.58 | 1.04 |
| ค่าแรงงานทางตรง | 1.05 | 0.57 |
| ค่าใช้จ่ายการผลิต | 3.25 | 1.43 |
| ต้นทุนรวม | 7.89 | 3.03 |

จากตารางที่ 2 พบว่า ต้นทุนรวมในการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปรรูปคิดเป็น 7.89 บาทต่อชิ้น ส่วนต้นทุนรวมในการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียมชนิดโพลิโพรพิลีนคิดเป็น 3.03 บาทต่อชิ้น เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่าต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปรรูปมีค่าสูงกว่าต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียมชนิดโพลิโพรพิลีนถึง 2.60 เท่า โดยมีสัดส่วนค่าวัตถุดิบทางตรงและค่าไต่ห่วยการผลิตที่สูงกว่าประมาณ 3 เท่า และค่าแรงงานทางตรงที่สูงกว่าประมาณ 2 เท่า เนื่องจากบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปรรูปที่ผลิตได้มีน้ำหนักมากกว่า (ใช้วัตถุดิบมากกว่า) ส่งผลให้มีค่าวัตถุดิบทางตรงสูงกว่า นอกจากนี้กระบวนการผลิตที่ทำการศึกษายังเป็นการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ ทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องกำลังการผลิตของเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง และยังเป็นการผลิตที่ไม่ต่อเนื่องต้องมีการฉีดสารหล่อลื่นเพื่อไม่ให้แป้งติดแม่พิมพ์ จึงต้องมีการปรับปรุงสูตรของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเม็ดเรซินให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น เพื่อให้กระบวนการผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

จากนั้นเมื่อนำข้อมูลต้นทุนการผลิตที่คำนวณได้มาวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง (Sensitivity Analysis) โดยวิเคราะห์จากราคาของวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ คือ แป้งข้าว และเม็ดพลาสติกจากปิโตรเลียมชนิดโพลิโพรพิลีน โดยพิจารณาว่าถ้าสถานการณ์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน จะส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตโดยรวมอย่างไร ผลที่ได้พบว่าเมื่อสถานการณ์ที่ราคาแป้งข้าวลดลง 40% พร้อมกับราคาเม็ดพลาสติกสูงขึ้น 5 เท่า จะทำให้ต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน

6. สรุปผลการวิจัย

ต้นทุนรวมในการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปรรูป ประกอบด้วยค่าวัตถุดิบทางตรง คิดเป็น 45% ค่าแรงงานทางตรง คิดเป็น 14% และค่าไต่ห่วยการผลิต คิดเป็น 41% ซึ่งต้นทุนรวมในการผลิตบรรจุภัณฑ์

พลาสติกชีวภาพจากแป้งข้าวตัดแปรรูปสูงกว่าต้นทุนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียมชนิดโพลิโพรพิลีนถึง 2.60 เท่า จากการจำลองสถานการณ์เพื่อที่จะทำให้ต้นทุนการผลิตของบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน จะต้องทำให้ราคาแป้งข้าวลดลงพร้อมกับราคาเม็ดพลาสติกสูงขึ้นจากราคาในปัจจุบัน โดยสรุปแล้วการที่จะพิจารณาเฉพาะราคาของวัตถุดิบหลักเพียงอย่างเดียว นั้นยังไม่เพียงพอ จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย ทั้งกำลังการผลิตของเครื่องจักร และที่สำคัญจะต้องมีการปรับปรุงสูตรของการผลิตเม็ดเรซินจากแป้งข้าวตัดแปรรูปให้สามารถขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ได้อย่างต่อเนื่องด้วย ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษานี้จะทำให้ผู้ประกอบการ และหน่วยงานที่สนใจ รู้ถึงต้นทุนการผลิตที่แท้จริง และสามารถนำข้อมูลต้นทุนการผลิตนี้ไปใช้เปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตเดิมที่มีอยู่ได้ เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนาวดี ลี้จากภัย. 2549. พลาสติกย่อยสลายได้เพื่อสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท ไทยเอฟเฟคท์ สตุติโอ จำกัด.
- [2] ทวีญา วัฒนะวีโรจน์, คลื่นอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพและโอกาสของประเทศไทย, วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี 36 (297); น. 8-11, 2552.
- [3] อรรถวิท เตชะวิบูลย์วงศ์, พลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้, วารสาร Colourway 13 (74); น. 38-40, 2551.
- [4] วิวัฒน์ อภิสัทธีภิญโญ, ต้นทุนการผลิต, วารสาร Industrial Technology Review 13 (168); น.164-173, 2550

การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสีย กรณีศึกษา โรงงานประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

จิรวรรณ คล้อยภยันต์ และ อานนท์ จิตรกร

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: Arnon.j@emerson.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้ประกอบการต้องสามารถผลิตสินค้าที่ดีและมีคุณภาพ และมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำเพื่อแข่งขันกับบริษัทอื่นๆทั้งในและนอกประเทศ หนึ่งในวิธีการลดต้นทุนที่สามารถที่นิยมทำคือการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสีย ซึ่งนอกจากจะลดต้นทุนที่เกิดขึ้นได้แล้วยังส่งผลลูกค้าเกิดความมั่นใจในสินค้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นทางด้านการลดของเสียในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์ งานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคของเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่างเพื่อเลือกลักษณะของเสียส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น แล้วนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง เพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อของเสียในกระบวนการผลิต จากนั้นดำเนินการแก้ไขปัญหาเพื่อลดอัตราของเสีย โดยการฝึกอบรมพนักงาน กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ ปรับปรุงฟิวเจอร์และวางแผนการบำรุงรักษา จากผลการวิจัยพบว่าสามารถทำให้อัตราของเสียลดลงจากร้อยละ 3.4 เป็นร้อยละ 2.00 ตามเป้าหมายที่กำหนดได้

คำสำคัญ อัตราของเสีย, เครื่องมือคุณภาพ, อุปกรณ์คอนโทรลเลอร์

1. บทนำ

ในสภาพเศรษฐกิจที่เกิดการชะลอตัวและก้าวเข้าสู่ภาวะถดถอย ทำให้ในปัจจุบันผู้ประกอบการต่างๆ ต้องพัฒนาและเปลี่ยนแปลงองค์การของตนเองเพื่อให้สามารถ

เผชิญหน้ากับปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ได้ โดยเฉพาะสินค้าและผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าที่นับวันจะต้องตามเทคโนโลยีให้ทัน และต้องแข่งกับสินค้านำเข้าจากประเทศจีน บวกกับสภาพเศรษฐกิจปัจจุบันที่เกิดการชะลอตัว สิ่งที่ต้องคำนึงหรือบริษัทต้องการ คือ การผลิตสินค้าที่ดีและมีคุณภาพ และสามารถจัดส่งได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า ทั้งในแง่ของปริมาณและเวลา และการมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ สิ่งที่เหมาะสมในการดำเนินงาน คือ การลดต้นทุน ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปมักใช้การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสีย และยังทำให้สินค้านั้นมีคุณภาพที่ดี ซึ่งเป็นการลดต้นทุนโดยที่สินค้าไม่มีการเปลี่ยนแปลง และในอนาคตจะสามารถลดราคาขายเพื่อเพิ่มโอกาสในการแข่งขันเพื่อเพิ่มให้ส่วนแบ่งทางการตลาดมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสีย โดยนำเทคนิคและเครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงและแก้ปัญหาคุณภาพ คือ 7 QC Tools มาช่วยในการรวบรวมข้อมูล การอธิบาย และเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ เพื่อติดตามดูผลการดำเนินการผลิต วิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่อง และเพื่อตรวจสอบ โดยบริษัทที่ทำการวิจัยได้ตั้งเป้าหมายที่จะลดของเสียให้ได้ต่ำกว่าร้อยละ 2.00 งานวิจัยนี้เลือกทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ควบคุมเซนเซอร์ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตมากที่สุดและมีการคาดคะเนว่าจะมียอดการผลิตมากเป็นระยะเวลานาน ใน

การวิจัยนี้เน้นเฉพาะกรณีของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเท่านั้น ไม่รวมถึงของเสียที่เกิดจากผู้ส่งมอบ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

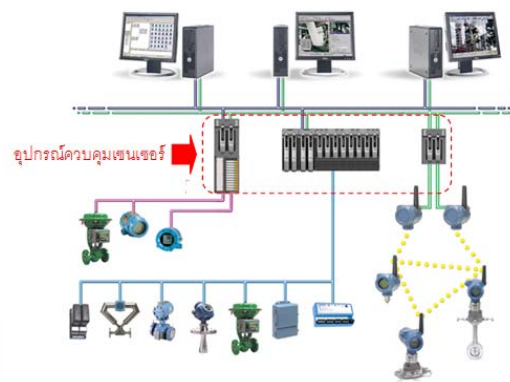
เทคนิคและเครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงและแก้ปัญหาคุณภาพที่นิยมใช้คือ 7 QC Tools โดยเครื่องมือเหล่านี้ช่วยในการรวบรวมข้อมูล การอธิบาย เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ ติดตามดูผลการดำเนินการผลิต วิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่อง และเพื่อตรวจสอบเครื่องมือดังกล่าวประกอบด้วย [1, 2, 3]

- 2.1.1 แผ่นตรวจสอบ
- 2.1.2 แผนผังพาเรโต
- 2.1.3 แผนผังการกระจาย
- 2.1.4 กราฟ
- 2.1.5 ผังแสดงเหตุและผล
- 2.1.6 แผนภูมิควบคุม
- 2.1.7 ฮิสโตแกรม

เครื่องมือ 7 QC tools ได้มีการนำไปใช้ในงานวิจัยเพื่อลดของเสียในงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป อุตสาหกรรมการผลิตแผงอลูมิเนียม เป็นต้น [4, 5, 6] ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าเครื่องมือดังกล่าวสามารถนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปัญหาของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

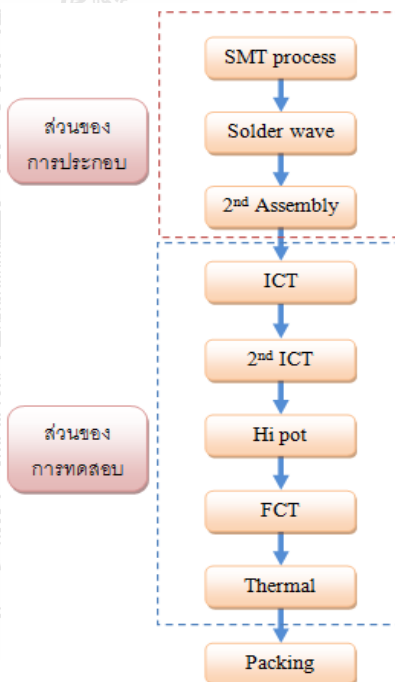
3. การดำเนินการ

ในปัจจุบันโรงงานงานกรณีศึกษาเป็นบริษัทที่รับประกอบอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ภายใต้แบรนด์ต่างๆ โดยบริษัททำตั้งแต่การจัดหา จัดซื้อวัสดุต่างๆ ในการผลิต ออกแบบการผลิต ทดสอบผลิตภัณฑ์ การหีบห่อผลิตภัณฑ์ จนถึงกระบวนการสุดท้าย คือ การส่งมอบให้ลูกค้า ผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาคืออุปกรณ์ควบคุมเซนเซอร์ประเภทต่างๆ ภายในโรงงานหรืออาคารสถานที่ที่อุปกรณ์ควบคุมเซนเซอร์ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างระบบควบคุมกับเซนเซอร์ประเภทต่างๆ ที่ติดตั้งในโรงงาน เพื่อสะดวกและง่ายต่อการควบคุมเพียงแค่จุดเดียว ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. ตัวอย่างการใช้งานของอุปกรณ์ควบคุมเซนเซอร์

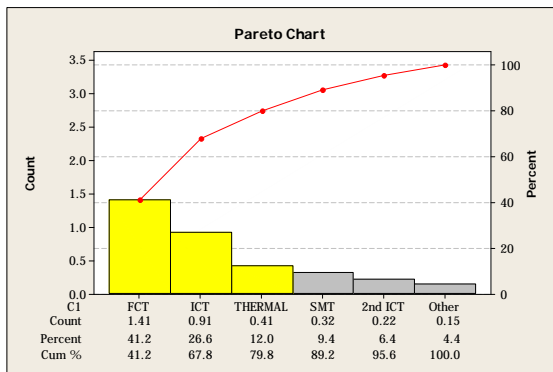
การผลิตอุปกรณ์ควบคุมเซนเซอร์สามารถแบ่งขั้นตอนเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ทำการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดลงบนแผ่นวงจร กับส่วนทดสอบการใช้งานจริง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. ผังการผลิตของอุปกรณ์ควบคุมเซนเซอร์

โดยปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษามีอัตราของของเสียที่เกิดขึ้นของกระบวนการผลิตทั้งหมดใน 1 ปี ของอุปกรณ์ควบคุมเซนเซอร์ เฉลี่ยร้อยละ 3.42 ต่อเดือน เมื่อนำอัตราของเสียที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ มาจัดลำดับโดยใช้ผัง

พาเรโต ดังรูปที่ 3 ตามหลัก 80/20 ของแผนผังพาเรโตพบว่าของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการทดสอบการทำงาน (FCT) มากเป็นอันดับที่หนึ่งคือร้อยละ 41.2 รองลงมาคือของเสียที่เกิดในกระบวนการทดสอบวงจรครั้งที่ 1 (ICT) เกิดร้อยละ 26.6 และอันดับที่สามคือของเสียในกระบวนการทดสอบการทำงาน ณ อุณหภูมิวิกฤติ (Thermal Test)พบว่าเกิดขึ้นร้อยละ 10



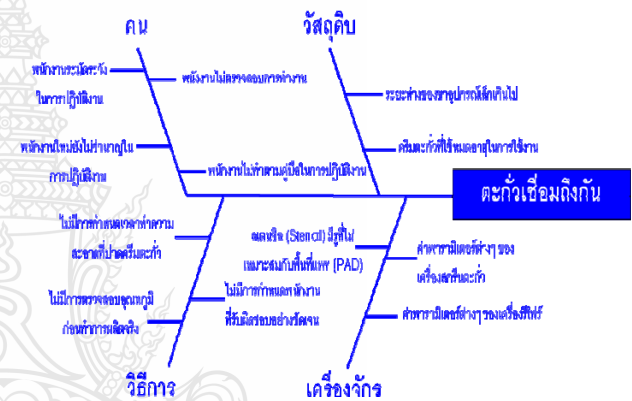
รูปที่ 3 แผนผังพาเรโตแสดงอัตราลักษณะของเสียในกระบวนการผลิตทั้งหมด

เมื่อนำของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทั้งสามมาจัดลำดับโดยใช้แผนผังพาเรโต สามารถสรุปลักษณะของเสียในแต่ละกระบวนการได้ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการมีสาเหตุการเสียที่ซ้ำๆ กัน ทำให้สามารถจัดกลุ่มของเสียได้เป็นสามกลุ่ม คือของเสียจากตะกั่วเชื่อมถึงกัน ของเสียจากตะกั่วไม่เกาะขาอุปกรณ์ ของเสียเกิดจากการทดสอบซ้ำ ในกรณีของเสียจากอุปกรณ์และอุปกรณ์รื้อาจะไม่นำมาทำการวิเคราะห์เนื่องจากเป็นของเสียที่ไม่ได้เกิดจากกระบวนการผลิตแต่เกิดจากการส่งมอบของผู้จำหน่ายอุปกรณ์

จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุสำหรับของเสียที่เกิดจากตะกั่วเชื่อมถึงกัน ของเสียจากการเชื่อมตะกั่วไม่เกาะขาอุปกรณ์ และของเสียจากการทดสอบซ้ำ โดยผังก้างปลาแสดงในรูปที่ 4 5 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ลักษณะของเสียที่เกิดขึ้น

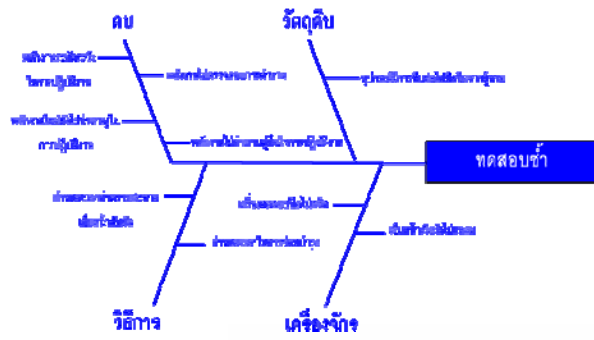
| กระบวนการ | ลักษณะของเสียที่เกิดขึ้น |
|--------------------------------|--|
| ทดสอบการทำงาน (FCT) | เสียจากอุปกรณ์ ตะกั่วไม่เกาะขาอุปกรณ์ |
| ทดสอบวงจรครั้งที่ 1 (ICT) | เสียจากอุปกรณ์ ตะกั่วเชื่อมถึงกัน ทดสอบซ้ำ ตะกั่วไม่เกาะขาอุปกรณ์ |
| ทดสอบการทำงาน ณ อุณหภูมิวิกฤติ | เสียจากอุปกรณ์ อุปกรณ์รื้อา |



รูปที่ 4 ผังก้างปลาการหาสาเหตุของลักษณะของเสียที่เกิดจากตะกั่วเชื่อมถึงกัน



รูปที่ 5 ผังก้างปลาการหาสาเหตุของลักษณะของเสียที่เกิดจากตะกั่วไม่เกาะขาอุปกรณ์



รูปที่ 6 ผังก้างปลาการหาสาเหตุของลักษณะของเสียที่เกิดจากการทดสอบซ้ำ

จากการรวมกลุ่มระดมสมองกับผู้เชี่ยวชาญพบว่า ลักษณะของเสียจากตะกั่วไม่เกาะขาอุปกรณ์และตะกั่วเชื่อมถึงกัน มีสาเหตุมาจากไม่มีการตรวจสอบอุณหภูมิก่อนทำการผลิตจริงหรืออุณหภูมิในการหลอมตะกั่วไม่เหมาะสม แนวทางการดำเนินการปรับปรุงการหาอุณหภูมิในการหลอมตะกั่วที่เหมาะสมเพื่อให้ตะกั่วละลายขึ้นไม่เกาะขาอุปกรณ์และมีการตรวจสอบอุณหภูมิอยู่เสมอ และลักษณะของเสียที่เกิดจากการทดสอบซ้ำมีสาเหตุมาจาก เข็มหน้าสัมผัสไม่แหลม หรือสกปรกเพราะไม่มีการบำรุงดูแลรักษา แนวทางการดำเนินการปรับปรุงดำเนินการกำหนดเวลาในการบำรุงรักษาหรือเปลี่ยนเข็มหน้าสัมผัสหรืออาจปรับแต่งพิกเจอร์ในการทดสอบให้มีความสามารถในการทดสอบผลิตภัณฑ์ให้ดีกว่าเดิม

4. ผลการดำเนินการและการวิเคราะห์ผล

4.1 การแก้ปัญหาของเสียจากลักษณะตะกั่วไม่เกาะขาอุปกรณ์และตะกั่วเชื่อมถึงกัน

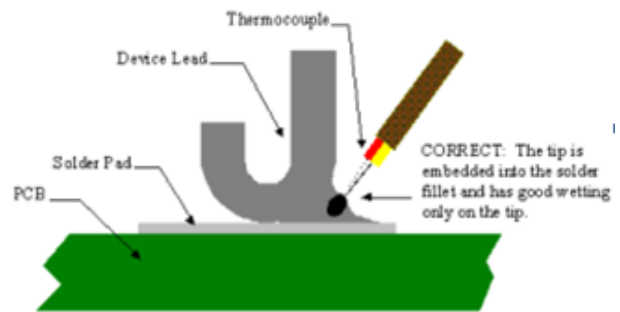
การปรับปรุงเพื่อลดอัตราการเกิดของเสียจากลักษณะตะกั่วไม่เกาะขาอุปกรณ์และตะกั่วเชื่อมถึงกัน เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานในส่วนเครื่องรีโฟลว์ ในกระบวนการประกอบเอสเอ็มที (SMT Process) ซึ่งในปัจจุบันนี้เครื่องรีโฟลว์ที่ใช้ทั้งหมดจะเป็นชนิดที่อาศัยลมร้อนในเตาอบ (Chamber) ในกระบวนการหลอมตะกั่ว (Soldering) โดยลมร้อนผ่านจากตัวทำความร้อน (Heater) โดยอาศัยพัดลมในการนำพาความร้อนไปสู่

บอร์ด และหลอมละลายของตะกั่วเพื่อให้อุปกรณ์ติดกับบอร์ด โดยอุณหภูมิของการหลอมตะกั่วในเครื่องรีโฟลว์หรือเรียกว่า โปรไฟล์ (Profile) จะประกอบไปด้วย 4 โซน คือ พรีฮีตส์ (Preheat) โซค (Soak) รีโฟลว์ (Reflow) และคูลลิ่ง (Cooling) [8] ในการปรับปรุงเพื่อลดของเสียในส่วนปฏิบัติการเครื่องรีโฟลว์ประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

4.1.1 ปรับปรุงบอร์ดในการทดสอบอุณหภูมิ

จากการศึกษาข้อมูลในบริษัทตัวอย่างปกติจะทดสอบอุณหภูมิโดยการใช้เทอร์โมคัปเปิลติดกับบอร์ดเปล่าบริเวณพื้นที่ว่างอุปกรณ์ (PAD) แล้วติดด้วยกาวกันความร้อนซึ่งบางครั้งทำให้เทอร์โมคัปเปิลติดไม่สนิทกับบอร์ดและทำให้อุณหภูมิคลาดเคลื่อน งานวิจัยนี้ทำการปรับปรุงบอร์ดในการทดสอบอุณหภูมิของเครื่องรีโฟลว์ เพื่อที่จะวัดอุณหภูมิให้มีคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยการใช้บอร์ดที่ใช้งานจริงที่มีอุปกรณ์ทุกตำแหน่ง แทนที่จะใช้บอร์ดเปล่า จากนั้นทำการติดเทอร์โมคัปเปิลเชื่อมเข้าไปที่ขาอุปกรณ์โดยตรง ดังรูปที่ 7

ลักษณะการติดเทอร์โมคัปเปิลที่ถูกต้อง



รูปที่ 7 การติดเทอร์โมคัปเปิลบนบอร์ดจริง

4.1.2 ทำการตรวจสอบอุณหภูมิของเครื่องรีโฟลว์ทุกๆ

8 ชั่วโมง และเปรียบเทียบกราฟของอุณหภูมิที่วัดได้กับกราฟอุณหภูมิมาตรฐาน หลังจากที่ทำกรตรวจสอบอุณหภูมิเสร็จแล้วทุกครั้ง ถ้าอุณหภูมิที่ตรวจสอบตรงกับมาตรฐานให้เก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลของโรงงาน จากนั้นให้พิมพ์กราฟแสดงผลของอุณหภูมิเครื่องรีโฟลว์ในแต่ละเครื่องแล้วนำไปให้หัวหน้างานลงบันทึกที่รับทราบ แล้วจึง

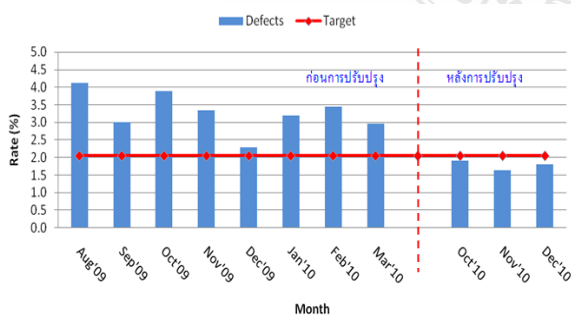
นำมาเก็บไว้ที่แฟ้มข้างเครื่องรีโพร เพื่อที่จะแสดงผลของ
คุณหมุมิ แต่ถ้าคุณหมุมิที่ตรวจสอบมีค่าไม่ตรงตาม
มาตรฐาน ที่กำหนด ต้องทำการปรับเครื่องรีโพรและทำการ
วัดคุณหมุมิเพื่อให้ได้ตรงตามมาตรฐานแล้วทำการพิมพ์ผล
ที่ได้เพื่อให้หัวหน้างานลงบันทึกที่รับทราบ

4.2 การแก้ปัญหาของเสียที่เกิดจากการทดสอบซ้ำ

การลดอัตราของการเกิดจากลักษณะการทดสอบซ้ำ
ทำโดยการปรับปรุงและวางแผนการบำรุงรักษาฟิสิกเจอร์ใน
กระบวนการทดสอบวงจรครั้งที่ 1 คือ เพิ่มการทำความ
สะอาดและบำรุงรักษาฟิสิกเจอร์ให้ดีขึ้นจากเดิมอาทิตย์ละ 1
ครั้ง เป็น 3 วัน 1 ครั้ง ซึ่ง 1 วันฟิสิกเจอร์ 1 เครื่อง สามารถ
ทดสอบชิ้นงานได้ 1,000 ชิ้น และทีมผู้วิจัยได้ดำเนินการ
เพิ่มโปรแกรมการนับจำนวนครั้งของการทดสอบโดยไม่ให้
เกิน 3000 ครั้ง เพื่อเป็นการบันทึกและป้องกันการทดสอบ
ชิ้นงานเกิน เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ฟิสิกเจอร์เกิดความ
สกปรกหรือเกิดข้อบกพร่องในการใช้งาน

4.3 ผลที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดอัตรา ของเสีย

หลักจากการดำเนินแก้ไขได้เก็บข้อมูลเป็นเวลา 3
เดือน พบว่าสามารถลดของเสียโดยรวมจากร้อยละ 3.4
ต่อเดือน ลงเหลือของเสียในเดือนตุลาคม เป็นร้อยละ 1.91
ในเดือนพฤศจิกายนมีอัตราของเสียร้อยละ 1.64 และใน
เดือนธันวาคมมีอัตราของเสียร้อยละ 1.90 ซึ่งจะได้ว่าผล
จากการทำวิจัยสามารถลดของเสียได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้
คือไม่เกินร้อยละ 2 ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 อัตราของของเสียที่เกิดขึ้นก่อน และหลังการ
ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

5. สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้นำ 7 QC Tools มาใช้ในการวิเคราะห์
และปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดอัตราของเสียลงจาก
เดิมคือร้อยละ 3.4 จากผลการวิเคราะห์พบว่าปัญหาการ
เกิดของเสียส่วนใหญ่เกิดขึ้นจาก 3 กระบวนการ คือ
กระบวนการทดสอบฟังก์ชันการทำงาน (FCT),
กระบวนการทดสอบวงจรครั้งที่ 1 (ICT) และกระบวนการ
ของการทดสอบการทำงานจริง ณ คุณหมุมิวิกฤติ
(Thermal) ซึ่งแต่ละกระบวนการได้ทำการวิเคราะห์หา
ลักษณะของเสียทั้งหมด โดยใช้กฎ 80/20 หรือพาเรโต อีก
ครั้งเพื่อหาลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นมากแต่ละกระบวนการ
ผลิต สามารถสรุปลักษณะของเสียได้เป็นสามกลุ่มใหญ่
คือ ของเสียจากตะกั่วเชื่อมถึงกัน ของเสียจากตะกั่วไม่
เกาะขาอุปกรณ์และของเสียจากการทดสอบซ้ำ หลังจากที่ได้
ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่เกิดขึ้นโดยใช้แผนผัง
ก้างปลาและการระดมสมองกับทีมผู้เชี่ยวชาญเพื่อหา
สาเหตุและวิธีการแก้ไขปัญหา จากนั้นทำการดำเนินการ
แก้ไขปัญหาโดยการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานใน
ส่วนของเครื่องรีโพร ปรับปรุงบอร์ดในการทดสอบคุณหมุมิ
และทำโปรแกรมเพื่อจำกัดชิ้นงานในการทดสอบเพื่อทำ
การบำรุงรักษาฟิสิกเจอร์ ผลที่ได้หลังจากการปรับปรุงพบว่า
สามารถลดของเสียของกระบวนการผลิตได้เหลือร้อยละ
1.91 ต่อเดือนซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือกำหนดให้
ของเสียไม่เกินร้อยละ 2.00 ต่อเดือน

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชิดาเดียว มยุรีสุวรรณ.2546.การควบคุมภาพใน
โรงงานอุตสาหกรรม งานเอกสารและการพิมพ์ กองบริการ
การศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [2] เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล.2530.การควบคุม
คุณภาพ.กรุงเทพฯ: ประกอบเมไดร
- [3] Dr Kaoru Ishikawa.1976. Guide to Quality
Control, Industrial Engineering and Technology.
Asian Productivity Organization, Tokyo.

[4] โอภาส ศรีสังเกตุ, การลดของเสียจากปัญหาสี่เดือด
ในกระบวนการเชื่อมสีผงอลูมิเนียมสำหรับอาคารสูง,
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2550.

[5] ชวัลเทพชร ออบอุ่น, การลดของเสียในอุตสาหกรรม
ผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2550.

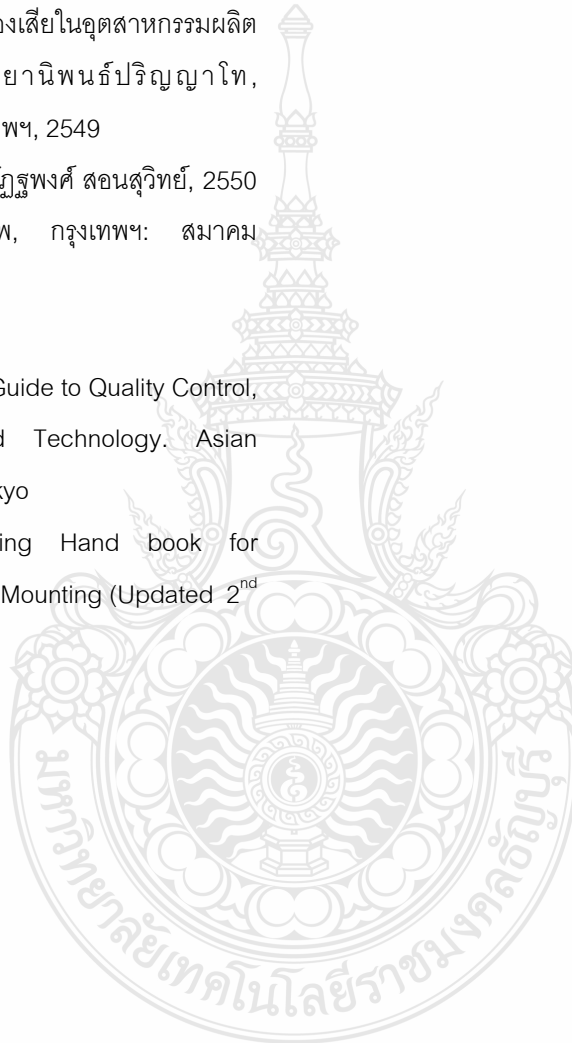
[6] สุวิมล จันทร์แก้ว, การลดของเสียในอุตสาหกรรมผลิต
ล้ออลูมิเนียมอัลลอยด์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2549

[7] รัชสรรค์ เลิศในสัตย์ และ ณีฐรพงค์ สอนสุวิทย์, 2550
การบริหารการผลิตอย่างมืออาชีพ, กรุงเทพฯ: สมาคม
ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

Book

[8] Dr Kaoru Ishikawa.1976. Guide to Quality Control,
Industrial Engineering and Technology. Asian
Productivity Organization, Tokyo

[9] Manko H.W.1995.Soldering Hand book for
Printed Circuit and Surface Mounting (Updated 2nd
ed.).New Jersey



การพัฒนาโปรแกรมเพื่อการวางแผนความต้องการวัสดุ กรณีศึกษา : บริษัท บอสตัน เอ็นจิเนียริง จำกัด

ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร พิพัฒน์ ภูจิระจินตตามณี

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กทม. 10160

E-mail: dr.ploypaitoon@gmail.com

บทคัดย่อ

การนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการวางแผนความต้องการวัสดุ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน มีรายการวัสดุจำนวนมาก จะช่วยให้การวางแผนความต้องการวัสดุมีความถูกต้องและรวดเร็วกว่าการคำนวณด้วยมือ ทำให้การเปลี่ยนแปลงแผนความต้องการวัสดุและแผนการผลิตทำได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น การทำการวิจัย เริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูล โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต เวลารานำในการสั่งซื้อ และสั่งผลิต เพื่อนำมาเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการประมวลผลผลการทดลองนำไปโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในโรงงาน ที่แต่เดิมใช้วิธีการประมาณความต้องการ การวัสดุโดยการพยากรณ์จากสถิติการใช้วัสดุ เมื่อมีการนำไปโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการวางแผนความต้องการวัสดุในโรงงาน ผลที่ได้พบว่าเปอร์เซ็นต์การขาดแคลนชิ้นส่วนของไส้กรองน้ำมันเครื่องลดลง 30% คิดเป็นจำนวนเงิน 1,791,200 บาท และเปอร์เซ็นต์การขาดแคลนชิ้นส่วนของไส้กรองอากาศลดลง 30.3% คิดเป็นจำนวนเงิน 178,500 บาท

คำสำคัญ การวางแผนความต้องการวัสดุ ไส้กรองอากาศ ไส้กรองน้ำมันเครื่อง

1. บทนำ

ปัญหาในเรื่องไม่มีวัสดุหรือวัตถุดิบส่วนประกอบมาใช้ในการผลิต และเกิดผลกระทบทำให้ การส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าไม่ทันตามกำหนด เป็นปัญหาหลักที่ บริษัท

บอสตัน เอ็นจิเนียริง จำกัด กำลังประสบปัญหานี้อยู่ เนื่องจากบริษัทไม่ได้มีการวางแผนความต้องการวัสดุหรือวัตถุดิบส่วนประกอบ ทำให้บริษัทต้องสั่งซื้อวัสดุหรือวัตถุดิบส่วนประกอบแบบใช้การกะประมาณความต้องการ ดังนั้น ถ้ามีการพิจารณาถึงปัญหานี้และพยายามหาทางแก้ไขปัญหา เพื่อให้เกิดการจัดการด้านการวางแผนความต้องการวัสดุหรือวัตถุดิบประกอบที่ดี ซึ่งทำให้สามารถที่จะทราบถึงข้อมูลของความต้องการวัสดุหรือวัตถุดิบประกอบ แผนการสั่งซื้อ และแผนการผลิตได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirements Planning) หรือที่เรียกย่อๆ ว่า MRP คือ ระบบสารสนเทศที่อาศัยคอมพิวเตอร์ เพื่อการวางแผนจัดลำดับการใช้ และควบคุมวัสดุที่ใช้ในการผลิต กล่าวโดยทั่วไประบบ MRP เหมาะสำหรับกระบวนการผลิตที่มีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

1. ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยชิ้นส่วน และวัสดุที่นำมาประกอบขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์โดยมีลำดับขั้นตอนการประกอบที่แน่นอน
2. ผลิตภัณฑ์ประกอบประกอบด้วยชิ้นส่วนและวัสดุจำนวนที่แน่นอน

การใช้ระบบ MRP มีสมมติฐานที่สำคัญดังต่อไปนี้ คือ

1. จะต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการจัดเก็บข้อมูล และประมวลผลข้อมูลต่างๆ เพื่อทำรายงาน และสารสนเทศที่จำเป็น

2. ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต้องมีโครงสร้างผลิตภัณฑ์ (Product Structure) ที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนหรือวัสดุที่แน่นอน

3. รายการวัสดุ (Bill Of Materials) ซึ่งแสดงถึงจำนวนชิ้นของส่วนหรือวัสดุที่ต้องใช้ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตจะต้องทันสมัย และจัดเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์

4. แผนลำดับการผลิตแม่บท (Master Schedule) จะต้องมีรายละเอียดถูกต้อง และไม่เปลี่ยนแปลง

5. การบันทึกในข้อมูลวัสดุคงคลังของชิ้นส่วนย่อย ดังแสดงในรูปที่ 2 ถึงรูปที่ 6

3. การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมวางแผนความต้องการวัสดุ

รูปแบบและหลักการทำงานของโปรแกรมแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

1. การบันทึกข้อมูลในส่วนของสินค้า ชิ้นส่วนย่อยและโครงสร้างผลิตภัณฑ์

2. การบันทึกข้อมูลในส่วนของวัสดุคงคลัง

3. การประมวลผลการวางแผนความต้องการวัสดุ ดังแผนภูมิการไหล รูปที่ 1

3.1 การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการวางแผนความต้องการวัสดุ

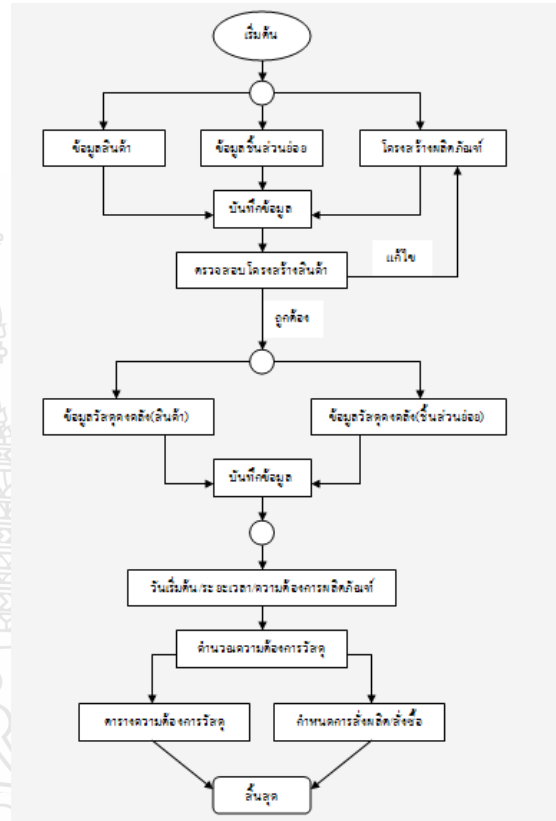
โปรแกรมที่จะทำการพัฒนาขึ้นจะช่วยในการวางแผนความต้องการวัสดุในส่วนของ

1. การเก็บบันทึกข้อมูลวัสดุ
2. การเก็บบันทึกข้อมูลผลิตภัณฑ์
3. การเก็บบันทึกข้อมูลการรับจ่ายวัสดุคงคลัง
4. การเก็บบันทึกข้อมูลโครงสร้างผลิตภัณฑ์
5. กำหนดช่วงเวลา ความต้องการผลิตภัณฑ์ และ

คำนวณความต้องการวัสดุและวัตถุดิบสำหรับแต่ละช่วงเวลา

3.2 การบันทึกข้อมูลแบ่งออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

1. การบันทึกในส่วนของรายละเอียดของสินค้า
2. การบันทึกในส่วนของรายละเอียดของชิ้นส่วนประกอบย่อยและวัตถุดิบต่างๆ
3. การบันทึกและประกอบโครงสร้างของสินค้า
4. การบันทึกในข้อมูลวัสดุคงคลังของสินค้า



รูปที่ 1 Flow Chart ของโปรแกรมวางแผนความต้องการวัสดุ

4. การทดสอบการทำงานของโปรแกรม

การทดสอบการทำงานของโปรแกรมจะทำได้โดยใช้โปรแกรมหาความต้องการของวัสดุ สำหรับ กรองน้ำมันเครื่องรุ่น 0.T/T 16V/C - CORNER เพื่อตรวจสอบว่าโปรแกรมคำนวณหาความต้องการของวัสดุได้ถูกต้องตามรหัสระดับต่ำ มีขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อทดสอบของโปรแกรมดังนี้

1. กรอกข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และวัสดุเพื่อบันทึกไว้ในฐานข้อมูล
2. กรอกจำนวนวัสดุคงคลังในรูปแบบรายการรับจ่าย
3. ข้อมูลโครงสร้างผลิตภัณฑ์

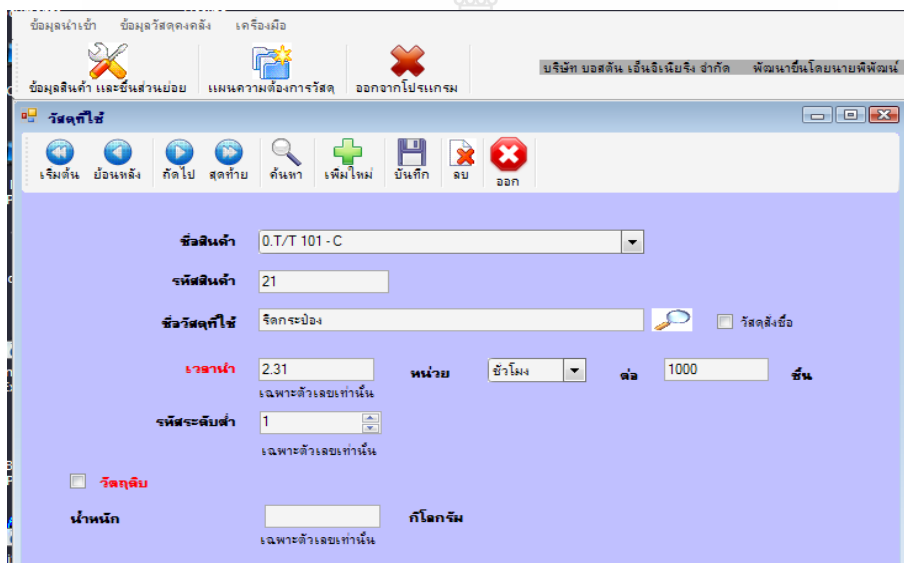
4. กำหนดวันที่เริ่มต้นของแผนความต้องการวัสดุ
ระยะเวลา ความต้องการสำหรับผลิตภัณฑ์

5. ทำการคำนวณความต้องการวัสดุเพื่อ
เปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยมือว่าถูกต้องหรือไม่

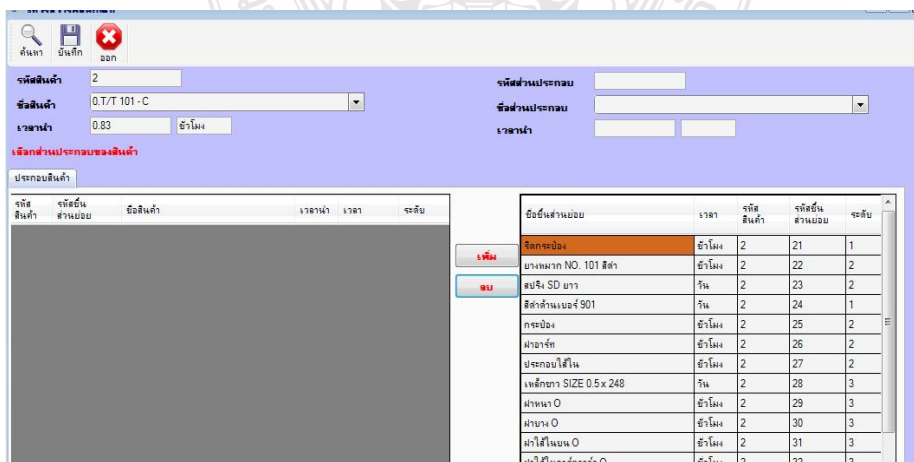
5. ผลการทดสอบ

เมื่อนำข้อมูลป้อนเข้าโปรแกรมที่จัดทำขึ้นเพื่อเป็น
ฐานข้อมูล โดยกำหนดช่วงแผนความต้องการวัสดุเป็น
เวลา 10 วัน จะได้รายการผลิตภัณฑ์หรือสินค้าใน

ฐานข้อมูลดังรูปที่ 4 ทำการประมวลผลโปรแกรม เพื่อ
วางแผนความต้องการวัสดุ ผลิตภัณฑ์สำหรับกรอง
น้ำมันเครื่องรุ่น O.T/T 16V/C – CORNER ได้ผลการ
คำนวณดังรูปที่ 5 และ รูปที่ 6 ซึ่งการประมวลผลได้ผล
ลัพธ์ แสดงรายละเอียด วัน และจำนวนของชิ้นส่วนย่อย
ต่างๆ ที่ต้องสั่งซื้อ หรือสั่งผลิต เพื่อให้เพียงพอต่อแผนการ
ผลิต ที่วางไว้ ซึ่งจะส่งผลให้สามารถทำการผลิตสินค้าแล้ว
เสร็จตามปริมาณและวันที่ลูกค้าต้องการ



รูปที่ 2 การบันทึกข้อมูลในส่วนของรายละเอียดของชิ้นส่วนประกอบย่อยและวัตถุดิบต่างๆ



รูปที่ 3 การเก็บบันทึกข้อมูลและการประกอบโครงสร้างของสินค้า

รูปที่ 4 รายการความต้องการการผลิตภัณฑ์

| รายละเอียด สินค้า/วัสดุ (วัน) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|---|-------|
| O.T/T 16V/C - CORNER ระดับ 0 Onhand 0ชิ้น Sfty Stock 0ชิ้น จำนวนที่จัดสรรแล้ว 0ชิ้น จำนวนที่จะได้รับ 0ชิ้น | | | | | | | | | | |
| ความต้องการรวม | | | | | | | | | | 12000 |
| จำนวนที่จะได้รับ | | | | | | | | | | 0 |
| จำนวนที่ใช้ได้ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ความต้องการสุทธิ | | | | | | | | | | 12000 |
| จำนวนรับตามแผน | | | | | | | | | | 12000 |
| จำนวนสั่งตามแผน | | | | | | | | | | 12000 |
| สีล้างเบาะ 900 ระดับ 1 Onhand 200 Kg. Sfty Stock 0 Kg. จำนวนที่จะได้รับ 0 Kg. | | | | | | | | | | |
| ความต้องการรวม | | | | | | | | | | 31.92 |
| จำนวนที่จะได้รับ | | | | | | | | | | 0 |
| จำนวนที่ใช้ได้ | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 168.08 | | |
| ความต้องการสุทธิ | | | | | | | | | | 31.92 |
| จำนวนรับตามแผน | | | | | | | | | | |
| จำนวนสั่งตามแผน | | | | | | | | | | |
| จิกกระป๋อง ระดับ 1 Onhand 0ชิ้น Sfty Stock 0ชิ้น จำนวนที่จะได้รับ 0ชิ้น | | | | | | | | | | |
| ความต้องการรวม | | | | | | | | | | 12000 |
| จำนวนที่จะได้รับ | | | | | | | | | | 0 |

รูปที่ 5 ผลการสร้างตารางความต้องการวัสดุ

| ชื่อสินค้า | วันที่สั่งสินค้า | วันที่รับสินค้า | หน่วยสินค้า | จำนวน |
|---------------------|------------------|-----------------|-------------|-------|
| O.T/T 16V/C - C... | 4/8/2010 | 4/10/2010 | ชิ้น | 12000 |
| จิกกระป๋อง ระดับ 1 | 4/3/2010 | 4/8/2010 | ชิ้น | 12000 |
| ประกอบใส่ใน ระ... | 3/31/2010 | 4/3/2010 | ชิ้น | 12000 |
| ฝาอาร์ช ระดับ 2 | 4/1/2010 | 4/3/2010 | ชิ้น | 3623 |
| กระป๋อง ระดับ 2 | 3/31/2010 | 4/3/2010 | ชิ้น | 12000 |
| ฝาใส่ในอาร์คัวร์... | 3/31/2010 | 3/31/2010 | ชิ้น | 12000 |

รูปที่ 6 กำหนดการสั่งและรับวัสดุแต่ละรายการ

6. สรุปผลการวิจัย

ภายหลังจากการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการแผนความต้องการวัสดุหรือวัตถุดิบส่วนประกอบเกิดขึ้น โดยทำการประมวลผล แผนการสั่งซื้อวัสดุหรือส่วนประกอบต่างๆ และแผนการผลิตผลิตภัณฑ์ ตามข้อมูลโครงสร้างผลิตภัณฑ์ สถานะภาพของคงคลัง และตารางการผลิตหลัก มีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากแต่เดิมนั้นบริษัทไม่ได้มีการวางแผนความต้องการวัสดุหรือวัตถุดิบส่วนประกอบ โดยบริษัทมีนโยบายในการสั่งซื้อวัสดุทุกเดือน แต่เนื่องจากบริษัทไม่มีฐานข้อมูลโครงสร้างผลิตภัณฑ์ที่ดี ทำให้วัสดุบางชิ้นมีจำนวนสูงมากในคลัง ในขณะที่วัสดุบางชิ้นไม่มีเหลือเพื่อใช้ประกอบการผลิต เพราะขาดการสั่งซื้อล่วงหน้าหรือตกสำรวจในการสั่งซื้อ ดังนั้นโปรแกรมที่ได้ถูกจัดทำขึ้น จึงสามารถช่วยในการวางแผนความต้องการวัสดุ ทำให้สามารถเกิดความมั่นใจว่าจะมี วัสดุหรือวัตถุดิบส่วนประกอบ พร้อมทั้งจะผลิตตามแผนการผลิตได้ การวางแผนความต้องการวัสดุเป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนและควบคุมการผลิต ที่อยู่บนพื้นฐานของการแยกแยะองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ ออกเป็นชิ้นส่วนต่างๆ แล้วจึงทำการวางแผนจัดลำดับความต้องการของวัสดุ เพื่อให้ได้มาซึ่งวัสดุที่ใช้ในการผลิตในปริมาณที่ต้องการ ณ เวลาที่ต้องการ ดังนั้นหากการวางแผนความต้องการวัสดุที่มีความถูกต้องและรวดเร็ว จะช่วยให้การวางแผนและการควบคุมการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งยังช่วยลดต้นทุนการผลิตในส่วนของคุณค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับคงคลังวัสดุอีกด้วย

ผลการทดลองนำโปรแกรมที่พัฒนาไปใช้ในโรงงานที่แต่เดิมใช้วิธีการประมาณการวัสดุโดยใช้การพยากรณ์ จากสถิติการใช้วัสดุ เมื่อมีการนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการวางแผนความต้องการวัสดุในโรงงาน ผลที่ได้จากโปรแกรมเปรียบเทียบกับจำนวนครั้งการขาดแคลนวัสดุในช่วงเวลาเดียวกันในปีก่อนหน้าก็นำโปรแกรมไปใช้เป็นอย่างนี้

1. เปอร์เซ็นต์การขาดแคลนชิ้นส่วนของกรองน้ำมันเครื่องลดลง 30%

2. สามารถลดต้นทุนการขาดแคลนชิ้นส่วนไส้กรองน้ำมันเครื่อง 1,791,200 บาท

3. เปอร์เซ็นต์การขาดแคลนชิ้นส่วนของกรองอากาศลดลง 30.3%

4. สามารถลดต้นทุนการขาดแคลนชิ้นส่วนไส้ กรองอากาศ 178,500 บาท

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] พิภพ ลลิตาภรณ์. การบริหารของคงคลังระบบMRP. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541
- [2] สันต์ ปิลัมสำราญ. การวางแผนความต้องการชิ้นส่วนสำหรับงานซ่อมบำรุง กรณีศึกษาบริษัท สายไฟฟ้า บางกอกเคเบิลจำกัด. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544.
- [4] ฉมาตยาณี เกษเมธีการุณ. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการวางแผนความต้องการวัตถุดิบในโรงงานบรรจุผักและผลไม้กระป๋อง. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.
- [5] วรพล เกิดงาม. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวางแผนความต้องการวัสดุ. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.
- [6] G.Harhalakis and S.S.Yang. "Integration of Network Analysis System with MRP in a make - to - order Manufacturing Environment." Engineering Costs and Production Economics. 14, 1988: 47-59

การศึกษาผลกระทบของความต้องการของลูกค้าและเวลานำที่ไม่แน่นอน ต่อปริมาณสต็อกปลอดภัย (Safety Stock)

วรวิมล หวังวัชรกุล¹ และ วิศรุต วงษ์สะอาด²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 10902

E-mail: fengwww@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของความต้องการของลูกค้าและเวลานำที่ไม่แน่นอนต่อปริมาณสต็อกปลอดภัย วิเคราะห์ถึงความคลาดเคลื่อนของการกำหนดค่าสต็อกปลอดภัยโดยใช้การประมาณค่าการแจกแจงของความถี่ความต้องการในช่วงเวลานำด้วยการแจกแจงปกติ (normal approximation) [3] ในกรณีที่ความต้องการและเวลานำมีค่าไม่คงที่ จึงทำการศึกษาหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสต็อกปลอดภัย และหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแม่นยำในการประมาณค่าดังกล่าว โดยวิธีการจำลองสถานการณ์ Monte-Carlo simulation โดยทำการทดลองที่การแจกแจงของความถี่ความต้องการ และเวลานำที่แตกต่างกันหลายรูปแบบ [2] เพื่อแสดงช่วงของ ระดับบริการลูกค้าที่ได้รับผลกระทบจากการประมาณค่า และแนวทางในการ กำหนดค่าเพื่อคลาดเคลื่อนให้ ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อตอบสนอง ความต้องการ ของลูกค้าอย่างแม่นยำ อีกทั้งยังศึกษา วิธีการเลือกผู้ส่งมอบสินค้า ในกรณีที่ราคาสินค้า และช่วงเวลานำของผู้ส่งมอบ แตกต่างกัน เพื่อเลือกผู้ส่งมอบที่ทำให้ค่าใช้จ่าย ของสต็อกปลอดภัยต่ำสุด

คำสำคัญ สต็อกปลอดภัย, การประมาณค่า จากการแจกแจงปกติ, การเลือกผู้ส่งมอบ

1. บทนำ

ปริมาณสินค้าคงคลังของธุรกิจนั้นหากทราบปริมาณความต้องการสินค้าโดยเฉลี่ยและระยะเวลาในการสั่งซื้อสินค้าได้อย่างแน่นอนก็จะทำให้ปริมาณสินค้าคงคลังนั้น

เพียงพอกับความต้องการแต่ในทางปฏิบัติพบว่าการคาดคะเนโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ อาจเกิดความคลาดเคลื่อน เพราะ ปริมาณขายที่แท้จริงอาจมากกว่าน้อยบ้าง แล้วแต่ความต้องการของลูกค้า (demand) และเวลานำ (lead time) ที่ไม่แน่นอนด้วยเหตุนี้ อาจจะทำให้เกิดภาวะขาดแคลนสินค้าคงคลัง ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงโดยการกำหนดระบบสต็อกปลอดภัย (safety stock) ตามระดับบริการลูกค้าที่ต้องการ

1.1 วัตถุประสงค์การศึกษา

- 1) ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากความไม่แน่นอนของเวลานำ และความต้องการต่อปริมาณสต็อกปลอดภัย
- 2) วิเคราะห์และจำลองสถานการณ์เพื่อหาปริมาณสต็อกปลอดภัยที่เหมาะสมในกรณีที่ช่วงเวลานำและความต้องการมีรูปแบบต่างๆ
- 3) หารูปแบบการแจกแจงของความถี่ความต้องการในช่วงเวลานำ โดยการจำลองสถานการณ์ เพื่อศึกษาความคลาดเคลื่อน ที่เกิดจากการประมาณค่าจากการแจกแจงปกติในการประมาณค่าสต็อกปลอดภัยในกรณีเวลานำและความต้องการมีการแจกแจงแตกต่างกัน
- 4) กำหนดวิธีการเลือกผู้ส่งมอบสินค้า (supplier) ที่เหมาะสมโดยพิจารณาเฉพาะค่าใช้จ่ายในการเก็บสต็อกปลอดภัย

1.2 ขอบเขตและสมมติฐาน

- 1) ศึกษาสินค้าคงคลังแหล่งเดียวและผลิตภัณฑ์เดียว
- 2) ศึกษาผลกระทบของความแปรปรวนของความต้องการ ต่อสต็อกปลอดภัยในกรณีที่ช่วงเวลานำคงที่และ

ภายใต้ ความเสี่ยง

3) ศึกษาผลกระทบของความแปรปรวนของช่วงเวลานำ ต่อความต้องการในช่วงเวลานำ

4) ประเมินความเที่ยงตรงของการใช้การประมาณค่า จาก การแจกแจงปกติในกรณีที่ช่วงเวลานำและความต้องการมี การแจกแจงแตกต่างกัน

5) กำหนดวิธีในการเลือกผู้ส่งมอบ โดยพิจารณา เฉพาะ ค่าใช้จ่ายในการเก็บสต็อกปลอดภัย

6) ใช้การจำลองสถานการณ์แบบ Monte Carlo simulation เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาระดับสต็อก ปลอดภัยที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม MATLAB

2.ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดระดับสต็อก ปลอดภัย

$$SS = Z_{CSL} \sqrt{\mu_L \sigma_D^2 + \mu_D^2 \sigma_L^2} \quad (1)$$

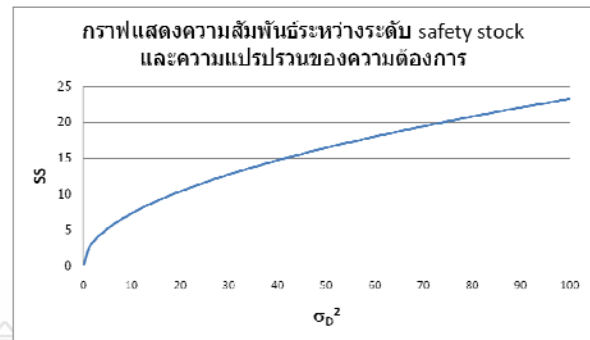
กำหนดให้ SS คือ ระดับสต็อกปลอดภัย, μ_D คือ ค่าเฉลี่ย ของความต้องการ, μ_L คือ ค่าเฉลี่ยของเวลานำ σ_D^2 คือ ความแปรปรวนของความต้องการ, σ_L^2 คือ ความแปรปรวนของเวลานำ, Cycle service level (CSL, SL) คือ ระดับบริการ

สมการที่ 1 แสดงการกำหนดระดับ สต็อกปลอดภัย เมื่อทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของความต้องการ และเวลานำภายใต้ระดับบริการลูกค้าที่กำหนด กรณีที่ ความต้องการในช่วงเวลานำมีการจัดแจงปกติ พิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องในสมการการประมาณค่าจากการแจกแจง ปกติ (normal approximation) คือ ความแปรปรวนของ ความต้องการ และเวลานำ ในกรณีแรก จะพิจารณา ผลกระทบที่เกิดจาก ความแปรปรวน ของความต้องการ และถัดมาจะพิจารณา ความแปรปรวนของเวลานำร่วม ด้วย

• กรณีความต้องการไม่แน่นอนแต่ช่วงเวลานำคงที่

กำหนดให้ CSL = 95%, $\mu_D = 50$ และ $\mu_L = 2$ ความ ต้องการมีการแจกแจงปกติและความแปรปรวนของ ความ

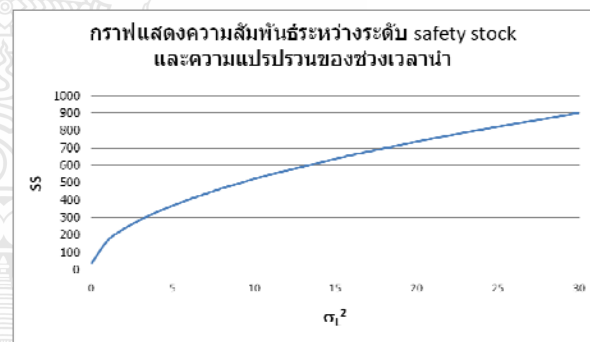
ต้องการจาก 0 ถึง 100



รูปที่ 1 SS และความแปรปรวนของความต้องการ

• กรณีความต้องการและช่วงเวลานำไม่แน่นอน

กำหนด CSL = 95%, $\mu_D = 100$, $\mu_L = 5$, $\sigma_D = 10$ ความต้องการและเวลานำมีการแจกแจงปกติ และความแปรปรวนของช่วงเวลานำจาก 0 ถึง 30



รูปที่ 2 SS และความแปรปรวนของช่วงเวลานำ

จากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 พบว่า เมื่อความแปรปรวน เพิ่มขึ้นจะทำให้ระดับสต็อกปลอดภัย เพิ่มขึ้นมาก โดยเฉพาะในช่วงแรก

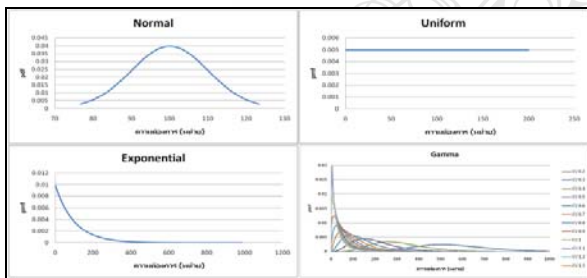
2.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำในการ ประมาณค่าโดยใช้การแจกแจงปกติ (normal approximation)

ในการกำหนดระดับสต็อกปลอดภัยให้ได้ภายใต้ ระดับความต้องการลูกค้าที่กำหนด (customer service level) ขึ้นอยู่กับการแจกแจงของความต้องการในช่วงเวลา นำ (demand during lead time (DL))[3] ซึ่งในกรณีที่ ความต้องการและเวลานำมีค่าไม่คงที่ การแจกแจงของ DL

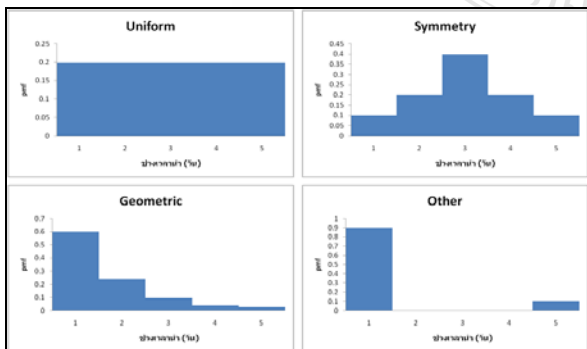
สามารถใช้การประมาณค่าโดยวิธี normal approximation อย่างไรก็ตามการประมาณค่าดังกล่าวอาจเกิดความคลาดเคลื่อน ในส่วนนี้ต้องการ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำ ในการประมาณค่า โดยใช้การแจกแจงปกติซึ่งมีความคลาดเคลื่อน ดังกล่าว เป็นเหตุให้สัดส่วนการปัดทศนิยมมี มาก เกินไป หรือไม่เพียงพอ ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น โดยดูผลกระทบที่เกิดจากความต้องการ และช่วง เวลารุ่นในรูปแบบต่างๆ และใน กรณีที่เปลี่ยนแปลงค่า CV (Coefficient of variation) ของ ความต้องการ และ service level (SL) เพื่อดูว่า มีผล กระทบต่อการประมาณค่า โดยใช้การแจกแจงปกติหรือไม่

● ผลกระทบที่เกิดจากรูปแบบต่างๆ ของความต้องการและช่วงเวลารุ่น

เป็นการเปรียบเทียบการจำลองสถานการณ์โดยวิธี Monte-Carlo simulation และการประมาณค่า จากการแจกแจงปกติ (normal approximation) โดยใช้รูปแบบการแจกแจงของความถี่และช่วงเวลารุ่นในรูปแบบที่ 3 และรูปแบบที่ 4 ตามลำดับ



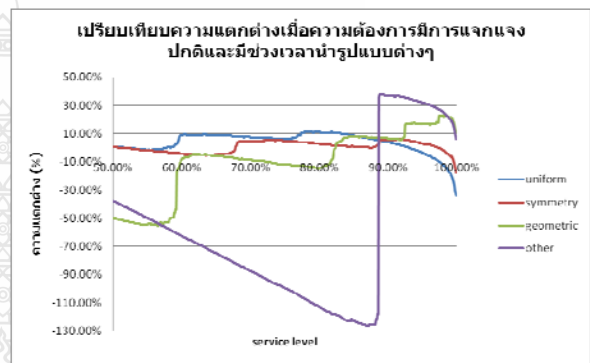
รูปที่ 3 ความถี่ในรูปแบบต่างๆ



รูปที่ 4 ช่วงเวลารุ่นในรูปแบบต่างๆ

● กรณีความต้องการมีการแจกแจงปกติและเวลารุ่นมีการแจกแจงแบบต่างๆ

การทดลองนี้ต้องการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากรูปแบบของช่วงเวลารุ่นโดยเปรียบเทียบปริมาณสต็อกปลอดภัยที่คำนวณจากวิธี Monte-Carlo Simulation และการประมาณค่าจากการแจกแจงปกติ (normal approximation) ที่ระดับ service level (SL) ต่างๆ กำหนด demand ~ normal($\mu_D = 100, \sigma_D = 10$)

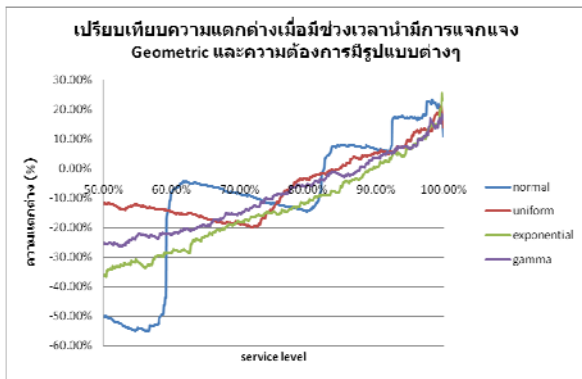


รูปที่ 5 เปรียบเทียบความแตกต่าง กับ SL

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ ความแตกต่าง ระหว่างค่าจริงและค่าประมาณกับ SL กรณีช่วงเวลารุ่นรูปแบบต่างกัน สรุปได้ว่าในกรณี SL เท่ากัน แต่รูปแบบของช่วงเวลารุ่นต่างกัน จะมีความแม่นยำในการประมาณค่าแตกต่างกันมากดังนั้นรูปแบบของช่วงเวลารุ่นจึงมีผลต่อความแม่นยำในการ ประมาณค่าจากการประมาณค่าจากการแจกแจงปกติ (normal approximation)

● กรณีเวลารุ่นมีการแจกแจงแบบ geometric และความต้องการมีการแจกแจงแบบต่างๆ

การทดลองนี้ต้องการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากรูปแบบของความถี่โดยเปรียบเทียบปริมาณสต็อกปลอดภัยที่คำนวณจากวิธี Monte-Carlo Simulation และการประมาณค่าจากการแจกแจงปกติ (normal approximation) ที่ระดับ SL ต่างๆ กำหนด เวลารุ่น ~ geometric ; $\mu_D = 100$ ของทุกการแจกแจง

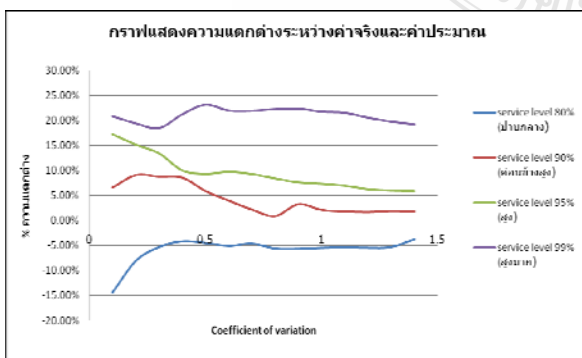


รูปที่ 6 เปรอร์เซ็นต์ความแตกต่างกับ SL

จากรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง เปรอร์เซ็นต์ ความแตกต่างระหว่างค่าจริง และค่าประมาณ กับ SL กรณีความต้องการ รูปแบบต่างกัน สรุปได้ว่า ในกรณี SL เท่ากันแต่รูปแบบ ของความต้องการต่างกัน ในช่วงแรก จะมีความแม่นยำในการประมาณค่าต่างกันมากแต่ในช่วง ที่ค่า SL สูงจะมีค่าต่างกันน้อย ดังนั้น รูปแบบของ ความ ต้องการจึงมีผลต่อความแม่นยำ ในช่วงแรกแต่ในช่วงหลังมี ผลน้อยมากในการประมาณค่า จากการประมาณค่าจาก การแจกแจงปกติ

2.2 เปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่า CV ของความต้องการ และ SL

ในกรณีนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของความแตกต่าง ของค่าจริงและการประมาณค่าจากการแจกแจงปกติ (normal approximation) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ CV ของความต้องการและ SL โดยมีการกำหนดระดับของ CV จาก 0.1 ถึง 1.4 จาก SL 80%, 90%, 95% และ 99%



รูปที่ 7 เปรอร์เซ็นต์ความแตกต่าง กับ CV

จากรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปรอร์เซ็นต์ ความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณกับ CV กรณี ความต้องการ~normal และเวลานำ~geometric ที่ SL ต่างๆ จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบช่วงเวลานำมี ผลต่อความแตกต่างของค่าจริงและการประมาณค่าจาก การแจกแจงปกติ (normal approximation) มากกว่า การ เปลี่ยนแปลงของความต้องการ ในกรณีที่ SL 99% ความ แตกต่าง ของค่าจริงและการประมาณค่า จากการแจกแจง ปกติ (normal approximation) มีความแตกต่างกันมาก ซึ่ง ค่าที่ได้จากการประมาณรองรับ SL ได้เพียงประมาณ 75% เท่านั้น

จากข้อมูลเหล่านี้จะช่วยในการประมาณสต็อก ปลอดภัยเพื่อให้ใกล้กับความเป็นจริงมากที่สุดโดยการเพิ่ม หรือลดปริมาณสต็อกปลอดภัยที่ได้จากการประมาณด้วย การแจกแจงปกติ (normal approximation) โดยดูจาก กราฟข้างต้นว่า under stock หรือ overstock เท่าไหร่เพื่อ เป็นแนวทางในการกำหนดค่าเผื่อ (compensation) ของ การกำหนดระดับสต็อกปลอดภัย

3. ศึกษาวิธีการเลือกผู้ส่งมอบสินค้า (Supplier) ที่เหมาะสม

ในการเลือกผู้ส่งมอบสินค้าที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับ ปัจจัยหลายอย่าง เช่น เวลานำ ราคาสินค้า ซึ่งแต่ละแหล่ง อาจแตกต่างกัน โดยปัจจัยที่นำมาศึกษาคือ ความต้องการ ราคาสินค้า เวลานำของผู้ส่งมอบสินค้า ถ้าราคาสินค้าต่ำ และเวลานำน้อยกว่าผู้ส่งมอบอีกที่ก็จะไม่มีปัญหาในการ เลือกแต่ถ้าราคาต่ำแต่เวลานำ สูงกว่าผู้ส่งมอบอีกแหล่งก็ จะเกิดปัญหาในการเลือกผู้ส่งมอบ เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายใน ส่วนของสต็อกปลอดภัยต่ำที่สุด โดยในวิธีการเลือกจะ คำนึงถึงค่าใช้จ่ายในส่วนของการเก็บ สต็อกปลอดภัย เท่านั้น และไม่พิจารณาค่าใช้จ่ายทางด้านสินค้าคงคลัง ตามรอบ (cycle inventory) อีกทั้งการวิเคราะห์ที่อยู่ภายใต้ สมมติฐาน ว่าค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งถูกรวมเข้ากับราคา สินค้าต่อ หน่วยแล้ว โดยมีการพิจารณาในกรณี ที่เวลานำ คงที่ และกรณีที่เวลานำมีการแจกแจงในรูปแบบต่างๆ

3.1 กรณีเวลานำของผู้ส่งมอบสินค้าคงที่

กำหนดให้มีผู้ส่งมอบทั้งหมด n แห่ง โดย C_i คือราคาสินค้าของผู้ส่งมอบที่ i และ L_i คือช่วงเวลานำของผู้ส่งมอบที่ i ในกรณีนี้จะใช้ค่า $C_i\sqrt{L_i}$; $n = 1, 2, 3, \dots, n$ ในการเปรียบเทียบโดยเลือก ผู้ส่งมอบที่มีค่า $C_i\sqrt{L_i}$ น้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีที่ผู้ส่งมอบมีสินค้าจำกัดจึงคิดวิธีในการเลือกผู้ส่งมอบตามหลักการด้านล่าง ในการเลือกผู้ส่งมอบสินค้า ในกรณีที่ผู้ส่งมอบ n แห่งมีสินค้าจำกัดจะใช้ค่า $C_i\sqrt{L_i}$; $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ในการเปรียบเทียบโดยวิธีดังนี้

- 1) หาค่า $C_i\sqrt{L_i}$ ของผู้ส่งมอบแต่ละแห่ง
- 2) เรียงลำดับค่า $C_i\sqrt{L_i}$ ของผู้ส่งมอบจากน้อยไปหามาก
- 3) สั่งสินค้าจากผู้ส่งมอบที่มีค่า $C_i\sqrt{L_i}$ น้อยที่สุดจนผู้ส่งมอบแห่งนั้นมีสินค้าไม่เพียงพอ
- 4) สั่งสินค้าจากผู้ส่งมอบที่มีค่า $C_i\sqrt{L_i}$ ในลำดับถัดมาจนเต็ม ทำลักษณะเดียวกันจนเต็มเต็มปริมาณความต้องการ

จากวิธีการนี้ใช้หลักการของ Greedy heuristic ซึ่งได้ทำการทดลองเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุด (optimal solution) จาก Excel Solver จำนวน 10 ตัวอย่าง พบว่า คำตอบจากวิธี Greedy heuristic และจาก Excel Solver เหมือนกันทุกกรณี

3.2 กรณีเวลานำของผู้ส่งมอบ มีรูปแบบ การแจกแจงต่างๆ

เมื่อเวลานำมีการแจกแจงแบบต่างๆ กำหนดให้

μ_{L_i} คือ ค่าเฉลี่ยเวลานำของผู้ส่งมอบที่ i , σ_{L_i} คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ส่งมอบที่ i

ในกรณีนี้จะใช้ค่า $C_i\sqrt{\mu_{L_i}\sigma_{L_i}^2 + \mu_{L_i}^2\sigma_{L_i}^2}$; $n = 1, 2, 3, \dots, n$ ในการเปรียบเทียบโดยเลือกผู้ส่งมอบที่มีค่า $C_i\sqrt{\mu_{L_i}\sigma_{L_i}^2 + \mu_{L_i}^2\sigma_{L_i}^2}$ น้อยที่สุด

กรณีผู้ส่งมอบสินค้ามีช่วงเวลานำคงที่และมี สินค้าจำกัดในการเลือกผู้ส่งมอบสินค้าในกรณีที่ผู้ส่งมอบ n แห่งมีสินค้าจำกัด จะใช้ค่า $C_i\sqrt{\mu_{L_i}\sigma_{L_i}^2 + \mu_{L_i}^2\sigma_{L_i}^2}$; $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ในการเปรียบเทียบโดยวิธีดังนี้

- 1) หาค่า $C_i\sqrt{\mu_{L_i}\sigma_{L_i}^2 + \mu_{L_i}^2\sigma_{L_i}^2}$ ของผู้ส่งมอบแต่ละแห่ง
- 2) เรียงลำดับค่า $C_i\sqrt{\mu_{L_i}\sigma_{L_i}^2 + \mu_{L_i}^2\sigma_{L_i}^2}$ ของผู้ส่งมอบ จากน้อยไปหามาก

3) สั่งสินค้าจากผู้ส่งมอบที่มีค่า $C_i\sqrt{\mu_{L_i}\sigma_{L_i}^2 + \mu_{L_i}^2\sigma_{L_i}^2}$ น้อยที่สุดจนผู้ส่งมอบแห่งนั้นมีสินค้าไม่เพียงพอ

4) สั่งสินค้าจากผู้ส่งมอบที่มีค่า $C_i\sqrt{\mu_{L_i}\sigma_{L_i}^2 + \mu_{L_i}^2\sigma_{L_i}^2}$ ในลำดับถัดมาจนเต็ม จนกระทั่งเต็มเต็มปริมาณความต้องการ

4. สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษา ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสต็อกปลอดภัย และหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแม่นยำ ในการประมาณค่าสต็อกปลอดภัย แนวทางในการ กำหนดค่าเพื่อ คลาดเคลื่อน ให้ใกล้เคียง กับค่าจริง อีกทั้งยังศึกษาวิธีการเลือกผู้ส่งมอบ เพื่อเลือก ผู้ส่งมอบที่ทำให้ค่าใช้จ่ายของสต็อกปลอดภัยต่ำสุด

5. บรรณานุกรม

- [1] รศ.พิภพ ลลิตาภรณ์, 2553. ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต. กรุงเทพฯ: ส.ส.ท.
- [2] Chopra, S., Reinhardt, G., and Dada, M. (2004). The effect of lead-time uncertainty on safety stocks. *Decision Sciences*, 35(1), 1–24.
- [3] Eppen, G. D. and Martin, R. K. (1988). Determining safety stock in the presence of stochastic lead-time and demand. *Management Science*, 34(11), 1380-1390.
- [4] Tyworth, J. E. and O'Neill, L. (1997). Robustness of the normal approximation of lead-time demand in a distribution setting. *Naval Research Logistics*, 44(2), 165-186.

การศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายรวมของระบบสินค้าคงคลัง

วรุฒิ หวังวัชรกุล¹ และ ภาณุพงศ์ สุทธิหาระ²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 10902

E-mail: fengwww@ku.ac.th*

บทคัดย่อ

ในนโยบายสินค้าคงคลังแบบ (Q, r) การกำหนดปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อในระบบสินค้าคงคลัง ที่ทำให้ได้ ต้นทุนรวมต่ำสุด ต้องใช้สมการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน จึงทำการศึกษาค้นคว้าที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายรวมของ สินค้าคงคลังภายในระบบ (Q, r) ด้วยการสร้างแบบจำลองของระบบสินค้าคงคลัง โดยใช้โปรแกรม ARENA เพื่อหา Q^* และ r^* ที่ดีที่สุด ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อใหม่ด้วยวิธีการต่างกันเพื่อวิเคราะห์ความไว (Sensitivity) รวมทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติด้วยการสร้างสมการผิวสะท้อน (Response Surface) ของค่าใช้จ่ายรวมและตัวแปรนำเข้าต่างๆ เพื่อใช้ในการหาค่า Q และ r ที่ดีที่สุดและใช้ในการประมาณค่าต้นทุนรวมนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างว่าวิธีใดใกล้เคียงกับจุดต่ำสุดของค่าใช้จ่ายรวมมากที่สุด

คำสำคัญ : ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด, จุดสั่งซื้อ, นโยบาย (Q, r), สมการผิวสะท้อน

1. บทนำ

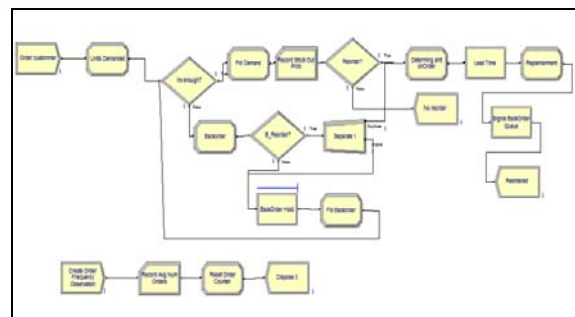
สำหรับนโยบายสินค้าคงคลัง (Q, r) การกำหนดปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อในระบบสินค้าคงคลังส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการคำนวณอย่างง่าย เช่นการใช้สูตรการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด และการคำนวณจุดสั่งซื้อแบบอิสระต่อกัน แต่ในความเป็นจริงการหาปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่ให้ต้นทุนรวมต่ำสุดต้องใช้สมการทางคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยากและซับซ้อน จึงทำการศึกษา เพื่อหาวิธีการที่จะหาปริมาณการสั่งซื้อและจุด

สั่งซื้อที่ให้ต้นทุนรวมต่ำสุด โดยการใช้โปรแกรม ARENA ในการสร้างแบบจำลองระบบสินค้าคงคลัง เพื่อหา Q^* และ r^* ที่ดีที่สุดที่ให้ต้นทุนรวมต่ำสุดและทำการทดลองหาปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อด้วยวิธีการที่ต่างกัน ปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนรวมในระบบสินค้าคงคลัง (Total Inventory Cost) ภายใต้ความไม่แน่นอนของตัวแปรต่างๆ การคำนวณปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อใหม่ด้วยวิธีการต่างกัน เพื่อวิเคราะห์ความไว (Sensitivity) รวมทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติด้วยการสร้างสมการผิวสะท้อน (Response Surface) ของค่าใช้จ่ายรวมและตัวแปรนำเข้าต่างๆ เพื่อใช้ในการหาค่า Q และ r ที่ดีที่สุดและใช้ในการประมาณค่าต้นทุนรวม นำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างว่าวิธีใดใกล้เคียงกับจุดต่ำสุดของค่าใช้จ่ายรวมมากที่สุด

2. การดำเนินงานและผลการดำเนินงาน

2.1 แบบจำลองที่ใช้ในการหาปริมาณการสั่งซื้อ (Q) และระดับจุดสั่งซื้อ (r) ที่เหมาะสม

ตัวแบบในการจำลองระบบสินค้าคงคลังด้วยโปรแกรม ARENA ตัวแบบใน Altiock and Melamed (2007) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองสินค้าคงคลัง (Q, r)

โดยมีสมมติฐานของระบบสินค้าคงคลังเป็นดังต่อไปนี้

1. กำหนดให้การควบคุมสินค้าคงคลังใช้นโยบาย (Q, r)
2. กำหนดค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นต่างๆ ดังตารางที่ 1
3. ระบบเป็นแบบตำแหน่งเดียว (Single - echelon) หรือ ศูนย์กระจายสินค้า หรือร้านค้าปลีก
4. หากสินค้าคงคลังไม่เพียงพอมีการส่งสินค้าย้อนหลัง

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นต่างๆ ในสินค้าคงคลัง

| ความต้องการ | $\sim N(38, 130^2)$ | หน่วย/สัปดาห์ |
|-------------------------------|---------------------|----------------|
| ต้นทุนในการสั่งซื้อ | 75 | บาท/ครั้ง |
| ต้นทุนรวมของการถือครองของคลัง | 40 | เปอร์เซ็นต์/ปี |
| ต้นทุนราคาต่อหน่วย | 18.8 | บาท |
| ระยะเวลา | คงที่ | สัปดาห์ |

จากการศึกษาเบื้องต้น พารามิเตอร์ ที่มีผลกระทบต่อต้นทุนรวม (TC) ของระบบประกอบด้วย Lead Time (LT), Coefficient of Variation (CV) และ Backorder Cost (b) โดยแต่ละตัวแปรแบ่งออกเป็น 3 ระดับหากทำการทดลองแบบ 3^3 Full Factorial จะประกอบด้วยระดับของวิธีปฏิบัติที่แตกต่างกัน 27 วิธี ซึ่งใช้เวลาในการทดลองนานจึงเลือกค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันมาใช้ในการทดลองเพียง 7 แบบเพื่อวิเคราะห์ความไวของต้นทุนรวมดังแสดงในตารางที่ 2 โดยแต่ละกรณีรันโปรแกรมด้วยความยาว 7300 วัน เป็นจำนวน 100 รอบ

ตารางที่ 2 ความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ทั้ง 7 แบบ

| Case | Lead Time (Week) | CV | Backorder cost (Baht) |
|------|------------------|-----|-----------------------|
| 1 | 3 | 0.3 | 400 |
| 2 | 1 | 0.3 | 400 |
| 3 | 5 | 0.3 | 400 |

| Case | Lead Time (Week) | CV | Backorder cost (Baht) |
|------|------------------|-----|-----------------------|
| 4 | 3 | 0.1 | 400 |
| 5 | 3 | 0.5 | 400 |
| 6 | 3 | 0.3 | 50 |
| 7 | 3 | 0.3 | 225 |

2.2 หาค่า Q และ r โดยใช้การคำนวณอย่างง่าย

กำหนดตัวแปรดังต่อไปนี้

Q คือ ปริมาณการสั่งซื้อ (หน่วย/ครั้ง)

r คือ จุดสั่งซื้อ (หน่วย)

D คือ ความต้องการ (หน่วย/ปี)

H คือ ต้นทุนถือครองสินค้าคงคลัง(บาท/ปี)

c คือ ต้นทุนสินค้าต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

h คือ เปอร์เซ็นต์ต้นทุนในการถือครองสินค้า

b คือ ต้นทุนในการส่งสินค้าย้อนหลัง

คำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดโดยใช้สมการที่ 1

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DH}{bc}} \quad (1)$$

โดยที่การคำนวณหาจุดสั่งซื้อ โดยใช้สมการที่ 3

$$r = (Q \times LT) + z\sigma_{LT} \quad (2)$$

ค่า z สามารถประมาณได้ โดยใช้สัดส่วนต้นทุน การส่งย้อนหลังดังสมการที่ 3

$$z = F^{-1}\left(\frac{b}{b+c}\right) \quad (3)$$

คำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อโดยการคำนวณในทุกแบบทั้ง 7 แบบดังตารางที่ 2 ได้ผลนำค่าที่ได้จากการคำนวณอย่างง่ายไปทำการทดลองในแบบจำลอง โดยที่ตั้งค่าพารามิเตอร์ตามเงื่อนไขของแต่ละแบบได้ผลดังในตารางที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้พารามิเตอร์ที่กำหนดมีผลกระทบต่อค่า r แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อค่า Q

ตารางที่ 3 ผลของค่า TC, Q และค่า r จากการคำนวณอย่างง่าย

| Case | LT | CV | b | r | Q | TC |
|------|----|-----|-----|-----|-----|----------|
| 1 | 3 | 0.3 | 400 | 156 | 199 | 1,828.14 |
| 2 | 1 | 0.3 | 400 | 62 | 199 | 1,686.37 |
| 3 | 5 | 0.3 | 400 | 244 | 199 | 1,925.26 |
| 4 | 3 | 0.1 | 400 | 128 | 199 | 1,607.31 |
| 5 | 3 | 0.5 | 400 | 183 | 199 | 2,036.77 |
| 6 | 3 | 0.3 | 50 | 137 | 199 | 1,688.17 |
| 7 | 3 | 0.3 | 225 | 151 | 199 | 1,791.87 |

ตารางที่ 4 ผลจากโปรแกรม Process Analyzer

| Case | LT | CV | b | r* | Q* | TC |
|------|----|-----|-----|-----|-----|----------|
| 1 | 3 | 0.3 | 400 | 140 | 216 | 1,778.12 |
| 2 | 1 | 0.3 | 400 | 54 | 205 | 1,661.32 |
| 3 | 5 | 0.3 | 400 | 223 | 217 | 1,859.45 |
| 4 | 3 | 0.1 | 400 | 122 | 205 | 1,583.88 |
| 5 | 3 | 0.5 | 400 | 163 | 200 | 1,979.33 |
| 6 | 3 | 0.3 | 50 | 102 | 222 | 1,589.53 |
| 7 | 3 | 0.3 | 225 | 134 | 216 | 1,737.64 |

2.3 หาค่า Q* และ r* โดยใช้ Process Analyzer

หา Q* และ r* โดยใช้ Process Analyzer ได้แบ่งช่วงค่า Q และ r จากการคำนวณอย่างง่ายเบื้องต้น ± 5 ทั้งหมดอย่างละ 10 ช่วง จะได้จำนวนการทดลองแบบละ 100 โครงการ เช่น ในแบบที่ 1 ที่ค่า r = 156, Q = 199 ทำการแบ่งช่วงจะได้ว่า r มีค่า 115 - 205 และ Q มีค่าในช่วง 160 -250 เมื่อทำการรันผลใน Process Analyzer ใน ARENA แล้วจึงนำค่า Q และ r มาแบ่งช่วงอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่ง โดยกำหนดช่วงความห่างของ Q และ r ทุกๆหน่วย เช่น ในแบบที่ 1 ขั้นแรกต้นทุนรวมต่ำที่สุดอยู่ที่ r = 145, Q = 220 คาดว่าต้นทุนต่ำที่สุด อยู่ในขณะนี้จึงทำการทดลอง ± 5 ในแต่ละค่าเพื่อทดลองหนึ่งต่อหนึ่งต้องทดลองอีกเป็น จำนวน 100 โครงการในแต่ละแบบ ได้ค่า Q* และ r* นำไปรันในแบบจำลองสินค้าคงคลังได้ต้นทุนรวมดังที่ แสดงไว้ในตารางที่ 4

สังเกตได้ว่าค่า TC ที่ได้จากโปรแกรม Process Analyzer จะให้ค่าต่ำกว่าจากการคำนวณอย่างง่าย ทุกกรณี

2.4 หาค่า Q และ r จากการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่าง TC กับ Q และ r แบบแยกแต่ละกรณี

สมการพหุนามที่ 4 ใช้แสดงความสัมพันธ์ของ TC, r และ Q แสดงในสมการที่ 4

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} x_i x_j \quad (4)$$

จากการทดลองโดยใช้โปรแกรม Process Analyzer โดยการแบ่งช่วงของค่า Q และ ค่า r ± 5 รันผลได้ค่า TC นำข้อมูลดังกล่าวในแต่ละกรณีมาวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม Minitab ได้สมการความสัมพันธ์แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมการความสัมพันธ์ระหว่าง TC, Q และ r

| Case | สมการความสัมพันธ์ |
|------|---|
| 1 | $TC = 7567.67 - 55.44 r - 13.79Q + 0.16r^2 + 0.028 r \times Q + 0.021Q^2$ |
| 2 | $TC = 4901.24 - 53.33 r - 13.60 Q + 0.33 r^2 + 0.04 r \times Q + 0.02 Q^2$ |
| 3 | $TC = 14348.1 - 88.20 r - 19.19 Q + 0.17 r^2 + 0.034 r \times Q + 0.025 Q^2$ |
| 4 | $TC = 20141.4 - 214.83 r - 36.24 Q + 0.67 r^2 + 0.139 r \times Q + 0.039 Q^2$ |
| 5 | $TC = 9385.09 - 63.55 r - 17.69Q + 0.16 r^2 + 0.037 r \times Q + 0.025 Q^2$ |
| 6 | $TC = 3861.07 - 18.03 r - 12.16 Q + 0.07 r^2 + 0.017 r \times Q + 0.024 Q^2$ |
| 7 | $TC = 8600.17 - 68.18 r - 17.79 Q + 0.207 r^2 + 0.041 r \times Q + 0.027 Q^2$ |

เมื่อได้สมการความสัมพันธ์ในตารางที่ 5 ในแต่ละกรณีใช้โปรแกรม MATLAB หา Q และ r ที่ให้ต้นทุนรวมต่ำสุดจากสมการ เมื่อได้ค่า Q และ r ที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมต่ำสุดหลังจากนั้นนำค่า Q และ r ไปประเมินต้นทุนรวมต่ำสุดของระบบโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งได้ผลดังใน ARENA แสดงดังในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลจากสมการความสัมพันธ์แบบแยกกรณี

| Case | LT | CV | b | r | Q | TC |
|------|----|-----|-----|-----|-----|----------|
| 1 | 3 | 0.3 | 400 | 152 | 222 | 1,816.00 |
| 2 | 1 | 0.3 | 400 | 65 | 221 | 1,715.24 |
| 3 | 5 | 0.3 | 400 | 235 | 220 | 1,881.50 |
| 4 | 3 | 0.1 | 400 | 137 | 218 | 1,678.44 |
| 5 | 3 | 0.5 | 400 | 171 | 223 | 1,995.08 |
| 6 | 3 | 0.3 | 50 | 101 | 222 | 1,585.61 |
| 7 | 3 | 0.3 | 225 | 144 | 220 | 1,733.70 |

2.5 หาค่า Q และ r จากการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่าง TC กับ Q และ r แบบรวมทุกกรณี

ขั้นตอนการเหมือนกับการหาสมการความสัมพันธ์แบบแยกกรณี เพียงแต่ว่าในขั้นตอนนี้จะนำข้อมูลทั้ง 7 กรณีรวมกันมาวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ เมื่อทำการวิเคราะห์ได้สมการรวมคือ

$$TC = -761.65 - 5.32 r - 11.16Q + 1335.48 LT + 1775.13 CV + 8.91 b + 0.26 r^2 + 0.06r \times Q - 21.63 r \times LT - 15.91 r \times CV - 0.049 r \times b + 0.02 Q^2 - 2.48 Q \times LT - 0.005 Q \times b + 444.92 LT^2 + 1983.86 CV^2$$

r คือ จุดสั่งซื้อ, Q คือ ปริมาณการสั่งซื้อ, CV คือ coefficient of variation, b คือ ต้นทุนสินค้าย้อนหลัง, L คือ ช่วงเวลานำ ซึ่งสามารถคำนวณหาค่า TC ในกรณีต่างๆ โดยแทนค่าพารามิเตอร์ในสมการรวมเช่น LT, CV และ b ซึ่งได้สมการความสัมพันธ์ ในแต่ละกรณีดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สมการความสัมพันธ์ระหว่าง TC, Q, r กรณีรวม

| Type | สมการความสัมพันธ์ |
|------|--|
| 1 | $TC = 11525 - 94.99 Q - 20.62 r + 0.26 Q^2 + 0.06 Q \times r + 0.027 r^2$ |
| 2 | $TC = 5295.30 - 51.71Q - 15.66 r + 0.26Q^2 + 0.06 Q \times r + 0.027 r^2$ |
| 3 | $TC = 21315.3 - 138.271 Q - 25.57r + 0.26Q^2 + 0.06 Q \times r + 0.027r^2$ |
| 4 | $TC = 11011.89 - 91.81Q - 20.62 r + 0.26 Q^2 + 0.06 Q \times r + 0.027 r^2$ |
| 5 | $TC = 12198.07 - 98.17 Q - 20.62 r + 0.26 Q^2 + 0.06 Q \times r + 0.027 r^2$ |
| 6 | $TC = 8405.833 - 77.50 Q - 18.84 r + 0.26 Q^2 + 0.06 Q \times r + 0.027 r^2$ |
| 7 | $TC = 9964.729 - 86.25Q - 19.73 r + 0.26 Q^2 + 0.06 Q \times r + 0.027 r^2$ |

ตารางที่ 8 ผลสมการความสัมพันธ์แบบรวม

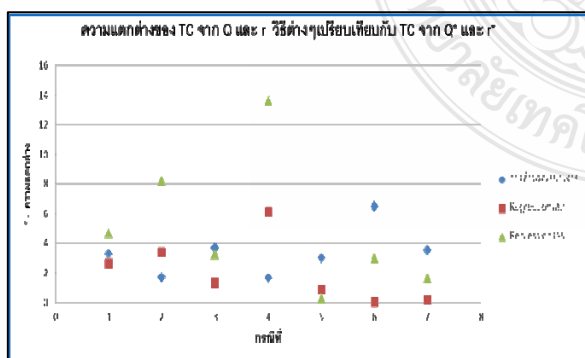
| Type | LT | CV | b | r | Q | TC |
|------|----|-----|-----|-----|-----|----------|
| 1 | 3 | 0.3 | 400 | 159 | 218 | 1,851.81 |
| 2 | 1 | 0.3 | 400 | 77 | 210 | 1,794.07 |
| 3 | 5 | 0.3 | 400 | 241 | 226 | 1,916.41 |
| 4 | 3 | 0.1 | 400 | 152 | 225 | 1,796.80 |
| 5 | 3 | 0.5 | 400 | 165 | 212 | 1,983.51 |
| 6 | 3 | 0.3 | 50 | 125 | 220 | 1,632.18 |
| 7 | 3 | 0.3 | 225 | 142 | 219 | 1,758.07 |

ตารางที่ 8 แสดงต้นทุนรวม Q , r ในกรณีต่างๆ โดยใช้ Process Analyzer

2.6 การเปรียบเทียบค่าความต่างของ TC จากวิธีที่แตกต่างกันกับ TC* จาก Process Analyzer

เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของต้นทุนรวมที่ได้จากการกำหนดค่า Q และ r ด้วยวิธีการที่ต่างกันโดยนำต้นทุนรวมที่ได้ในขั้นตอน Process Analyzer เป็นต้นทุนรวมต่ำที่สุด นำมาแสดง ในกราฟได้ดังภาพที่ 2 ซึ่งแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างๆ ในกรณีต่างๆ ทั้ง 7 กรณี

ภาพที่ 2 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าใช้จ่ายรวม



3. สรุป

จากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของการคำนวณค่า Q และ r ด้วยวิธีการต่างๆ สามารถสรุปได้ว่า การใช้สมการความสัมพันธ์แบบแยกกรณี มีการประมาณค่า TC ได้ใกล้เคียงกับ TC* แต่วิธีการดังกล่าวสามารถแทนค่าได้เฉพาะค่า Q และค่า r โดยที่ค่าอื่นๆ แยกตามกรณีๆ ไป การใช้วิธี หาความสัมพันธ์ของ TC กับค่า Q, r, LT, CV, b แม้จะใกล้เคียงกับ TC* แต่มีข้อจำกัด ในการใส่ค่าพารามิเตอร์ ตามกรณีๆ เท่านั้น และเมื่อดูจากเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของต้นทุนรวมระหว่างวิธีการสมการความสัมพันธ์แบบรวมกับต้นทุนรวมต่ำที่สุด พบว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นมีค่าที่สามารถยอมรับได้เราจึงสามารถใช้สมการความสัมพันธ์แบบรวมสมการที่ 6 ในการประมาณต้นทุนรวมได้

4. เอกสารอ้างอิง

Altiok, T. and Melamed, B.(2007), "Simulation Modeling and Analysis with ARENA", ACEDEMIC PRESS ; Elsevier Science

หนังสือภาษาไทย
 รศ.ดร.ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยาและรศ.ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบุลย์, 2551. การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพฯ. 464 น.

รศ.พิภพ ลลิตาภรณ์, 2549. ระบบการวางแผนและการควบคุมการผลิต(ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ. สยามคสมส. ไทย - ญี่ปุ่น. 752 น.

ผศ.ดร. รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ, 2553. คู่มือการออกแบบจำลองด้วย โปรแกรม Arena (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ. ซี เอ็ดดูเคชั่น. 612 น.

การประยุกต์ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลเพื่อกำหนดนโยบายการสั่งซื้อ และจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม

กรณีศึกษา โรงงานผลิตเม็ดพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน

ฉัตรชัย เดิมสกุล^{1*} วิชัย รุ่งเรืองอนันต์²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: chatchai.d@irpc.co.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหานโยบายการสั่งซื้อและกำหนดจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม ที่ใช้ในโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีกำหนดยุทธศาสตร์การสั่งซื้อสินค้าที่แน่นอนโดยเฉพาะสินค้าคงคลังประเภทโพลีโพรพิลีนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ส่งผลให้ต้นทุนรวมการจัดซื้อสินค้าคงคลังสูงถึง 19.6 ล้านบาทต่อปี ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลเพื่อกำหนดนโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ ABC เพื่อเลือกสินค้าคงคลังที่มีปริมาณสูงในกลุ่ม A ซึ่งได้โพลีโพรพิลีน 3 ประเภท คือ โพลีโพรพิลีนชนิด Nikro#128, Nikro#143, Nikro#158 และจากนั้นทำการหาข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าคงคลังและช่วงเวลานำในการสั่งซื้อสินค้าในอดีตของสินค้าแต่ละประเภทเพื่อสร้างเป็นตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลความต้องการ จากนั้นกำหนดความต้องการสินค้าคงคลังและช่วงเวลานำจากการกำหนดนโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อของสินค้าทั้ง 3 ชนิดได้ทั้งหมด 64 นโยบาย จากนั้นทำการทดลองสถานการณ์ตามนโยบายและจุดสั่งซื้อ เพื่อกำหนดนโยบายการสั่งซื้อใหม่ที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมการจัดการสินค้าคงคลังต่ำสุดตัวเลขสุ่ม โดย

พบว่า ปริมาณการสั่งซื้อต่อครั้งและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมที่ทำให้ต้นทุนรวมของสินค้าคงคลังต่ำสุด ประกอบด้วย การสั่งซื้อของโพลีโพรพิลีนชนิด Nikro #128 เท่ากับ 550 ชิ้นต่อครั้งและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมเท่ากับ 756 ชิ้นและ ปริมาณการสั่งซื้อของโพลีโพรพิลีนชนิด Nikro #143 เท่ากับ 950 ชิ้นต่อครั้งและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมเท่ากับ 1140 ชิ้นและ ปริมาณการสั่งซื้อของโพลีโพรพิลีนชนิด Nikro #158 เท่ากับ 900 ชิ้นต่อครั้งและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมเท่ากับ 756 ชิ้นพบว่า นโยบายการสั่งซื้อใหม่ที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมการจัดการซื้อสินค้าคงคลังต่ำสุด เป็นจำนวนเงิน 15.35 ล้านบาทต่อปี ภายใต้ข้อมูลต้นทุนรวมที่มีการกระจายตัวแบบปกติ และจำนวนรอบในการทดลองที่เหมาะสม ซึ่งสามารถลดต้นทุนการสั่งซื้อรวมที่เกิดขึ้นจากนโยบายเดิมได้ 4,250,000 บาทต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 21.68 ต่อปี

คำสำคัญ การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล การจัดการสินค้าคงคลัง

1. บทนำ

จากการศึกษาโรงงานตัวอย่างที่ผลิตเม็ดพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน พบว่าในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกมีโพลีโพรพิลีนในแต่ละปีมีปริมาณการใช้เป็นจำนวนมาก ข้อมูลในปี 2552 พบว่าปริมาณการสั่งซื้อมีมูลค่าสูงถึง 19.6 ล้านบาท ผู้วิจัยได้สรุปสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกนั้นจะต้องใช้โพลี

สำหรับตัดเม็ดพลาสติกอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ต้องมีการสำรองวัสดุคงคลังให้เพียงพอต่อความต้องการ และในปัจจุบันฝ่ายพัสดุยังไม่มียุทธศาสตร์สั่งซื้อและกำหนดจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมจึงทำให้มีการสำรองใบมีดตัดคัตเตอร์ในปริมาณมากเกินความจำเป็น

จากปัญหาดังกล่าวส่งผลให้การจัดเก็บสินค้าคงคลังมีปริมาณมาก จึงส่งผลให้ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลังชนิดดังกล่าวสูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ใช้วิธีการจำลองมอนติคาร์โล (Monte carlo simulation method) ในการแก้ปัญหา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคแบบจำลองมอนติคาร์โล วิเคราะห์หาปริมาณในการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อใบมีดคัตเตอร์ที่เหมาะสม

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิรัฐ (2548) ได้ศึกษาการใช้แบบจำลองในการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับสินค้าของแผนกผักสด: กรณีศึกษาธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเสนอวิธีการวิเคราะห์ปัญหาการสั่งซื้อสินค้าประเภทผักสดด้วยการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล ซึ่งอาศัยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความน่าจะเป็นมาช่วยในการวิเคราะห์ การทดลองโดยนำเอาค่าความน่าจะเป็นมาประกอบกับตารางสุ่ม การพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ซึ่งได้ศึกษาค่าประมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้าคงคลังแผนกผักสด ผลการวิจัยพบว่า สามารถสร้างกำไรขั้นต้นในระยะยาวได้มากกว่าวิธีการจัดการคงคลังในแบบปัจจุบัน และเมื่อนำไปทดสอบกับข้อมูลการขายในอดีตพบว่า การสั่งซื้อที่ได้จากแบบจำลองจะให้ผลกำไรมากกว่าการสั่งซื้อจริงของบริษัท คิดเป็นกำไรที่เพิ่มขึ้นจากเดิม ร้อยละ 19.50

จตุพล (2552) การศึกษาการจัดการวัตถุดิบคงคลังประเภทเหล็กขึ้นรูปชิ้นส่วนรถยนต์ของโรงงานตัวอย่างในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ที่ความต้องการของลูกค้าและช่วงเวลานำมีความไม่แน่นอน ส่งผลให้ต้นทุนการจัดการคงคลังสูงถึง 18,250,999 บาท/ไตรมาส เพราะต้องถือครองวัตถุดิบคงคลังประเภทเหล็กขึ้นรูปไว้ใน

ปริมาณมากเกินความผลการวิเคราะห์พบว่าวัตถุดิบรายที่ 1 มีการถือครองวัตถุดิบไว้ในปริมาณมากที่สุด โดยมีจำนวนวัตถุดิบ 11 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 60.22 จากนโยบายทั้งหมด 177,147 ทางเลือก ด้วยการนำเทคนิค Solver Program ซึ่งได้นโยบายการสั่งซื้อแบบใหม่ที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมต่ำสุดเฉลี่ยจากสถานการณ์จำลองที่สร้างขึ้น 10 รอบ เป็น 13,424,707 บาท/ไตรมาส

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การวิเคราะห์ปัญหาของระบบงาน

จากการศึกษาการดำเนินงานด้านการบำรุงรักษาพบว่าในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกย้อนหลังในรอบ 10 ปี พบว่ามีปริมาณการใช้ใบมีดตัดคัตเตอร์จำนวนมาก เพราะเป็นสินค้าคงคลังหลักที่ต้องใช้ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก และสินค้าดังกล่าวจะต้องมีการสั่งซื้อจากต่างประเทศซึ่งช่วงเวลาการส่งสินค้านานอยู่ระหว่าง 3-6 เดือน และพบว่าหากเกิดการขาดใบมีดตัดคัตเตอร์จะสูญเสียโอกาสในการผลิต คิดเป็นค่าสูญเสียโอกาสเฉลี่ย 500,000 บาทต่อชิ้นต่อชั่วโมง โดยข้อมูลแสดงปริมาณการใช้ใบมีดตัดคัตเตอร์ ย้อนหลังปี 2552 สำหรับงานตัดเม็ดพลาสติกแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. วิเคราะห์ ABC ปริมาณการสินค้าคงคลังชนิดต่างๆ ที่ใช้สำหรับกระบวนการงานตัดเม็ดพลาสติก

| ลำดับ | รายการวัสดุที่ใช้ | มูลค่าที่ใช้ ที่ใช้ต่อปี | มูลค่าที่ใช้ ต่อปี (%) | Analysis Class |
|-------|-------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------|
| 1 | Nikro # 143 | 10,000,000.00 | 45.54% | 89.26% A |
| 2 | Nikro # 158 | 6,000,000.00 | 27.32% | |
| 3 | Nikro # 128 | 3,600,000.00 | 16.39% | |
| 5 | Mesh Filter #100 | 993,000.00 | 4.52% | 8.13% B |
| 6 | Mesh Filter # 60 | 421,680.00 | 1.92% | |
| 7 | Mesh Filter # 150 | 372,000.00 | 1.69% | 2.61% C |
| 8 | Mesh Filter # 80 | 232,700.00 | 1.06% | |
| 9 | Mesh Filter # 200 | 184,000.00 | 0.84% | |
| 10 | Mesh Filter # 250 | 155,000.00 | 0.71% | |
| รวม | | 21,958,380.00 | 100% | |

จากตารางที่ 1 จากการวิเคราะห์ ABC พบว่ามูลค่าการใช้ใบมีดตัดคัตเตอร์ของทั้ง 2 รายการแรกมีมูลค่าถึง 70

กว่าเปอร์เซ็นต์ แต่ด้วยปริมาณการใช้ไบเมียดตัดคัตเตอร์ของทั้ง 3 ชนิดซึ่งเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณเกือบถึง 90 เปอร์เซ็นต์น่าจะครอบคลุมมากกว่าจึงพิจารณาเลือกไบเมียดตัดคัตเตอร์ทั้ง 3 ชนิดมีมูลค่าสูงถึง ประกอบด้วยไบเมียดตัดคัตเตอร์ ประเภท Nikro#128, Nikro#143 และ Nikro#158 คิดเป็นจำนวนเงิน 19.6 ล้านบาท คิดจากจำนวนการจัดซื้อสินค้าคงคลังของทั้งกระบวนการผลิตตลอดทั้งปี 2552 ของ มีมูลค่ารวม 21.96 ล้านบาท

3.1 การกำหนดนโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อ

นโยบายการสั่งซื้อในอดีตที่ผ่านมาจะใช้ประสบการณ์ในการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อและจำนวนในการสั่งซื้อในแต่ละครั้งไม่เท่ากันเป็นเหตุให้ต้นทุนสินค้าคงคลังมีปริมาณสูงโดยนโยบายการสั่งซื้อในอดีตและช่วงเวลาในการสั่งซื้อในอดีตนั้นมีความไม่แน่นอนโดยช่วงเวลานำอยู่ระหว่าง 3-6 เดือน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องสั่งซื้อเพื่อ ได้แสดงข้อมูลการสั่งซื้อในอดีตแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. นโยบายการสั่งซื้อในอดีตแต่ละครั้งย้อนหลัง 120 เดือน

| นโยบายการสั่งซื้อในอดีต (ชิ้นต่อครั้ง) | | |
|--|------------|-------------|
| Nikro #128 | Nikro #143 | Nikro # 158 |
| 550 | 800 | 600 |
| 600 | 950 | 800 |
| 750 | 1,000 | 900 |
| 800 | 1,200 | 1,100 |

ตารางที่ 3. ช่วงเวลานำในการสั่งซื้อสินค้าคงคลัง

| ช่วงเวลานำในการสั่งซื้อ และ ความถี่ | | | | | |
|-------------------------------------|---------|------------|---------|-------------|---------|
| Nikro #128 | | Nikro #143 | | Nikro # 158 | |
| จน.เดือน | ความถี่ | จน.เดือน | ความถี่ | จน.เดือน | ความถี่ |
| 3 | 12 | 3 | 10 | 3 | 14 |
| 4 | 7 | 4 | 8 | 4 | 8 |
| 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 2 |
| 6 | 2 | 6 | 3 | 6 | 1 |

จากเหตุผลที่ไม่ต้องการให้เกิดการขาดแคลนสินค้าอันเนื่องมาจากช่วงเวลานำการสั่งซื้อสินค้าและปริมาณการใช้สินค้าคงคลัง จึงคำนวณหาจุดสั่งซื้อใหม่ตามสมการ (1)

$$ROP = D_{max} \times L_{max} \quad (1)$$

D_{max} = ปริมาณการเบิกไบเมียดที่สูงที่สุด

L_{max} = ช่วงเวลานำส่งสินค้าที่มากที่สุด

ตารางที่ 4. จุดสั่งซื้อใหม่ของไบเมียดทั้ง 3 ชนิด

| ชนิดไบเมียด | D_{max} | L_{max} | ROP |
|-------------|-----------|-----------|------|
| Nikro #128 | 126 | 6 | 756 |
| Nikro #143 | 190 | 6 | 1140 |
| Nikro # 158 | 126 | 6 | 756 |

ดังนั้น ทางผู้วิจัยจึงใช้เทคนิคมอนติคาร์โล เพื่อการพยากรณ์การความต้องการ และช่วงเวลานำในอนาคตโดยอาศัยตัวเลขสุ่ม และใช้นโยบายการสั่งซื้อในอดีตของทุกผลิตภัณฑ์ ซึ่งพบว่าได้ ทั้งหมด 4 กำลัง 3 เท่ากับ 64 นโยบาย และใช้ ROP ที่ป้องกันสินค้าขาดแคลน

หลังจากนั้นทำการสุ่มมา 10 รอบ รอบละ 12 เดือน และนำมาคำนวณต้นทุนรวมประกอบด้วย

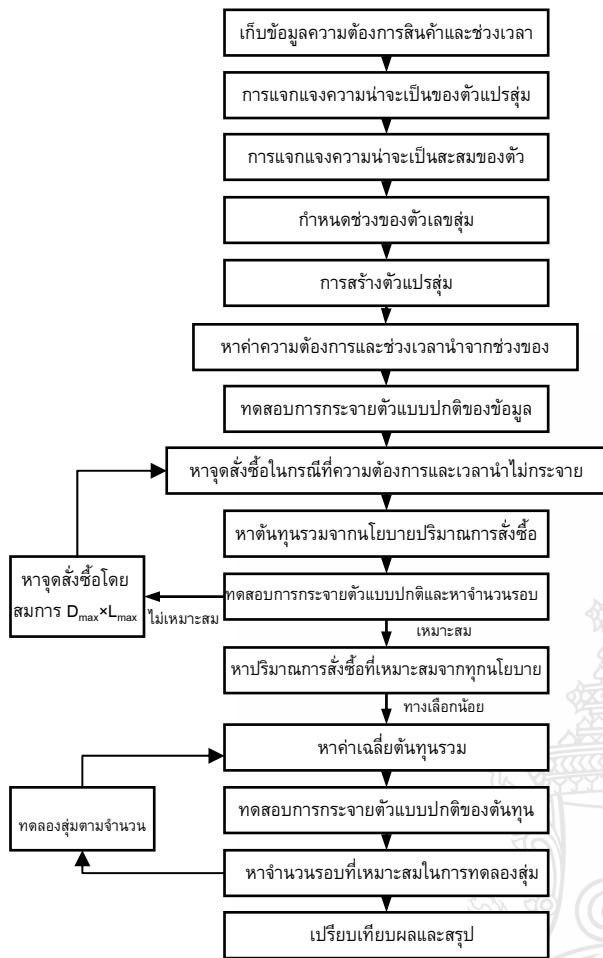
$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนรวม} &= \text{ต้นทุนการจัดเก็บ} + \text{ต้นทุนการสั่งซื้อ} \\ &+ \text{ราคาสินค้า} + \text{ต้นทุนการขาดแคลน} \end{aligned}$$

ตารางที่ 5. แสดงต้นทุนการคำนวณการสั่งซื้อสินค้าคงคลัง

| ชนิดไบเมียด | ต้นทุน (บาท) | | |
|-------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------------|
| | ราคาสินค้า (บาท/ชิ้น) | ต้นทุนจัดเก็บ (บาท/ชิ้น/เดือน) | ต้นทุนสั่งซื้อ (บาท/ครั้ง) |
| Nikro # 128 | 3,000.00 | 726.44 | 95.00 |
| Nikro # 143 | 5,000.00 | 726.44 | 95.00 |
| Nikro # 158 | 3,750.00 | 726.44 | 95.00 |

3.2 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วยการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล

การจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล สามารถประยุกต์ใช้กับระบบงานที่มีความไม่แน่นอน ซึ่งสอดคล้องกับสภาพปัญหาของโรงงานตัวอย่างที่มีปัญหาความต้องการสินค้าและระยะเวลาการส่งมอบวัตถุดิบไม่แน่นอน โดยมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1. ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในอดีตของปริมาณการเบิกใช้ใบมีดทั้ง 3 ชนิดโดยรวบรวมข้อมูลย้อนหลัง 120 เดือนเริ่มจากมกราคม ปี 2543 ถึง เดือนธันวาคมปี 2552 จะมีการเก็บข้อมูลเป็นแบบความถี่ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 6 และตารางที่ 7

ตารางที่ 6. ความถี่การเบิกใช้ใบมีด 120 เดือนย้อนหลัง

| ปริมาณ และ ความถี่การเบิกใช้ | | | | | |
|------------------------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|
| Nikro #128 | | Nikro #143 | | Nikro # 158 | |
| ปริมาณการเบิก | ความถี่ | ปริมาณการเบิก | ความถี่ | ปริมาณการเบิก | ความถี่ |
| 72 | 11 | 144 | 10 | 72 | 12 |
| 90 | 27 | 156 | 65 | 90 | 62 |
| 108 | 68 | 168 | 40 | 108 | 31 |
| 126 | 14 | 190 | 5 | 126 | 15 |

ตารางที่ 7. ตัวอย่างการกำหนดช่วงตัวเลขสุ่มช่วงเวลานำของใบมีด Nikro #128

| เวลานำ | จำนวนที่เกิด | ความน่าจะเป็น | สะสม | ช่วงตัวเลขสุ่ม |
|--------|--------------|---------------|-------|-----------------------|
| 3 | 12 | 0.480 | 0.480 | $r \leq 0.48$ |
| 4 | 7 | 0.280 | 0.760 | $0.480 < r \leq 0.76$ |
| 5 | 4 | 0.160 | 0.920 | $0.76 < r \leq 0.92$ |
| 6 | 2 | 0.080 | 1.000 | $0.92 < r \leq 1.000$ |
| รวม | 25 | 1 | | |

3.3 เก็บข้อมูลความต้องการสินค้าและช่วงเวลานำ

| แนบขาย | | Quantity | | ต้นทุนการสั่งซื้อรวม = | | บาท | | | | | | | | | |
|------------|--------------|------------|------------|------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------|-----------------|------|------------------------|---------------------|-------------------|-----|-------|-------|
| 7 | | Nikro #128 | Nikro #143 | Nikro # 158 | 30,573,814.80 | | บาท | | | | | | | | |
| Nikro #128 | | 550 | 950 | 900 | | | | | | | | | | | |
| เดือนที่ | คงคลัง | สั่งเพิ่ม | RN_1 | เบิกใช้ | ความต้องการที่มีเพียงพอ | เหลือคงคลัง | ปริมาณคงคลังหลังเติมเต็ม | สั่งซื้อหรือไม่ | RN_2 | ระยะเวลาในการส่งสินค้า | สินค้ามาถึงเดือนที่ | decision Variable | | | |
| | | | | | | | | | | | | ROP | 756 | RN_1 | RN_2 |
| 1 | 550 | 0 | | | 0 | 550 | 550 | 1 | | | 1 | Q | 550 | 0.264 | 0.725 |
| 2 | 550 | 0 | | | 0 | 550 | 1100 | 0 | | | 0 | | | 0.993 | 0.536 |
| 3 | 550 | 0 | | | 0 | 550 | 1100 | 0 | | | 0 | | | 0.056 | 0.714 |
| 4 | 550 | 0 | | | 0 | 550 | 1100 | 0 | | | 0 | | | 0.945 | 0.661 |
| 5 | 550 | 0 | | | 0 | 550 | 1100 | 0 | | | 0 | | | 0.018 | 0.658 |
| 6 | 550 | 0 | | | 0 | 550 | 1100 | 0 | | | 0 | | | 0.275 | 0.632 |
| 7 | 550 | 0 | | | 0 | 550 | 1100 | 0 | | | 0 | | | 0.836 | 0.553 |
| 8 | 550 | 0 | | | 0 | 550 | 1100 | 0 | | | 0 | | | 0.508 | 0.524 |
| 9 | 550 | 0 | | | 0 | 550 | 1100 | 0 | | | 0 | | | 0.919 | 0.027 |
| 10 | 550 | 0 | | | 0 | 550 | 1100 | 0 | | | 0 | | | 0.161 | 0.464 |
| 11 | 550 | 0 | | | 0 | 550 | 1100 | 0 | | | 0 | | | 0.020 | 0.734 |
| 12 | 550 | 0 | | | 0 | 550 | 1100 | 0 | | | 0 | | | 0.611 | 0.187 |
| รวม | 6,600.00 | - | | | | | | | | | | | | | |
| ต้นทุน | 726.44 | 3,000.00 | | | | | | | | | | | | | |
| ผลคูณ | 4,794,504.00 | - | | | | | | | | รวมทั้งสิ้น | 4,794,504.00 | | | | |

รูปที่ 2. ตารางคำนวณเพื่อหานโยบายต้นทุนการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม

3.4 การสร้างตัวเลขสุ่มของการคำนวณนโยบาย

การกำหนดตัวเลขสุ่มของการเบิกใช้ไบโอดีดัดตัดเตอร์ เพื่อใช้ในการสุ่มคำนวณปริมาณเพื่อกำหนดความต้องการไบโอดีดัดในแต่ละเดือนของไบโอดีด โดยการสร้างตัวเลขสุ่มนั้น จะสร้างตัวเลขสุ่มเริ่มต้น 10 ชุด ชุดละ 12 เดือน และตัวเลขในการสุ่มที่ใช้ในแต่ละชุดจะสุ่มจากตัวเลขที่ไม่ซ้ำกัน เพื่อใช้วิเคราะห์การกระจายตัวของปริมาณการเบิกใช้ไบโอดีดัดว่ามีความการกระจายตัวแบบปกติหรือไม่ โดยการสร้างเลขสุ่มจะอาศัยโปรแกรม Microsoft Excel

3.5 การคำนวณต้นทุนนโยบายการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม

ในรูปที่ 2 แสดงการสร้างตารางแต่ละช่องโดยแต่ละช่องมีความหมายและความสัมพันธ์ดังนี้

1) เดือนที่ (n) หมายถึง เดือนที่มีการใช้วัตถุดิบในการผลิตในรอบการจำลองสถานการณ์ทั้ง 12 เดือน ซึ่งในแต่ละเดือนจะมีความต้องการวัตถุดิบที่แตกต่างกัน

2) คงคลัง (I_n) หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบคงคลังต้นงวดในแต่ละเดือนที่เหลืออยู่จริงหลังจากถูกนำไปใช้ในเดิมนก่อนหน้านั้น โดยกำหนดให้คงคลังเริ่มต้นมีค่าเท่ากับปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

3) สั่งเพิ่ม หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบที่สั่งซื้อจากการตัดสินใจสั่งซื้อตาม ROP ซึ่งจะมาถึง และรับเข้าคลังในแต่ละเดือนซึ่งปริมาณที่สั่งซื้อเข้าคลังจะสอดคล้องกับปริมาณการสั่งซื้อ (Q) แต่ละครั้ง

4) R_D หมายถึง ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นโดยใช้คำสั่ง Rand() ซึ่งมีอยู่ในโปรแกรม Microsoft Excel โดยตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นนี้จะป็นสถานการณ์ที่ใช้กำหนดปริมาณความต้องการที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือน

5) ปริมาณความต้องการ (D_n) หมายถึง ปริมาณความต้องการหรือการเบิกวัตถุดิบออกจากคลังที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนจากสถานการณ์จำลองที่สร้างขึ้น เป็นเงื่อนไขด้วย ตัวเลขสุ่ม (R_D) ที่อยู่ในเซลล์ D6 สามารถกำหนดเซลล์ E6 = IF(D6>0.883,126, IF(D6>0.317,108, IF(D6>0.092, 90, 72))) โดยค่าที่นำมาใช้นั้นนำมาจาก ได้กำหนดช่วงของตัวเลขสุ่มไว้แล้ว เมื่อดูจากสมการตัวอย่าง

ถ้าค่า D6 มีค่ามากกว่า 0.883 ค่า E6 หรือปริมาณการเบิกใช้ที่ได้จะมีค่าเป็น 126 แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่า 0.883 จะเข้าสู่เงื่อนไขต่อไปโดยพิจารณาว่าค่า D6 มีค่ามากกว่า 0.317 หรือไม่โดยจะพิจารณาไปจนกระทั่งค่า D6 มีค่าเป็นไปตามเงื่อนไขของ ฟังก์ชัน =if ก็จะได้ค่าของปริมาณความต้องการออกของเดือนนั้นๆ การทำงานของฟังก์ชัน =if เป็นดังนี้ =if (เงื่อนไข,คำตอบเมื่อเงื่อนไขเป็นจริง,คำตอบเมื่อเงื่อนไขเป็นเท็จ)

6) ความต้องการที่มีเพียงพอ หมายถึง จำนวนวัตถุดิบที่มีเหลือเพียงพอต่อปริมาณความต้องการวัตถุดิบที่เกิดขึ้นในเดือน โดยมีเงื่อนไขจากปริมาณวัตถุดิบในช่องเบิกใช้ โดยเขียนความสัมพันธ์ดังนี้ =MIN(E6,B6+C6) ซึ่งหมายถึงปริมาณไบโอดีดัดที่สามารถให้เบิกได้นั้น จะมีค่าเพียงพอต่อความต้องการ E6 หรือไม่ ถ้าไม่พอจะสามารถให้เบิกได้เท่ากับปริมาณสินค้าคงคลัง B6 รวมกับปริมาณไบโอดีดัดที่เพิ่งสั่งเข้ามาเพิ่ม C6

7) เหลือคงคลัง หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบที่เหลือในคลังจากการเบิกไปใช้งานในช่องปริมาณความต้องการ โดยการนำค่าในช่องคงคลัง (B10) และช่องสินค้าที่สั่งเข้ามาเพิ่ม (C10) ลบด้วย ค่าในช่องปริมาณความต้องการ (E10) = B10+C10-E10

8) ปริมาณคงคลังหลังเติมเต็ม หมายถึง ปริมาณวัตถุดิบในคลังที่คาดว่าจะมี โดยคำนวณมาจาก ปริมาณสินค้าคงคลังที่มีของเดือนก่อนหน้า (H8) ลบออกด้วยปริมาณการเบิกใช้ในเดือนปัจจุบัน (F9) และปริมาณการสั่งซื้อที่จะเพิ่มเข้ามาใหม่ (I8*Q-Value) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ว่าเมื่อสั่งไบโอดีดัดเข้ามาเพิ่มแล้วปริมาณสินค้าคงคลังที่มีสำหรับการเบิกใช้จะมีค่าเพียงพอต่อความต้องการในอนาคต หรือมีค่ามากกว่า ROP หรือไม่ โดยความสัมพันธ์ที่ได้สร้างขึ้นคือ =H8-F9+(I8*Q-Value)

9) สั่งซื้อหรือไม่ หมายถึง การกำหนดเงื่อนไขจากค่าในช่องปริมาณคงคลังหลังเติมเต็มว่าน้อยกว่าจุดสั่งซื้อที่กำหนดหรือไม่ ถ้าปริมาณวัตถุดิบในคลังเหลือเท่ากับหรือน้อยกว่าจุดสั่งซื้อที่กำหนดก็จะทำการสั่งซื้อทันทีในปริมาณ Q หน่วย แต่ถ้าปริมาณวัตถุดิบเหลือมากกว่า

ปริมาณจุดสั่งซื้อ จะแสดงผลด้วยตัวเลข 0 ซึ่งหมายถึงไม่มีการสั่งซื้อในเดือนนั้นๆ จะสร้างเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้ $=IF(H10 < ROP, 1, 0)$ โดยที่ H10 คือปริมาณคงคลังหลังเติมเต็ม

10) R_L หมายถึง ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นโดยใช้คำสั่ง Rand() ซึ่งมีอยู่ในโปรแกรม Microsoft Excel โดยตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้นนี้เป็นสถานการณ์ที่ใช้กำหนดช่วงเวลานำที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งของการสั่งซื้อ

11) ระยะเวลาในการส่งสินค้า หมายถึง เวลานำที่คาดว่าจะได้รับสินค้าหลังจากเดือนที่มีเงื่อนไขคำสั่งซื้อเกิดขึ้นในช่องสั่งซื้อหรือไม่ โดยจำนวนเวลานำจะขึ้นอยู่กับสถานการณ์จำลองที่สร้างขึ้นเป็นเงื่อนไขด้วยตัวเลขสุ่ม (R_L) ดังสามารถกำหนด เซลล์ E6 = $IF(D6 > 0.880, 6, IF(D6 > 0.720, 5, IF(D6 > 0.400, 3, 2)))$ ซึ่งหลักการทำงานของฟังก์ชันจะเหมือนกันกับข้อที่ 5 เรื่องของการเลือกช่วงของปริมาณการเบิก

12) ช่วงเวลาที่สินค้ามาถึง หมายถึง ช่วงเดือนที่สินค้าจะเข้ามาจัดเก็บในคลังนับจากเดือนที่มีการสั่งซื้อ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ว่า $=IF(I8=0, 0, A8+K8)$ ซึ่งอธิบายได้ว่า เมื่อช่องของการตัดสินใจสั่งซื้อหรือไม่ I8 มีการตัดสินใจว่าไม่สั่งซื้อหรือ 0 ในช่องของช่วงเวลาที่สินค้าจะมาถึงจะแสดงตัวเลข 0 เนื่องจากไม่มีการสั่งซื้อเกิดขึ้น แต่เมื่อการตัดสินใจสั่งซื้อหรือไม่มีการตัดสินใจว่าสั่งซื้อหรือ 1 ช่วงเวลาที่สินค้ามาถึง จะแสดงตัวเลขเป็นช่วงของเดือนที่จะมาถึง ซึ่งคำนวณมาจาก เดือนที่มีการสั่งซื้อ (A) และระยะเวลานำที่เกิดขึ้น (K) ค่าที่ได้ออกมาจะเป็นช่วงเวลาที่สินค้าจะมาถึงได้ออกมาจึงเป็น 550 ขึ้นต่อเดือน เป็นต้น

3.6 การหา นโยบายการสั่งซื้อที่เหมาะสม

ในอดีตจะมีวิธีการสั่งซื้อใบมีดโดยใช้ประสบการณ์ตรงในการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อเองและจะวิธีการสั่งซื้อในแต่ละครั้งจะสั่งซื้อแยกกัน ทำให้ต้นทุนในการสั่งซื้อมีมูลค่าสูงขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ของแต่ละ Product และยังไม่มียุทธศาสตร์กำหนดการสั่งซื้อที่แน่นอนจากการเก็บข้อมูลการสั่งซื้อของแต่ละ Product ทั้ง 3 ชนิด

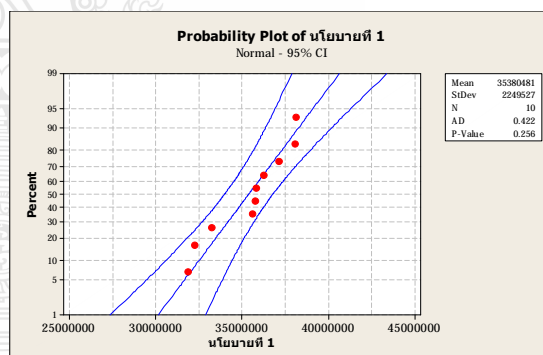
นั้น มีประวัติปริมาณการสั่งซื้อของแต่ละ Product ในแต่ละครั้ง มี 4 ค่า ดังนั้นการหา นโยบายการสั่งซื้อที่เหมาะสมจะใช้ข้อมูลปริมาณการสั่งซื้อใบมีดทั้ง 3 ชนิดที่เคยเกิดขึ้นในอดีตมาจัดทำนโยบายการสั่งซื้อซึ่งจะได้นโยบายการสั่งซื้อทั้งหมด 4^3 รวม 64 นโยบาย จากนั้นนำค่าดังกล่าวไปกำหนดนโยบายการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด ด้วยการหา ต้นทุนรวมแบบหลายผลิตภัณฑ์ Multi Product ทั้ง 3 ชนิดพร้อมกันคือ 1 รอบการสุ่มและทำการสุ่ม 10 รอบ เพื่อค่าเฉลี่ยและพิจารณา นโยบายปริมาณการสั่งซื้อที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมที่มีค่าต่ำที่สุด

3.7 ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล

ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลทีละวันทั้ง 10 รอบ และกำหนดให้ช่วงความเชื่อมั่นอยู่ที่ 95% โดยข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบว่าการกระจายตัวของข้อมูลมีการกระจายตัวปกติหรือไม่ ภายใต้สมมติฐานการทดสอบดังนี้

H_0 : ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution)

H_1 : ข้อมูลไม่กระจายตัวแบบปกติ (Non-Normal Distribution)



รูปที่ 3. การกระจายตัวแบบปกติของข้อมูลต้นทุนรวม โดยนโยบายที่ 1

จากรูปที่ 3 พบว่า ค่าข้อมูลปริมาณการสั่งซื้อใบมีดทั้ง 3 ชนิด ค่า p-value มีค่า มากกว่า ค่าความเชื่อมั่นที่ 95% ($p\text{-value} > 0.05$) ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐาน H_0 คือ ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

3.8 คำนวณหาจำนวนรอบที่เหมาะสม

จากการจำลองสถานการณ์จำนวน 10 รอบ ในการหาค่าเฉลี่ยต้นทุนรวมโดยนโยบายปริมาณความต้องการต่ำสุดนั้นสามารถหาจำนวนรอบที่เหมาะสมได้ดังนี้

$$Z = 1.96 \text{ (จากตารางค่าความเชื่อมั่นที่ 95\%)}$$

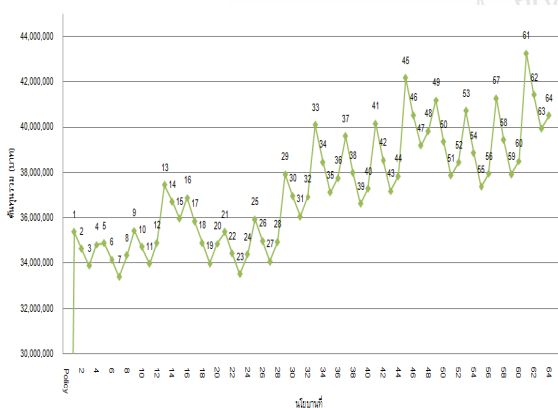
$$S = \text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ } 2,249,526.94$$

$$d = 0.05 \times \text{ค่าเฉลี่ยต้นทุนรวม (35,380,480.64)}$$

$$\text{จากสมการ } N = \frac{Z^2 S^2}{d^2}$$

$$= 6.21 \text{ หรือ } 7 \text{ รอบ}$$

พบว่า จำนวนรอบที่เหมาะสมคือ 7 รอบการสั่งซื้อที่มีค่าน้อยกว่าจำนวนรอบของตัวเลขสุ่มที่ได้ทดลอง นั่นคือ ต้นทุนรวมในการสั่งซื้อใบมีดทั้ง 3 ชนิด ที่ได้จากการทดลองนั้นมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นตัวแทนที่ถูกต้องและยอมรับได้



รูปที่ 4. กราฟแสดงต้นทุนรวมเฉลี่ยของทั้ง 64 นโยบาย

4. สรุปผลการวิจัย

จากการทำการทดลองของนโยบายทั้ง 64 นโยบาย พบว่า ต้นทุนที่ได้จากการทดลองนั้นมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับต้นทุนการสั่งซื้อ สินค้าคงคลัง และต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลัง พบว่า นโยบายการสั่งซื้อที่ให้ต้นทุนการสั่งซื้อรวมต่ำที่สุด คือ 15.35 ล้านบาทต่อปี ซึ่งต่างจากนโยบายการสั่งซื้อแบบเดิมเท่ากับ 4,250,000 บาทต่อปี ซึ่งถือว่าเป็นเงินส่วนที่สูญเสียไปโดยไม่เกิดประโยชน์ใดๆ และปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อของนโยบายต่ำที่สุดแสดงได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7. ปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อใหม่ที่เหมาะสมของใบมีดตัดคัตเตอร์ของทั้ง 3 ชนิด

| ชนิดใบมีด | จุดสั่งซื้อใหม่ | ปริมาณการสั่งซื้อ |
|------------|-----------------|-------------------|
| Nikro #128 | 756 | 550 |
| Nikro #143 | 1140 | 950 |
| Nikro #158 | 756 | 900 |

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การจากจำลองสถานการณ์เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อสินค้าคงคลังที่เหมาะสม สามารถลดต้นทุนรวมการสั่งซื้อสินค้าคงคลังจากเดิม 19.6 ล้านบาทเหลือ 15.35 ล้านบาทต่อปี สามารถลดมูลค่าได้ถึง 4,250,000 บาท หรือคิดเป็นต้นทุนรวมการสั่งซื้อสินค้าคงคลังร้อยละ 21.68 ต่อปีและการจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล พบว่า ปริมาณการสั่งซื้อต่อครั้งและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมใหม่ที่ทำให้ต้นทุนรวมของสินค้าคงคลังต่ำสุด ประกอบด้วย

5.1.1 ปริมาณการสั่งซื้อของใบมีดตัดคัตเตอร์ Nikro#128 เท่ากับ 550 ชิ้นต่อครั้งและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมเท่ากับ 756 ชิ้น

5.1.2 ปริมาณการสั่งซื้อของใบมีดตัดคัตเตอร์ Nikro#143 เท่ากับ 950 ชิ้นต่อครั้งและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมเท่ากับ 1140 ชิ้น

5.1.3 ปริมาณการสั่งซื้อของใบมีดตัดคัตเตอร์ Nikro#158 เท่ากับ 900 ชิ้นต่อครั้งและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมเท่ากับ 756 ชิ้น

จากการกำหนดนโยบายการสั่งซื้อและกำหนดจุดสั่งซื้อใหม่ที่เหมาะสมกับปริมาณการสั่งซื้อสูงสุด คุณด้วยช่วงเวลานำการส่งสินค้านานสุด และจำนวนรอบที่เหมาะสมในการจำลองสถานการณ์นั้นทั้ง 10 รอบเพียงพอและการกระจายตัวเป็นแบบปกติ ซึ่งทำให้เกิดต้นทุนรวมเฉลี่ยต่ำสุด ซึ่งต่ำกว่าการสั่งซื้อด้วยนโยบายแบบเดิม แต่ระดับของจุดสั่งซื้อดังกล่าวนั้นมีปริมาณสูง ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันปัญหาการเกิดสินค้าขาดส่ง (Material Shortage) เนื่องจากช่วงเวลานำการส่งสินค้าไม่แน่นอน ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าคงคลังที่เหมาะสมของทั้ง 3 ชนิด มี

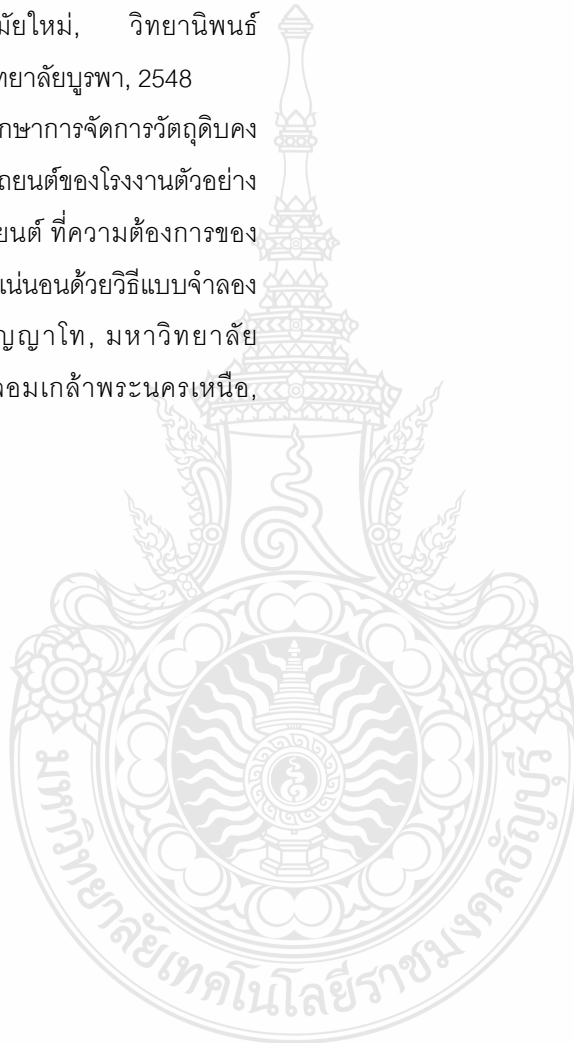
ปริมาณการสั่งซื้อที่ลดลงต่ำกว่าปริมาณการสั่งซื้อที่เคย
เกิดขึ้นในอดีต

เอกสารอ้างอิง

วิทยานิพนธ์

[1] จิรัฏฐ์ สงวัฒนา, ศึกษาการใช้แบบจำลองในการหา
ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับสินค้าของแผนกผัก
สด: กรณีศึกษาธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่, วิทยานิพนธ์
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา, 2548

[2] จตุพล เหมือนศรีชัย, การศึกษาการจัดการวัตถุดิบคง
คลังประเภทเหล็กขึ้นรูปขึ้นส่วนรถยนต์ของโรงงานตัวอย่าง
ในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ที่ความต้องการของ
ลูกค้าและช่วงเวลานำมีความไม่แน่นอนด้วยวิธีแบบจำลอง
มอนติคาร์โล, สารนิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัย
มหาวิทาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ,
2551.



เปรียบเทียบส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีกที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของ ลูกค้าผ่านช่องทางการค้าปลีกแบบหลายช่องทาง

ปาณนันทา คงมัน¹ ดร.ธีระ เตชะมณีสถิตย์²

¹ภาควิชาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

²ภาควิชาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

E-mail: Babie_katip@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ (1) ศึกษาส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีก ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้าผ่านช่องทางการค้าปลีกแบบหลายช่องทาง (multi-channel) (2) เปรียบเทียบส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านผลิตภัณฑ์ ราคา สถานที่การจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด และภาพลักษณ์องค์กร ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้าผ่านช่องทางหน้าร้าน (ร้านทีวี ไดเรคท์ โซวเคส) และช่องทางอื่นๆ (อินเทอร์เน็ต, ทีวี และโทรศัพท์) ระเบียบวิธีในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ ลูกค้าที่ซื้อสินค้าผ่านช่องทางต่างๆ ของ บริษัท ทีวี ไดเรคท์ จำกัด ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล วิธีการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการกำหนดสัดส่วน (quota sampling) ที่เท่ากันในแต่ละสาขา และจากนั้นจะเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบตามความสะดวก (convenience sampling) จนกระทั่งได้จำนวนตัวอย่างครบ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ผลการวิจัยพบว่า ช่องทางการขายแตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ในด้านผลิตภัณฑ์ ราคา และภาพลักษณ์องค์กรแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ และในด้านสถานที่การจัดจำหน่าย และการส่งเสริมการตลาดไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

คำสำคัญ ส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีก, ช่องทาง

การค้าปลีกแบบหลายช่องทาง, ร้านค้าปลีก

1. บทนำ

ในปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วของสถานการณ์แวดล้อมด้านตลาด และความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงในการเข้าถึงสินค้าและบริการของลูกค้าลดลง และหมดไป ปัจจัยเหล่านี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งเสริมให้ลูกค้ามีอำนาจในการซื้อสินค้าและบริการมากขึ้น และลูกค้ายังคงคาดหวังจะได้รับการเสนอขายสินค้าและบริการในรูปแบบเฉพาะที่ตนต้องการ (personalized or customized) มีคุณค่าที่สูงขึ้น เป็นผลให้ผู้ประกอบการธุรกิจค้าปลีกประเภทต่างๆ ต้องปรับเปลี่ยนแนวทางการบริหารกลยุทธ์ทางการตลาด เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า และเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ธุรกิจค้าปลีกจำนวนมากได้มีการพัฒนาช่องทางการขายให้เกิดการเข้าถึงลูกค้าแบบหลายช่องทาง โดยกลยุทธ์การค้าปลีกแบบหลายช่องทาง (multi-channel retailing: MCR) เป็นหนึ่งในสิบแนวโน้มระดับต้นๆ สำหรับทุกธุรกิจ ในทศวรรษหน้า ซึ่งไม่เพียงจะสร้างโอกาสใหม่ ๆ ให้ธุรกิจค้าปลีก แต่ทำให้การทำธุรกิจกับลูกค้ากลุ่มเดิมนั้นสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น (Feinberg & Trotter, 2003)

1.1 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาช่องทางการค้าปลีกแบบหลายช่องทางที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีก ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้าผ่านช่องทางหน้าร้านค้า (ร้านทีวี ไดเรคท์ โซวเคส) และช่องทางอื่นๆ (อินเทอร์เน็ต, ทีวี และโทรศัพท์)

1.2 สมมติฐานในการวิจัย

ช่องทางการขายที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีกที่แตกต่างกัน

1. ช่องทางการขายแตกต่างกันมีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน
2. ช่องทางการขายแตกต่างกันมีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยด้านราคาที่แตกต่างกัน
3. ช่องทางการขายแตกต่างกันมีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยด้านสถานที่การจัดจำหน่ายที่แตกต่างกัน
4. ช่องทางการขายแตกต่างกันมีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาดที่แตกต่างกัน
5. ช่องทางการขายแตกต่างกันมีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยด้านภาพลักษณ์ขององค์กรที่แตกต่างกัน

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อทราบถึงช่องทางการค้าปลีกแบบหลายช่องทางที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า
2. เพื่อทราบถึงส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีกที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้าผ่านช่องทางหน้าร้าน และช่องทางอื่นๆ
3. ผลของการศึกษานี้ จะเป็นข้อมูลสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจ สามารถนำไปใช้เป็นตัวอย่ง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มช่องทางการขาย และพัฒนารูจการค้าปลีกในอนาคตได้

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

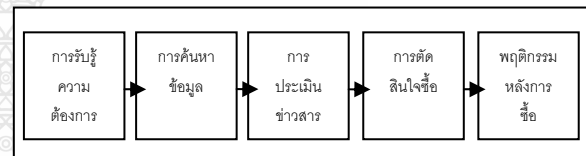
2.1 ทฤษฎีสวนประสมทางการตลาดค้าปลีก

Bolen William (1988) ได้กล่าวว่า ส่วนประสม

ทางการตลาดค้าปลีกมีองค์ประกอบพื้นฐาน 5 ประการ หรือ 5P's ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ (product) ราคา (price) ช่องทางการจัดจำหน่าย (place) การส่งเสริมการตลาด (promotion) และภาพลักษณ์ขององค์กร (personality)

2.2 ทฤษฎีการตัดสินใจ

Berman และ Evan (2001) ได้ให้ความหมายของการตัดสินใจ หมายถึง กระบวนการในการเลือกที่จะกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งจากทางเลือกต่าง ๆ ที่มีอยู่ ซึ่งจะมีขั้นตอนที่สำคัญ 5 ขั้นตอน ดังนี้ การรับรู้ถึงความต้องการ การค้นหาข้อมูล การประเมินทางเลือกความต้องการ การตัดสินใจซื้อ และพฤติกรรมหลังการซื้อ



รูปที่ 1. กระบวนการตัดสินใจทั้ง 5 ขั้นตอน

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการค้าปลีกแบบหลายช่องทาง

Stone และคณะ (2002) ได้กล่าวว่าการค้าปลีกแบบหลายช่องทาง (multichannel retailing) คือ กลยุทธ์การกระจายสินค้าไปยังลูกค้าผ่านหลายช่องทางหรือหลายสื่อทั้งแบบ online และ offline อาทิเช่น อินเทอร์เน็ต แคตตาล็อก โทรศัพท์ ทีวี และร้านค้าปลีก ช่วยเพิ่มรายได้และความสามารถในการแข่งขันให้กับผู้ค้าปลีก

2.4 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินแบบสอบถาม

ในการศึกษานี้กำหนดให้สเกล ช่วงห่างของคะแนนในการวัดความคิดเห็น แต่ละระดับมีค่าเท่ากัน (ยูทอโกยวรรณ์, 2551 : 105) ดังนี้

| | | | |
|------------|--------------|---|-------|
| มากที่สุด | มีค่าเท่ากับ | 5 | คะแนน |
| มาก | มีค่าเท่ากับ | 4 | คะแนน |
| ปานกลาง | มีค่าเท่ากับ | 3 | คะแนน |
| น้อย | มีค่าเท่ากับ | 2 | คะแนน |
| น้อยที่สุด | มีค่าเท่ากับ | 1 | คะแนน |

เกณฑ์ในการประเมินค่าระดับความคิดเห็นโดยใช้ the Likert scale ได้ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 ระดับความคิดเห็นมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 ระดับความคิดเห็นมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 ระดับความคิดเห็นปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 ระดับความคิดเห็นน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 ระดับความคิดเห็นน้อยที่สุด

3. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) โดยใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ ลูกค้าที่ซื้อสินค้าผ่านช่องทางต่างๆของ บริษัท ทีวี ไดเรค จำกัด ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 400 คน วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบการกำหนดสัดส่วนที่เท่ากัน (quota sampling) โดยช่องทางร้านค้าปลีก 200 คน เก็บแบบ สอบถามจากลูกค้าที่ซื้อสินค้าผ่านทางหน้าร้าน (ร้านทีวี ไดเรค ไซท์เคส) และช่องทางอื่นๆ (อินเทอร์เน็ต, ทีวี และโทรศัพท์) อีก 200 คน โดยเลือกสุ่มตัวอย่างแบบตามความสะดวก (convenience sampling) จนได้จำนวนตัวอย่างครบ 400 คน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยสถิติที่ใช้คือ สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน (inferential statistic) ได้แก่ t-test และ f-test

4. ผลการศึกษา

การรายงานผลการศึกษานี้ตามสมมติฐานการวิจัย แบ่งได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1. ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ 1. แสดงจำนวนของผู้ตอบแบบสอบถาม

| หน้าร้าน | ช่องทางอื่น | ทั้งสองช่องทาง | รวม |
|-----------|-------------|----------------|-----------|
| จำนวน(คน) | จำนวน(คน) | จำนวน(คน) | จำนวน(คน) |
| 119 | 115 | 166 | 400 |

ตารางที่ 2. แสดงระดับความคิดเห็นในการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ที่ซื้อสินค้าผ่านทางหน้าร้าน ในเรื่องปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก แยกเป็นรายด้านโดยรวม

| ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก โดยรวม | ค่าเฉลี่ย | ระดับความคิดเห็น |
|---------------------------------------|-----------|------------------|
| ผลิตภัณฑ์ | 3.78 | มาก |
| ราคา | 4.01 | มาก |
| การจัดจำหน่าย | 3.91 | มาก |
| การส่งเสริมการตลาด | 3.66 | มาก |
| ภาพลักษณ์องค์กร | 4.01 | มาก |

ตารางที่ 3. แสดงระดับความคิดเห็นในการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ที่ซื้อสินค้าผ่านทางช่องทางอื่นๆ ในเรื่องปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีกแยกเป็นรายด้านโดยรวม

| ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก โดยรวม | ค่าเฉลี่ย | ระดับความคิดเห็น |
|---------------------------------------|-----------|------------------|
| ผลิตภัณฑ์ | 3.89 | มาก |
| ราคา | 3.91 | มาก |
| การจัดจำหน่าย | 3.98 | มาก |
| การส่งเสริมการตลาด | 3.60 | มาก |
| ภาพลักษณ์องค์กร | 3.75 | มาก |

ตารางที่ 4. แสดงระดับความคิดเห็นในการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ที่ซื้อสินค้าจากทั้งสองช่องทาง ในเรื่องปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก แยกเป็นรายด้านโดยรวม

| ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก โดยรวม | ค่าเฉลี่ย | ระดับความคิดเห็น |
|---------------------------------------|-----------|------------------|
| ผลิตภัณฑ์ | 3.84 | มาก |
| ราคา | 3.87 | มาก |
| การจัดจำหน่าย | 3.93 | มาก |
| การส่งเสริมการตลาด | 3.66 | มาก |
| ภาพลักษณ์องค์กร | 3.97 | มาก |

ส่วนที่ 2. การทดสอบสมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานที่ 1 ช่องทางการขายที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านผลิตภัณฑ์ ที่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ พบว่า ปัจจัยประเภทของสินค้า และปัจจัยคุณสมบัติของสินค้าตรงตามความต้องการ มีความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ .002 และ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 และ .01 หมายความว่า ช่องทางการขายที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยประเภทของสินค้า และปัจจัยคุณสมบัติของสินค้าตรงตามความต้องการที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

สมมติฐานที่ 2 ช่องทางการขายที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านราคาที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านราคา ที่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ พบว่า ปัจจัยการแสดงป้ายราคาสินค้าเห็นได้ชัดเจน มีความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ .028 ซึ่งน้อยกว่า .05 หมายความว่า ช่องทางการขายที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยการแสดงป้ายราคาสินค้าเห็นได้ชัดเจนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

สมมติฐานที่ 3 ช่องทางการขายที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านสถานที่การจัดจำหน่ายที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านสถานที่การจัดจำหน่าย พบว่า ปัจจัยด้านสถานที่การจัดจำหน่ายทั้งหมด มีความน่าจะเป็น (p) มากกว่า .05 นั้น หมายความว่า ช่องทางการขายที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านสถานที่การจัดจำหน่ายไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับ

สมมติฐานที่ตั้งไว้

สมมติฐานที่ 4 ช่องทางการขายที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านการส่งเสริมการตลาดที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านการส่งเสริมการตลาด พบว่า ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาดทั้งหมด มีความน่าจะเป็น (p) มากกว่า .05 หมายความว่า ช่องทางการขายที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านการส่งเสริมการตลาด ไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

สมมติฐานที่ 5 ช่องทางการขายที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านภาพลักษณ์องค์กรที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านภาพลักษณ์องค์กร ที่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ พบว่า ปัจจัยสถานที่การจัดจำหน่ายมีความน่าเชื่อถือ และปัจจัยพนักงานมีบุคลิกภาพน่าเชื่อถือ มีความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ .003 และ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 และ .01 หมายความว่า ช่องทางการขายที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยการจัดจำหน่าย และปัจจัยพนักงานมีบุคลิกภาพน่าเชื่อถือแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ช่องทางการขายที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของลูกค้า ตามปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดค้าปลีก ด้านผลิตภัณฑ์ ราคา และภาพลักษณ์องค์กรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยลูกค้ามีระดับความคิดเห็นต่อปัจจัยทางการตลาดค้าปลีกต่อช่องทางหน้าร้าน ในด้านราคา และภาพลักษณ์องค์กรดีกว่าช่องทางอื่นๆ และทั้งสองช่องทาง เนื่องจากลูกค้ามีความเชื่อมั่นในมาตรฐานการตั้งราคาสินค้า ว่ามีราคาถูก

กว่าช่องทางอื่นๆ เพราะว่า การซื้อสินค้าผ่านช่องทางอื่นๆ จะต้องเสียค่าขนส่งเพิ่มจากราคาสินค้า และพนักงานสามารถให้คำแนะนำ และตอบคำถามเมื่อลูกค้าสงสัยได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ลูกค้าที่ซื้อสินค้าผ่านทางช่องทางอื่นๆ มีระดับความคิดเห็นต่อบัณฑิตด้านผลิตภัณฑ์ ดีกว่าช่องทางหน้าร้าน และทั้งสองช่องทาง เนื่องจากลูกค้ามีความเชื่อมั่นในคุณภาพของสินค้า ความหลากหลายของสินค้า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอังคณา กองมงคล (2552) ส่วนลูกค้าที่ซื้อสินค้าจากทั้งสองช่องทางจะคำนึงถึงสถานการณ์และความเหมาะสมในขณะนั้นๆ ซึ่งสอดคล้องกับ Zeithaml. (1988)

5.2 ข้อเสนอแนะ

บัณฑิตส่วนประสมทางการตลาดค้าปลีกที่ลูกค้าซื้อสินค้าทางช่องทางอื่นๆ เห็นว่ามีความเหมาะสมมากที่สุดคือบัณฑิตด้านผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผู้ประกอบการควรรักษามาตรฐานในการบริหารจัดการสินค้าให้มีความพร้อมในการให้บริการแก่ลูกค้า เพื่อให้เกิดความประทับใจ ซึ่งจะส่งผลต่อยอดขาย และส่วนแบ่งตลาดที่เพิ่มสูงขึ้น และลูกค้าซื้อสินค้าทางช่องทางหน้าร้าน เห็นว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด คือบัณฑิตด้านราคา และด้านภาพลักษณ์องค์กร ดังนั้นผู้ประกอบการควรจะรักษามาตรฐานการตั้งราคาสินค้า ในอนาคตจะมีผู้ประกอบการจำนวนมากปรับกลยุทธ์ทางการตลาดมาเป็นกลยุทธ์การค้าปลีกแบบหลายช่องทาง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขันทางการตลาด และช่องทางอินเทอร์เน็ตเป็นช่องทางที่ทันสมัยในปัจจุบัน

งานวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นศึกษากลุ่มตัวอย่างในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเท่านั้น ซึ่งหากทำการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยเสนอให้ทำการวิจัยในกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค/จังหวัด เพื่อที่จะได้นำผลการวิจัยที่แตกต่างกัน มาทำการศึกษาเปรียบเทียบกันได้อีกแนวทางหนึ่ง อันจะเป็นประโยชน์ต่อธุรกิจมากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คุณบัณฑิต จันทสุเมธี ในการให้การสนับสนุนทางด้านข้อมูล ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สมบูรณ์ และครอบครัวที่เป็นกำลังใจให้เสมอมา และทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] อังคณา กองมงคล. (2552). การเปรียบเทียบความพึงพอใจของลูกค้าต่อส่วนประสมการตลาดของร้านเดอะดอลส์ สาขา 1 และสาขา 2 วิทยานิพนธ์ บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [2] ยุทธิ โกยวรรณ์. *วิธีวิจัยทางธุรกิจ*. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสรีกรุงเทพ, 2551.
- [3] Stone, H., Hobbs, M., & Khaleeli, M. (2002). Multichannel customer management: The benefits and challenges. *Journal of Database Management*, 10(1), 39-52.
- [4] Zeithaml, V. A. (1988). Consumer Perceptions of Price, Quality, and Value: A Means-End Model and Synthesis of Evidence. *Journal of Marketing*, 52(3), p. 2 (21 pages).
- [5] Bolen William, 1998. *Contemporary Retailing*. 3rded. New Jersey: Prentice Hall International Inc. FL.: The Dryden Press
- [6] Feinberg, R., Trotter, M. (2003). The customer access evolution: Leveraging touch points for customer acquisition, retention, and wallet share. *Defying the limits*, 2, 30-35.
- [7] Sandipa Dubish, 2000, "RETAILING AND THE INTERNET", *Electronic Commerce And The New Value Chain (New Business Models for Electronic Commerce and Industry Implications)*. 1st World Congress on the Management of Electronic Commerce, Ontario, Canada, p7

เครื่องมือตัดสินใจในการวางแผนการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรตามลำดับ ความสำคัญของงานเพื่อให้เวลาในระบบรวมต่ำสุด: กรณีศึกษา

นายรัฐไกร อธิธาภิษฐ์¹, นายนันทพล จงวิไลเกษม² และบุษบา พฤกษาพันธ์รัตน์³

^{1,2} TEP/TEPE, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต คลองหลวง ปทุมธานี 12120

³ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

คลองหลวง ปทุมธานี 12120

E-mail: min8822@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องมือสำหรับการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรที่เหมาะสมสำหรับแผนกฉีดพลาสติกของโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่ง โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel ปัญหาหลัก คือ การจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากลำดับความสำคัญของงานที่แตกต่างกัน เครื่องจักรและเวลาการผลิตงานที่แตกต่างกันจึงทำให้การจัดสรรโดยผู้วางแผนมีความซับซ้อนและยุ่งยากผิดพลาดได้ง่ายและต้องใช้เวลาในการดำเนินงานมาก ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรที่ง่ายต่อการใช้งานและเหมาะสมสำหรับงานการจัดสรรงานสำหรับกรณีศึกษาขึ้น โดยเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนของการนำเข้าข้อมูล ส่วนดำเนินการ และส่วนแสดงผลงานที่มีการนำเข้าไปในระบบจะประกอบไปด้วย งานเร่ง งานค้าง และงานปัจจุบัน ส่วนดำเนินการจะวิเคราะห์งานตามลำดับความสำคัญของงานและจัดสรรงานที่ใช้เวลาดำเนินการต่ำสุด (shortest processing time) ก่อนโดยใช้ Solver ส่วนแสดงผลจะแสดงการจัดสรรงานแต่ละประเภทในวันนั้นๆ ตัวชี้วัดที่สำคัญในการเปรียบเทียบกับการจัดสรรในระบบเดิมที่เป็นแบบเข้าก่อนออกก่อน (First in first out) คือ เวลารวมในระบบ จำนวนครั้งของการติดตั้ง ความผิดพลาด และเวลาในการจัดสรรงาน โดยทำการเปรียบเทียบเป็น 4 กรณี คือ จากข้อมูลการจัดสรรจริงใน

ปัจจุบัน การจัดสรรในกรณีนี้ทำงานมีน้อยกว่า เท่ากับ และมากกว่ากำลังการผลิต โดยผลที่ได้พบว่า เวลารวมในระบบ จำนวนครั้งของการติดตั้ง ความผิดพลาด และเวลาในการจัดสรรงานลดลงในทุกกรณี ซึ่งเครื่องมือสำหรับตัดสินใจนี้สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตให้กับแผนกพลาสติกได้ **คำสำคัญ** การจัดสรรงานในแก่เครื่องจักร (job loading), เครื่องมือตัดสินใจ, ลำดับความสำคัญของงาน, เวลารวมในระบบต่ำสุด

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการแข่งขันสูงในเรื่องของความเร็วของผลิตภัณฑ์ที่จะเข้าสู่ตลาด การผลิตจะต้องสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว งานวิจัยนี้เป็นการแก้ปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาแห่งหนึ่ง ซึ่งประสบปัญหาในการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักร ซึ่งเป็นการตัดสินใจที่เป็นการเชื่อมระหว่างการตัดสินใจในเชิงกลยุทธ์ และการตัดสินใจในการดำเนินงานในระบบการผลิต [1] เครื่องจักรของโรงงานกรณีศึกษามีความสามารถในการผลิตที่แตกต่างกัน โดยงานที่เข้ามาก็มีความสำคัญที่แตกต่างกัน ซึ่งสร้างความยุ่งยากให้กับผู้ดำเนินการวางแผนการผลิตและส่งผลทำให้เกิดการผลิตที่ล่าช้า การดำเนินงานโดยทั่วไปในปัจจุบันจะดำเนินงานจัดสรรโดยตัดสินใจจากประสบการณ์ของผู้วางแผน หลักการทั่วไปที่ใช้คืองานที่เข้าก่อนออกก่อน ซึ่งก็ส่งผลให้เกิดความ

ผิดพลาดในการจัดสรรในบางครั้ง การจัดสรรไม่เหมาะสม เครื่องจักรทำงานไม่ได้เต็มประสิทธิภาพ และงานล่าช้า งานวิจัยส่วนใหญ่มักใช้หลักการประเภทฮิวริสติก ในการแก้ปัญหา [1][2] ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงจัดทำเครื่องมือช่วยในการช่วยวางแผนการการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักร โดยใช้ Microsoft Excel ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พนักงานคุ้นเคย ในการทำงานเพื่อที่จะวางแผนการผลิตสำหรับเครื่องจักรแต่ละเครื่องขึ้น ซึ่งหลักการที่นำมาใช้ในการกำหนดงานเข้าเครื่องจักรแต่ละเครื่องจะใช้หลักการของการจัดลำดับงานตามลำดับงานสำคัญของงาน และการเลือกจัดงานที่ใช้เวลาดำเนินงานต่ำสุดก่อน เพื่อให้เวลาดำเนินงานรวมของระบบต่ำสุด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดงาน (Scheduling)

การจัดงานเป็นการกำหนดว่าเมื่อใดจะต้องใช้คนงาน เครื่องมือ อุปกรณ์ หรือทรัพยากรต่างๆ ในการผลิตสินค้าหรือบริการ โดยมีขั้นตอนแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การกำหนดภาระงาน (Loading) การจัดลำดับงาน (Sequencing) และ การควบคุมงาน (Monitoring) [3]

การกำหนดภาระงาน คือ การจัดสรรงานไปยังทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยวิธีการที่มักใช้ในการจัดสรรงานคือ โปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ตัวแบบการขนส่ง

การจัดลำดับงาน เป็นการจัดลำดับของงานที่จะเข้าดำเนินการในเครื่องจักรหรือทรัพยากร โดยมีกฎเกณฑ์ในการกำหนดการจัดลำดับต่างๆ ดังแสดงในหัวข้อต่อไป

การควบคุมงาน เป็นการตรวจติดตามสถานะของงานที่ดำเนินการ

2.2 การจัดลำดับงาน (job sequencing)

การจัดลำดับงานมักมีการกำหนดกฎเกณฑ์สำหรับการจัดลำดับงานเพื่อให้ไปสู่เป้าหมายที่ต้องการดังนั้น คือ

- กฎเกณฑ์เข้าก่อนออกก่อน (FCFS)
- กฎเกณฑ์เวลากำหนดส่งงานเร็วสุด (EDD)
- กฎเกณฑ์ตามลำดับความสำคัญ (Priority)

- กฎเกณฑ์เวลาปฏิบัติงานน้อยสุด (SPT)
- กฎเกณฑ์สแลคต่ำสุด (SLACK) สแลค หมายถึง เวลางานที่ยังเหลือเป็นต้น

2.3 โปรแกรมเชิงเส้นและตัวแบบขนส่ง

โปรแกรมเชิงเส้นเป็นเทคนิคในการแก้ไขปัญหาทางการจัดสรรปัจจัยและทรัพยากรที่มีลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ เป็นแบบเชิงเส้น โดยมีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจให้เกิดผลตามแนวทางการดำเนินงานที่ดีที่สุด (optimal) เช่น กำไรสูงสุด หรือ ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยพิจารณาเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่กำหนด เช่น สภาวะตลาด การขาดแคลนวัตถุดิบ กำลังคน เงินทุน สถานที่ ความรู้ข้อกำหนดของกฎหมายและระเบียบต่างๆ ของสังคม นโยบายของฝ่ายบริหาร ขอบข่ายของธุรกิจที่ดำเนินอยู่และอื่นๆ สำหรับตัวแบบขนส่งซึ่งถือได้ว่าเป็นโปรแกรมเชิงเส้นประเภทหนึ่งซึ่งมีความเหมาะสมกับปัญหาการขนส่ง นอกจากนั้นยังสามารถนำมาใช้ในการจัดสรรทรัพยากรได้อีกด้วย โดยสมการเป้าหมายและเงื่อนไขของปัญหาการขนส่งที่จะนำมาใช้สามารถเขียนได้ดังนี้ [4]

$$\text{Min } \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{j=1}^{j=n} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

ภายใต้เงื่อนไข

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq s_i, i = 1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq d_j, j = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

x_{ij} แทนจำนวนหน่วยที่ขนส่งจากแหล่งวัตถุดิบไปยังจุดที่ต้องการสินค้า j

c_{ij} แทนค่าใช้จ่ายในการขนส่งจากจุด i ไปยังจุด j

s_i แทน จำนวนสินค้าที่จุด i .

d_j แทน สินค้าที่ได้รับที่จุด j .

โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวแบบดังกล่าวในการจัดสรร โดยกำหนดเป้าหมาย คือ การลดเวลารวมของระบบสูงสุดภายใต้เงื่อนไขของกำลังการผลิตและปริมาณงานที่

กำหนดเข้ามาในแต่ละวัน

3. องค์ประกอบของโปรแกรม

องค์ประกอบของโปรแกรมประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนนำเข้า ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผล

ส่วนนำเข้าจะแบ่งงานออกเป็น 3ประเภท คือ งานปกติ งานคงค้าง และงานเร่งด่วน ส่วนประมวลผลจะจัดลำดับงานโดยเรียงตามลำดับความสำคัญของงาน ซึ่งลำดับความสำคัญของงานจะเรียงตามลำดับดังนี้คือ งานเร่งด่วน งานคงค้าง และงานปกติ ส่วนแสดงผล จะแสดงงานที่จัดได้แต่ละเครื่องจักรในแต่ละวัน

3.1 ส่วนนำเข้า

งานในส่วนนำเข้า ได้แก่

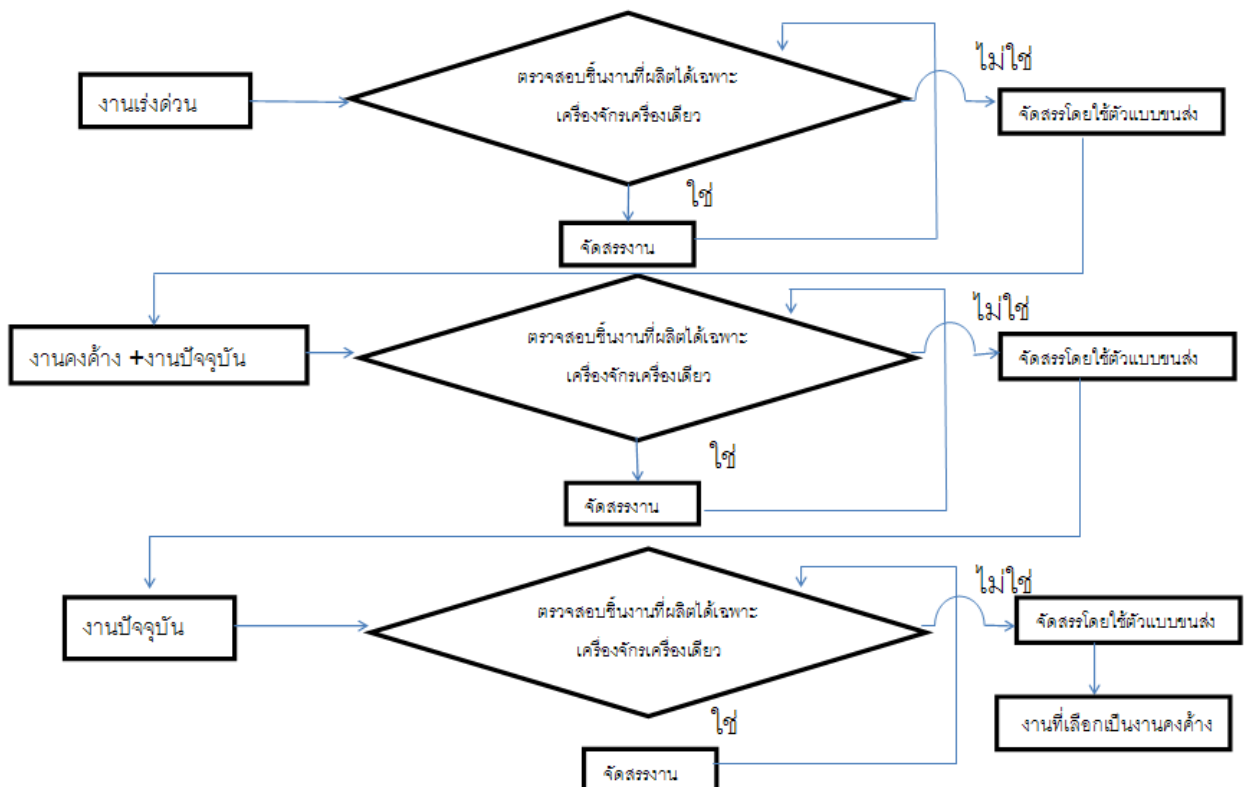
- งานปกติ (Dc) : งานปกติ คือ งานที่ต้องผลิตตามตารางการผลิตในวันนั้นๆ ซึ่งถ้าสามารถผลิตได้ทันเวลา ขึ้นส่วนนั้นจะถูกเก็บไว้ในคลัง ถ้าไม่สามารถผลิตได้ทันเวลา งานเหล่านั้นก็จะกลายเป็นงานคงค้าง

- งานคงค้าง (Dr): งานคงค้าง คือ งานที่ไม่สามารถผลิตได้ทันในเวลาของงานปกติ ซึ่งต้องนำไปผลิตในวันถัดไป

- งานเร่งด่วน (Du) : งานเร่งด่วน คือ งานที่ต้องผลิตก่อนใดๆ ในวันนั้นๆ

3.2 ส่วนดำเนินการ

การดำเนินการจะทำตามลำดับของงาน โดยงานแต่ละประเภทจะถูกตรวจสอบว่า เป็นงานที่สามารถเข้าเครื่องจักรได้เพียงเครื่องเดียวหรือไม่ ถ้าเป็นงานที่เข้าได้เพียงเครื่องเดียวก็จะจัดงานที่ใช้เวลาน้อยสุดเข้าไปยังเครื่องจักรนั้นๆ ก่อน แต่หากเป็นงานที่เข้าได้หลายเครื่อง จะถูกนำไปจัดสรรโดยใช้ตัวแบบขนส่ง ซึ่งสร้างขึ้นใน Solver ตามสมการ (1)-(4) ในการจัดสรร โดยเป้าหมายของตัวแบบ คือ การจัดสรรที่ใช้เวลาในการดำเนินการน้อยสุด ภายใต้เงื่อนไขกำลังการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง และปริมาณงานที่ถูกกำหนดให้ทำการผลิต



รูปที่ 1. การดำเนินการของโปรแกรม

3.3 ส่วนแสดงผล

ส่วนแสดงผลจะแสดงผลการจัดงานจากโปรแกรมในวันนั้นๆ ซึ่งจะแยกเป็น 3 ส่วน ตามประเภทของงานดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

4. ผลการเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมในการจัดสรรงานและการจัดสรรโดยใช้วิธีการเดิม

ในการเปรียบเทียบผลของการใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้น และวิธีการเดิมจะทำการเปรียบเทียบเป็น 2 รูปแบบคือกรณีใช้ข้อมูลจริงจากจากโรงงานใน 1 สัปดาห์ และกำหนดข้อมูลความต้องการสินค้าในแต่ละวัน โดยในการกำหนดข้อมูลสินค้าจะกำหนดใน 3 รูปแบบ คือ น้อยกว่ากำลังการผลิต เท่ากับกำลังการผลิต และมากกว่ากำลังการผลิต สำหรับแต่ละวัน

4.1 ผลจากข้อมูลจริง

จากข้อมูลจริงของโรงงาน 1 สัปดาห์ที่มีการจัดสรรงานไปยังเครื่องจักร และจากการจัดสรรด้วยเครื่องมือ ใช้เวลาในการผลิตสินค้าดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างการใช้เครื่องมือ และไม่ใช้เครื่องมือ โดยใช้ข้อมูลจริง

| เวลาที่ในการผลิต (ชม.) | | |
|------------------------|--------------------|--------------------|
| วัน | ใช้เครื่องมือ | ไม่ใช้เครื่องมือ |
| วันที่ 1 | 72 | 43 |
| วันที่ 2 | 72 | 65 |
| วันที่ 3 | 72 | 63 |
| วันที่ 4 | 72 | 70 |
| วันที่ 5 | 72 | 58 |
| วันที่ 6 | 13 | 72 |
| วันที่ 7 | 0 | 5 |
| เวลารวม | 373 ชั่วโมง | 376 ชั่วโมง |

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการผลิตจะน้อยลง 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์หากใช้เครื่องมือในการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักร ทั้งนี้เนื่องจากการจัดสรรงานที่เหมาะสมกับเครื่องจักรทำให้เวลาในการผลิตลดลงและจะสามารถจัด

งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตั้งแต่วันแรกจนงานที่เข้ามาหมด ซึ่งจะทำให้สามารถจัดงานเพิ่มเข้ามาได้อีกในช่วงท้ายของสัปดาห์ โดยจำนวนครั้งของการติดตั้งใน 1 สัปดาห์หากใช้เครื่องมือคำนวณมีจำนวน 25 ครั้ง ไม่ใช้เครื่องมือมีจำนวน 48 ครั้ง

4.2 กำหนดข้อมูลความต้องการสินค้า

โดยในการกำหนดข้อมูลสินค้าจะกำหนดใน 3 รูปแบบคือ น้อยกว่ากำลังการผลิต เท่ากับกำลังการผลิต และ มากกว่ากำลังการผลิตสำหรับแต่ละวัน เวลาที่ใช้ในการผลิตสำหรับแต่ละกรณีแสดงได้ดังตารางที่ 2-4 ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 2. การเปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลความต้องการที่น้อยกว่ากำลังการผลิต

| เวลาที่ในการผลิต (ชม.) | | | |
|------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| ตัวอย่าง | ใช้เครื่องมือ | ไม่ใช้เครื่องมือ | ประหยัดเวลา |
| ตัวอย่าง 1 | 34 | 35 | 1 |
| ตัวอย่าง 2 | 39 | 40 | 1 |
| ตัวอย่าง 3 | 40 | 46 | 6 |
| ตัวอย่าง 4 | 28 | 29 | 1 |
| ตัวอย่าง 5 | 39 | 41 | 2 |
| เวลาเฉลี่ย | 36 ชั่วโมง | 38.2 ชั่วโมง | 2.2 ชั่วโมง |

ตารางที่ 3. การเปรียบเทียบ โดยใช้ข้อมูลความต้องการที่เท่ากับกำลังการผลิต

| เวลาที่ในการผลิต (ชม.) | | | |
|------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| ตัวอย่าง | ใช้เครื่องมือ | ไม่ใช้เครื่องมือ | ประหยัดเวลา |
| ตัวอย่าง 1 | 64 | 65 | 1 |
| ตัวอย่าง 2 | 71 | 71 | 0 |
| ตัวอย่าง 3 | 68 | 68 | 0 |
| ตัวอย่าง 4 | 68 | 69 | 1 |
| ตัวอย่าง 5 | 72 | 72 | 0 |
| เวลาเฉลี่ย | 68.6 ชั่วโมง | 69 ชั่วโมง | 0.2 ชั่วโมง |

ตารางที่ 4. การเปรียบเทียบ โดยใช้ข้อมูลความต้องการที่เท่ากับกำลังการผลิต

| เวลาที่ใช้ในการผลิต (ชม.) | | | |
|---------------------------|----------------|------------------|-------------|
| ตัวอย่าง | ใช้เครื่องมือ | ไม่ใช้เครื่องมือ | ประหยัดเวลา |
| ตัวอย่าง 1 | 122 | 121 | 1 |
| ตัวอย่าง 2 | 108 | 105 | 3 |
| ตัวอย่าง 3 | 91 | 90 | 1 |
| ตัวอย่าง 4 | 88 | 85 | 3 |
| เวลาเฉลี่ย | 102.25 ชั่วโมง | 100.25 ชั่วโมง | 2 ชั่วโมง |

ในการเปรียบเทียบทั้ง 3 กรณีพบว่ามีการใช้เวลาการผลิตที่ลดลง

ตารางที่ 5. สรุปการเปรียบเทียบ

| ตัวชี้วัด | ใช้เครื่องมือ | ไม่ใช้เครื่องมือ |
|------------------------|---|---|
| เวลารวม (ข้อมูลจริง) | 373 ชั่วโมง | 376 ชั่วโมง |
| เวลาเฉลี่ย (D<C) | 36 ชั่วโมง | 38.2 ชั่วโมง |
| เวลาเฉลี่ย (D=C) | 68.6 ชั่วโมง | 69 ชั่วโมง |
| เวลาเฉลี่ย (D>C) | 102.25 ชั่วโมง | 100.25 ชั่วโมง |
| ความผิดพลาดในการจัดสรร | ไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น | วางแผนการผลิตด้วยมือ เกิดความผิดพลาดได้ง่าย เนื่องจากข้อมูลมีปริมาณมาก |
| ความเร็วในการจัดสรรงาน | สามารถให้โปรแกรมช่วยในการคำนวณได้ทันทีหลังจากใส่ข้อมูล แสดงผลออกมาในรูปแบบของ Excel Sheet | ฝ่ายวางแผนการผลิตจำเป็นต้องใช้เวลามากกว่า 30 นาที ในการมอบหมายงาน ซึ่งจะทำให้เสียเวลา |
| จำนวนครั้งในการติดตั้ง | เวลาในการเปลี่ยนการผลิตลดลงสามารถผลิตต่อเนื่องได้โดยผลิตงานคงค้างจากวันก่อนหน้าก่อน | เครื่องจักรจะต้องมีการเปลี่ยนการผลิตทุกวัน |

*D หมายถึง ปริมาณความต้องการสินค้า C หมายถึง กำลังการผลิต

5. สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องมือสำหรับการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรที่เหมาะสมสำหรับแผนกฉีดพลาสติก โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel เป็นเครื่องมือ เพื่อแก้ปัญหาการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสม โดยเป็นเครื่องมือสำหรับการจัดสรรงานเข้าเครื่องจักรที่ง่ายต่อการใช้งานและเหมาะสำหรับงานการจัดสรรงานสำหรับกรณีศึกษาโดยใช้หลักการของการจัดลำดับความสำคัญของงานและการจัดงานที่ใช้เวลาดำเนินงานต่ำสุดก่อนทำให้ เวลาารวมในระบบ จำนวนครั้งของการติดตั้ง และเวลาในการจัดสรรงาน น้อยลงและไม่เกิดความผิดพลาดโดยทำการเปรียบเทียบเป็น 4 กรณี คือ จากข้อมูลการจัดสรรจริงในปัจจุบันการจัดสรรในกรณีที่งานมีน้อยกว่า เท่ากับ และมากกว่ากำลังการผลิต ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเครื่องมือสำหรับตัดสินใจนี้สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตให้กับโรงงานกรณีศึกษาได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Akhilesh Kumar, Prakash, M.K. Tiwari, Ravi Shankar and Alok Baveja, 2006. Solving machine-loading problem of a flexible manufacturing system with constraint-based genetic algorithm, European Journal of Operational Research 175: 1043-1069.
- [2] N. Magarkima, O. Mahesh and K. Rajagopal, 2006. A heuristic based on multi-stage programming approach for machine loading problem in a flexible manufacturing system, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 22: 342-352.
- [3] บุษบา พุกษาพันธุ์รัตน์, 2009. การวางแผนและควบคุมการผลิตกรุงเทพฯ: ท้อป.
- [4] พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2010. การวิจัยดำเนินงาน กรุงเทพฯ: ท้อป.

การประยุกต์ใช้เทคนิค ABC และ การพยากรณ์แบบ MAPE ในการวางแผน การผลิตชิ้นงานแบบผสม (mixed model)

ชาญชัย วัลลิสุต ผศ.ดร.สุชสันต์ พรหมบุญพงศ์ และ นิกร อุไรรัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Email: c_vanlisuta@yahoo.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบแผนการผลิตในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่มีการผลิตหลายรูปแบบ (mixed model) และจำนวนผลิตเป็นไปตามคำสั่งซื้อของลูกค้าและไม่แน่นอน ดังนั้นจึงทำให้การวางแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์ในแต่ละรุ่นทำได้ยากและมีความเสี่ยงสูงกับปริมาณสินค้าคงคลังและความสามารถในการส่งสินค้าให้ทันตามกำหนดของลูกค้า จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น การจัดลำดับความสำคัญของผลิตภัณฑ์โดยหลักการ ABC analysis และการจำแนกลักษณะอุปสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญและทำการพยากรณ์ด้วยวิธีต่างๆ และนำมาคัดเลือกด้วยค่าเฉลี่ย (MAPE) ต่ำสุด ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นวิธีในการวางแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์เหล่านั้น จากการศึกษาวิจัยพบว่าจากการใช้เทคนิคดังกล่าว ทำให้ความสามารถในการส่งสินค้าทันตามคำสั่งซื้อเพิ่มขึ้นอีก 19.2%

คำสำคัญ : การกำหนดตารางการผลิตหลัก/ABC analysis/MAPE

1. บทนำ

การศึกษาเกี่ยวกับการพยากรณ์ เป็นการคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาในอนาคตและนำค่าพยากรณ์ที่ได้นั้นมาใช้ประโยชน์ ซึ่งจากการศึกษาเกี่ยวกับการพยากรณ์ พบว่า เทคนิคการพยากรณ์แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ เทคนิคการพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Forecasting Methods) และ เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecasting Methods) [1,9]

เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและความแม่นยำในการพยากรณ์มากยิ่งขึ้นค่า MAPE (Mean Absolute Percentage Error) ถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบ โดยถ้าค่า MAPE ของเทคนิคการพยากรณ์ใดมีค่าน้อย แสดงว่าเทคนิคการพยากรณ์นั้น ให้ค่าความถูกต้องในการพยากรณ์สูง [2,5]

เทคนิค ABC Analysis ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญ [3, 4, 7, 8] ซึ่งเทคนิค ABC Analysis เป็นเทคนิคการจัดกลุ่มตามลำดับความสำคัญ โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มๆ คือ A B และ C ตามลำดับ ขณะที่การจำแนกรูปแบบความต้องการของผลิตภัณฑ์ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ Smooth, Erratic, Intermittent และ Lumpy [6] เพื่อหาผลิตภัณฑ์ที่เป็นอิสระ โดย Smooth คือ กลุ่มที่มีความต้องการใช้พัสดุน้อยและปริมาณของพัสดุนั้นมีความแปรปรวนต่ำ Erratic คือ กลุ่มที่มีความต้องการใช้พัสดุน้อยแต่ปริมาณของพัสดุนั้นมีความแปรปรวนสูง Intermittent คือ กลุ่มที่มีความต้องการใช้พัสดุน้อยและปริมาณของพัสดุนั้นมีความแปรปรวนต่ำ Lumpy คือ กลุ่มที่มีความต้องการใช้พัสดุน้อย แต่ปริมาณของพัสดุนั้นมีความแปรปรวนสูง

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ที่มาของปัญหา

บริษัท ที่ทำการศึกษ เป็นบริษัทที่ผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก และจากการศึกษาสภาพปัญหาของบริษัท พบว่าระบบการวางแผนขาดประสิทธิภาพ จึงส่งผลให้กระบวนการผลิตเกิดการรอคอยและทำให้เกิดเวลาที่สูญเปล่า ทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น และไม่สามารถผลิต

ได้ทันตามเวลาที่กำหนด ดังนั้นจึงเป็นปัญหาที่ต้องเร่งหาทางแก้ไข โดยข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการส่งสินค้าให้กับลูกค้า ระหว่างเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม 2551 ก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหา แสดงดังตารางที่ 1

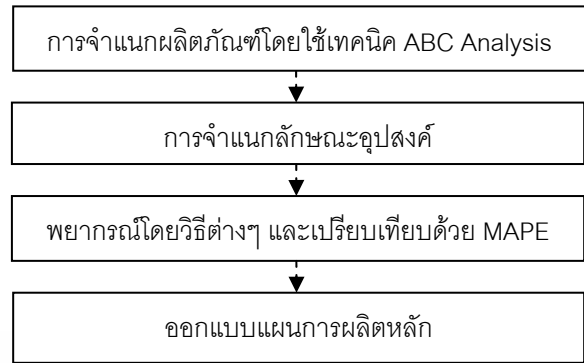
ตารางที่ 1. ความสามารถของปริมาณการส่งสินค้าให้กับลูกค้า ระหว่างเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม 2551

| เดือน | ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า | | |
|-------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| | จำนวน Order ในการสั่ง(ครั้ง) | ส่งมอบทันกำหนด(ครั้ง) | เปอร์เซ็นต์การส่งมอบทันกำหนด |
| พ.ค. | 270 | 186 | 68.88 |
| มิ.ย. | 241 | 161 | 66.80 |
| ก.ค. | 388 | 273 | 70.36 |
| รวม | 1,243 | 849 | 68.68 |

จากตารางที่ 1 พบว่า ความสามารถของการส่งสินค้าให้กับลูกค้าทันตามกำหนดส่ง ระหว่างเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม 2551 เฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 68.68 ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าว มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบการวางแผนการผลิตหลัก สำหรับใช้ในโรงงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งมอบสินค้าได้ทันกำหนด

2.2 การดำเนินงาน

การออกแบบแผนการผลิตหลักของสายบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยเทคนิคเทอร์โมฟอร์มมิ่ง แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลักๆ ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการจำแนกผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิค ABC Analysis การจำแนกลักษณะอุปสงค์ การพยากรณ์โดยวิธีต่างๆ และเปรียบเทียบด้วย MAPE และการออกแบบแผนการผลิตเพื่อการกำหนดตารางการผลิตหลัก



รูปที่ 1. ขั้นตอนของการวิเคราะห์และแก้ปัญหา

2.3 ABC Analysis

ในการวิจัยนี้ ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ทำการผลิตและจำหน่ายจะถูกนำมาจัดกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่ม A เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่ามาก ซึ่งจะมีอยู่ประมาณ 20 % ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

กลุ่ม B เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าปานกลาง ซึ่งจะมีอยู่ประมาณ 30% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

กลุ่ม C เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าน้อย และมีจำนวนมาก ซึ่งจะมีอยู่ประมาณ 50% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้งหมดสามารถนำมาแจกแจงโดยใช้ Pareto Diagram โดยผลิตภัณฑ์กลุ่ม A, B, C จะมีช่วงความชันสูง ปานกลางและ น้อย ตามลำดับ

2.4 การจำแนกลักษณะอุปสงค์

ความต้องการของผลิตภัณฑ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ Independent และ Dependent ซึ่งผลิตภัณฑ์แบบ Smooth และ Erratic จะเป็นกลุ่ม Independent ในขณะที่ Intermittent และ Lumpy จะเป็นกลุ่ม Dependent โดยการจำแนกสามารถคำนวณได้จากค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน CV^2 จากสูตร ดังต่อไปนี้

$$CV^2 = \frac{\text{Est. var. D}}{\bar{d}^2} \quad (1)$$

โดยที่ \bar{d}^2 คือ ค่าความต้องการเฉลี่ยต่อช่วงเวลา

Est. var. D คือ ประมาณค่าความแปรปรวนของ D

2.5 การพยากรณ์และคำนวณค่า MAPE

เมื่อสามารถจำแนกผลิตภัณฑ์ที่เป็นอุปสงค์อิสระได้แล้ว ก็จะนำผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมาพยากรณ์ โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ต่างๆ ที่มีอยู่เช่น moving average, exponential smoothing, winter method หรือ seasonal additive เป็นต้น โดยค่าพยากรณ์ที่ได้ในแต่ละวิธีจะถูกนำมาคำนวณหาค่า MAPE และจะเลือกเทคนิคการพยากรณ์ที่มีค่า MAPE ต่ำที่สุด โดยค่า MAPE หาได้จากสูตร ดังต่อไปนี้

$$MAPE_n = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{E_t}{D_t} \right|}{n} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่ $MAPE_n$ คือ ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดสัมบูรณ์

(Absolute Error)

E_t คือ ค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ในช่วงเวลา t

D_t คือ จำนวนผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลา t

n คือ จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ย

และสามารถคำนวณได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

กำหนด n เท่ากับ 2, E_1 เท่ากับ 5, D_1 เท่ากับ 100,

E_2 เท่ากับ 10, D_2 เท่ากับ 100

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ } MAPE_2 &= \frac{\left| \frac{5}{100} + \frac{10}{100} \right|}{2} \times 100 \\ &= \frac{|0.05 + 0.10| \times 100}{2} \\ &= \frac{0.15 \times 100}{2} \end{aligned}$$

$$= \frac{15}{2}$$

$$= 7.5$$

ดังนั้น $MAPE_2$ คือ 7.5 %

2.6 การวางแผนการผลิต

ในขั้นตอนนี้ คือ การกำหนดตัวแบบตารางการผลิตหลัก (Master Production Schedule: MPS) เพื่อคำนวณหาปริมาณการสั่งผลิตล่วงหน้าที่เหมาะสมต่อไป ซึ่งโปรแกรม excel ได้นำมาใช้เพื่อความสะดวกในการคำนวณ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ป้อนข้อมูลในส่วนของ Item เช่น รหัส ชื่อสินค้า เป็นต้น
2. กำหนดนโยบายการสั่งซื้อ
3. กำหนดเวลานำในการผลิต
4. ป้อนข้อมูลค่าพยากรณ์
5. คำนวณหาค่าปริมาณที่ต้องผลิต

3. ผลการวิจัย

จากผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 401 รายการ สามารถแบ่งกลุ่มโดยเทคนิค ABC Analysis และจำแนกลักษณะของอุปสงค์ ดังแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2. แสดงการแบ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ตามหลักการ ABC Analysis

| กลุ่มของผลิตภัณฑ์ | จำนวนรายการ | % ความถี่สะสมของรายการ | มูลค่าของผลิตภัณฑ์ (แสนบาท) | % ความถี่สะสมของมูลค่า |
|-------------------|-------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|
| A | 93 | 23.19 | 179.59 | 80.04 |
| B | 124 | 54.11 | 33.57 | 95.01 |
| C | 184 | 100.00 | 11.20 | 100.00 |

ตารางที่ 3. ผลการจัดรูปแบบความต้องการการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า

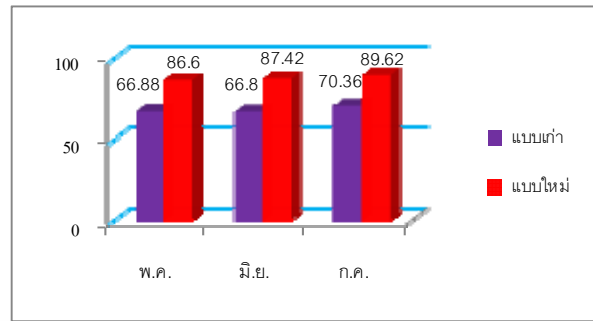
| รูปแบบความต้องการ | Smooth | Erratic | Intermittent | Lumpy |
|-------------------|--------|---------|--------------|-------|
| กลุ่ม A | 36 | 6 | 3 | 48 |
| กลุ่ม B | 7 | 0 | 9 | 108 |
| กลุ่ม C | 0 | 1 | 3 | 180 |

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลิตภัณฑ์กลุ่ม A B และ C มี 93, 124, และ 184 รายการตามลำดับ และจากตารางที่ 3 พบว่า รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการสั่งซื้อจากลูกค้า จัดอยู่ในอุปสงค์อิสระต่อกัน (Independent Demand) มีอยู่ 50 รายการ โดยมาจากกลุ่ม A 42 รายการ (36+6) กลุ่ม B 7 รายการ และกลุ่ม C 1 รายการ และรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้าที่จัดอยู่ในอุปสงค์แบบไม่อิสระต่อกัน (Dependent Demand) มี 351 รายการ โดยโดยผลิตภัณฑ์กลุ่ม A จำนวน 36 รายการ ถูกนำมาพยากรณ์ความต้องการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า

ความสามารถในการส่งสินค้า ระหว่างการกำหนดตารางการผลิตหลักแบบเก่าและแบบใหม่ โดยการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Excel มาทำการงานวิจัยฉบับนี้เป็นการประยุกต์ใช้ ในการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์ตามมูลค่า ด้วยเทคนิค ABC Analysis และจำแนกลักษณะของอุปสงค์ เพื่อทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ และพบว่าจากผลิตภัณฑ์ 401 รายการ มีผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจและมีลักษณะ Independent demand ด้วยกันทั้งสิ้น 50 รายการ โดยจะมีอยู่ 36 รายการที่อยู่ในกลุ่ม A และเป็นแบบ smooth ซึ่งเมื่อนำ 36 รายการนี้ มาทำการพยากรณ์ และไปออกแบบการวางแผนการผลิตหลัก พบว่า ความสามารถในการส่งสินค้าทันตามคำสั่งซื้อเพิ่มขึ้น 19.2%

ตารางที่ 4. การเปรียบเทียบความสามารถในการส่งสินค้า ระหว่างการกำหนดตารางการผลิตหลักแบบเก่าและแบบใหม่

| เดือน | ความสามารถในการผลิตสินค้าให้ทันกำหนด % | |
|--------|--|---------------------------|
| | ประจำปี 2551 (แบบเก่า) | ประจำปี 2552 (แบบใหม่) |
| พ.ค. | 68.88 | 86.60 |
| มิ.ย. | 66.80 | 87.42 |
| ก.ค. | 70.36 | 89.62 |
| เฉลี่ย | 68.68 | 87.88 |



รูปที่ 2. แผนภูมิการเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการผลิตสินค้าให้ทันกำหนดของปี พ.ศ. 2551 กับ พ.ศ. 2552

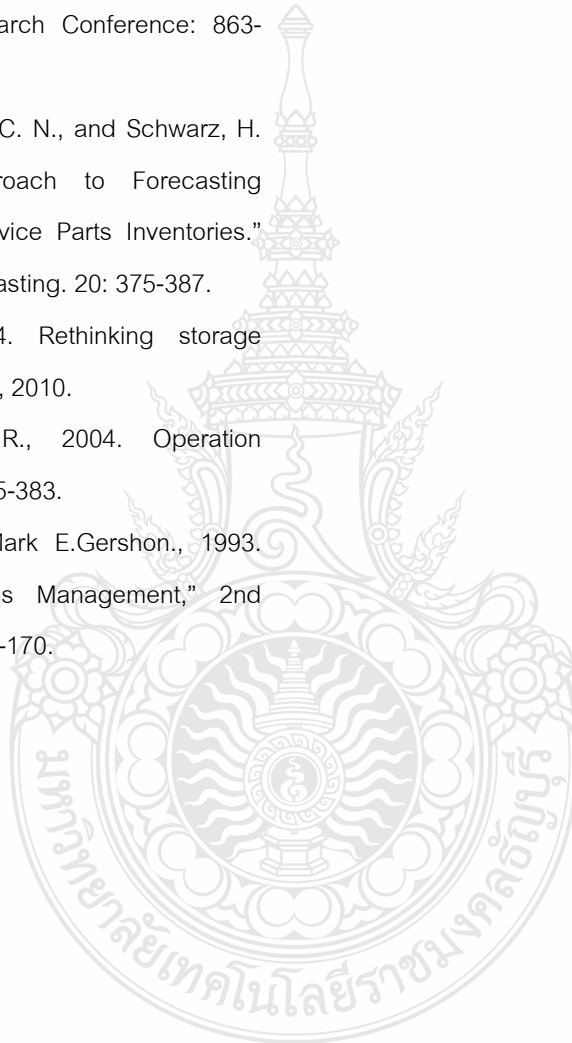
4. สรุปและวิเคราะห์

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการประยุกต์ใช้ ในการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์ตามมูลค่า ด้วยเทคนิค ABC Analysis และจำแนกลักษณะของอุปสงค์ เพื่อทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ และพบว่าจากผลิตภัณฑ์ 401 รายการ มีผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจและมีลักษณะ Independent demand ด้วยกันทั้งสิ้น 50 รายการ โดยจะมีอยู่ 36 รายการที่อยู่ในกลุ่ม A และเป็นแบบ smooth ซึ่งเมื่อนำ 36 รายการนี้ มาทำการพยากรณ์ และไปออกแบบการวางแผนการผลิตหลัก พบว่า ความสามารถในการส่งสินค้าทันตามคำสั่งซื้อเพิ่มขึ้น 19.2%

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปรีชา พันธุมสินชัย. (2541), "เทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับองค์กรธุรกิจ," Chulalongkorn Review, ปีที่ 10, ฉบับที่ 40, น. 87 – 100.
- [2] มุกดา แม้นมินทร์, 2549, "อนุกรมเวลาและการพยากรณ์," สำนักพิมพ์ประกายประกาย, กรุงเทพฯ, หน้า 11-14.
- [3] Ng, W. L., 2007. A Simple Classifier for Multiple Criteria ABC Analysis. European Journal of Operational Research, 177: 344-353.

- [4] Ramanathan, R. 2006. ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear Optimization. *Computer & Operations Research*, 33: 695-700.
- [5] Varghese, V. and Rosetti, M. A., 2008. "Classification Approach for Selecting Forecasting Techniques For Intermittent Demand." *The 2008 Industrial Engineering Research Conference*: 863-868.
- [6] Willemain, T. R., Smart, C. N., and Schwarz, H. F., 2004. "A New Approach to Forecasting Intermittent Demand for Service Parts Inventories." *International Journal of Forecasting*. 20: 375-387.
- [7] Footlik, R. B. 2004. Rethinking storage paradimes. Retrieved May 15, 2010.
- [8] Heizer. and Rarry R., 2004. *Operation Management* , 7th ed., pp.355-383.
- [9] Howard J.Weiss and Mark E.Gershon., 1993. "Operations and Operations Management," 2nd Edition. Allyn and Bacon, 129-170.



การประยุกต์เทคนิคการสร้างสดมภ์สำหรับปัญหาการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติ กรณีศึกษา โรงงานผลิตโปรไฟล์อลูมิเนียม

อภิชาติ แสงทอง¹ และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

E-mail : eaw_7@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหารูปแบบการตัดที่เหมาะสม เพื่อลดปริมาณการใช้อลูมิเนียมแท่ง (Aluminum Billet) ความยาวมาตรฐาน และลดปริมาณเศษอลูมิเนียมขนาดที่ไม่ต้องการ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการตัดอลูมิเนียมแท่งของโรงงานผลิตโปรไฟล์อลูมิเนียม เนื่องจากในปัจจุบันการกำหนดรูปแบบการตัดอลูมิเนียมแท่งของโรงงานจะใช้การตัดด้วยความยาวขนาดย่อเท่ากันตลอดทั้งแท่ง จึงทำให้มีการใช้ปริมาณอลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานมากเกินไปและเกิดการสูญเสียจากการเหลือเศษอลูมิเนียมขนาดที่ไม่ต้องการเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้โรงงานต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้ออลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐาน ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บอลูมิเนียมแท่ง และค่าใช้จ่ายในการกำจัดเศษอลูมิเนียมเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation Technique) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติมาใช้ในการสร้างรูปแบบการตัดอลูมิเนียมแท่งให้สอดคล้องกับเงื่อนไข ในขั้นตอนการตัดอลูมิเนียมแท่งของโรงงาน หลังจากที่ได้รูปแบบการตัดที่เหมาะสมและนำมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการตัดอลูมิเนียมแท่งของโรงงานกรณีศึกษา พบว่าสามารถลดปริมาณการใช้อลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานลงได้

ทำให้เกิดการใช้อลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานได้อย่างคุ้มค่า และยังช่วยลดปริมาณเศษอลูมิเนียมจากขั้นตอนการตัดอลูมิเนียมแท่งได้อีกด้วย

คำสำคัญ ปัญหาการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติ, เทคนิคการสร้างสดมภ์, อลูมิเนียมแท่ง

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมในประเทศไทยได้มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ทำให้อุตสาหกรรมต่างๆ มีการแข่งขันกันมากยิ่งขึ้น การลดต้นทุนการผลิตจึงเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่สามารถนำมาใช้เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน โดยการลดต้นทุนการผลิตให้น้อยลงแต่ยังคงประสิทธิภาพในการผลิตเท่าเดิมหรือมากขึ้น

รูปแบบของโรงงานกรณีศึกษา เป็นโรงงานอัดขึ้นรูปอลูมิเนียม (Aluminum Extrusion) มีการผลิตสินค้าแบบตามสั่ง (Make to Order) โดยมีรูปแบบของผลิตภัณฑ์หลายชนิด กระบวนการผลิตหลักของโรงงานกรณีศึกษาประกอบไปด้วยกระบวนการตัดอลูมิเนียมแท่ง (Aluminum Billet) กระบวนการอัดขึ้นรูป (Extrusion) กระบวนการชุบผิว (Anodizing) และกระบวนการพ่นสี (Powder Coating) ปัจจุบันในกระบวนการตัดอลูมิเนียมแท่งพบว่าการเกิดเศษอลูมิเนียมขนาดที่ไม่ต้องการเหลือเป็นจำนวนมาก

และมีการใช้ปริมาณอลูมิเนียมแบ่งความยาวมาตรฐานที่มากเกินไป

สภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาพบว่าเกิดปริมาณเศษอลูมิเนียมขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากกระบวนการตัดอลูมิเนียมแบ่ง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ปริมาณเศษอลูมิเนียมขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากกระบวนการตัดอลูมิเนียมแบ่งแบบเดิม

| เดือน | น้ำหนักของอลูมิเนียมแบ่งที่ใช้ต่อเดือน (กิโลกรัม) | น้ำหนักเศษอลูมิเนียมแบ่งต่อเดือน (กิโลกรัม) | ร้อยละ |
|------------|---|---|----------------------|
| มกราคม | 794,095.1 | 53,800.927 | 6.775 |
| กุมภาพันธ์ | 957,475.95 | 151,705.405 | 15.844 |
| รวม | 1,751,571.05 | 205,506.332 | เฉลี่ย 11.733 |

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าในช่วงเดือนมกราคม – กุมภาพันธ์ พ.ศ.2554 เกิดความสูญเสียที่เกิดจากกระบวนการตัดอลูมิเนียมแบ่งด้วยวิธีการปัจจุบัน เฉลี่ยเดือนละ 11.733%

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะหารูปแบบการตัดอลูมิเนียมแบ่งที่เหมาะสม โดยการประยุกต์เทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการใช้ปริมาณอลูมิเนียมแบ่งความยาวมาตรฐานอย่างคุ้มค่า และลดปริมาณเศษอลูมิเนียมขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดขึ้นจากกระบวนการตัดอลูมิเนียมแบ่ง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. ปัญหาการตัดวัสดุ (Cutting Stock Problem)

ปัญหาการตัดวัสดุ (Cutting Stock Problem) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับหลากหลายอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น การตัดเหล็กเส้น เมื่อมีเหล็กเส้นที่มีความยาวคงที่อยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งเรียกว่าเป็นวัสดุขนาดมาตรฐาน อุตสาหกรรมต่างๆ ย่อมต้องการใช้เหล็กที่มีความยาวและ

จำนวนแตกต่างกันออกไป ความยาวเหล่านั้นเรียกว่าความยาววัตถุดิบขนาดย่อย จึงเกิดคำถามที่ว่าควรจะต้องเหล็กเส้นขนาดมาตรฐานอย่างไร เพื่อให้ได้ออกมาเป็นเหล็กขนาดย่อยตามจำนวนที่ต้องการ โดยให้เกิดการสูญเสียเศษวัตถุดิบน้อยที่สุด หรือให้ใช้จำนวนเหล็กเส้นมาตรฐานน้อยที่สุด ปัญหานี้จัดเป็นปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถแก้ได้ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

2.2. รูปแบบปัญหาการตัดวัสดุหนึ่งมิติ (One Dimensional Cutting Stock Problem)

วัตถุดิบหนึ่งมิติจะทำการตัดจากความยาวเพียงด้านเดียว เช่น การตัดเหล็กเส้น ม้วนกระดาษ ม้วนผ้า แผ่นไม้ ท่อพลาสติก เป็นต้น ผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาการตัดวัตถุดิบหนึ่งมิติประกอบด้วย รูปแบบการตัดและความถี่ของแต่ละรูปแบบถูกใช้

ปัญหาการตัดหนึ่งมิตินั้นเป็นการตัดวัตถุดิบขนาดมาตรฐานให้ได้ตามจำนวนที่ลูกค้าต้องสั่งให้ทางโรงงานจำนวน D_i ชิ้น โดยที่มีขนาดความยาว l_i โดย $i = 1, 2, \dots, n$ โดยที่ต้องการใช้วัตถุดิบขนาดมาตรฐานในการตัด หรือต้องการให้เกิดเศษเหลือจากการตัดให้น้อยที่สุด ส่วนค่าใช้จ่ายในการตัดได้กำหนดจากต้นทุนของขนาดมาตรฐานแต่ละขนาดความยาวในการตัดให้ได้ปริมาณตามความต้องการของลูกค้า

Gilmore and Gomory (1961) ได้เสนอวิธีการใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงในการใช้ปัญหาการบรรจุของใส่ถุง (Knapsack Problem) ในการสร้างสดมภ์ (Column Generation) หรือการสร้างรูปแบบการตัดใหม่ โดยรายละเอียดของแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นตรงกำหนดให้ วัสดุขนาดมาตรฐานมีความยาว L ; $\max_{1 \leq i \leq n} l_i \leq L$ เวกเตอร์ของรูปแบบการตัดเป็น (a_1, a_2, \dots, a_n) ที่ประกอบด้วยขนาดความยาว l_1 จำนวน a_1 ชิ้น ขนาดความยาว l_2 จำนวน a_2 ชิ้น เป็นต้น ดัชนี j กำหนดลำดับของรูปแบบการตัด ดังนั้นสามารถกำหนดเป็นปัญหาจำนวนเต็มเชิงเส้นตรงขนาดใหญ่ได้ (ปัญหาหลัก) ดังนี้

สมการเป้าหมาย

$$Z = \min \sum_{j=1}^m c_j x_j \quad (1)$$

เงื่อนไข

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \geq D_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

$$x_j \geq 0 \text{ และเป็นเลขจำนวนเต็ม} \quad (3)$$

โดยที่

c_j = ต้นทุนต่อหน่วยของวัตถุดิบขนาดมาตรฐาน L_j

x_j = จำนวนวัตถุดิบขนาดมาตรฐาน L_j ที่ใช้ในการตัด

a_{ij} = จำนวนท่อนที่ได้จากการตัดขนาดความยาว l_i โดยตัดจากขนาดมาตรฐาน L_j

D_i = จำนวนความต้องการของขนาดความยาว l_i

n = จำนวนความหลากหลายของขนาดความยาว l_i

m = จำนวนความหลากหลายของขนาดมาตรฐาน L_j

2.3. การประยุกต์เทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation)

Gilmore and Gomory (1963) ได้ทำการวิจัยเพื่อแก้ปัญหา โดยการคิดค้นวิธีการที่จะเลือกรูปแบบการตัดที่สามารถปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้น โดยการสร้างรูปแบบการตัดที่เป็นส่วนประกอบของตัวแบบ แล้วทำการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นตรง และใช้ค่าต้นทุนควบคู่ (Dual-Prices) ที่ได้ ไปแก้ปัญหาการบรรจุของใส่ถุง เพื่อหารูปแบบการตัดที่ดีต่อไป การคำนวณโดยใช้เทคนิคการสร้างสดมภ์ (ปัญหาย่อย)

สมการเป้าหมาย

$$Z = \max \sum_i \pi_i a_i \quad (4)$$

เงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^n l_i a_i \leq L_j \quad (5)$$

$$a_i \geq 0 \text{ และเป็นเลขจำนวนเต็ม} \quad (6)$$

โดยที่

π_i = ค่า Dual-Prices

a_i = จำนวนท่อนที่ได้จากการตัดขนาดความยาว l_i (รูปแบบการตัดครั้งที่ i)

l_i = ความยาวขนาดที่ต้องการ

L_j = ความยาววัตถุดิบขนาดมาตรฐาน

รูปแบบปัญหานี้เป็นปัญหาแบบการบรรจุของใส่ถุง ถ้าค่าสูงสุด (4) เป็น Z ในกรณีที่ $Z > 1$ จะต้องกำหนดรูปแบบการตัดเพิ่มเติมแล้วการคำนวณใหม่ แต่ถ้า $Z \leq 1$ แสดงว่าคำตอบที่ได้ดีที่สุดแล้ว (Optimal Solution)

3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากข้อมูลในกระบวนการตัดอลูมิเนียมแท่งปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา พบว่ามีอลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานเพียงขนาดเดียว คือ ขนาดความยาว 5,800 มิลลิเมตร แต่มีความต้องการในการตัดอลูมิเนียมแท่งหลากหลายขนาดด้วยกัน ดังนั้นต้นทุนต่อหน่วยของอลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานจึงคิดเป็น 1 ($c_i = 1$) การหาวิธีการสร้างรูปแบบการตัดอลูมิเนียมแท่งที่เหมาะสม มีขั้นตอนดังนี้

3.1. เก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลขนาดความยาวและจำนวนความต้องการของลูกค้าของเดือนมกราคม 2554 เพื่อนำมาใช้ในการสร้างรูปแบบการตัดที่เหมาะสม เพื่อลดปริมาณเศษอลูมิเนียมขนาดที่ไม่ต้องการ และลดการใช้ปริมาณอลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานให้น้อยที่สุด

3.2. สร้างรูปแบบการตัดเบื้องต้น (Initial Pattern)

ในการที่จะคำนวณปัญหาหลัก (7) - (9) นั้นจำเป็นที่จะต้องเลือกรูปแบบการตัดเบื้องต้นให้ครบทุกความต้องการเสียก่อน โดยความยาวอลูมิเนียมแท่งที่ใช้ในการผลิตสินค้าั้นเกิดจากการตัดแบ่งอลูมิเนียมแท่งขนาดความยาวมาตรฐาน 5,800 มิลลิเมตร

3.3. คำนวณปัญหาหลัก

จะต้องสร้างสมการเป้าหมายและเงื่อนไขจากการสร้างสดมภ์สำหรับสมการปัญหาการตัดแบ่งหนึ่งมิติ เพื่อเลือกการใช้รูปแบบการตัดที่ให้ปริมาณการใช้วัตถุดิบขนาดมาตรฐานน้อยที่สุด จะได้แบบปัญหาหลัก ดังนี้

สมการเป้าหมาย

$$Z = \min \sum_{j=1}^m x_j \quad (7)$$

เงื่อนไข

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \geq D_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

$$x_j \geq 0 \quad (9)$$

โดยที่

a_{ij} = จำนวนท่อนที่ได้จากการตัดขนาดความยาว l_i โดยตัดจากขนาดมาตรฐาน L_j

x_j = จำนวนวัตถุดิบขนาดมาตรฐาน L_j ที่ใช้ในการตัด

D_i = จำนวนความต้องการของขนาดความยาว l_i

จากสมการเป้าหมาย เงื่อนไข ข้อมูลความต้องการ วัตถุดิบ และรูปแบบการตัดเบื้องต้น จะทำการแก้ไขปัญหาหลักโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ในการแก้ปัญหา

3.4. คำนวนปัญหาห่วย่อย

เมื่อทำการแก้ปัญหาหลัก (7) - (9) แล้ว จะได้ค่า Shadow Prices (Dual Prices) ที่เกิดขึ้นจากปัญหาหลัก ให้นำค่า Shadow Prices (Dual Prices) นั้นมาคำนวณ Column Generation โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) เพื่อหา a_i ในรูปแบบการตัดใหม่ที่เพิ่มเข้าไปในปัญหาหลัก แล้วทำให้สมการเป้าหมายต่ำลง

สมการเป้าหมาย

$$Z = \max \sum_i \pi_i a_i \quad (10)$$

เงื่อนไข

$$\sum_{i=1}^n l_i a_i \leq 5800 \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (11)$$

$$a_i \geq 0 \text{ และเป็นเลขจำนวนเต็ม} \quad (12)$$

โดยที่

π_i = ค่า Dual-Prices

a_i = จำนวนท่อนที่ได้จากการตัดขนาดความยาว l_i (รูปแบบการตัดครั้งที่ i)

l_i = ความยาวขนาดที่ต้องการ

L_j = ความยาววัตถุดิบขนาดมาตรฐาน = 5,800 มิลลิเมตร

3.5. นำรูปแบบการตัดใหม่ไปเพิ่มในแบบปัญหาหลัก

เมื่อได้ค่า a_i ในรูปแบบการตัดใหม่แล้ว นำไปเพิ่มในปัญหาหลักในขั้นตอนที่ (3.3.) จากนั้นทำการคำนวณใหม่และทำซ้ำในขั้นตอนที่ (3.3.-3.4.) จนกระทั่งได้การเพิ่มรูปแบบการตัดใหม่นั้นไม่สามารถลดค่าของสมการเป้าหมายได้อีก หรือจนกระทั่งค่า $Z \leq 1$ จึงหยุดคำนวณ ซึ่งหมายความว่าได้รูปแบบการตัดอูมิเนียมแท่งที่เหมาะสมแล้ว

3.6. หาผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม

เมื่อขั้นตอนการสร้างรูปแบบการตัด ไม่สามารถสร้างรูปแบบการตัดใหม่ที่จะลดการใช้จำนวนท่อเหล็กความยาวมาตรฐานได้แล้ว คือค่าสูงสุดจากสมการ (4) มีค่า $Z \leq 1$ จะได้คำตอบที่เป็นรูปแบบการตัดที่มีจำนวนครั้งในการตัดเป็นจำนวนจริง และผลลัพธ์ที่ได้ (จำนวนท่อเหล็กความยาวมาตรฐานที่ใช้) ก็อยู่ในรูปของจำนวนจริงเช่นกัน จึงต้องทำการหาผลลัพธ์ที่เป็นจำนวนเต็ม เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง

การหาผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม ใช้วิธีการกำหนดขอบเขตล่างให้กับปัญหาหลัก ตามขั้นตอน ดังนี้

3.6.1. ตัดเศษทศนิยมของจำนวนครั้งที่รูปแบบการตัดที่ j ถูกใช้ทิ้ง (Round Down) ได้เป็น x'_j และเก็บรูปแบบการตัดที่ได้

3.6.2. ทำการหาผลต่างของจำนวนความต้องการของขนาดความยาวที่ถูกค่าต้องการ และนำไปคำนวณปัญหาหลักอีกครั้ง โดยกำหนด x'_j ให้เป็นขอบเขตล่างของปัญหาหลัก นั่นคือเปลี่ยนข้อจำกัดในสมการ (9) ให้เป็นดังนี้

$$x'_j \geq 0 \text{ และเป็นเลขจำนวนเต็ม} \quad (13)$$

3.6.3. ได้คำตอบที่เหมาะสม หรือได้รูปแบบการตัดที่เหมาะสม

4. ผลการวิจัย

การหารูปแบบการตัดอลูมิเนียมแท่งที่เหมาะสมตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่นำเสนอ ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) มาใช้ในขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ผลที่ได้จากการประมวลผลจะแสดงผลของรูปแบบการตัด ปริมาณอลูมิเนียมแท่งขนาดมาตรฐานที่ใช้ในกระบวนการตัดอลูมิเนียมแท่ง และปริมาณเศษอลูมิเนียมแท่งที่เกิดขึ้น ในที่นี้ผู้วิจัยจะแสดงตัวอย่างรูปแบบการตัดอลูมิเนียมแท่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหนึ่งจากทั้งหมด 4 ขนาดในเดือนมกราคม 2554 ทั้งจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสมที่ได้จากการดำเนินตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและรูปแบบการตัดเดิม

4.1. รูปแบบการตัดแบบเดิมของโรงงานการศึกษา

โรงงานศึกษากำหนดรูปแบบการตัดอลูมิเนียมแท่งตามความยาวที่ต้องการด้วยความยาวเดียวกันทั้งแท่งจากการตัดอลูมิเนียมแท่งขนาดมาตรฐานยาว 5,800 มม. ให้ได้ตามความยาวและจำนวนที่ต้องการดังแสดงในตารางที่ 2 ผลที่ได้คือ ในโรงงานศึกษามีการใช้ปริมาณอลูมิเนียมแท่งขนาดมาตรฐานทั้งหมด 109 แท่ง คิดเป็นน้ำหนัก 13,867.1 กิโลกรัม และเกิดปริมาณเศษอลูมิเนียม 17,750 มม. คิดเป็นน้ำหนัก 389.34 กิโลกรัม

ตารางที่ 2. ตารางแสดงตัวอย่างรูปแบบการตัดอลูมิเนียมแท่งเดิมของโรงงานการศึกษา

| ความยาวที่ต้องการ (มม.) | จำนวนที่ต้องการ (ท่อน) | อลูมิเนียมแท่งมาตรฐานที่ใช้ (แท่ง) |
|-------------------------|------------------------|------------------------------------|
| 250 | 242 | 11 |
| 350 | 128 | 8 |
| 380 | 240 | 16 |
| 400 | 756 | 54 |
| 470 | 240 | 20 |
| | รวม | 109 |

4.2. รูปแบบการตัดที่เหมาะสม

ตัวอย่างรูปแบบการตัดอลูมิเนียมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์หนึ่ง ผลที่ได้เป็นรูปแบบที่เกิดจากการตัดอลูมิเนียมขนาดมาตรฐานยาว 5,800 มิลลิเมตร ให้ได้ตามความยาวและจำนวนที่ต้องการ ดังตารางที่ 3

ผลที่ได้คือ มีการใช้ปริมาณอลูมิเนียมแท่งขนาดมาตรฐานทั้งหมด 107 แท่ง คิดเป็นน้ำหนัก 13,612.6 กิโลกรัม และเกิดปริมาณเศษอลูมิเนียมแท่ง 5,320 มิลลิเมตร คิดเป็นน้ำหนัก 116.692 กิโลกรัม โดยมีรูปแบบการตัดที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 3

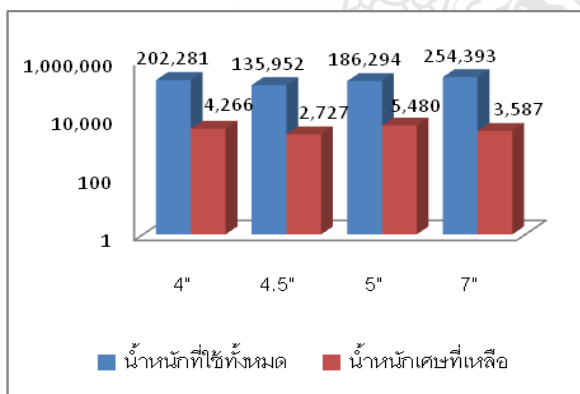
ตารางที่ 3. รูปแบบการตัดที่เหมาะสมที่ได้จากตัวอย่าง

| Pattern | รูปแบบการตัด |
|---------|---|
| 1 | ตัดอลูมิเนียมแท่งความยาว 400 มม. จำนวน 28 ท่อน มีการเบิกอลูมิเนียมแท่งขนาดมาตรฐานมาใช้ 10 แท่ง |
| 2 | ตัดอลูมิเนียมแท่งความยาว 250 มม. จำนวน 23 ท่อน มีการเบิกอลูมิเนียมแท่งขนาดมาตรฐานมาใช้ 10 แท่ง |
| 3 | ตัดอลูมิเนียมแท่งความยาว 400 มม. จำนวน 4 ท่อน ตัดอลูมิเนียมแท่งความยาว 380 มม. จำนวน 15 ท่อน มีการเบิกอลูมิเนียมแท่งขนาดมาตรฐานมาใช้ 15 แท่ง |
| 4 | ตัดอลูมิเนียมแท่งความยาว 400 มม. จำนวน 22ท่อน ตัดอลูมิเนียมแท่งความยาว 250 มม. จำนวน 8 ท่อน มีการเบิกอลูมิเนียมแท่งขนาดมาตรฐานมาใช้ 32 แท่ง |
| 5 | ตัดอลูมิเนียมแท่งความยาว 400 มม. จำนวน 12 ท่อน ตัดอลูมิเนียมแท่งความยาว 470 มม. จำนวน 2 ท่อน มีการเบิกอลูมิเนียมแท่งขนาดมาตรฐานมาใช้ 22 แท่ง |
| 6 | ตัดอลูมิเนียมแท่งความยาว 470 มม. จำนวน 11 ท่อน ตัดอลูมิเนียมแท่งความยาว 380 มม. จำนวน 1 ท่อน ตัดอลูมิเนียมแท่งความยาว 250 มม. จำนวน 1 ท่อนมีการเบิกอลูมิเนียมแท่งขนาดมาตรฐานมาใช้ 18 แท่ง |

จะเห็นได้ว่าจากข้อมูลความต้องการที่เท่ากัน เมื่อทำการตัดอลูมิเนียมแท่งตามรูปแบบการตัดที่เหมาะสมแล้ว สามารถลดปริมาณการใช้อลูมิเนียมแท่งขนาดความยาวมาตรฐานและลดปริมาณเศษอลูมิเนียมแท่งขนาดที่ไม่ต้องการลงได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้กับอลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานขนาดอื่นๆ ทำให้ได้รูปแบบการตัดที่เหมาะสม และสามารถลดปริมาณการใช้อลูมิเนียมแท่งขนาดความยาวมาตรฐานและลดปริมาณเศษอลูมิเนียมแท่งขนาดที่ไม่ต้องการลงได้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4. ปริมาณเศษอลูมิเนียมแท่งขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสม

| Ø (นิ้ว) | น้ำหนัก (กิโลกรัม) | | ร้อยละ |
|----------|--------------------|-------------------|-------------|
| | อลูมิเนียมแท่ง | เศษอลูมิเนียมแท่ง | |
| 4 | 202,281.30 | 4,265.63 | 2.11 |
| 4.5 | 135,951.55 | 2,726.62 | 2.00 |
| 5 | 186,294.28 | 5,479.54 | 2.94 |
| 7 | 254,393.17 | 3,586.78 | 1.41 |
| รวม | 778,920.30 | 16,058.57 | เฉลี่ย 2.06 |



รูปที่ 1. กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของอลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานที่ใช้และเศษอลูมิเนียมแท่งที่เหลือจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสม

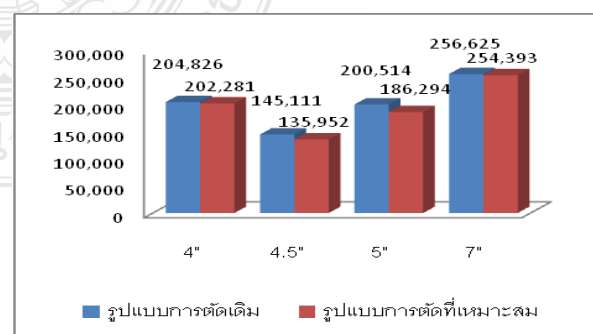
จากตารางที่ 4 จะเห็นว่าการนำรูปแบบการตัดที่เหมาะสมมาใช้ในกระบวนการตัดอลูมิเนียมแท่งแทน

กระบวนการตัดอลูมิเนียมแท่งแบบเดิม สามารถลดปริมาณเศษอลูมิเนียมแท่งขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากระบวนการตัดอลูมิเนียมแท่งลงได้เหลือ 16,058.57 หรือเฉลี่ย 2.06%

เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักของอลูมิเนียมแท่งที่ใช้ในแต่ละขนาดจากระบวนการตัดอลูมิเนียมแท่งแบบเดิมและจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสมและปริมาณเศษอลูมิเนียมขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากระบวนการตัดอลูมิเนียมแบบเดิมและที่เกิดจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสม สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 5. ปริมาณน้ำหนักของอลูมิเนียมแท่งที่ใช้จากรูปแบบการตัดอลูมิเนียมแท่งแบบเดิมและจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสม

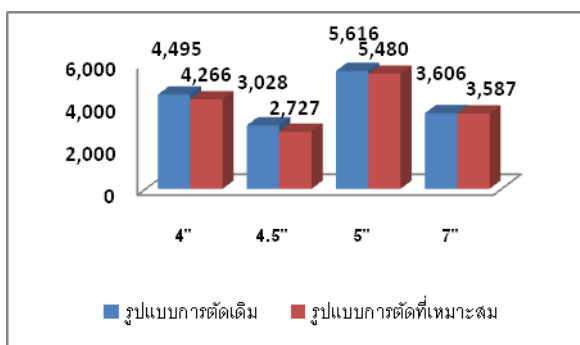
| Ø (นิ้ว) | น้ำหนัก (กิโลกรัม) | | ร้อยละที่ลดลง |
|----------|--------------------|------------------------|---------------|
| | รูปแบบการตัดเดิม | รูปแบบการตัดที่เหมาะสม | |
| 4 | 204,825.71 | 202,281.30 | 1.24 |
| 4.5 | 145,111.41 | 135,951.55 | 6.31 |
| 5 | 200,513.65 | 186,294.28 | 7.09 |
| 7 | 256,624.69 | 254,393.17 | 0.87 |
| รวม | 807,075.46 | 778,920.30 | เฉลี่ย 3.49 |



รูปที่ 2. กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของอลูมิเนียมแท่งที่ใช้จากระบวนการตัดอลูมิเนียมแท่งแบบเดิมและจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสม

ตารางที่ 6. ปริมาณน้ำหนักของเศษอลูมิเนียมที่เหลือจากรูปแบบการตัดอลูมิเนียมแท่งแบบเดิมและจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสม

| Ø (นิ้ว) | น้ำหนัก (กิโลกรัม) | | ร้อยละที่ลดลง |
|------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| | รูปแบบการตัดเดิม | รูปแบบการตัดที่เหมาะสม | |
| 4 | 4,495.51 | 4,265.63 | 5.11 |
| 4.5 | 3,028.35 | 2,726.62 | 9.96 |
| 5 | 5,615.97 | 5,479.54 | 2.43 |
| 7 | 3,606.02 | 3,586.78 | 0.53 |
| รวม | 16745.8481 | 16,058.57 | เฉลี่ย 4.10 |



รูปที่ 3. กราฟแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของเศษอลูมิเนียมแท่งที่เหลือจากกระบวนการตัดอลูมิเนียมแท่งแบบเดิมและจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสม

จากตารางที่ 5 และตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าการตัดอลูมิเนียมแท่งจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสมสามารถลดทั้งปริมาณ น้ำหนักของอลูมิเนียมแท่งขนาดมาตรฐานที่ใช้ และปริมาณเศษอลูมิเนียมแท่งขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากกระบวนการตัดอลูมิเนียมแท่งลงได้

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างรูปแบบการตัดอลูมิเนียมแท่งที่เหมาะสม มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการใช้ปริมาณอลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานอย่างคุ้มค่า ลดปริมาณเศษอลูมิเนียมขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดขึ้นจากกระบวนการตัดอลูมิเนียมแท่ง และลดต้นทุนการผลิต โดยการประยุกต์

เทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation) ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการคำนวณรูปแบบการตัดที่ดีที่สุดของกลุ่มปัญหา โดยสามารถลดการใช้อลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานลงได้ 3.49 % และลดเศษอลูมิเนียมที่เหลือจากกระบวนการตัดอลูมิเนียมแท่งลงได้ 4.10 % ทำให้เกิดการใช้อลูมิเนียมแท่งความยาวมาตรฐานได้อย่างคุ้มค่า และลดปริมาณเศษอลูมิเนียมขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดขึ้นอีกด้วย

บรรณานุกรม

- [1] Gilmore, P.C., Gomory, R.E., 1961, "A Linear Programming Approach to The Cutting Stock Problem," Operation Research, 9, 849-859.
- [2] Gilmore, P.C., Gomory, R.E., 1963, "A Linear Programming Approach to The Cutting Stock Problem," Operation Research, 9, 863-888..

การจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษาสายการผลิตแขนจับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

จuthamard โทบุรินทร์* และ บุษบา พุกษาพันธุ์รัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์วิจัยดีดีคลองหลวง ปทุมธานี 12120

E-mail: juthamard_th@hotmail.com*

บทคัดย่อ

จากการเติบโตที่รวดเร็วของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง ทำให้บริษัทที่เป็นกรณีศึกษาซึ่งเป็นผู้ผลิตแขนจับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รายใหญ่รายหนึ่งมีการขยายตัวมากขึ้น เนื่องจากมีคำสั่งซื้อจากลูกค้าเพิ่มขึ้น ตามความต้องการของตลาดที่มีแนวโน้มสูงขึ้น บริษัทจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบการผลิต พร้อมทั้งจัดการสายการผลิตให้มีความสมดุลเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการผลิตสูงสุด แต่เนื่องจากการจัดระบบกระบวนการผลิตในปัจจุบัน ยังไม่เหมาะสม จึงทำให้เกิดงานค้างคั่งสะสมในกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งมากเกินไป และการจัดสรรงานให้แก่พนักงานยังไม่เหมาะสมทำให้การใช้ประโยชน์ของพนักงานโดยรวมน้อย การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่อยู่ในกระบวนการผลิต และสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อวัดประสิทธิภาพโดยไม่จำเป็นต้องดำเนินการกับสายการผลิตจริง จัดสมดุลสายการผลิต และสร้างแบบจำลองภายหลังการปรับปรุง เพื่อลดปัญหาที่ทำให้เกิดสินค้าคงคลังระหว่างการผลิตในแต่ละกระบวนการให้น้อยที่สุด ซึ่งสามารถวัดค่าจากการวัดผลเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงได้ โดยผลการศึกษาคือ สามารถลดจำนวนพนักงานที่ใช้ในสายการผลิตลงได้ 18.75%, เพิ่ม

อัตราการผลิต (Productivity) 107.69%, เพิ่มอรรถประโยชน์ (Utilization) โดยเฉลี่ยของพนักงาน 29.01% และเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิต (Efficiency) 29.01% โดยเทียบกับปริมาณผลผลิตที่เท่ากัน **คำสำคัญ** การจัดสมดุลสายการผลิต, การเพิ่มประสิทธิภาพ, จัดระบบกระบวนการผลิต, แบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

1. บทนำ

เนื่องด้วยการเติบโตและการแข่งขันในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้เติบโตอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับความอยู่รอดของอุตสาหกรรมประเภทนี้ในปัจจุบันคือ การจัดการทรัพยากรแรงงาน และทุนหรืออุปกรณ์การผลิตที่เหมาะสม [1] เทคนิคการศึกษางาน และการจัดสมดุลสายการผลิต [2] เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการจัดสรรทรัพยากรสำหรับสายการผลิต ที่จะสามารถนำมาช่วยวิเคราะห์ และปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตได้ดียิ่งขึ้น

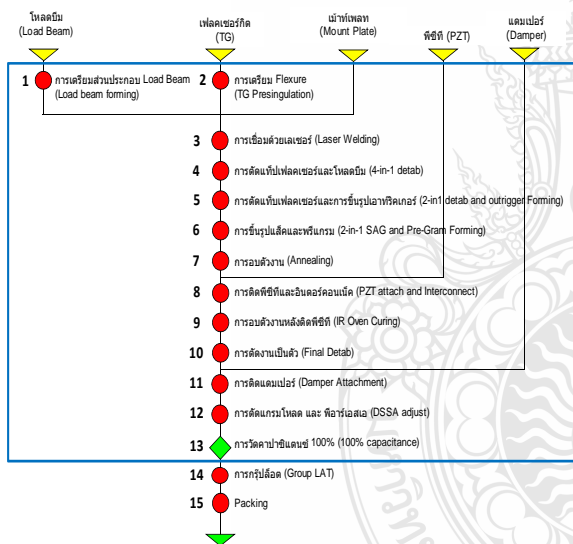
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสายการผลิตแขนจับหัวอ่านเขียนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยจะวิเคราะห์ปัญหาที่อยู่ในกระบวนการผลิต จากแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ [3] โดยใช้โปรแกรมโมเดล [4] ที่สามารถปรับเปลี่ยนสายการผลิตได้โดยง่าย โดยไม่จำเป็นต้องทำการปรับเปลี่ยนสายการผลิตจริง ซึ่งจำเป็นต้องใช้เวลา

และค่าดำเนินการสูง โดยจะทำการจัดการสมดุลสายการผลิตและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์หลังทำการปรับปรุง วัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาที่ทำให้เกิดสินค้าคงคลังระหว่างการผลิตในแต่ละกระบวนการให้น้อยที่สุด อีกทั้งมีการวางแผนทรัพยากรในการผลิตในด้านกำลังแรงงานคน และเครื่องจักร เพื่อเพิ่มอัตราการผลิต (Productivity) สูงสุดให้กับกระบวนการผลิต ทั้งนี้เพื่อให้สามารถรองรับคำสั่งซื้อจากลูกค้าที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

2. รายละเอียดสายการผลิตที่ทำการศึกษา

2.1 สายการผลิต

กระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่านเขียนชนิดดีเอสเอ สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. สายการผลิตแขนจับหัวอ่านเขียนชนิดดีเอสเอ

สำหรับสถานีงานที่ 14 และ 15 คือ การ Group Lot และ การ packing ในส่วนนี้จะไม่นำมาพิจารณาการจัดสมดุลสายการผลิต เนื่องจาก เป็นส่วนของการตรวจสอบแบบสุ่ม และไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสต์ไดรฟ์ จึงไม่ใช่ Bottleneck และไม่นำมาพิจารณารวมด้วย

2.2 การวิเคราะห์ปัญหาเบื้องต้น

1. อัตราผลผลิตด้านแรงงาน (Labor Productivity) คือ

$$\text{อัตราผลผลิต} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิต}}{\text{เวลาที่ใช้ผลิต (ชั่วโมง)} \times \text{จำนวนพนักงาน}} \quad (1)$$

ทั้งนี้ จากการสังเกตหน้างานจริงพบว่า จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้คือ 16,342 ชิ้นงานต่อวัน ใช้เวลาในการผลิตเท่ากับ 18.9 ชั่วโมงการทำงาน หรือ 1,134 นาที พนักงาน 2 กะ กะละ 32 คน อัตราผลผลิตที่ได้ คือ

$$\begin{aligned} \text{อัตราผลผลิต} &= \frac{16,342 \text{ ชิ้นต่อวัน}}{18.9 \text{ ชั่วโมง} \times 64 \text{ คน}} \\ &= 13.51 \sim 13 \text{ ชิ้น/ชั่วโมง/คน} \end{aligned}$$

2. อรรถประโยชน์ของพนักงาน (%Utilization) คือ

$$\%Utilization = \frac{\text{เวลาที่ใช้ในการทำงานจริง} * 100}{\text{เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด}} \quad (2)$$

เวลาที่พนักงานใช้ในการทำงานจริง คิดจากเวลามาตรฐานของแต่ละสถานี คูณด้วยจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ ดังนั้นจะได้ %Utilization of

$$\begin{aligned} \%Utilization &= \frac{\text{เวลามาตรฐาน} \times \text{จำนวนชิ้นงาน} \times 100}{\text{เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด}} \\ \%Utilization &= 49.49\% \end{aligned}$$

จากการคำนวณ %Utilization ทั้งหมดก่อนการปรับปรุง จะได้ %Utilization ของพนักงานในปัจจุบันเฉลี่ยเท่ากับ 49.49% และยังพบว่า %Utilization ของพนักงานในหลายสถานีต่ำเกินไป แสดงว่ามีการว่างงานเกิดขึ้น จึงควรปรับปรุงค่า %Utilization ให้สูงขึ้น

3. ประสิทธิภาพของสายการผลิต (Efficiency, E)

$$E = \frac{\sum_{i=1}^j t_i}{nC_a} \quad (4)$$

โดย t_i = เวลาของงานย่อย i

j = จำนวนงานย่อยทั้งหมด

n = จำนวนสถานีงาน

C_a = รอบเวลาจริง (เวลามากสุดในสายการผลิตที่ชิ้นงานแต่ละชิ้นจะทำการผลิตออกมา)

ประสิทธิภาพของสายการผลิตก่อนการปรับปรุงคือ

$$E = (1.069 + 1.034 + 4.112 + 1.3366 + 1.3366 + 0.777 + 2.994 + 0.735 + 2.785 + 3 + 4.1635 + 2.10865) / (13 \times 4.1635)$$

$$E = 0.4949$$

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 เทคนิคการปรับปรุงงานเพื่อการเพิ่มผลผลิต (ECRS) และการจัดสมดุลสายการผลิต

หลักการทั่วไปในการปรับปรุงงาน มีหลักใหญ่ๆ ที่ใช้โดยทั่วไป อยู่ 4 ประการ ดังนี้ [2]

1. การกำจัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็น (Eliminate)

งานหรือการปฏิบัติงานที่ไม่จำเป็น หมายถึง การสูญเสียของ แรงงาน เวลา วัสดุสิ้นของหรือเงินทุน ค่าใช้จ่ายที่นำมาลงทุนหรือดำเนินกิจการ

2. การรวมขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกัน (Combine)

ในกระบวนการผลิต ถ้าแบ่งขั้นตอนการผลิตหรือการปฏิบัติงานมากเกินไป จะทำให้ใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ การเคลื่อนย้ายวัสดุมากเกินความจำเป็น ก่อให้เกิดปัญหาอื่นตามมา เช่น การไม่สมดุลในหลายขั้นตอนของกระบวนการผลิต การทำงานเกิดความล่าช้าจึงจำเป็นต้องหาทางรวมขั้นตอน หรือส่วนของงานที่จำเป็นนั้นมารวมกันใหม่

3. การจัดขั้นตอนการทำงานใหม่ (Rearrange)

ในการผลิตสินค้าใหม่มักเริ่มต้นผลิตจำนวนน้อยก่อน เพราะเป็นขั้นทดลอง แต่เมื่อขยายกำลังการผลิต ปริมาณการผลิตจะเพิ่มขึ้นทีละน้อย หากลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานยังคงเหมือนเดิม มักเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาในเรื่องการเคลื่อนย้ายวัสดุ และการไหลของงานไม่สะดวก เพราะจำนวนผลิตเพิ่มขึ้นกว่าเดิม จำเป็นต้องจัดลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่

4. การปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify)

เป็นการปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานให้ง่ายขึ้น และมีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม เช่น งานที่มีขั้นตอนการปฏิบัติที่ยุ่งยากซับซ้อน เข้าใจยากก็ต้องการหาทางทำให้ง่ายขึ้น หาทางใช้เครื่องผ่อนแรง หรือเครื่องมือ เครื่องจักรที่ทันสมัย และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน

จากทฤษฎีในเรื่องของการจัดสมดุลสายการผลิต [2]

สามารถคำนวณหาสถานีการทำงานที่เหมาะสม ไม่ให้มากเกินไปหรือน้อยเกินไปได้ จากการคำนวณหาจำนวนสถานีที่เหมาะสมดังสมการ

$$N = \frac{\sum_{m=1}^n t_m}{C_d} \quad (5)$$

กำหนดให้

t_m = เวลามาตรฐานของแต่ละสถานีงาน m

n = จำนวนสถานีงานทั้งหมด

C_d = รอบเวลาที่กำหนด (Cycle Time)

3.2 การจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์สามารถช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาและปรับปรุงสายการผลิต ซึ่งมีข้อดีคือช่วยให้สามารถมองเห็นปัญหาได้ชัดเจน และสามารถทำการปรับปรุงได้หลายครั้งโดยไม่จำเป็นต้องเข้าไปเปลี่ยนแปลงสายการประกอบจริง และใช้เวลาไม่มากในการแสดงผลขั้นตอนของการจำลองสถานการณ์มีดังต่อไปนี้ [3]-[5]

1. กำหนดเป้าหมาย ขอบเขต และข้อจำกัดต่างๆ

2. การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิต

3. การสร้างแบบจำลอง

4. การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

5. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

6. ทำการทดลอง ประเมิน และวิเคราะห์ผล

7. สรุปผลการทดลองเพื่อการตัดสินใจ

4. ผลการจำลองสถานการณ์และการวิเคราะห์

4.1 การปรับปรุงงานและการจัดสมดุลสายการผลิต

จากข้อมูลปัจจุบันสามารถคำนวณหาจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุดได้ ดังนี้

$$N = (1.069 + 1.034 + 4.112 + 1.3366 + 1.3366 + 0.777 + 2.994 + 0.735 + 2.785 + 3 + 4.1635 + 2.10865) / 3.4$$

$$N = 7.486 \sim 7$$

จะเห็นได้ว่า จำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุดที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่า จำนวนสถานีงานปัจจุบัน จึงควรปรับลดจำนวนสถานีงานลง เหลือเพียง 7 สถานีเท่านั้น ซึ่งสามารถปรับปรุงตามหลัก ECRS ได้ดังนี้

1. การกำจัด (Eliminate) งานที่ไม่จำเป็นออก

- กระบวนการหลัก สถานีที่ 9 สามารถตัดออกจากกระบวนการได้ โดยใช้ผลของกระบวนการที่ 8

- กระบวนการหลัก สถานีที่ 4-6 มีการทำงานที่ซ้ำซ้อนกันอยู่ ซึ่งสามารถกำจัดงานที่ซ้ำซ้อนเหล่านี้ไปได้

- เพิ่มพนักงาน 1 คนที่สถานีย่อยที่ 17 และ 18 ในกระบวนการเชื่อมด้วยเลเซอร์ หรือ สถานีหลักที่ 3

- เพิ่มพนักงานในสถานีที่ 11 เป็น 3 คน เพื่อลดการว่างงานของเครื่อง

- เพิ่มพนักงานในสถานีย่อยที่ 33 และ 34 เนื่องจากเครื่องทำงานเร็วกว่าการตรวจสอบและโหลดงานออก

- เพิ่มพนักงาน 1 คนใน สถานี Damper attachment

- เพิ่ม machine และพนักงานใน สถานี DSSA

2. การรวมงานหลายส่วนเข้าด้วยกัน (Combine)

- กระบวนการหลัก สถานีที่ 4-6 เครื่องจักรเป็นเครื่องจักรประเภทเดียวกัน

- กระบวนการหลักที่ 4-6 ยังสามารถรวมกับ สถานี Annealing ได้อีก 1 สถานี

- กระบวนการหลัก สถานีที่ 1 และ 2 เป็นกระบวนการที่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับการกระบวนการใด

- รวมกระบวนการ PZT Attach และ Final Detab

3. การปรับปรุงการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify)

- ปรับปรุงการทำงานของพนักงานกระบวนการหลัก สถานีที่ 3 การเชื่อมด้วยเลเซอร์ โดยการใช้ Handling Tool ในการโหลดงานลง Boat ได้ครั้งละ 10

หลังการปรับปรุงสามารถคำนวณประสิทธิภาพของสายการผลิตได้ดังนี้

$$E = 1.068 + 2.01 + 2.11 + 2.55 + 2.25 + 2.08 + 2.10 / (7 \times 2.55)$$

$$E = 0.7941$$

4.2 การจำลองสายการผลิตปัจจุบัน

กำหนดข้อจำกัดของการจำลองสถานการณ์ไว้ดังนี้ คือ

1. กำหนดให้พนักงาน และเครื่องจักรประเภทเดียวกัน มีความสามารถในการผลิตที่ไม่แตกต่างกัน

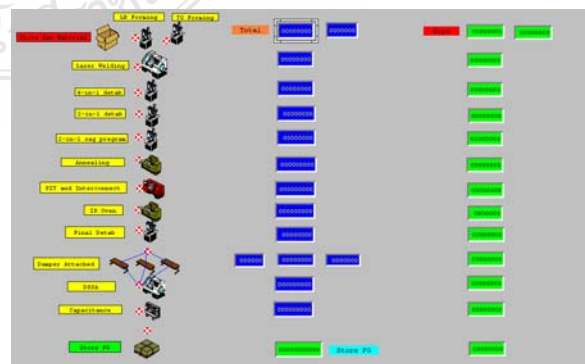
2. กำหนดให้พนักงานทุกคนเริ่มปฏิบัติงานพร้อมกัน โดยส่วนประกอบในแต่ละส่วนได้มีการจัดเตรียมไว้ล่วงหน้าเพื่อพร้อมสำหรับการประกอบเข้าด้วยกัน

3. เวลาที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ คือ 2 รอบการผลิต หรือ 2 รอบกะของการผลิต หรือชั่วโมงการปฏิบัติงานทั้งหมด 18.9 ชั่วโมง

4. ไม่พบงานเสียระหว่างกระบวนการผลิต

5. %Yield ของแต่ละสายการผลิตเท่ากับ 100%

6. ระยะห่างระหว่างเครื่องจักร หรือสถานีงานมีน้อยมาก ซึ่งพนักงานสามารถเอื้อม หรือหันตัวเพื่อปฏิบัติงานได้ จึงไม่ได้นำมาคิดคำนวณด้วย โดยคำนวณเวลาการทำงานจากเวลาที่คำนวณได้



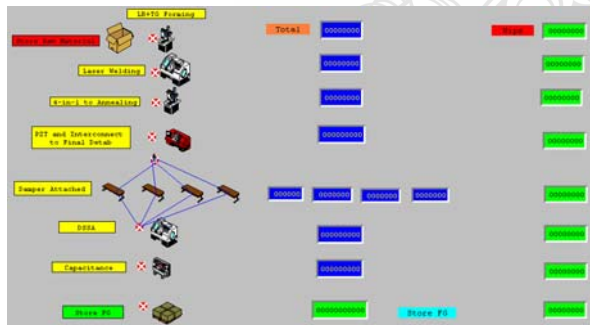
รูปที่ 2. การจำลองสถานการณ์ในปัจจุบัน

ข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์เป็นข้อมูลเวลามาตรฐานที่ได้มีการทดสอบการกระจายด้วยโปรแกรม Stat Fit ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ก่อนนำไปจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม Promodel โดยแบบจำลองปัจจุบันแสดงได้ดังรูปที่ 2 และได้มีการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมและแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งพบว่ามีการผลิตที่เหมือนจริงและมีความเชื่อถือได้ไม่น้อยกว่า 95%

ตารางที่ 1. การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

| ความถูกต้องของโปรแกรม จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น) | เวลาที่ใช้ในการผลิต จากการคำนวณ (นาที) | เวลาที่ใช้ในการผลิต จากโปรแกรม (นาที) |
|---|--|---|
| 8,171 | 567 | 567 |
| 16,342 | 1,134 | 1,134 |
| 32,684 | 2,268 | 2,268 |
| 65,368 | 4,536 | 4,537 |
| 130,736 | 9,072 | 9,074 |
| 261,472 | 18,144 | 18,146 |

4.3 สายการผลิตที่ทำการปรับปรุง



รูปที่ 3. การจำลองสถานการณ์หลังปรับปรุง

เมื่อทำการปรับปรุงงานและลดจำนวนสถานีงานลงจะได้แบบจำลองดังรูปที่ 3 ทำการจำลองออกเป็น 4 รูปแบบคือ ก่อนการปรับปรุง ปรับปรุงที่ระดับการผลิตเท่าเดิม ที่ระดับการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 20,000 ชิ้นต่อวัน ที่ระดับการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 26,668 ชิ้นต่อวัน โดยทำการ run ผลของแบบจำลองทั้งหมด 30 รอบ (replication) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. จำนวนชิ้นงานที่ผลิตตามระดับคำสั่งซื้อ และจำนวนพนักงานพร้อมประสิทธิภาพที่ใช้ในสายการผลิต

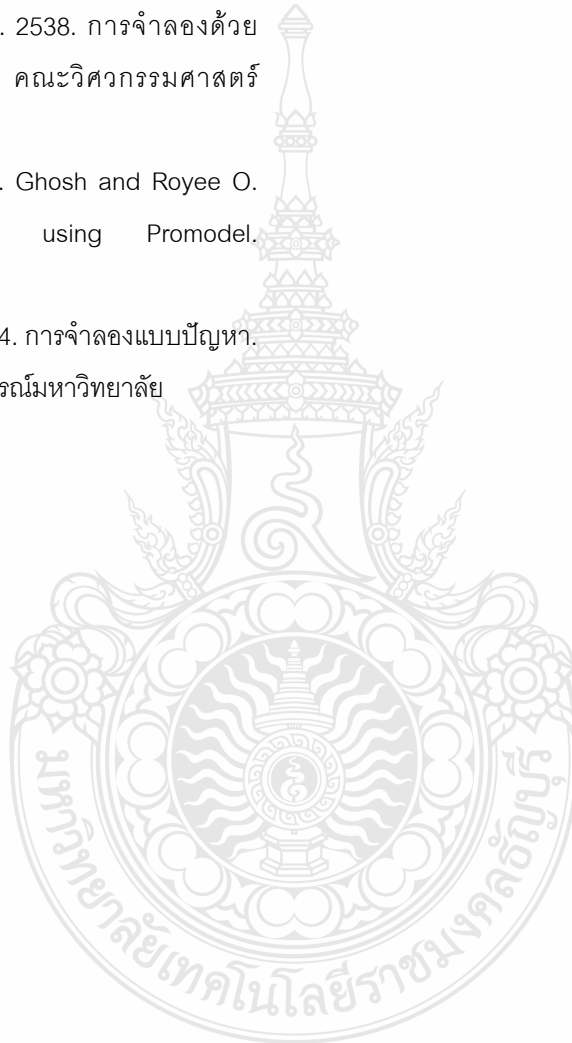
| กรณี | ปริมาณการผลิต (ชิ้น) | จำนวนพนักงาน (คน) | เวลาที่ใช้ (นาที) | Labor Productivity ชิ้นต่อคนต่อ ชั่วโมง | %Utilization เฉลี่ย |
|-----------------|-------------------------|----------------------|----------------------|--|------------------------|
| ก่อนการปรับปรุง | 16,342 | 64 | 1,134 | 13 | 50.39 |
| หลังการปรับปรุง | 16,342 | 52 | 695 | 27 | 79.40 |
| | 20,000 | | 851 | 27 | 79.40 |
| | 26,668 | | 1,134 | 27 | 79.41 |

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสายการผลิตผลิตภัณฑ์แขนจับหัวอ่านเขียนชนิดดีเอสเอในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยการศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิต และการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Promodel ในการจำลองสถานการณ์ โดยมุ่งเน้นการวางแผนการใช้ทรัพยากรการผลิต เพื่อลดการสูญเสีย การใช้ทรัพยากรที่ไม่มีประสิทธิภาพ และเพิ่มอัตราผลิตผล เพื่อรองรับคำสั่งซื้อของลูกค้าที่มากขึ้นในอนาคต หลังจากปรับปรุงโดยใช้หลักการ ECRS และการจัดสมดุลสายการผลิตแล้วพบว่าสามารถลดสถานีงานลงจาก 13 สถานีเป็น 7 สถานี และ ลดจำนวนพนักงานลงจาก 32 คนต่อกะต่อสายการผลิตเป็น 26 คนต่อกะต่อสายการผลิต โดยมีประสิทธิภาพของสายการผลิตดีขึ้นจาก 49.49% เป็น 79.40% นอกจากนี้สายการผลิตที่ปรับปรุงยังสามารถรองรับการปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นได้ถึง 26,668 ชิ้นงานต่อวัน (เพิ่มจากเดิม 63.19%) เพิ่มอัตราการผลิต (Productivity) 107.69%, เพิ่มอรรถประโยชน์ (Utilization) โดยเฉลี่ยของพนักงาน 29.01%

เอกสารอ้างอิง

- [1] โกศล ดีศีลธรรม. 2547. เพิ่มศักยภาพการแข่งขันด้วยแนวคิดลีน. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- [2] วันชัย วิจิรวินช. 2548. การศึกษาการทำงาน หลักการ และกรณีศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] สวงน ตั้งโพธิธรรม. 2538. การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์. สงขลา : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [4] Charles Harrell, Biman K. Ghosh and Royee O. Bowden. 2004. Simulation using Promodel. Singapore: McGraw Hill.
- [5] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. 2544. การจำลองแบบปัญหา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



การใช้ระบบคัมบังในการแก้ปัญหาการขนถ่าย ในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

วัฒน์ชาติ ศิริวัช¹, สวัสดิ์ ศรีเจริญ², เจริญ สุนทรวาณิช³

¹บริษัท เวสเทิร์นดิжитอล (ประเทศไทย) จำกัด

²วิศวกร Productivity Center โรงพยาบาลบางปะกอก9

³ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถ.ประชาธิปไตย บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

E-mail: charoen.soon@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการรายงานผลการศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับผู้ผลิต โดยเริ่มต้นจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีเวลานำที่แน่นอน โดยนำระบบคัมบังมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นเครื่องมือสื่อสารที่ใช้ในการส่งสัญญาณสำหรับการเดินขึ้นงานระหว่างแผนก โดยได้เลือกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว ความจุ 160GB 250GB 320GB เป็นขึ้นงานกรณีศึกษา โดยเริ่มศึกษาตั้งแต่แผนกประกอบ PCBA มาถึงสถานที่พักขึ้นงาน (Supermarket) ซึ่งจากการเก็บข้อมูลพบว่า ปัญหาที่ควรรับนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนคือ เวลาระหว่างการมาของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่รอการทดสอบบริเวณหน้าเครื่องทดสอบมีปริมาณไม่สอดคล้องกับความต้องการ โดยหลังจากที่นำระบบคัมบังมาประยุกต์ใช้ผลที่เกิดขึ้นคือ สามารถทำให้เวลานำที่ใช้ในการเดินฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จากเดิมที่ไม่แน่นอนกลายเป็นแบบมีเวลานำที่แน่นอนและสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าคือ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้ว ความจุ 160GB 250GB 320GB มีเวลานำในการเดินฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เท่ากับ 0.40 วัน 0.46 วัน และ 0.80 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ เวลารำในการเดินขึ้นงาน, ความสูญเสียเปล่า, คัมบัง, ขึ้นงานระหว่างกระบวนการทดสอบ, กระดานคัมบัง

1. บทนำ

ผู้ที่อยู่ในธุรกิจและอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันที่สูง จำเป็นต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมในการแข่งขัน เพื่อที่จะสามารถดำเนินกิจการนั้นต่อไปได้ ด้วยการมีศักยภาพเหนือกว่าคู่แข่งทั้งในด้านคุณภาพ ต้นทุน และการส่งมอบได้ทันเวลา [1] ซึ่งสามารถทำได้โดยการพัฒนากระบวนการผลิต ทั้งนี้เพราะว่าในกระบวนการผลิตนั้น ส่วนมากแล้วจะมีความสูญเสียเปล่าที่แอบแฝงอยู่ ซึ่งสามารถจำแนกความสูญเสียเปล่าออกมาได้ 7 ประเภท (7 Waste) [2] ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้กระบวนการผลิตไร้ประสิทธิภาพและมีต้นทุนสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่องค์กรควรจัดความสูญเสียเปล่านั้นออกไป โดยอาศัยแนวคิดแบบลีน [3]

1.1 สภาพปัจจุบันของปัญหา

สถานที่ทำการวิจัยเป็นแผนกตรวจสอบของโรงงานผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แห่งหนึ่ง และจากการสำรวจความสูญเสียเปล่า ได้พบว่า ปัจจุบันการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว ใช้เครื่องทดสอบรุ่นใหม่ จึงทำให้ระบบการจัดการในด้านต่างๆยังไม่ลงตัว ส่งผลให้ความสูญเสียเปล่า

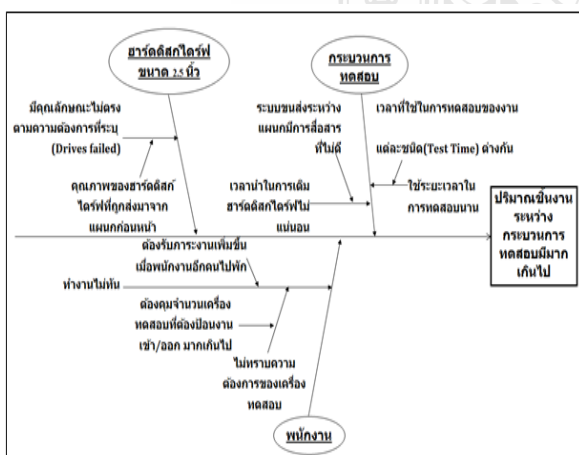
ที่แอบแฝงอยู่ในกระบวนการมีเป็นจำนวนมากเช่น การส่งชิ้นงานจากแผนกก่อนหน้าทั้งที่ยังไม่มีความต้องการเกิดขึ้น ชิ้นงานระหว่างกระบวนการทดสอบในแต่ละบริเวณมีจำนวนมาก จำนวนพนักงานควบคุม และพนักงานจัดส่งชิ้นงานบางบริเวณไม่เพียงพอต่อความต้องการ เป็นต้น

1.2 การควบคุมกระบวนการทดสอบของฮาร์ดดิสก์-ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว ความจุ 160GB 250GB 320GB

กระบวนการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว จะสามารถจำแนกบริเวณการควบคุมของกระบวนการทดสอบได้ดังนี้คือ ห้องสะอาด (Clean Room) แผนกประกอบ PCBA บริเวณหน้าลิฟต์เฟส 1 สถานที่พักชิ้นงาน (Supermarket) และ บริเวณเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว

1.3 การระบุปัญหา

ผลจากการสำรวจปัญหาในการควบคุมกระบวนการทดสอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว พบว่าปัญหาที่สำคัญคือ ปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการทดสอบมีมากเกินไป ซึ่งสามารถอาศัยเครื่องมือที่เรียกว่า แผนภาพก้างปลา มาเป็นตัวช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 1 จากนั้นใช้



รูปที่ 1. การวิเคราะห์หาสาเหตุของปริมาณงานระหว่างทำ

หลักเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อเลือกสาเหตุที่สำคัญมาทำการปรับปรุง ซึ่งพบว่า ระบบขนส่งระหว่างแผนกมีการ

สื่อสารที่ไม่ดีเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญมากที่สุดเนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อเกิดการเกิดความสูญเปล่าในหลายด้าน เช่น ความสูญเปล่าจากการขนส่ง (Transportation) ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวโดยไม่จำเป็น (Motion) ความสูญเปล่าจากการว่างงาน (Waiting/Idle time) เป็นต้น ดังนั้นจึงได้ทำการเลือกสาเหตุจากการมีระบบการขนส่งที่ไม่มีประสิทธิภาพมาทำการปรับปรุง และดำเนินการแก้ไขก่อนเป็นลำดับแรก

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะการควบคุมกระบวนการทดสอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว ความจุ 160GB 250GB และ 320GB ซึ่งเป็นงานหลักที่มีการผลิตจำนวนมาก และมีการผลิตอย่างต่อเนื่อง

2. การสำรวจงานวิจัย

จากการสำรวจปัญหาตามที่กล่าวมา พบว่ามีความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นแอบแฝงอยู่ ซึ่งความสูญเปล่าแต่ละชนิดมีความสำคัญไม่เท่ากัน ถึงอย่างไรก็ตามความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นนั้นได้มีผู้ทำการศึกษา และ ปรับปรุงด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น การนำระบบคัมบังมาประยุกต์ใช้เพื่อลดความสูญเปล่าของการมีปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิตมากเกินไป โดยหลังจากการนำระบบคัมบังมาประยุกต์ใช้ทำให้ระบบการผลิตเดิมกลายเป็นระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี จึงส่งผลให้ลดปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตลงจากเดิมได้มาก [4] อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการนำระบบคัมบังมาประยุกต์ใช้ โดยทำการปรับเรียบกระบวนการผลิตก่อนที่จะนำคัมบังไปประยุกต์ใช้ ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณการผลิตที่สม่ำเสมอ และสามารถทำให้การทำงานของระบบคัมบังมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น [5] นอกจากนี้ความสูญเปล่าที่มีผลต่อกระบวนการผลิตแล้วนั้น เวลานั้นก็มีความสำคัญเช่นกัน เพราะจะทำให้ส่งมอบงานได้ทันตามความต้องการของลูกค้า และ จากการศึกษาพบว่า การนำระบบคัมบังมาประยุกต์ใช้จะทำให้เวลานำลดลง และสามารถส่งงานได้ทันกำหนดตามที่ลูกค้าต้องการ [6]

3. การปรับปรุงแก้ไข

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลของปัญหา

1) เวลาที่ใช้ในการตัดแยกชิ้นงานลงบนแพลตฟอร์ม บริเวณหน้าลิฟต์เฟส 1 จากการสุ่มเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 วัน โดยจำแนกออกตามกะงาน สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการตัดแยกชิ้นงาน

| กะงาน | เวลาในการตัดแยกชิ้นงาน (วินาที) | |
|-------|------------------------------------|-----------|
| | ค่าเฉลี่ย | การกระจาย |
| A | 61.000 | 7.902 |
| B | 74.733 | 7.275 |
| C | 77.143 | 13.615 |

2) ปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการทดสอบทั้งก่อนและหลังเข้าเครื่องทดสอบ ณ บริเวณหน้าเครื่องทดสอบ จากการสุ่มเก็บข้อมูลใน 11 วัน และทำการสุ่มเก็บข้อมูลจากเครื่องทดสอบ 4 เครื่อง จากทั้งหมด 40 เครื่อง ซึ่งสามารถแสดงผลการรวบรวมข้อมูลได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการทดสอบทั้งก่อนและหลังเข้าเครื่องทดสอบ

| หมายเลขเครื่อง ทดสอบ | ปริมาณชิ้นงานระหว่าง กระบวนการทดสอบโดยเฉลี่ย บริเวณหน้าเครื่องทดสอบ (ภาชนะบรรจุ) | |
|-------------------------|---|------------------|
| | ก่อนเข้า ทดสอบ | หลังการ ทดสอบ |
| 1 | 1.08 | 2.24 |
| 2 | 1.05 | 2.25 |
| 3 | 1.14 | 1.29 |
| 4 | 1.00 | 1.11 |

3) ข้อมูลด้านเวลาระหว่างการออกของชิ้นงานจากเครื่องทดสอบ จากการสุ่มเก็บข้อมูลใน 8 วัน และการสุ่มเก็บข้อมูลจากเครื่องทดสอบ 4 เครื่อง จากทั้งหมด 40 เครื่อง สามารถแสดงค่าได้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. ข้อมูลด้านเวลาระหว่างการออกของชิ้นงาน

| หมายเลข เครื่องทดสอบ | ช่วงเวลาระหว่างการออกของ ชิ้นงานจากเครื่องทดสอบโดย เฉลี่ย (นาทิจ) |
|-------------------------|---|
| 1 | 13.293-18.105 |
| 2 | 12.933-17.539 |
| 3 | 12.352-20.164 |
| 4 | 12.933-20.819 |

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากข้อมูลของปัญหาจากข้อ 3.1 ต่อมาเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยสามารถอธิบายประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1) เวลาที่ใช้ในการตัดแยกชิ้นงานในแต่ละกะงานไม่เท่ากันและมีความผันแปรสูงที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า งานที่ถูกส่งมาจากแผนกก่อนหน้ามีชนิดของงานปะปนกัน ทำให้พนักงานต้องใช้เวลาในการตัดแยกแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับปริมาณความหลากหลายของชนิดงานที่ถูกส่งมา ด้วยเหตุนี้จึงมีความสูญเสียจากการเคลื่อนไหวโดยไม่จำเป็นเกิดขึ้น

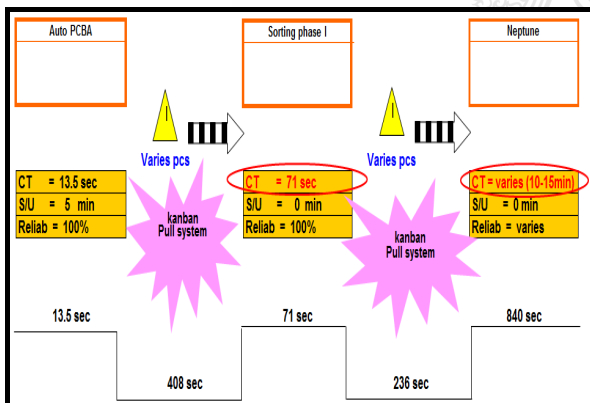
2) มีปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการทดสอบมากเกินไปในบริเวณหน้าเครื่องทดสอบทั้งก่อนเข้าเครื่องทดสอบและหลังจากการทดสอบ เนื่องจากเครื่องทดสอบมีความต้องการงานที่มีรูปแบบไม่แน่นอนทำให้ต้องมีชิ้นงานสำรองไว้จำนวนหนึ่งเพื่อป้องกันการขาดงานของเครื่องทดสอบ และอีกประการหนึ่งคือ มีการติดต่อสื่อสารระหว่างแผนกที่ไม่ดีสำหรับขั้นตอนการเติมงาน เช่น เครื่องทดสอบไม่มีความต้องการงานแต่พนักงานจัดส่งชิ้นงานนำชิ้นงานจากสถานที่พักชิ้นงาน (Supermarket) มาเติม จึงทำให้ปริมาณชิ้นงานหน้าเครื่องทดสอบมีมากเกินไป

จำเป็น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดความสูญเสียเปล่าจากการมีสินค้าคงคลัง และความสูญเสียเปล่าจากการขนส่งที่ไม่จำเป็น

3) เวลาระหว่างงานออกมีความผันแปรที่เป็นเช่นนี้ เพราะว่า ในเครื่องทดสอบมีการป้อนงานที่ปะปนกันหลายรุ่นซึ่งแต่ละรุ่นมีเวลาในการทดสอบต่างกัน จึงทำให้เครื่องทดสอบไม่มีรูปแบบสำหรับเวลาการออกของชิ้นงานที่แน่นอน และในบางครั้งเครื่องทดสอบไม่มีงานป้อนเข้าอันเนื่องมาจากการขาดแคลนงานจากกระบวนการก่อนหน้า ทำให้ไม่สามารถนำงานมาเติมให้ได้ทันนั้น จึงส่งผลให้เครื่องทดสอบเกิดการว่างงานซึ่งเป็นความสูญเสียเปล่าจากการว่างงาน เกิดขึ้น และยังส่งผลให้เครื่องทดสอบต้องใช้เวลาในการปรับตัวให้เข้าสู่สภาวะสมดุลใหม่อยู่ตลอดเวลา

4. การดำเนินการแก้ไข

จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลดังที่ได้กล่าวมาในหัวข้อที่ 3 ทำให้สามารถกำหนดแนวทางในการปรับปรุงผ่านแผนภาพสายธารคุณค่า [7] ตามที่แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. การกำหนดแนวทางการปรับปรุงผ่านแผนภาพสายธารคุณค่า

โดยจากแผนภาพสายธารคุณค่าในรูปที่ 2 สามารถใช้แนวทางกำจัดความสูญเสียเปล่าที่เกิดขึ้นได้โดยการเปลี่ยนจากการควบคุมกระบวนการทดสอบที่เป็นแบบผลึกมาเป็นแบบดิ่ง โดยใช้เครื่องมือของสินค้านั้นคือ คัมบัง (Kanban) [1], [2], [8] มาเป็นตัวควบคุมในการสื่อสารระหว่างแผนก

ที่อาศัยหลักการการควบคุมทางสายตาเพื่อให้ระบบการขนส่งชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4.1 การคำนวณ Kanban Lot Size

การคำนวณหา Kanban Lot Size [9] ของแต่ละสายการผลิต (ตามความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์) สามารถยกตัวอย่างผลการคำนวณของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 160GB ได้ตามตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4. เปรียบเทียบแผนความต้องการจริงในแต่ละวันกับแผนการควบคุมชิ้นงานที่ต้องทดสอบ

| ABC 160 GB | Jul-53 | | | | | |
|---------------------------------|--------|-------|------|-------|------|-------|
| | 8 | | 9 | | 10 | |
| | Day | Night | Day | Night | Day | Night |
| Gross requirements (long term) | 1000 | 2000 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 |
| Gross requirements (short term) | 1000 | 2000 | 1500 | 1500 | 4500 | 4500 |
| Actual requirements | 1000 | 2000 | 1500 | 4200 | 4500 | 4500 |
| All day requirements | 3000 | | 5700 | | 9000 | |
| Project on-hand | | | | | | |
| Net requirement | | | | | | |
| Planned order release | 7400 | | 7400 | | 7400 | |

จากตารางที่ 4 พบว่าเมื่อทำการผลิตเป็นแบบดิ่งโดยใช้เกณฑ์ของ Kanban Lot Size จะทำให้แผนการควบคุมชิ้นงานในการทดสอบมีเสถียรภาพและมีความผันแปรน้อยกว่าเดิม โดยสามารถเปรียบเทียบได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนคือ แผนการผลิตแบบผลึก (แบบเดิม) มีค่าเท่ากับ 0.728 แต่เมื่อใช้แผนการผลิตแบบดิ่ง (Kanban Lot Size) มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนลดลงเป็น 0.356

4.2 การคำนวณหาปริมาณบัตรคัมบัง

กำหนดให้

N_k = จำนวนบัตรคัมบัง

d = ปริมาณการผลิตต่อวัน

L_t = เวลารนำ(วัน)

L_s = เวลาเพื่อระยะปลอดภัย(วัน)

C = ความจุของภาชนะ(ชิ้น)

จำนวนบัตรคัมบังสามารถหาได้ดังต่อไปนี้

$$N_k = \frac{d(L_t + L_s)}{C} \quad (1)$$

ตัวอย่าง : คัมบังเบิกชนิด 160 GB

$$= \frac{10750 \times (0.4 + 0.2883)}{50} = 148 \text{ ใบ}$$

คัมบังผลิตชนิด 160 GB

$$= \frac{10750 \times (0.4 + 0.2883)}{2400} = 4 \text{ ใบ}$$

4.3 การคำนวณหาปริมาณชิ้นงานที่จะต้องมาเติมเมื่อเครื่องทดสอบอยู่ในสภาวะเข้าสู่คงตัว (Steady State)

จากหลักการของ Little's Law [10] สามารถทำให้หาอัตราการเติมชิ้นงานในสภาวะดังกล่าวได้ดังนี้

$$\text{Work In Process} = \text{Throughput} \times \text{Cycle Time} \quad (2)$$

โดยสามารถแสดงการคำนวณได้ดังนี้

ตัวอย่างการคำนวณของความจุ 160 GB:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{work in process(ก.)}}{\text{cycle time(ชั่วโมง)}} = \frac{4359}{31.47}$$

ดังนั้น Throughput = 139 ตัวต่อชั่วโมง (3 ภาชนะบรรจุ)

ผลจากการคำนวณตามวิธีข้างต้นอธิบายได้ว่า เมื่อมีการป้อนชิ้นงานเข้าสู่เครื่องทดสอบอย่างต่อเนื่องจนกระบวนการเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady State) หลังจากนั้นในการเติมชิ้นงานทุกๆ 1 ชั่วโมง พนักงานจัดส่งชิ้นงาน

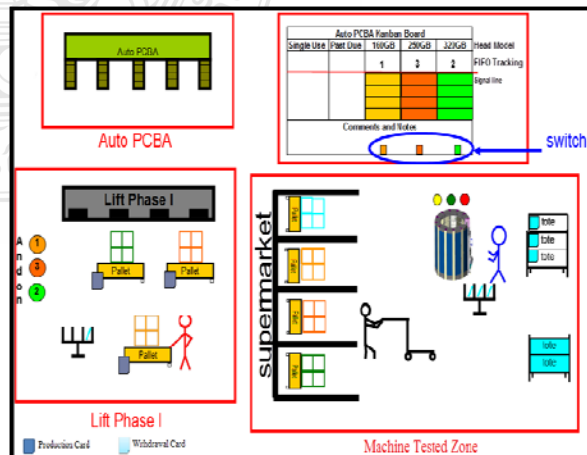
หยิบภาชนะที่บรรจุชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้วมาเติม 3 ภาชนะ ก็มีความเพียงพอต่อความต้องการของเครื่องทดสอบ

4.4 การประยุกต์ใช้บัตรคัมบังกับหน่วยงานจริง

จากผลการคำนวณตั้งแต่ข้อ 4.1 ถึง 4.3 ทำให้มีข้อมูลที่สามารนำไปใช้ในเชิงการจัดการได้ ซึ่งนำไปสู่การออกแบบลักษณะทางกายภาพและหลักการการทำงานของระบบคัมบัง (รายละเอียดของบัตรคัมบังสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3) ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการทดสอบ ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ตามรูปที่ 4

| คัมบังผลิต (Production - ordering Card) | | คัมบังเบิก (Withdrawal Card) | |
|---|-------------------|------------------------------|--------------------|
| กระบวนกรก่อนหน้า: | กระบวนกรปัจจุบัน: | จาก: | ไปยัง: |
| Auto PCBA | ลิฟต์เฟส 1 | ลิฟต์เฟส 1 | Supermarket |
| ผลิตภัณฑ์: | ความจุ: | สถานีต้นทาง: | สถานีปลายทาง: |
| ABC | 160 GB | Auto PCBA | เครื่องทดสอบ |
| หมายเลขชิ้นงาน (Model): | | ผลิตภัณฑ์: | ความจุ: |
| | | ABC | 160 GB |
| จำนวนบรรจุ: | ประเภทของภาชนะ: | หมายเลขชิ้นงาน (Model): | |
| 2400 ตัว | Pallet | สถานที่จัดเก็บ: | หมายเลขบัตรคัมบัง: |
| | | SM 160 GB | 1/48 |
| | | ประเภทของภาชนะ: | ความจุของภาชนะ: |
| | | tote | 50 ตัว |
| หมายเหตุ: | | หมายเหตุ: | |

รูปที่ 3. ลักษณะของบัตรคัมบังเบิกและบัตรคัมบังผลิตที่กระบวนการทดสอบ



รูปที่ 4. การประยุกต์ระบบคัมบังเข้ากับการควบคุมกระบวนการทดสอบขนาด 2.5 นิ้ว

โดยเป็นการแสดงภาพรวมในการประยุกต์ใช้คัมบังเข้ากับ การควบคุมกระบวนการทดสอบได้ดังนี้

- ระบบคัมบังจะเริ่มทำงานเมื่อลูกค้าคนสุดท้าย (เครื่องทดสอบ) ดึงชิ้นงานออกจากระบบ

- บัตรคัมบังเบิกที่ติดอยู่กับภาชนะบรรจุจะถูกวางลง ที่กล่องคัมบัง เพื่อเป็นการส่งสัญญาณ (First In – First Out: FIFO) ให้พนักงานจัดส่งชิ้นงานนำมาเติมในส่วน ที่ถูกดึงออกไป

- บัตรคัมบังเบิกจะถูกเก็บจากกล่องคัมบังไปวางไว้ที่ กระดานคัมบังตามตำแหน่งของชนิดบัตรนั้นๆ เพื่อทำการ สะสมบัตรคัมบังจนครบตามจำนวนที่ได้กำหนดไว้ หลังจากที่ยังบัตรคัมบังลงในกระดานคัมบังแล้วพนักงาน จัดส่งชิ้นงานจะมาหยิบภาชนะบรรจุชิ้นงานตามชนิดและ ตามจำนวนที่ระบุอยู่บนบัตรคัมบังเบิก เพื่อนำกลับไปวาง ไว้ที่ชั้นวางงานหน้าเครื่องทดสอบดังเดิม

- หากบัตรคัมบังเบิกสะสมขึ้นมาจนชนเส้นกำกับ พนักงานจัดส่งชิ้นงานต้องวางหมายเลขลำดับการจัดส่ง ชิ้นงานตามลำดับโดยอาศัยหลักการเข้าก่อน-ออกก่อน (First In – First Out: FIFO) วางลงบนหัวตารางของงาน ชนิดนั้น จากนั้นทำการกดปุ่มสัญญาณไฟแดงเพื่อแจ้ง ให้กับกระบวนการก่อนหน้าทราบนั่นคือ แผนกหน้าลิฟต์ เฟส 1 เพื่อให้แผนกดังกล่าวทำการจัดส่งชิ้นงานตามลำดับ และชนิดของงานที่แสดงอยู่บนสัญญาณไฟ โดยที่ชิ้นงาน จะถูกบรรจุอยู่บนแพลตฟอร์มและจะถูกส่งมาวางไว้ในสถานที่ พักชิ้นงาน (Supermarket)

- ก่อนที่พนักงานจัดส่งชิ้นงานหน้าลิฟต์เฟส 1 จะทำ การลากแพลตฟอร์มที่มีงานบรรจุอยู่มาวางไว้ที่สถานที่พัก ชิ้นงาน (Supermarket) พนักงานจัดส่งคนดังกล่าวต้อง หยิบบัตรคัมบังผลิตที่ติดอยู่บนหน้าแพลตฟอร์มไปวางไว้ที่ กล่องคัมบัง เพื่อเป็นการส่งสัญญาณ (First In – First Out: FIFO) ไปให้กับแผนกประกอบ PCBA ทำการเติมชิ้นงาน ลงมาแทนที่ชิ้นงานที่ถูกดึงออกไป

- เมื่อพนักงานจัดส่งชิ้นงานหน้าลิฟต์เฟส 1 ลากแพล ตฟอร์มมาวางไว้ที่สถานที่พักชิ้นงาน (Supermarket) เรียบร้อยแล้ว ก่อนจะเดินกลับไปแผนกของตน พนักงาน

จะต้องมากดปุ่มปิดสัญญาณไฟรวมทั้งเก็บบัตรคัมบังเบิก ตามชนิดของงานที่ลากมาส่งก่อน (เป็นการใช้การ หมุนเวียนของบัตรคัมบังเบิก) ถึงจะค่อยลากแพลตฟอร์มเปล่า กลับไปยังแผนกของตน

- บัตรคัมบังผลิตจะเป็นตัวกำหนดการส่งมอบชิ้นงาน จากแผนกประกอบ PCBA มายัง หน้าลิฟต์เฟส 1 กล่าวคือ หากแผนกประกอบ PCBA ยังไม่ได้รับบัตรคัมบังผลิตก็จะ ไม่ทำการส่งมอบชิ้นงานลงไป แต่ถ้าหากได้รับบัตรคัมบัง ผลิตก็จะทำการลำเลียงชิ้นงานตามชนิดและตามจำนวนที่ ระบุอยู่บนบัตรคัมบังผลิตลงบนรถเข็นก่อนจะส่งลงมาทาง ลิฟต์ เพื่อให้พนักงานจัดส่งชิ้นงานหน้าลิฟต์เฟส 1 ทำการ คัดแยกชิ้นงานลงบนแพลตฟอร์มและนำบัตรคัมบังเบิกที่เก็บ มาวางลงบนภาชนะบรรจุตามชนิดของงานนั้นๆ และติด บัตรคัมบังผลิตกลับไปแพลตฟอร์มเมื่อชิ้นงานถูกคัดแยกบน แพลตฟอร์มครบตามจำนวนที่กำหนดไว้

5. สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการดำเนินการแก้ไขในหัวข้อที่ 4 สามารถสรุป ค่าต่างๆในส่วนที่เหลือของทุกความจุตามตารางที่ 5 และ 7 ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5. Kanban lot size ของทุกความจุ

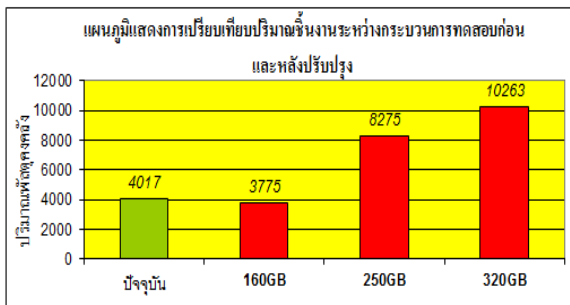
| ขนาดความจุ | Kanban lot size |
|------------|-----------------|
| 160GB | 7,400 |
| 250GB | 10,000 |
| 320GB | 47,000 |

ตารางที่ 6. ปริมาณบัตรคัมบังที่ใช้ในระบบ

| ขนาดความจุ | ชนิดคัมบัง | |
|------------|-----------------|-----------------|
| | คัมบังเบิก (ใบ) | คัมบังผลิต (ใบ) |
| 160GB | 148 | 4 |
| 250GB | 200 | 5 |
| 320GB | 940 | 20 |

ตารางที่ 7. อัตราการเพิ่มขึ้นงานเข้าเครื่องทดสอบ

| ตัวแปร ขนาดความจุ | Work In Process | Cycle Time (hr.) | Throughput (pc./hr.) |
|----------------------|-----------------|------------------|----------------------|
| 160GB | 4359 | 31.47 | 139 |
| 250GB | 4359 | 32.02 | 137 |
| 320GB | 4359 | 39.68 | 110 |



รูปที่ 5. ปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการทดสอบของการผลิตแบบดึงกับการผลิตแบบผลัก

จากรูปที่ 5 สามารถอธิบายได้ว่าปริมาณชิ้นงานระหว่างกระบวนการทดสอบที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตด้วยวิธีแบบผลัก (แบบเดิม) จะมีปริมาณที่น้อยกว่าการใช้การผลิตแบบดึง ด้วยวิธี แผนการผลิตรายสัปดาห์ (Kanban lot size) ยกเว้นของ 160 GB โดยสามารถอธิบายได้ว่า ในการใช้วิธี แผนการผลิตรายสัปดาห์ จะเหมาะสมกับแผนการผลิตที่ความต้องการของลูกค้ามีความผันแปรไม่มากนักเกินไป แต่ถึงอย่างไรก็ตามผลกระทบจากความผันแปรในความต้องการของลูกค้าที่เกิดขึ้นกับระบบคัมบังก็เพียงแค่เป็นการเปลี่ยนเป้าหมายในการส่งชิ้นงานให้กับกระบวนการถัดไปบ่อยขึ้นกล่าวคือเปลี่ยนจากการใช้วิธี แผนการผลิตรายสัปดาห์ (Kanban lot size) มาเป็น แผนการผลิตรายวัน (Kanban with daily demand) แทน

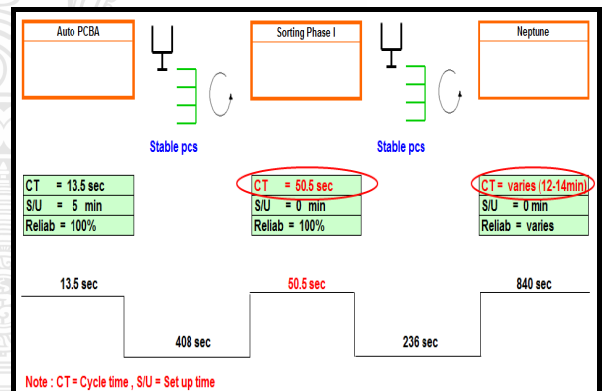
สรุปเปรียบเทียบผลการปรับปรุงจากการผลิตด้วยวิธี แผนการผลิตรายสัปดาห์ กับการผลิตด้วยวิธี แผนการผลิตรายวัน โดยสามารถแสดงได้ตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8. เปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ

จาก 2 วิธี

| ชนิดของวิธีที่ใช้ | วิธี Kanban lot size | วิธี kanban with daily demand |
|---|---|---|
| ผลที่เกิดขึ้น | | |
| ปริมาณสินค้าคงคลัง | น้อย : แผนการผลิตผันแปรต่ำ มาก : แผนการผลิตผันแปรสูง | น้อย (ใกล้ศูนย์: zero inventory) |
| ปริมาณช่องทดสอบว่าง (Empty Slot) | น้อย | น้อย : แผนการผลิตผันแปรต่ำ มาก : แผนการผลิตผันแปรสูง |
| การจัดการระบบ | ทำได้ง่าย | ทำได้ง่าย : แผนการผลิตผันแปรต่ำ ทำได้ยาก : แผนการผลิตผันแปรสูง |
| การทำให้เป็นข้อมูลมาตรฐานและการทวนสอบข้อมูล | ทำได้ง่าย | ทำได้ง่าย : แผนการผลิตผันแปรต่ำ ทำได้ยาก : แผนการผลิตผันแปรสูง |
| การทำงานของพนักงานทำงาน | ทำงานเป็นมาตรฐานและคุ้นเคยกับระบบ | ทำงานเป็นมาตรฐานและคุ้นเคยกับระบบ : แผนการผลิตผันแปรต่ำ |

นอกจากนี้สามารถสรุปผลการปรับปรุงจากการใช้ระบบคัมบังมาเป็นตัวช่วยในการส่งสัญญาณเพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่างแผนกสำหรับการควบคุมกระบวนการทดสอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว ได้ตามแผนภาพสายธารคุณค่าซึ่งแสดงได้ตามรูปที่ 6



รูปที่ 6. แผนภาพสายธารคุณค่าหลังการปรับปรุงด้วยการใช้ระบบคัมบัง

จากรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าหลังจากมีการนำระบบคัมบังเข้ามาประยุกต์ใช้ในระบบการควบคุม สามารถทำให้ระบบเปลี่ยนจากการผลิตแบบผลักกลายเป็นการผลิตแบบดึงได้ ทั้งยังช่วยลดเวลาในขั้นตอนการทำงาน (Operation time) ของแผนกคัดแยกชิ้นงานลงได้จากเดิมใช้เวลาในการคัดแยก 71 วินาที เหลือเพียง 50.5 วินาที และนอกจากนี้ยังสามารถทำให้ความผันแปรของเวลาใน

การเข้าหรือออกของชิ้นงานภายในเครื่องทดสอบมีช่วง
ความผันแปรที่แคบลง เป็นต้น

บรรณานุกรม

[1] วิทยา สุหฤทธดำรง บุญเสริม วันทนาศุภมาต. 2549.
การผลิตแบบทันเวลาทันที (Just-in-Time for Operators).
กรุงเทพฯ: อี.ไอ.สแควร์.

[2] วิทยา สุหฤทธดำรง บุญเสริม วันทนาศุภมาต. 2549.
การบ่งชี้ “ความสูญเปล่า” (Identifying Waste on the
Shopfloor). กรุงเทพฯ: อี.ไอ.สแควร์.

[3] วิทยา สุหฤทธดำรง บุญเสริม วันทนาศุภมาต. 2549.
การผลิตแบบดึง (Pull Production for the Shopfloor).
กรุงเทพฯ: อี.ไอ.สแควร์.

[4] ปัญญ์นุช คู่ควร พรประภา ธิโนสวรรณค์ และวีรยุทธ จา
นะพร, การประยุกต์ใช้คัมบังในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วน
รถยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัย เทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2547.

[5] ขจรศักดิ์ บุญทล เจริญรัฐ จันทรศิริสถาพร และชัชวาล
กิติศรี, การออกแบบระบบคัมบังในโรงงานผลิตล้ออัล
ลอยด์, วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัย เทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2547.

[6] วินัย สุทธิคุณะ, การนำระบบคัมบังมาใช้ สำหรับ
โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อลดปริมาณการจัดเก็บ
ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป, วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี,
มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2546.

[7] Vatalaro, James C. 2005. Implementing a mixed
model Kanban system: the lean replenishment
technique for pull production. New York.

[8] วิทยา สุหฤทธดำรง บุญเสริม วันทนาศุภมาต. 2549. คัม
บัง (Kanban for the Shopfloor). กรุงเทพฯ: อี.ไอ.สแควร์.

[9] Louis, Raymond S. 2006. Custom Kanban:
designing the system to meet the needs of you
environment. New York.

[10] วิทยา สุหฤทธดำรง. 2010. ศาสตร์แห่งโซ่อุปทาน.
กรุงเทพฯ: อี.ไอ.สแควร์.

การพัฒนาวิธีการสร้างลำดับการผลิตด้วยเมตริกซ์ เพื่อการผลิตสินค้าที่สามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของลูกค้า

ณัฐดล รอบคอบ¹ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

E-mail : natthadon.r@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นศึกษาและพัฒนาวิธีการวางแผนการผลิตเพื่อรองรับต่อการดัดแปลงสินค้ามาตรฐานเพื่อตอบสนองตามความต้องการเฉพาะของลูกค้าแต่ละราย โดยเริ่มจากการรวบรวมและจัดกลุ่มรูปแบบความต้องการของลูกค้า วิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์โดยแบ่งออกเป็นโครงสร้างหน้าที่ (Functional Structure) และโครงสร้างของชิ้นส่วนประกอบ (Component Structure) เพื่อให้ทราบถึงหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ จากนั้นทำการกำหนดความสัมพันธ์ของแต่ละชิ้นส่วนประกอบในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Dependencies Structure Matrix: DSM) เพื่อนำไปสู่การจัดลำดับการผลิต/ประกอบด้วยวิธี Partitioning รวมถึงประยุกต์เมตริกซ์ความสัมพันธ์ในการกำหนด time factor และคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรม เพื่อใช้ในการประมวลผลการจัดลำดับการผลิตและแสดงผลในรูปแบบของ Gantt Chart ด้วยโปรแกรม Microsoft Project เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประมาณการเวลาการผลิต ซึ่งสามารถช่วยในการจัดลำดับการผลิตได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ เมตริกซ์ความสัมพันธ์, โครงสร้างผลิตภัณฑ์, การวางแผนการผลิต, time factor

1. บทนำ

สถานการณ์ปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทใดก็ตาม พบว่ามีการแข่งขันกันอย่างรุนแรงทั้งจากคู่แข่ง

ภายนอกประเทศ และภายในประเทศ ส่งผลให้ธุรกิจต้องปรับตัวให้สามารถรองรับการแข่งขัน ทั้งในแง่ของการรักษาตลาดลูกค้าเดิม รวมถึงการขยายตลาดไปสู่กลุ่มลูกค้าใหม่ การที่จะรองรับการแข่งขันในสถานการณ์ปัจจุบันนี้ต้องเน้นทั้งด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ต้นทุน ความเร็วในการส่งมอบ และมากไปกว่านั้น ต้องเสนอรูปแบบของการบริการที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด รูปแบบของการบริการส่วนหนึ่งคือการพยายามที่จะตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะของลูกค้าแต่ละรายซึ่งแตกต่างกันทั้งในแง่ของรูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ ฟังก์ชันการใช้งาน เป็นต้น จากการที่บริษัทผู้ผลิต พยายามที่จะตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะของลูกค้าแต่ละรายเหล่านี้ ส่งผลกระทบในแง่ของต้นทุนการผลิต รวมทั้งระยะเวลาในการส่งมอบ ที่เพิ่มขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากทุกครั้งที่มีการรับความต้องการของลูกค้ามักจะต้องการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงการออกแบบ (re-design) การจัดซื้อจัดหาชิ้นส่วน การเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงขั้นตอนและอุปกรณ์ช่วยในการผลิต เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมการต่อตัวถังรถยนต์ โดยสารในประเทศไทย พบว่าลูกค้ามีความต้องการในรูปแบบของสินค้าที่แตกต่างกัน ทั้งการตกแต่งภายในภายนอก และฟังก์ชันการใช้งานต่างๆ เป็นต้น บริษัทผู้ผลิต SME โดยส่วนใหญ่จะมีการผลิตตามคำสั่งซื้อเฉพาะลูกค้าแต่ละราย และขนาดของการผลิตแต่ละคำสั่งซื้อจะมีจำนวนน้อย บ่อยครั้งพบว่ามีการผลิตเพียง 1 คัน ต่อคำสั่งซื้อ และลักษณะของการผลิตในอุตสาหกรรมรถยนต์โดยสารมักใช้

เวลาไม่ต่ำกว่า 90 วันต่อคำสั่งซื้อ ดังนั้นการบริหารการผลิตที่ต้องผลิต ผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย และมีปริมาณน้อย จึงเป็นเรื่องที่ทำนายต่อองค์กรที่ต้องปรับกลยุทธ์เพื่อรองรับต่อการแข่งขัน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

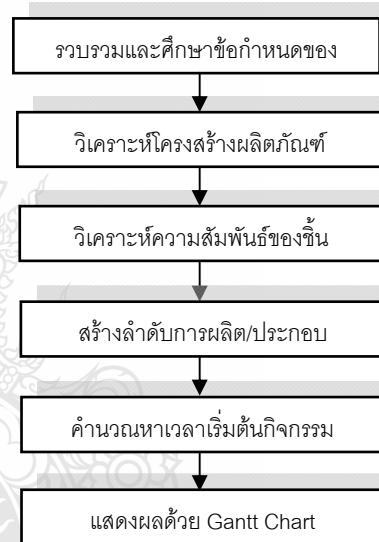
PERT/CPM เป็นเทคนิคเชิงปริมาณด้านการวิเคราะห์ช่วยงาน (Network analysis) ที่ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารโครงการ และบริหารการผลิตอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม PERT/CPM ยังมีจุดด้อยที่ไม่สามารถวิเคราะห์จัดลำดับงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจาก PERT/CPM ไม่สามารถจำลองลักษณะการไหลของการส่งผ่านข้อมูลในแต่ละกิจกรรมได้ [1] ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้เสนอแนวคิดในการพัฒนาเครื่องมือในการบริหารจัดการโครงการด้วยวิธีใหม่ๆ อย่างต่อเนื่อง หนึ่งในเครื่องมือที่ได้มีการนำเสนอคือการใช้เมตริกซ์ความสัมพันธ์ อาทิ เช่น [1] ได้เสนอการนำ DSM มาใช้ในการจัดทำตารางการทำงานซึ่งอาศัยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมในด้านการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกิจกรรม โดยมุ่งสนใจไปที่วิธีการในการกำหนดการ Overlap ของแต่ละกิจกรรม [2] ได้นำ DSM มาประยุกต์ใช้ในการจัดตารางการทำงานสำหรับการบริหารโครงการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่แบบการทำงานร่วมกัน (Collaborative) ที่ได้ถือได้ว่าเป็นงานที่มีความซับซ้อนเป็นอย่างมาก [3] ได้นำเสนอการผสาน DSM และการจำลองระบบขั้นสูง ในการบริหารโครงการทางวิศวกรรมที่มีความซับซ้อน และ [4] ได้นำเสนอวิธีการในการออกแบบลำดับการประกอบ การวิเคราะห์ลำดับการประกอบจากความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบซึ่งแสดงในรูปแบบของเมตริกซ์ร่วมกับเทคนิคการประยุกต์หลักการสังเคราะห์เวลาตามระบบ MTM-2 เพื่อประมาณเวลาในการประกอบ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอวิธีการในการจัดลำดับการผลิตที่สามารถรองรับต่อการผลิตสินค้าดัดแปลงตามความต้องการของลูกค้าแต่ละราย (Customized Product) โดยอาศัยเมตริกซ์ความสัมพันธ์ในการวิเคราะห์ลำดับการผลิต/

ประกอบ รวมถึงการการใช้เมตริกซ์ความสัมพันธ์ในการกำหนด และคำนวณเงื่อนไขด้านเวลาในการหาเวลาเริ่มต้นในการดำเนินกิจกรรมเพื่อนำไปสู่การจัดทำ Gantt Chart ซึ่งประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาอุตสาหกรรมการต่อตัวถังรถยนต์โดยสาร

3. วิธีการสร้างลำดับการผลิตด้วยเมตริกซ์

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการในการสร้างลำดับการผลิตด้วยเมตริกซ์เพื่อการผลิตสินค้าที่สามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของลูกค้า โดยมีขั้นตอนวิธีการในการสร้างลำดับการผลิตทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปแบบที่ 1



รูปที่ 1. แสดงขั้นตอนการสร้างตารางการผลิตด้วยเมตริกซ์

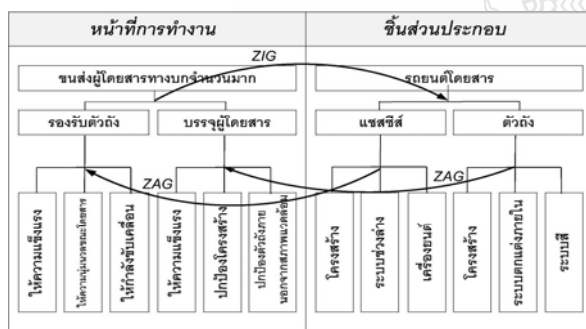
3.1 รวบรวมและศึกษาข้อกำหนดของลูกค้า

จากการศึกษาข้อกำหนดของลูกค้าจากกรณีศึกษา พบว่าผู้ผลิตให้ลูกค้าสามารถปรับแต่งรูปแบบของผลิตภัณฑ์ได้บางส่วน อาทิเช่น รุ่นของเครื่องยนต์ที่มีกำลังที่แตกต่างกัน มิติของตัวรถ จำนวนที่นั่งโดยสาร ลักษณะการตกแต่งภายใน สีและลวดลายของตัวรถ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องจัดกลุ่มข้อกำหนดดังกล่าว เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในเบื้องต้น สามารถแบ่งข้อกำหนดของลูกค้าออกเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งประกอบด้วย 1) ข้อกำหนดด้านสมรรถนะของรถ 2) ข้อกำหนดด้านมิติ

3) ข้อกำหนดด้านฟังก์ชันการใช้งาน 4) ข้อกำหนดด้านรูปลักษณะ และ 5.) ข้อกำหนดด้านความปลอดภัย

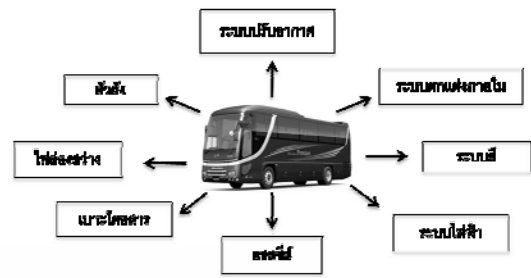
3.2 วิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ Axiomatic Design [5] เป็นวิธีการในวิเคราะห์ความต้องการด้านหน้าที่การทำงาน (Functional Requirement) และเลือกชิ้นส่วนประกอบที่เหมาะสมตามข้อกำหนดด้านหน้าที่การทำงาน และทางเลือกที่ตอบสนองต่อฟังก์ชัน โดยการจับคู่ระหว่างหน้าที่การทำงานและชิ้นส่วนประกอบไขว้กันและไล่ระดับจากบนสุดสู่ล่างสุด (Zigzagging) โดยผลที่ได้จากการทำ Zigzagging คือโครงสร้างหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วน และโครงสร้างชิ้นส่วนประกอบที่สามารถระบุถึงหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วนนั้นๆ ของตัวผลิตภัณฑ์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. แสดงการ Zigzagging เพื่อหาหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ

ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาจัดแบ่งหมวดหมู่ของกลุ่มชิ้นส่วนประกอบออกเป็นเป็น 8 ส่วนหลัก ดังแสดงรูปที่ 3 ประกอบด้วย 1)แชสซีส์ 2) ตัวถัง 3) ระบบตกแต่งภายใน 4) ระบบไฟฟ้า 5) ระบบไฟส่องสว่าง 6)ระบบปรับอากาศ 7)ระบบที่นั่งโดยสารและ 8) ระบบสี โดยแต่ละส่วนประกอบข้างต้น สามารถแบ่งย่อยโครงสร้างได้ลงไปอีกถึง 6 ระดับและมีชิ้นส่วนประกอบทั้งสิ้นจำนวน 315 ชิ้นส่วน



รูปที่ 3. แสดงโครงสร้างผลิตภัณฑ์

3.3 วิเคราะห์ลำดับความสัมพันธ์

[4] ได้อธิบายถึงเมตริกซ์ความสัมพันธ์ไว้ว่าเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (DSM) คือ เมตริกซ์จัตุรัสที่ใช้ในการแสดงแทนระบบหรือโครงการ สามารถใช้ในการโมเดลระบบที่มีความซับซ้อน ในงานวิศวกรรมระบบ รวมถึง งานด้านการวางแผนโครงการ โดยการกำหนดความสัมพันธ์ซึ่งสามารถทำได้โดยการกำหนดเครื่องหมาย "X" หรือ "1" แทนความสัมพันธ์ระหว่างสองชิ้นส่วนประกอบ และ "0" หรือไม่ทำเครื่องหมายใดๆ แทนความเป็นอิสระต่อกันของชิ้นส่วนประกอบ การแปรความหมายในเมตริกซ์นี้สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักส่วนที่ 1 คือส่วนของความสัมพันธ์ได้แกทแยงมุม (diagonal) ซึ่งหมายถึงการที่ชิ้นส่วนที่เรียงลำดับในแถวบน (row) จำเป็นจะต้องพิจารณาผลกระทบจากชิ้นส่วนที่เรียงลำดับในแนวตั้ง (column) ส่วนที่ 2 คือส่วนของความสัมพันธ์ที่อยู่เหนือเส้นทแยงมุม ซึ่งหมายถึงการที่ชิ้นส่วนที่เรียงลำดับในแนวตั้ง (column) มีอิทธิพลต่อชิ้นส่วนที่เรียงลำดับในแนวนอน (row) โดยแต่ละโมดูลชิ้นส่วนประกอบที่แสดงในรูปที่ 3 ได้ถูกนำมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบ และแสดงผลในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ ดังแสดงในรูปที่ 4

| Name | no. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| แชสซีส์ | 1 | 1 | | | | | | | |
| ตัวถัง | 2 | 1 | 2 | | | | | | |
| ระบบตกแต่งภายใน | 3 | | 1 | 3 | | | | | |
| ระบบไฟฟ้า | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | | | | |
| ระบบไฟส่องสว่าง | 5 | 1 | 1 | 1 | | 5 | | | |
| ที่นั่งโดยสาร | 6 | | 1 | 1 | | | 6 | | |
| ระบบสี | 7 | | 1 | | | | | 7 | |
| ระบบปรับอากาศ | 8 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 8 |

รูปที่ 4. เมตริกซ์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนทั้ง 8 โมดูล

จากรูปที่ 4 พบว่าเมตริกซ์ที่สร้างขึ้นมีลักษณะความสัมพันธ์ที่อยู่ได้เส้นทแยงมุมทั้งหมด เนื่องจากลักษณะการทำงานในปัจจุบันได้มีการจัดเรียงลำดับการผลิตในเบื้องต้นที่หลีกเลี่ยงไม่ให้เกิด feedback loop ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ไม่พบลักษณะแบบดังกล่าวในเมตริกซ์ที่ใช้วิเคราะห์

จากการกำหนดความสัมพันธ์ของแต่ละชิ้นส่วนประกอบสามารถแปลความหมายได้ เช่น การเลือกแชสซีส์สำหรับการประกอบตัวถังจะส่งผลกระทบต่อการผลิต/ประกอบระบบไฟฟ้า ระบบไฟส่องสว่าง และระบบปรับอากาศ ในทางกลับกัน การผลิต/ประกอบระบบไฟฟ้า ระบบไฟส่องสว่าง และระบบปรับอากาศ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาข้อมูลของตัวแชสซีส์เป็นต้น

3.4 การสร้างลำดับการผลิต/ประกอบ

เมื่อกำหนดความสัมพันธ์จากโครงสร้างผลิตภัณฑ์แล้ว ขั้นตอนถัดไปเป็นการนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการหาลำดับการทำงานที่เหมาะสมด้วยวิธีการ Partitioning แบบ Reachability Matrix ซึ่งนำเสนอโดย [6] มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างเซตของความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละแถว โดยกำหนดให้เซตดังกล่าวมีค่าเท่ากับ Set R(s) (Reachability Set)

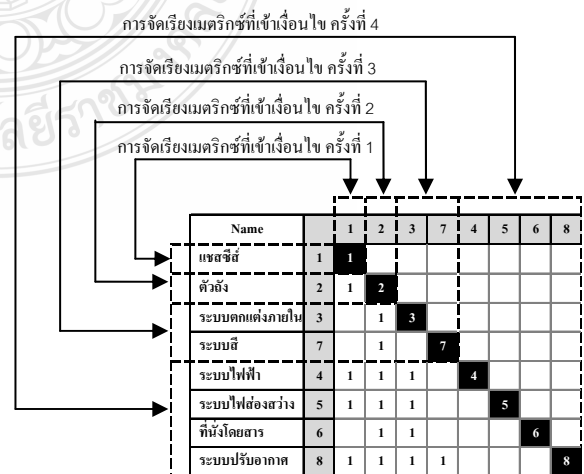
ขั้นตอนที่ 2 สร้างเซตของความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละคอลัมน์ โดยกำหนดให้เซตดังกล่าวมีค่าเท่ากับ Set A(s) (Antecedent set)

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาหาชิ้นส่วนประกอบที่ Set R(s) เป็นสับเซตของ Set A(s) ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการ

พิจารณาเงื่อนไขดังกล่าว จึงได้สร้างตารางการพิจารณาดังตารางที่ 1 ซึ่งใช้ในการจัดเก็บสมาชิกของ Set R(s) และ Set A(s) รวมไปถึงผลการพิจารณาสมาชิกร่วมของทั้งสองเซต หากรายการชิ้นส่วนใดเข้าเงื่อนไขที่ Set R(s) เป็นสับเซตของ Set A(s) จะต้องทำการลบรายการดังกล่าวออกจาก ตารางการพิจารณาทั้งหมด และนำรายการชิ้นส่วนดังกล่าวไปจัดเรียงในเมตริกซ์ Partition ดังรูปที่ 5

ตารางที่ 1. แสดงการทำ Partitioning แบบ Reachability

| โมดูล | no. | Reachability set set R(s) | Antecedent set set A(s) | product set set R(s) ∩ set A(s) | | |
|-----------------|-----|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|---|---|
| แชสซีส์ | 1 | 1 | 1,2,4,5,8 | 1 | การพิจารณาเงื่อนไขการจัดเรียงครั้งที่ 1 | |
| ตัวถัง | 2 | 1,2 | 2,3,4,5,6,7,8 | 2 | | |
| ระบบตกแต่งภายใน | 3 | 2,3 | 3,4,5,6,8 | 3 | | |
| ระบบไฟฟ้า | 4 | 1,2,3,4 | 4 | 4 | | |
| ระบบไฟส่องสว่าง | 5 | 1,2,3,5 | 5 | 5 | | |
| ที่นั่งโดยสาร | 6 | 2,3,6 | 6 | 6 | | |
| ระบบสี | 7 | 2,7 | 7,8 | 7 | | |
| ระบบปรับอากาศ | 8 | 1,2,3,7,8 | 8 | 8 | | |
| ตัวถัง | 2 | 2 | 2,3,4,5,6,7,8 | 2 | การพิจารณาเงื่อนไขการจัดเรียงครั้งที่ 2 | |
| ระบบตกแต่งภายใน | 3 | 2,3 | 3,4,5,6,8 | 3 | | |
| ระบบไฟฟ้า | 4 | 2,3,4 | 4 | 4 | | |
| ระบบไฟส่องสว่าง | 5 | 2,3,5 | 5 | 5 | | |
| ที่นั่งโดยสาร | 6 | 2,3,6 | 6 | 6 | | |
| ระบบสี | 7 | 2,7 | 7,8 | 7 | | |
| ระบบปรับอากาศ | 8 | 2,3,7,8 | 8 | 8 | | |
| ระบบตกแต่งภายใน | 3 | 3 | 3,4,5,6,8 | 3 | | การพิจารณาเงื่อนไขการจัดเรียงครั้งที่ 3 |
| ระบบไฟฟ้า | 4 | 3,4 | 4 | 4 | | |
| ระบบไฟส่องสว่าง | 5 | 3,5 | 5 | 5 | | |
| ที่นั่งโดยสาร | 6 | 3,6 | 6 | 6 | | |
| ระบบสี | 7 | 7 | 7,8 | 7 | | |
| ระบบปรับอากาศ | 8 | 3,7,8 | 8 | 8 | | |
| ระบบไฟฟ้า | 4 | 4 | 4 | 4 | การพิจารณาเงื่อนไขการจัดเรียงครั้งที่ 4 | |
| ระบบไฟส่องสว่าง | 5 | 5 | 5 | 5 | | |
| ที่นั่งโดยสาร | 6 | 6 | 6 | 6 | | |
| ระบบปรับอากาศ | 8 | 8 | 8 | 8 | | |

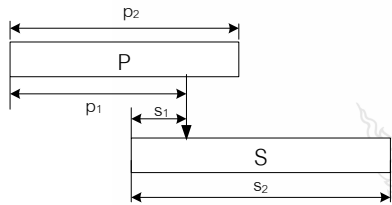


รูปที่ 5. แสดงการจัดเรียงรายการชิ้นส่วนลงในเมตริกซ์ Partition ที่เข้าเงื่อนไขในแต่ละครั้ง

ขั้นตอนที่ 4 พิจารณาหาขั้นส่วนที่เข้าเงื่อนไขในขั้นส่วนถัดไป โดยการทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 จนครบทุกขั้นส่วนที่ใช้ในการพิจารณา ซึ่งจากกรณีศึกษา พบว่ามี การพิจารณาจัดลำดับทั้งหมด 4 ครั้ง จึงครบทุกรายการขั้นส่วน ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 5

3.5 คำนวณหาเวลาเริ่มต้นกิจกรรม

[1] ได้อธิบายถึงการ Overlap ของกิจกรรม ไว้ว่า Overlap คือ ระยะเวลาของกิจกรรมสองกิจกรรมที่มีส่วนคาบเกี่ยวกัน ซึ่งอัตราส่วนเวลาในการ Overlap นั้นเรียกว่า time factor ซึ่งเป็นอัตราส่วนของระยะเวลาในการทยอยส่ง งานของกิจกรรมก่อนหน้า และอัตราส่วนของการเตรียม งานของกิจกรรมถัดไป ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6. แสดงการ Overlap ระหว่าง 2 กิจกรรม

จากรูปที่ 6 แสดงถึงการ Overlap ระหว่างกิจกรรม P และกิจกรรม S โดย p_1 แสดงถึงระยะเวลาในการดำเนินงานของกิจกรรม P ก่อนที่จะสามารถทยอยส่งงานให้กิจกรรม S และ p_2 คือระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมของกิจกรรม P ด้วยเหตุนี้ time factor ในการทยอยส่งงานให้กิจกรรม S คือ $Tp = (p_1/p_2)$ และ time factor ในการเตรียมงานของกิจกรรม S คือ $Ts = (s_1/s_2)$ โดย Ts คือ time factor ในการเตรียมงาน และ S_2 คือระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรม S ทั้งหมด ซึ่งค่า time factor เหล่านี้ จะถูกนำไปเติมลงในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ เพื่อใช้ในการคำนวณหาเวลาเริ่มต้นกิจกรรมในลำดับถัดไป ซึ่งการคำนวณระยะเวลาเริ่มต้นของกิจกรรมสามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

$$(ES)_j = \text{Max}[(ES)_i + (B_{j,i} \times B_{i,i}) - (C_{j,i} \times C_{j,j})] \quad (1)$$

โดยที่ ES_j คือ ระยะเวลาเริ่มต้นกิจกรรมที่เร็วที่สุด

ES_j คือ ระยะเวลาเริ่มต้นกิจกรรมที่เร็วที่สุดของกิจกรรมก่อนหน้า

B_{ji} คือ ค่า Tp ของแต่ละกิจกรรมในเมตริกซ์ B

B_{ii} คือ ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมของแต่ละกิจกรรมในเมตริกซ์ B

C_{ji} คือ ค่า Ts ของแต่ละกิจกรรมในเมตริกซ์ C

C_{jj} คือ ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมของแต่ละกิจกรรมในเมตริกซ์ C

$\text{Max}[]$ คือ ค่าสูงสุดของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณทั้งหมด

จากกรณีศึกษาสามารถสร้างเมตริกซ์ B_{ij} เมตริกซ์

C_{ij} ได้ดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8 ตามลำดับ

| Name | no. | 1 | 2 | 3 | 7 | 4 | 5 | 6 | 8 |
|-----------------|-----|---|-----|-----|---|---|---|---|---|
| แชลชีส์ | 1 | 2 | | | | | | | |
| ตัวถัง | 2 | 1 | 7 | | | | | | |
| ระบบคกแกงภายใน | 3 | | 0.8 | 15 | | | | | |
| ระบบสี | 7 | | 0.9 | | 7 | | | | |
| ระบบไฟฟ้า | 4 | 1 | 0.5 | 0.8 | | 5 | | | |
| ระบบไฟส่องสว่าง | 5 | 1 | 1 | 0.7 | | | 2 | | |
| ที่นั่งโดยสาร | 6 | | 1 | 1 | | | | 1 | |
| ระบบปรับอากาศ | 8 | 1 | 1 | 0.8 | 1 | | | | 3 |

= B_{ij}

รูปที่ 7. แสดง duration ของแต่ละกิจกรรมและ time factor ในการทยอยส่งงานของกิจกรรมก่อนหน้า (B_{ij})

| Name | no. | 1 | 2 | 3 | 7 | 4 | 5 | 6 | 8 |
|-----------------|-----|---|-----|-----|---|---|---|---|---|
| แชลชีส์ | 1 | 2 | | | | | | | |
| ตัวถัง | 2 | 0 | 7 | | | | | | |
| ระบบคกแกงภายใน | 3 | | 0.1 | 15 | | | | | |
| ระบบสี | 7 | | 0 | | 7 | | | | |
| ระบบไฟฟ้า | 4 | 0 | 0.2 | 0.1 | | 5 | | | |
| ระบบไฟส่องสว่าง | 5 | 0 | 0 | 0.2 | | | 2 | | |
| ที่นั่งโดยสาร | 6 | | 0 | 0.5 | | | | 1 | |
| ระบบปรับอากาศ | 8 | 0 | 0.2 | 0.1 | 0 | | | | 3 |

= C_{ij}

รูป 8. แสดง duration ของแต่ละกิจกรรม และ time factor ในการเตรียมงานของกิจกรรมถัดไป (C_{ij})

จากรูปที่ 7 และรูปที่ 8 เป็นการแสดงค่า time factor ในการทยอยส่งงานของกิจกรรมก่อนหน้า และ time factor ในการเตรียมงานของแต่ละกิจกรรม เพื่อใช้ในการคำนวณหาระยะเวลาเริ่มต้นกิจกรรม ตัวอย่างเช่น จากรูปที่ 7 ตัวถังมีค่า time factor ในการทยอยส่งงานให้กิจกรรม

ระบบตกแต่งภายในเท่ากับ 0.8 ของระยะเวลาในการประกอบตัวถัง และจากรูปที่ 8 time factor ในการเตรียมงานของงานตกแต่งภายในเท่ากับ 0.1 ของระยะเวลาในการตกแต่งภายใน จากตัวอย่างดังกล่าวสามารถคำนวณระยะเวลาเริ่มต้นของงานระบบตกแต่งภายในได้ดังนี้

$$(ES)_3 = \text{Max}[(ES)_2 + (B_{3,2} \times B_{2,2}) - (C_{3,2} \times C_{3,3})]$$

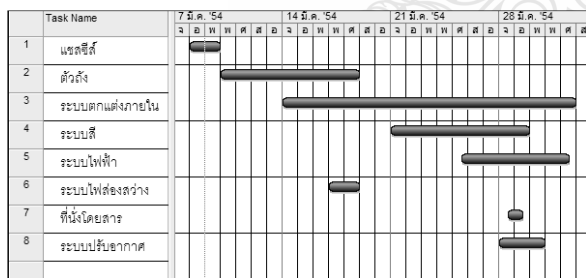
$$= \text{Max}[2 + (0.8 \times 7) - (0.1 \times 15)]$$

$$= 6.1 \text{ วัน}$$

หลังจากทราบระยะเวลาเริ่มต้นกิจกรรมในทุกๆ กิจกรรมแล้วจึงนำค่าเวลาเริ่มต้นกิจกรรมเหล่านี้มาใช้ในการจัดทำ Gantt Chart เพื่อแสดงผลในลำดับต่อไป

3.6 แสดงผลด้วย Gantt Chart

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำผลจากขั้นตอนที่ 3.3 ซึ่งประกอบด้วยรายชื่อกิจกรรม ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรม (duration) ลำดับการผลิต/ประกอบ และเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรมมาแสดงผลในรูปแบบของ Gantt Chart ดังรูปที่ 9 ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการจัดทำ Gantt Chart ผู้วิจัยจึงได้ใช้โปรแกรม Microsoft Project มาช่วยในการแสดงผล



รูปที่ 9. การแสดงผลด้วย Gantt Chart

จากรูปที่ 9 แสดงถึง Gantt Chart ที่สามารถระบุรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมทั้งหมด รวมถึงระยะเวลาเริ่มต้น และสิ้นสุดในการดำเนินกิจกรรมอย่างชัดเจน ซึ่งง่ายต่อการทำความเข้าใจ อีกทั้งยังสามารถมองเห็นถึงภาพรวมของระยะเวลาที่ใช้ในดำเนินกิจกรรมทั้งหมดได้เป็นอย่างดี

4. สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการในการสร้างลำดับการผลิตสินค้าที่สามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งแบ่งขั้นตอนออกเป็น 6 ขั้นตอนคือ 1) รวบรวมและศึกษาข้อกำหนดจากลูกค้า 2) วิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์ 3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละชิ้นส่วนประกอบ 4) สร้างลำดับการผลิต/ประกอบ 5) คำนวณหาเวลาเริ่มต้นของแต่ละกิจกรรม 6) จัดทำ Gantt Chart เพื่อแสดงผลถึงลำดับการผลิต/ประกอบที่สามารถระบุระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมทั้งหมด

วิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้ได้นำเสนอผ่านการวิเคราะห์กระบวนการผลิตตัวถังรถยนต์โดยสาร ซึ่งผลที่ได้พบว่า จากวิธีการดังกล่าวสามารถช่วยให้ทราบข้อมูลพื้นฐานในการประมาณการเวลาการผลิต และสามารถจัดลำดับการผลิตได้เหมาะสมยิ่งขึ้น มากไปกว่านั้นยังพบว่าเมื่อมีการประยุกต์ใช้ time factor ในการทยอยส่งงานและ time factor ในการเตรียมงาน จะสามารถลดรอบเวลาการผลิตรวมจากเดิม 90 วัน เหลือเพียง 50 วัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] J.Uma Maheswari and Koshy Varghese. 2005. Project Scheduling Using Dependency Structure Matrix. International Journal of Project Management, 23: 223-230.
- [2] Chun-Hsien Chen et al. 2003. Project Scheduling for Collaborative Product Development using DSM. International Journal of Project Management, 21: 291-299.
- [3] Soo-Heang Cho, An Integrated Method for Managing Complex Engineering Project Using the Design Structure Matrix and Advance Simulation ,Thesis Master of Science, Massachusetts Institute of Technology ,USA.,2001

[4] นราธิป แสงชัย และ วรณลักษณีย์ เหล่าทวีทรัพย์
, การพัฒนาวิธีการสำหรับการออกแบบลำดับการประกอบ
เฟอร์นิเจอร์ไม้, IE network 2010.

[5] Suh,N.P.,1990. The Principles of Design. Oxford
University Press.

[6] John N.W.1973. Binary Matrices in System
Modeling. IEEE Transactions on Systems,Man and
Cybernetics, SMC-3: 441-449.



Assembly Line Balancing by Using Genetic Algorithm: A Case Study of Electrical Appliance Factories

Rati Wongsathan¹ and Budtree Limvanich²

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, North-Chiang Mai University

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, North-Chiang Mai University

169 Moo 3 Hang Dong Rd, Hang Dong Chiang Mai 50230, Thailand

rati1003@gmail.com, chaiporn@northcm.ac.th

Abstract—This research was aimed to improve the Genetic Algorithm (GA) for single model Assembly Line Balancing (ALB) to increase the productivity of electric factory in case of electric rice cooker and electric kettle factory. Experimental designs were set up to test the significant of several parameters of GA including problem sizes, population sizes, crossover types, and probability of crossover and mutation. The results showed that the significant factors affect the performance of GA are crossover type, probability of crossover and mutation for the first case, and probability of crossover and mutation for the second case. The performance comparison between the proposed GA and heuristic techniques and simple GA technique in the first and second case respectively, shows that GA gives performs significantly better in minimizing number of workstations, work load variance and total idle time and increasing the line efficiency.

Keywords—Assembly Line Balancing; genetic algorithm; Rank Position Weight technique, COMSOAL

I. INTRODUCTION

Assembly lines are production systems developed to meet the requirements of mankind, which continue to grow day by day. The demand for greater product variability and shorter life cycles has caused traditional production methods to be replaced with assembly lines. The aims of these systems are to manufacture products at production rates in the shortest time, in the most productive way, cheaply and with the quality required. An assembly line can be defined as a system which is formed by arranging workstations along line. At these work stations, work pieces can be transferred by using labor force as well as equipment, and tasks are assembled taking into consideration precedence constraints and cycle time. The decision problem of optimally balancing the assembly work among the workstations is known as the ALB problem [1].

Assembly lines can organize production in three different ways: single model, multi-model and mixed-model assembly lines. The design of a single model assembly line is very simple because this type of line is constructed for only one type of product. Different products of different models of the same type of product are assembled on multi-model assembly lines. In this situation, the ALB problem is

solved independently in order to manufacture every lot of product. In mixed-model lines, unlike the single model assembly environment, are designed to assemble more than one model concurrently. There can be two main goals while balancing an assembly line [2].

1. Minimization of the number of workstations for a given cycle time.
2. Minimization of the cycle time for a given number of workstation.

Since ALB problem is an NP-hard problem, some heuristic method such as Kilbridge & Wester method, RPW method, Computer Method of Sequencing Operation for Assembly Line (COMSOAL), etc are used to solve for the solution which do not guarantee optimality, but provide good results with execution time asymptotically polynomial. Empirical studies have shown that GA overcomes the performance of heuristics developed specifically for solving the ALB problem. GAs have been used for solving various complex problems and have been successfully applied in the area of industry engineering. The well known applications include scheduling and sequencing, reliability design, vehicle routing and scheduling, transportations, group technology, facility layout and location, and mathematical model.

In this paper, we will apply GA to solve the two single model of ALB of the company which reported in [3] and [4]. However, due to the nature of stochastic search conducted by GA, the investigation of this study was not only focused on the quality of the solution itself but also on GA parameters, which were a combination of problem sizes, population sizes, crossover type and probability of crossover and mutation.

After introduction in section I, the detail of the production line of company in [3] and [4] are briefly summarized in section II. GA method and full factorial design were carried out in section III. The optimal solution, which was initially identified by the previous work, was also obtained by GA during the experiment. The results from executed program were made of comparison with previous work and will be shown as graphs and tables in section IV before finally summarized in section V.

II. SAMPLE COMPANY ASSEMBLY LINE

The assembly line under analysis is used to assemble 2 different examples, one for the electrical rice cooker factory in [3] and the other one for the electrical kettle factory in [4]. The precedence diagram and standard task processing times for the production line of [3] and [4] were determined and shown in Fig. 1(a) and (b), and Table I respectively.

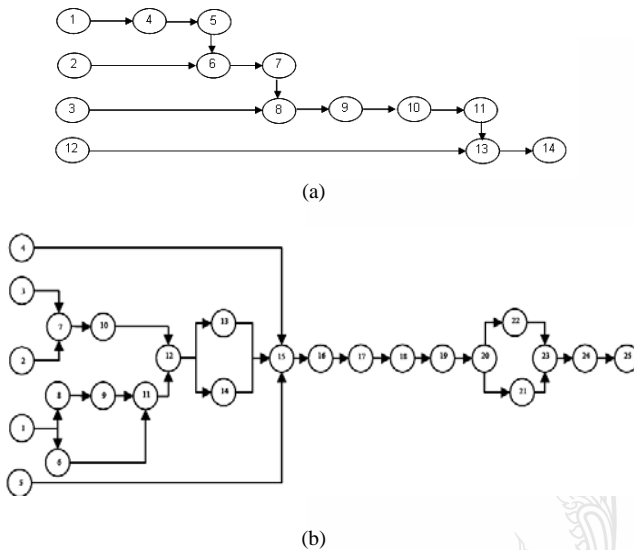


Fig. 1. Precedence diagram of (a) rice cooker factor and (b) electrical kettle factory

TABLE I Standard time of each work station for production line in [3] and [4]

| Rice cooker factory | | Electrical kettle factory | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|--------------|---------------------|
| Work station | Standard time (sec) | Work station | Standard time (sec) | Work station | Standard time (sec) |
| 1 | 11.93 | 1 | 5.36 | 15 | 8.95 |
| 2 | 38.21 | 2 | 9.04 | 16 | 9.82 |
| 3 | 28.16 | 3 | 7.94 | 17 | 10.23 |
| 4 | 45.28 | 4 | 3.66 | 18 | 8.78 |
| 5 | 32.53 | 5 | 3.2 | 19 | 2.85 |
| 6 | 23.78 | 6 | 15.29 | 20 | 5.71 |
| 7 | 22.37 | 7 | 8.5 | 21 | 5.81 |
| 8 | 65.7 | 8 | 5.1 | 22 | 14.19 |
| 9 | 43.07 | 9 | 9.87 | 23 | 5.47 |
| 10 | 40.41 | 10 | 15.1 | 24 | 5.37 |
| 11 | 20.37 | 11 | 8.96 | 25 | 3.85 |
| 12 | 39.64 | 12 | 10.22 | 26 | 3.75 |
| 13 | 31.74 | 13 | 18.68 | | |
| 14 | 16.09 | 14 | 8.47 | | |

In production line [3], the work station time depends on the time of workstation 8 with high time about 65.7 second, and can not change the machine in this station. Then the work station time of production line [3] is at least 65.7 second. The results after balancing by using Kilbridge & Wester, Helgeson & Birnie, and COMSOAL are found that

the minimum station is 9, 9 and 9 stations, respectively and the average of line efficiency is 77.67, 77.67 and 77.67%, respectively. As seen that the results from all three methods are indifference efficiency. The detailed result of the production line [3] is summarized in Table II.

While in production line [4], the workstation time is 25 second. The minimum workstation and line efficiency which was set by the experience of heading line production are 16 stations and 46.32%, respectively. The balancing results of minimum workstation and line efficiency after using GA are 10 station and 85.56%, respectively. The result detail of the production line [4] is summarized in Table III.

TABLE II Results of line balancing by heuristic method of production line [3]

| Method | Kilbridge & Wester | | Helgeson & Birnie | | COMSOAL | |
|-----------------|--------------------|-----------|-------------------|-----------|---------|-----------|
| | Work | Idle time | Work | Idle time | Work | Idle time |
| 1 | 1,4 | 8.49 | 1,4 | 8.49 | 1,4 | 8.49 |
| 2 | 2 | 27.49 | 2 | 27.49 | 2 | 27.49 |
| 3 | 5,3 | 5.01 | 5,6 | 9.39 | 5,6 | 9.39 |
| 4 | 6,7 | 19.55 | 3,7 | 15.17 | 3,7 | 15.17 |
| 5 | 8 | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 |
| 6 | 9 | 22.63 | 9 | 22.63 | 9 | 22.63 |
| 7 | 10,11 | 4.92 | 10,11 | 4.92 | 10 | 25.29 |
| 8 | 12 | 26.06 | 12 | 26.06 | 11,12 | 5.69 |
| 9 | 13,14 | 17.87 | 13,14 | 17.87 | 13,14 | 17.87 |
| Line efficiency | 77.67% | | 77.67% | | 77.67% | |

TABLE III Results of line balancing by GA of production line [3]

| Work station | Work | Work time | Idle time | Utilization (%) |
|--------------------|----------------|-----------|-----------|-----------------|
| 1 | 1,5,6 | 23.85 | 1.15 | 95.40 |
| 2 | 2,4,3 | 20.64 | 4.36 | 82.56 |
| 3 | 8,9,11 | 23.93 | 1.07 | 95.72 |
| 4 | 7,10 | 23.6 | 1.4 | 94.40 |
| 5 | 12,14 | 18.69 | 6.31 | 74.76 |
| 6 | 13 | 18.68 | 6.32 | 74.72 |
| 7 | 15,16 | 18.77 | 6.23 | 75.08 |
| 8 | 17,18,19 | 21.86 | 3.14 | 87.44 |
| 9 | 20,22 | 19.9 | 5.1 | 79.60 |
| 10 | 21,23,24,25,26 | 24.25 | 0.75 | 97.00 |
| Total idle time | 35.83 | | | |
| Line efficiency | 85.56% | | | |
| Work load variance | 5.0062 | | | |

In this paper, we will apply simple GA in production line [3] which designed and optimized parameter by design experimental to decrease the workstation and increase the line efficiency. For production line [4], we will approve the minimum workstation, line efficiency, idle time and work load variance by our proposed GA.

III. GENETIC ALGORITHMS

A GA may be described as a mechanism that mimics the genetic evolution of a species [5] and [6]. It's a branch of artificially intelligence based on evolutionary mechanisms found in nature. Differently of the traditional methods, with the GA there is no requirement of previous knowledge of a means of finding the solution for a certain problem. The procedure of GA was shown in Fig. 2.

The detail stepwise the procedure is described below.

A. Chromosome representation and initialization

In the first stage, a population of solution is generated with M individuals consist of two part, one from the randomly generated and other from heuristic solution. Each individual is composed by a vector with length j equal to the number of tasks in production line. Each element contains the number, which corresponds to the workstation in precedence diagram.

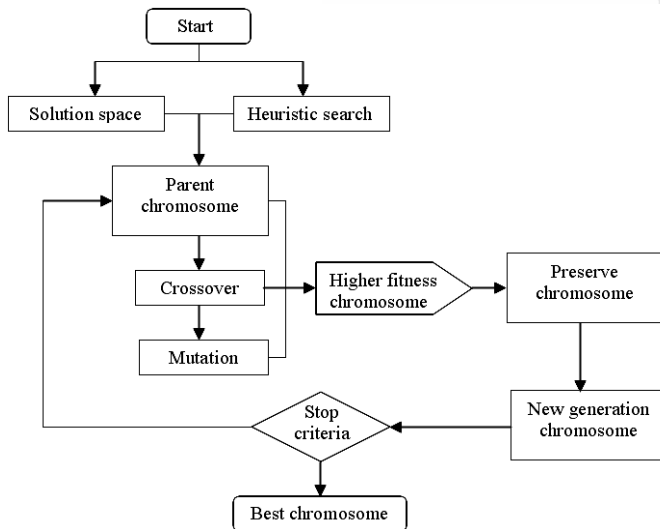


Fig.2. Procedure of Genetic Algorithm

B. Crossover

Crossover is the process of exchange portions between pair of selected chromosome that depend on a predefined probability of crossover, P_C . In this paper, we used the 3 types of crossover: Modified One-point Crossover (MOX) Partially Match Crossover (PMX), and Cycle Crossover (CX) which each has three levels of crossover probability value, P_C .

C. Mutation

Mutation is a process of changing of code value randomly. The mutation will be carried out depending on the mutation probability value, P_M . Since type of mutation is not considering then in this paper, we used Random Sequence Mutation (RS) which has three levels of P_M .

D. Evaluation

In the evaluation, each individual receives a fitness value with the quality of its solution. There is no standard formula of evaluation of fitness function. It should be created based on the variable that one wants to measure and adjusted empirically. The following fitness function is used:

$$f(wv_i) = \frac{M}{wv_i + 1} \quad (1)$$

Here wv is the work load variance of chromosome i which calculated from:

$$wv_i = \frac{\sum_{j=1}^N \left[T_j - \left(\frac{\sum_{j=1}^N T_j}{N} \right) \right]^2}{N} \quad (2)$$

Where N is the minimum of workstation and T_j is the work station time of each station.

E. Selection

The parent chromosomes based on their fitness value are chosen by two methods. First, the elitism method is used to retain the best chromosome, pass through the reproduction step at $m\%$. Second, the roulette wheel method (Davis, 1991), [7] is used employ the remaining populations by assigning a higher probability of selection to individuals with higher fitness values. An individual can be selected more than once as a parent.

The algorithm stops if it meets any one of two stopping criteria:

- (1) The number of generations reaches the maximum value (Max_Gen)
- (2) The running time is over to Time limit (T_L)

If stopping condition are satisfied then terminate.

IV. EXPERIMENTAL DESIGN AND ANALYSIS

The GA parameters and operations considered of [3] and [4] as factors in this experimental are listed in Table IV.

TABLE IV Experimental factor and its level

| Factors | Number of level | Level |
|------------------------------------|-----------------|--|
| Number of population for | 3 | 5/10/15 |
| 1) 14 stations in [3] | 3 | 5/10/15 |
| 2) 26 stations in [4] | 3 | 5/10/15 |
| Crossover type | 3 | 1) Modified One-point Crossover (MOX) 2) Partially Match Crossover (PMX) with repair method 3) Cycle Crossover (CX) with repair method |
| Probability of Crossover (P_C) | 3 | 0.7/0.8/0.9 |
| Probability of Mutation (P_M) | 3 | 0.1/0.2/0.3 |

The objective of the experiment was to investigate the impact of GA parameters setting on the performance of GA

for applying to solve the ALB. The computational experiment was carried out by adopting four factors and 3 levels full factorial (3^4) design with five replications, each of which was implemented with different random seeds. The experimental results obtained from 81 run were analyzed using the statistical software package called Minitab. The analysis of variance (ANOVA) on the value of workload variance at first but if no main factor was found statistically significant, then we analyze of variance of the generation numbers. The best results are shown in Table V and VI for production line in [3] and [4] respectively.

TABLE V Analysis of variance on work load variance of production line in [3]

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------------------------|-----|----------|---------|-------|-------|
| Rice cooker factory | | | | | |
| Np | 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.000 |
| CrossType | 2 | 49.91 | 49.91 | 1.36 | 0.258 |
| Pc | 2 | 1494.72 | 1494.72 | 40.80 | 0.000 |
| Pm | 2 | 813.75 | 813.75 | 22.21 | 0.000 |
| Np*CrossType | 4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.000 |
| Np*Pc | 4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.000 |
| Np*Pm | 4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.000 |
| CrossType*Pc | 4 | 99.82 | 99.82 | 1.36 | 0.247 |
| CrossType*Pm | 4 | 61.75 | 61.75 | 0.84 | 0.499 |
| Pc*Pm | 4 | 627.49 | 1627.49 | 22.21 | 0.000 |
| Np*CrossType*Pc | 8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.000 |
| Np*CrossType*Pm | 8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.000 |
| Np*Pc*Pm | 8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.000 |
| CrossType*Pc*Pm | 8 | 123.50 | 123.50 | 0.84 | 0.566 |
| Np*CrossType*Pc*Pm | 16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.000 |
| Error | 324 | 5934.73 | 5934.73 | | |
| Total | 404 | 10205.67 | | | |

TABLE VI Analysis of variance on work load variance of production line in [4]

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------------------------------|-----|----------|----------|-------|-------|
| Electrical kettle factory | | | | | |
| Np | 2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 1.000 |
| CrossType | 2 | 123.3405 | 61.6702 | 97.81 | 0.000 |
| Pc | 2 | 88.9687 | 44.4843 | 70.56 | 0.000 |
| Pm | 2 | 6.4709 | 3.2355 | 5.13 | 0.006 |
| Np*CrossType | 4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 1.000 |
| Np*Pc | 4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 1.000 |
| Np*Pm | 4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 1.000 |
| CrossType*Pc | 4 | 12.0228 | 12.0228 | 4.77 | 0.001 |
| CrossType*Pm | 4 | 0.4024 | 0.4024 | 0.16 | 0.959 |
| Pc*Pm | 4 | 3.1098 | 3.1098 | 1.23 | 0.297 |
| Np*CrossType*Pc | 8 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 1.000 |
| Np*CrossType*Pm | 8 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 1.000 |
| Np*Pc*Pm | 8 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 1.000 |
| CrossType*Pc*Pm | 8 | 3.3372 | 3.3372 | 0.66 | 0.725 |
| Np*CrossType*Pc*Pm | 16 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00 | 1.000 |
| Error | 324 | 204.2783 | 204.2783 | | |
| Total | 404 | 441.9306 | | | |

The analysis of experimental results suggested that the main factors of GA parameters for the rice cooker factory [31] are the combination of the probability of crossover, and probability of mutation. For the electrical kettle factory [4], the main factor is the combination of the crossover type, the probability of crossover and mutation. These factors are statistically significant with a 95% confident interval for the p value less than or equal to 0.05.

After analyze by the main effect plot, the probability of crossover at 0.8 and the probability of mutation at 0.3 were the best setting that produced the minimum work load variance for the rice cooker factory [3]. The crossover type partially match crossover, the probability of crossover at 0.9 and the probability of mutation at 0.3 were the best setting that produced the minimum work load variance for the rice electrical kettle factory [4].

V. RESULTS AND DISCUSSION

Due to the experimental results, we used the GA parameters as a guideline in practice and the results after balancing with GA of rice cooker factory and electric kettle factory are shown in Fig. 3 and Fig. 4.

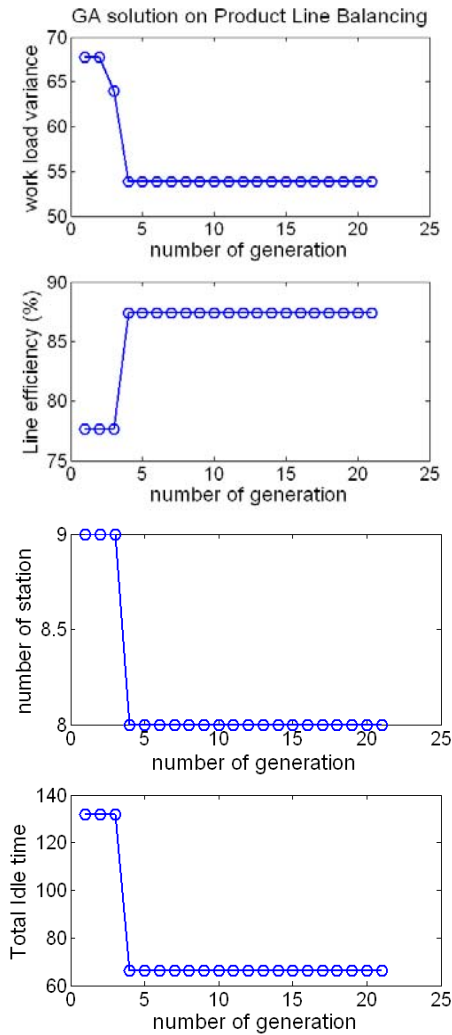


Fig. 3. Results of finding solution by GA: workload variance, station number, line efficiency and idle time for production line [3]

As seen from Fig. 3, the results of finding solution by GA for production line [3] after assembling by GA, all of performances (workload variance, line efficiency, number of station and total idle time) rapidly converge to the optimal solution at the generation 4. As in production line [4], all of the performances rapidly converge to the optimal solution at the generation 2. The details of the results after running by GA program are shown in Table VII for both production lines [3] and [4].

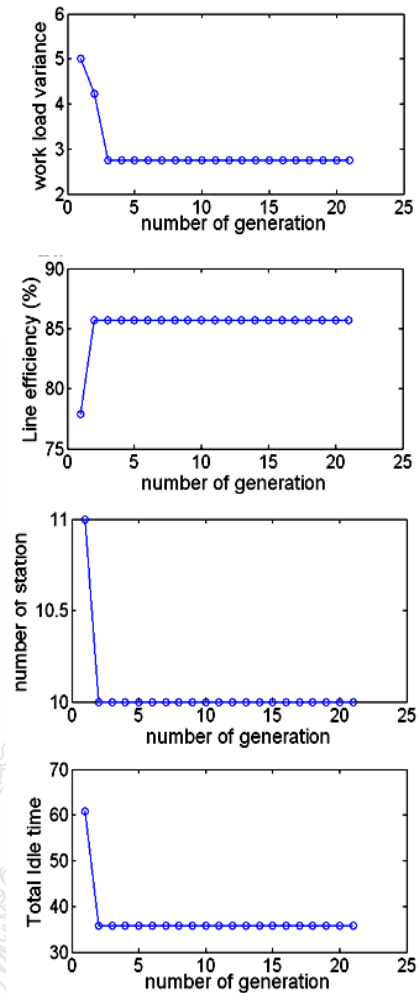


Fig. 4. Results of finding solution by GA: workload variance, station number, line efficiency and idle time for production line [4]

TABLE VII Production line of rice cooker and electric kettle factory after balancing with GA.

| Rice cooker factory | | | | Electrical kettle factory | | | |
|---------------------|-------|-----------|-----------|---------------------------|----------------|-----------|-----------|
| Work station | Work | Work time | Idle time | Work station | Work | Work time | Idle time |
| 1 | 1,4 | 57.21 | 8.49 | 1 | 2,5,4,3 | 23.84 | 1.16 |
| 2 | 3,5 | 60.69 | 5.01 | 2 | 7,1,8 | 18.96 | 6.04 |
| 3 | 2,6 | 61.99 | 3.71 | 3 | 9,10 | 24.97 | 0.03 |
| 4 | 7,12 | 62.01 | 3.69 | 4 | 6,11 | 24.25 | 0.75 |
| 5 | 8 | 65.70 | 0 | 5 | 12,14 | 18.69 | 6.31 |
| 6 | 9 | 43.07 | 22.63 | 6 | 13 | 18.68 | 6.32 |
| 7 | 10,11 | 60.78 | 4.92 | 7 | 15,16 | 18.77 | 6.23 |
| 8 | 13,14 | 47.83 | 17.87 | 8 | 17,18,19 | 21.86 | 3.14 |
| | | | | 9 | 20,22 | 19.9 | 5.1 |
| | | | | 10 | 21,23,24,25,26 | 24.25 | 0.75 |
| Total idle time | | 66.32 | | | | 35.83 | |
| Line efficiency | | 87.38% | | | | 85.67% | |
| Work load variance | | 53.80 | | | | 2.68 | |

VI. CONCLUSION AND FUTURE WORK

Consequently, for production line in [3], the number of workstation was decreased from 9 to 8 work stations, and the line efficiency was improved from 77.67% to 87.38%. For production line in [4], although the number of workstation and total idle time did not change, but the work load variance was decreased from 5.00 to 2.68, and the line efficiency was improved from 85.56% to 85.67%. All of these results showed the cost are reduced of both factories by using our proposed GA for ALB.

In the future, we will apply our GA for ALB in multi-model or mixed model and for variety complex factories which want to improve their efficiency of production line.

VII. ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to acknowledge the North-Chiang Mai University for the research cost and all facilities.

REFERENCES

- [1] Scholl, A., Becker, C., "A Survey on Problems and Methods in Generalized Assembly Line Balancing", *European Journal of Operational Research*, September 2004.
- [2] Baybars, "A Survey of Exact Algorithms for The Simple Assembly Line Balancing Problem," *Management Science*, 32(8), pp.909-932, 1986.
- [3] Saravuth Iamtrakul, Chatchai Maiudom, Nuntakrit Yodpichit and Manatchanok Jongprasitporn, "Assembly Line Balancing in KitchenWare Factory in Case Study of Electric Rice Cooker Line," *IE Network*, 2007, Chiang Mai, Thailand.
- [4] Kasidit Sangduen, Choosak Pornsing, and Arnat Wattanasangsuit, "Productivity Improvement by Assembly Line Balancing Technique Using the Genetic Algorithm," *IE Network*, 2007, Chiang Mai, Thailand.
- [5] Goldberg, D. E., "Genetic Algorithms in Search," *Optimization, and Machine Learning*, Addison-Wesley, Reading, 1989.
- [6] Holland, John. "Genetic algorithms." *Scientific American*, July 1992, p. 66-72.

- [7] Davis LD., *Handbook of genetic algorithms*. New York. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการจัดทำ ใบเสนอราคา : กรณีศึกษาเครื่องผสมเม็ดพลาสติก

กวินวัชร ฐิตินนทวรโชติ* และ กุศล พิมาพันธุ์ศรี

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: kawinwach@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างมาก หลายบริษัทต้องพึ่งพิงเทคโนโลยีเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการดำเนินงาน งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบการจัดทำใบเสนอราคาของบริษัทตัวแทนจำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องผสมเม็ดพลาสติกกรณีศึกษาแห่งนี้ จากศึกษาระบบงานเดิมพบว่า การจัดทำใบเสนอราคาใช้เวลาโดยเฉลี่ย 2 ชั่วโมงต่อ 1 ใบเสนอราคา เนื่องจากการเลือกเครื่องผสมเม็ดพลาสติกที่เหมาะสมกับความต้องการมีความซับซ้อนและต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการตัดสินใจเลือก และบริษัทกรณีศึกษาขาดระบบการสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีข้อจำกัดในการปฏิบัติงานนอกสถานที่ของพนักงานขาย ที่ต้องนำข้อมูลส่งกลับมาให้ผู้เชี่ยวชาญตัดสินใจจึงสามารถนำเสนอราคาได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอระบบสนับสนุนการตัดสินใจบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการจัดทำใบเสนอราคา โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมภาษาพีเอชพี (PHP) ในการพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานผ่านทางคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) และประยุกต์ใช้โปรแกรมมายเอสคิวแอล (MySQL) ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลผลจากงานวิจัย ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นสามารถลดระยะเวลาการจัดทำเอกสารใบเสนอราคาโดยเฉลี่ยเหลือเพียง 3 นาทีต่อการเสนอราคาหนึ่งครั้งและจะช่วยให้ผู้ใช้งานทั่วไปที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญสามารถจัดทำใบเสนอราคาได้

คำสำคัญ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ, ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต, การจัดทำใบเสนอราคา, เครื่องผสมเม็ดพลาสติก

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยการสื่อสารข้อมูลในหลายด้าน [1] ซึ่งในด้านธุรกิจนั้นพบว่า มีความสำคัญอย่างมาก การนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานทางธุรกิจนั้น ส่งผลดีต่อองค์กรหลายอย่างเช่น เพื่อการสื่อสารทางธุรกิจที่ดีขึ้น เพื่อให้การดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และเพื่อความถูกต้องรวดเร็ว ซึ่งสามารถส่งผลต่อความสำเร็จธุรกิจได้

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบการจัดทำใบเสนอราคาเครื่องผสมเม็ดพลาสติกของบริษัทกรณีศึกษาแห่งนี้ จากการศึกษาและเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า บริษัทกรณีศึกษาจัดทำเอกสารใบเสนอราคาลำช้า โดยใช้เวลาในการจัดทำเอกสารใบเสนอราคาโดยเฉลี่ย 2 ชั่วโมงต่อ 1 ใบเสนอราคา เนื่องจากความซับซ้อนในการเลือกรุ่นเครื่องผสมเม็ดพลาสติกให้เหมาะสมกับความต้องการของลูกค้า การขาดระบบฐานข้อมูลและระบบการจัดการใบเสนอราคาที่มีประสิทธิภาพ ทำให้ใช้เวลามากในการค้นหาข้อมูล และบ่อยครั้งที่เกิดความผิดพลาดเรื่องข้อมูลลูกค้า และข้อมูลเครื่องผสมเม็ดพลาสติก อีกทั้งยังมีข้อจำกัดในการปฏิบัติงานนอกสถานที่ของพนักงานขาย ที่ต้องนำ

ข้อมูลส่งกลับมาให้ผู้เชี่ยวชาญตัดสินใจจึงสามารถนำเสนอราคาได้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกเครื่องและอุปกรณ์ผสมเม็ดพลาสติกผ่านบราวเซอร์ (Browser) ด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อลดเวลาในกระบวนการจัดทำเอกสารใบเสนอราคา โดยมีวัตถุประสงค์ให้ผู้ใช้งานหรือพนักงานขายสามารถพิมพ์ผลการเลือกเครื่องและอุปกรณ์ผสมเม็ดพลาสติกเป็นเอกสารใบเสนอราคาให้แก่ลูกค้าได้ทันที

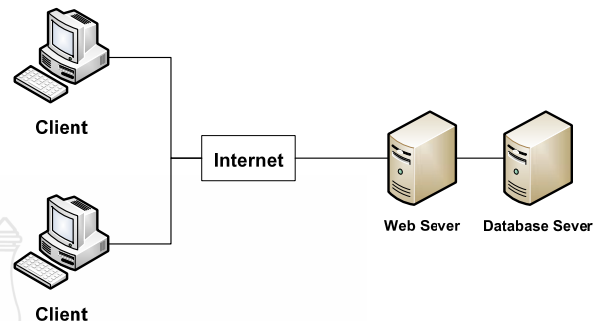
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

2.1 เว็บเบสแอปพลิเคชัน (Web-based Applications)

[2] กล่าวว่าเว็บเบสแอปพลิเคชัน เป็นโปรแกรมที่อยู่ในเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web-Server) ที่คอยให้บริการสิ่งที่ร้องขอ (Request) จากทางคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client) ผ่านทาง Protocol HTTP และแสดงผลการร้องขอในรูปแบบ HTML Page ผ่านทางบราวเซอร์ (Browser) ซึ่งคือเว็บไซต์ต่างๆ เว็บแอปพลิเคชันแบ่งการประมวลผลไว้ที่ฝั่งไคลเอนต์และเซิร์ฟเวอร์และมักมีการใช้ฐานข้อมูลควบคู่กับการทำเว็บแอปพลิเคชันไปด้วย ทั้งนี้เว็บแอปพลิเคชันประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลายๆส่วนที่ทำงานร่วมกันซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 การเข้าถึงเว็บแอปพลิเคชันจะใช้เว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) เช่น โปรแกรมอินเทอร์เน็ตเอกซ์พลอเรอร์ (Internet Explorer) โดยรันผ่านคอมพิวเตอร์ฝั่งจากทางคอมพิวเตอร์ลูกข่ายซึ่งเบราว์เซอร์จะทำการเปลี่ยนโค้ด HTML ให้เป็นหน้าต่างของจอภาพตามโค้ดที่เขียนไว้

ในการพัฒนาระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสามารถประยุกต์ใช้ภาษาโปรแกรมได้หลายภาษา ได้แก่ ภาษาวิซวลเบสิก (Visual Basic) ภาษาจาวา (Java) ภาษา HTML ภาษาพีเอชพี (PHP) เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ภาษาพีเอชพี [3] ซึ่งเป็นภาษาสคริปต์แบบหนึ่ง การประมวลผลจะเกิดขึ้นบนคอมพิวเตอร์แม่ข่าย แล้วจึงสร้างผลลัพธ์เป็นภาษา HTML ส่งให้กับคอมพิวเตอร์ลูกข่ายเพื่อแสดงผล การเขียนสามารถทำได้โดยเขียนโค้ด

PHP แทรกลงในโค้ด HTML และประยุกต์ใช้โปรแกรม MySQL ในการพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูล



รูปที่ 1 หลักการของเว็บแอปพลิเคชัน

3. การดำเนินงานวิจัย

3.1 การวิเคราะห์กระบวนการทำงานปัจจุบัน

ในกระบวนการจัดทำใบเสนอราคาปัจจุบัน เมื่อพนักงานขายได้รับข้อมูลความต้องการของลูกค้า จากนั้นจึงนำข้อมูลส่งให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประมวลผลเพื่อตัดสินใจในการเลือกรุ่นเครื่องผสมเม็ดพลาสติก จากขั้นตอนดังกล่าวพบว่า ใช้เวลานานมาก ซึ่งเกิดจากสาเหตุดังนี้

1. ความซับซ้อนของการเลือกรุ่นเครื่องผสมเม็ดพลาสติกให้เหมาะสมกับความต้องการของลูกค้า เนื่องจากจำนวนรุ่นเครื่องผสมเม็ดพลาสติก มีจำนวนมากถึง 31 รุ่น อีกทั้งยังมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรุ่นเครื่องผสมเม็ดพลาสติก ซึ่งการตัดสินใจเลือกเครื่องผสมเม็ดพลาสติกแต่ละครั้งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่มีความชำนาญ
2. ขาดระบบการจัดการฐานข้อมูลสินค้าและฐานข้อมูลลูกค้าและระบบการจัดทำเอกสารใบเสนอราคาที่มีประสิทธิภาพ ปัจจุบันการจัดทำเอกสารใบเสนอราคาแต่ละครั้งจะดึงข้อมูลใบเสนอราคาเดิมมาทำการแก้ไข เพื่อออกเอกสารใบเสนอราคาใหม่ ซึ่งใช้เวลานานในการค้นหาข้อมูลใบเสนอราคาเดิม

3. การจัดทำเอกสารใบเสนอราคาแบบเดิมมีข้อจำกัดในการปฏิบัติงานนอกสถานที่ของพนักงานที่ต้องส่งข้อมูลกลับมาให้ผู้เชี่ยวชาญตัดสินใจ ทำให้ใช้เวลานานซึ่งส่งผล

ให้ลูกค้าเกิดรอยยิ้มได้

จากสาเหตุดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์และจำแนกปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกเครื่องผสมเม็ดพลาสติกเพื่อพัฒนาตัวแบบในการตัดสินใจ รวมทั้งการออกแบบฐานข้อมูลและพัฒนาระบบการจัดทำใบเสนอราคาบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

3.2 การจำแนกปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกเครื่องผสมเม็ดพลาสติก

จากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการเลือกเครื่องผสมเม็ดพลาสติก ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยของ [4] สรุปการจำแนกเป็นปัจจัยต่างๆ ได้ดังนี้

1. ปริมาณกำลังการผลิตที่ลูกค้ากำหนด มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อชั่วโมง (Kg/hr)

2. ปริมาณน้ำหนักรังต่อครั้ง (Batch size) เครื่องผสมเม็ดพลาสติก

3. ประเภทอุปกรณ์ ได้แก่ Slide Gate, Vertical Valve, Feeder และ Micro Pulse Valve ซึ่งแต่ละประเภทจะมีคุณลักษณะแตกต่างกัน และส่งผลต่อปริมาณกำลังการผลิตของเครื่องผสมเม็ดพลาสติก

4. จำนวนของวัตุดิบสูงสุดที่จะถูกผสม

5. สัดส่วนของวัตุดิบ หมายถึง ปริมาณวัตุดิบพลาสติกจากแต่ละตัวที่ถูกป้อนเข้าไปทำการผสม

การคำนวณหาปริมาณกำลังการผลิตของเครื่องผสมเม็ดพลาสติก สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$V_{Output} = \frac{3,600(\text{sec}) \times \text{Batch}(g) \times 1(\text{kg})}{T_{Total}(\text{sec}) \times 1(\text{hr}) \times 1,000(\text{g})} \times \text{Yield}$$

$$V_{Output} = \frac{3.6 \times \text{Batch}}{T_{Total}} \times \text{Yield} \quad (\text{kg/hr}) \quad (1)$$

โดย V_{Output} = ปริมาณการผสมที่สามารถทำได้ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อชั่วโมง

Batch = ปริมาณน้ำหนักรังต่อครั้ง (Batch size) มีหน่วยเป็นกรัม

T_{total} = ผลรวมเวลาการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมด มีหน่วยเป็นวินาที

Yield = ค่าประสิทธิภาพการผลิต อยู่ระหว่าง 80~90%

การตัดสินใจเลือกรุ่นเครื่องผสมพลาสติกของตัวแบบประมวลผลจะเป็นลักษณะการตัดสินใจแบบมีโครงสร้าง (Structured decision) [5] โดยประมวลผลการทำงานด้วยการกำหนดเงื่อนไข (Condition statement) ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรดังนี้

1. เครื่องผสมพลาสติกทั้งหมด 31 รุ่น
2. ปริมาณน้ำหนักรังต่อครั้ง (Batch size)
3. จำนวนอุปกรณ์แต่ละประเภท
 - 3.1 Slide Gate
 - 3.2 Vertical Valve
 - 3.3 Feeder
 - 3.4 Micro Pulse Valve
4. ชนิดของวัตุดิบ (FF or NFF)
5. สัดส่วนของวัตุดิบ

3.3 การพัฒนาตัวแบบสนับสนุนการตัดสินใจ

จากการวิเคราะห์ปัจจัยและเงื่อนไขต่างๆ ที่มีผลต่อการเลือกเครื่องผสมเม็ดพลาสติก ตัวแบบประมวลผลของการคำนวณปริมาณกำลังการผลิตดังแสดงในรูปที่ 2

การประมวลผลของตัวแบบสนับสนุนการตัดสินใจ เริ่มจากการรับข้อมูลความต้องการของลูกค้า ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณกำลังการผลิตที่ต้องการ ($V_{Required}$) จำนวนของวัตุดิบสูงสุดที่จะถูกผสม (Number of components) และสัดส่วนวัตุดิบที่ต้องการผสม (% Min-Max of material) ลักษณะการไหลของวัตุดิบ

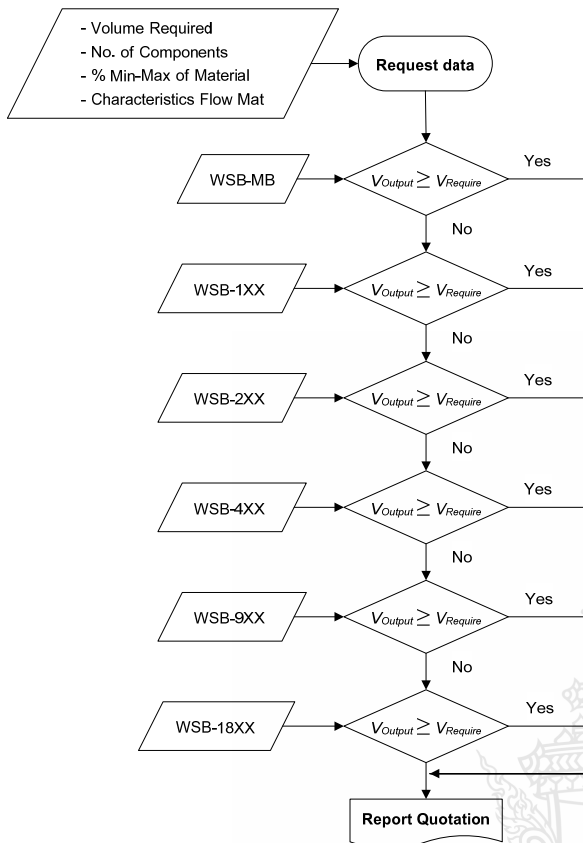
(Characteristics flow) จากนั้นจึงนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้มาประมวลผลหาปริมาณกำลังการผลิต (V_{Output}) โดยเริ่มจาก

Batch size ที่น้อยที่สุด แล้วทำการเปรียบเทียบกับปริมาณกำลังการผลิตที่ต้องการ ในกรณีที่ค่า V_{Output} มีค่าน้อยกว่า

ค่า $V_{Required}$ ตัวแบบจะเลือกค่า Batch size ที่มีค่ามากกว่า

ในลำดับถัดไปจนกว่าค่า V_{Output} มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ

ค่า $V_{Required}$ จึงทำการเลือกรุ่นเครื่องผสมเม็ดพลาสติกนั้น



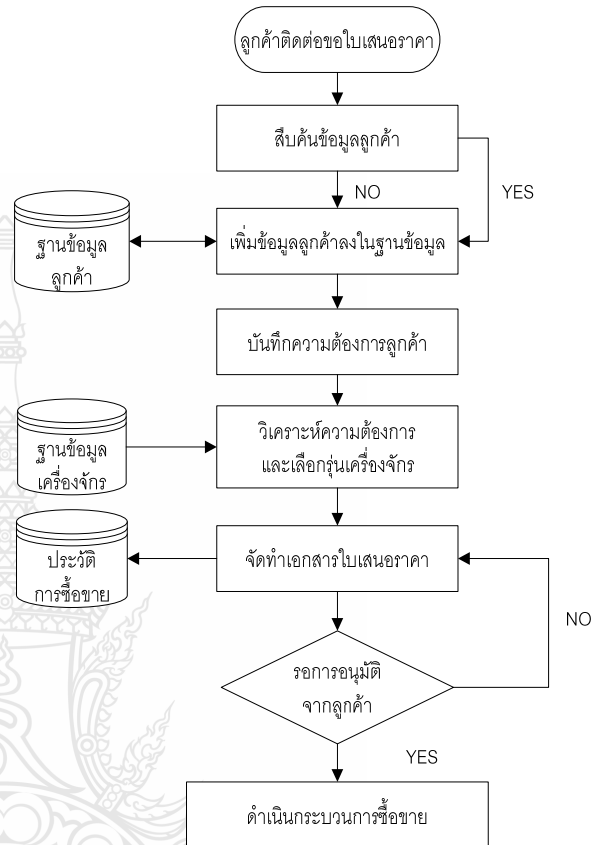
รูปที่ 2 โครงสร้างการประมวลผล

3.4 การวิเคราะห์ระบบและการพัฒนาฐานข้อมูล

จากสาเหตุดังกล่าวจึงมีแนวคิดออกแบบกระบวนการทำงานใหม่ ซึ่งเป็นระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้ภาษาพีเอชที เป็นตัวประมวลผลคำสั่งต่างๆ บนคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและโปรแกรมมายเอสคิวแอล เป็นฐานข้อมูลส่วนกลาง (Database Sever) ซึ่งระบบงานใหม่แสดงกระบวนการทำงานดังรูปที่ 3

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์หลักการแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram, DFD) [6] เพื่อพัฒนาระบบงานใหม่ที่นำเสนอซึ่งเป็นแผนภาพแสดงทิศทางการไหลของข้อมูลในระบบทั้งหมด และขั้นตอนการทำงานของระบบงานใหม่ในการพัฒนาเป็นระบบฐานข้อมูลเพื่อการจัดการ (Database Management System, DBMS) [7] ข้อมูลลูกค้าและผลิตภัณฑ์สำหรับการจัดทำใบเสนอราคา โดยโครงสร้างระบบฐานข้อมูลสามารถเขียนเป็นแผนภาพกระแสข้อมูล ได้ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งจะนำมาใช้ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดทำใบเสนอ

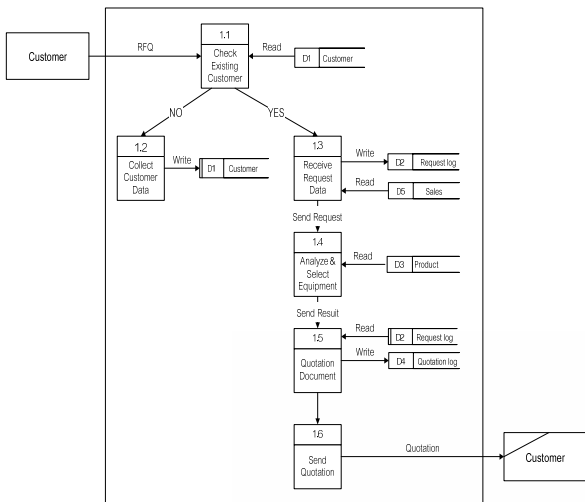
ราคาสำหรับเครื่องผสมเม็ดพลาสติกของบริษัทกรณีศึกษาต่อไป



รูปที่ 3 แผนภูมิกระบวนการของระบบที่นำเสนอ

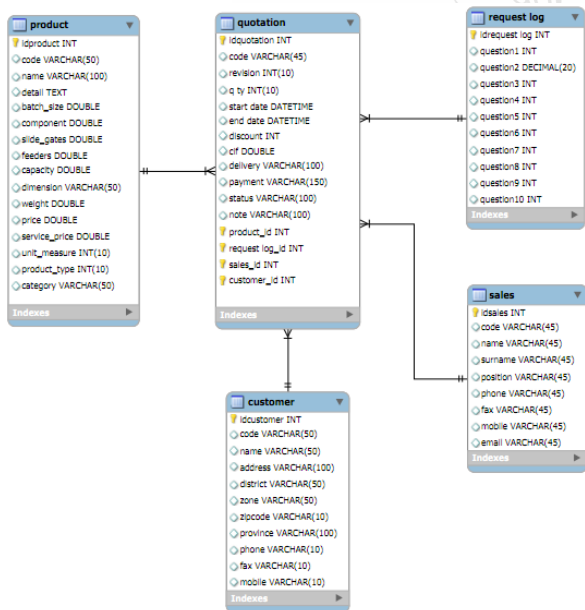
ระบบงานใหม่ที่นำเสนอแสดงดังรูปที่ 4 เมื่อลูกค้าร้องขอใบเสนอราคา ข้อมูลความต้องการของลูกค้าจะถูกส่งไปที่ฝ่ายขาย (กระบวนการที่ 1) เพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการใช้ในการเลือกอุปกรณ์ของเครื่องจักร หลังจากนั้นข้อมูลดังกล่าวถูกประมวลผลตามขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่ได้พัฒนาขึ้นตามรูปที่ 2 และส่งข้อมูลเพื่อทำการออกใบเสนอราคาสินค้าให้กับลูกค้า

หลังจากขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบแล้ว ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบฐานข้อมูลซึ่งประกอบด้วยเพิ่มข้อมูลต่อไป



รูปที่ 4 แผนภาพกระแสข้อมูลของระบบ

นี่คือ (1) ข้อมูลผลิตภัณฑ์ (2) ข้อมูลใบเสนอราคา (3) ข้อมูลลูกค้า (4) ข้อมูลความต้องการของลูกค้า (5) ข้อมูลพนักงานขาย ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity Relational Diagram) ดังแสดงในรูปที่ 5



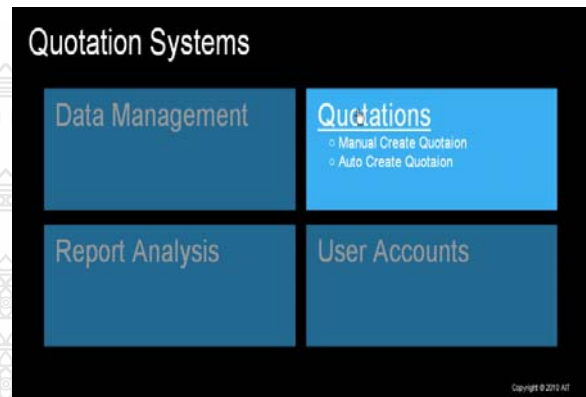
รูปที่ 5 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่สามารถแสดงหน้าฟอร์มหลักของโปรแกรม ซึ่งแบ่ง


ออกเป็น 4 ส่วน คือ (1) ส่วนของการจัดการข้อมูล (Data Management) (2) ส่วนของเอกสารใบเสนอราคา (Quotations) (3) ส่วนของการวิเคราะห์รายงานผล (Report Analysis) (4) ส่วนของบัญชีผู้ใช้งานระบบ (User Accounts) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงหน้าฟอร์มหลัก

ในการจัดทำใบเสนอราคาผู้ใช้งานจะต้องกรอกรายละเอียดข้อมูลความต้องการของลูกค้าลงในแบบฟอร์ม ดังแสดงในรูปที่ 7 เพื่อให้ระบบประมวลผลและเลือกเครื่องผสมพลาสติกที่เหมาะสม หลังจากนั้นผู้ใช้งานสามารถนำผลการประมวลมาจัดทำเป็นเอกสารใบเสนอราคาแก่ลูกค้าต่อไป ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 8

รูปที่ 7 ฟอร์มรายละเอียดข้อมูลความต้องการของลูกค้า



Automatic Industrial Technology Co., Ltd.
1465 Kamchampek Road, Bangkae-Nue, Bangkae e, Bangkok 10160, Thailand
 Tel: (662) 4548708-10, (662) 8056693 Fax: (662) 4548711 Email:AIT@autoindtech.co.th
 www.autoindtech.co.th

March 10 2011

Alucon Public Company Limited
 531 Moo 4 Bangpoo Industrail Estate Sukhumvit Road Bangpoo Muang Samut Prakan 85843
 Tel: 038-345001-6 Fax: 038-345001-6

QUOTATION NO. Q001/2554

Dear Mr. Ek Sirichattawin

With reference to your kind request, we are pleased to submit our quotation according to the specification of leaflet as follow:-

| Qty | Description | Unit Price (US\$) | Total Price (US\$) |
|--|---|-------------------|--------------------|
| 1 | WSB-MB-T WSB-MB-T Weigh Scale Blender includes the following items • Capacity: 140 lbs/lr or 64 kg/lr, depending on ratio • Electrical requirements: 230/1/50 • 4 - Vertical Dispense valves • Twelve Software* for control of 5 or more Components • Rem | 1,000.00 | 1,000.00 |
| 1 | FCA-MB Material flow control assembly only, hole pattern for MB | 420.00 | 500.00 |
| Total price ex-work Singapore | | | 1,500.00 |
| Special net price for Alucon Public Company Limited | | | 1,425.00 |
| CI F Bangkok by sea freight | | | 100.00 |
| Total price CIF Bangkok by sea freight | | | 1,525.00 |

รูปที่ 8 ตัวอย่างเอกสารใบเสนอราคา

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการจัดทำใบเสนอราคาเครื่องผสมเม็ดพลาสติกของบริษัทกรณีศึกษา ระบบงานที่นำเสนอถูกพัฒนาขึ้นบนระบบเครือข่าย (Web-based Application) โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมภาษาพีเอชพี (PHP) ในการพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานผ่านทางคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) และประยุกต์ใช้โปรแกรมมายเอสคิวแอล (MySQL) ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูล หลังจากการประยุกต์ใช้งานระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาขึ้นผ่านบราวเซอร์ (Browser) สามารถลดระยะเวลาในการจัดทำเอกสารใบเสนอราคาโดยเฉลี่ยเหลือเพียง 3 นาที คิดเป็นประสิทธิภาพการทำงานสามารถลดระยะเวลาลงได้ 97 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับวิธีการเดิม โดยผู้ใช้งานหรือพนักงานขายสามารถพิมพ์ผลการเลือกเครื่องและอุปกรณ์ผสมเม็ดพลาสติกเป็นเอกสารใบเสนอราคาให้แก่ลูกค้าได้ทันที และสามารถตัดสินใจเลือกรุ่นเครื่องเม็ดพลาสติกได้ถูกต้องเช่นเดียวกับการตัดสินใจของ

ผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้ใช้งานทั่วไปที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญสามารถจัดทำใบเสนอราคาได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] พรทิพา ศิลลาอาสน์, การพัฒนาระบบสารสนเทศบนอินเทอร์เน็ตเพื่อสนับสนุนงานด้านการขาย กรณีศึกษา : บริษัทแปซิฟิคอินเตอร์เทคจำกัด, สารนิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2551.
- [2] ไพศาล โมลิสกุลมงคล. 2544. พัฒนา Web Database. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. ห้างหุ้นส่วนจำกัดไทยเจริญการพิมพ์.
- [3] สมศักดิ์ โชคชัยชุตติกุล. 2552. Insight PHP. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ. โปรวิชั่น.
- [4] กุศล พิมาพันธุ์ศรี, สุวีร์วัฒน์ ไร่โรจน์ และ กวินวัชร ลีตินนท์วรโชติ, การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดทำใบเสนอราคา กรณีศึกษา เครื่องผสมเม็ดพลาสติกระบบกราวิเมตริกในอุตสาหกรรมพลาสติก. การประชุมวิชาการชายางานวิศวกรรมอุตสาหกรรม อุดรราชธานี, 2553.
- [5] ศรีไพร ศักดิ์รุ่งพงศากุล. 2549. ระบบสารสนเทศและเทคโนโลยีการจัดการความรู้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- [6] เอกพันธุ์ คำปัญญา. 2550. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ชัดเชสมีเดีย.
- [7] กุรุพันธ์ เวชทรัพย์, การสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการวางแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์การแพทย์ในโรงพยาบาล กรณีศึกษาโรงพยาบาลตัวอย่าง, วิชยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2548.

การลดเวลาสูญเสียของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ภัทวดี เต็มสุวรรณพานิช¹, ดร.อรรถกร เก่งพล²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จ.กรุงเทพฯ 10800

²รองศาสตราจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จ.กรุงเทพฯ 10800

E-mail: phattawadee.t@gmail.com

บทคัดย่อ

สภาพการทำงานของเครื่องจักรสำหรับทดสอบหัวอ่านเขียนสำเร็จที่ผลิตในสายการผลิต พบว่า ปัญหาเครื่องจักรขัดข้องขณะทำการทดสอบหัวอ่านเขียนสำเร็จเกิดจากหลากหลายปัญหาและสาเหตุที่แตกต่างกันทำให้เกิดเวลาหยุดทำงานของเครื่องจักรสูง เป้าหมายของการวิจัย คือ ศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลต่อการเกิดข้อผิดพลาดที่เครื่องทดสอบหัวอ่านเขียนสำเร็จ โดยนำหลักการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกมาใช้ในการพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของเครื่องจักรเสียหายกับการเกิดข้อผิดพลาดที่เครื่องทดสอบหัวอ่านเขียนสำเร็จ โดยผลลัพธ์จากการวิเคราะห์พบว่าสาเหตุที่เกิดจากหัวต่อ 6 หัว ตำแหน่งการวางหัวอ่าน ตำแหน่งตัวบังคับหัวอ่าน แผ่นบันทึกข้อมูล วงจรขยาย และแกน X, Y มีความสัมพันธ์กับการเกิดข้อผิดพลาดที่เครื่องทดสอบหัวอ่านเขียนสำเร็จอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นทำการวิเคราะห์ช่วงเวลาความเสียหาย เพื่อใช้จัดทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยวิธีการลดเปอร์เซ็นต์ของการหยุดเครื่องจักร หลังจากที่ได้นำระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันมาใช้ในงานในโรงงานกรณีศึกษา พบว่า ค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องทดสอบหัวอ่านเขียนสำเร็จเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 87.92% นอกจากนี้ยังมีจำนวนความถี่ในการเกิดความเสียหายลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 42.87% และจำนวนเวลาที่เกิดความเสียหายลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 56.69%

คำสำคัญ การถดถอยโลจิสติก, ค่าเฉลี่ยระหว่างความเสียหาย, การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

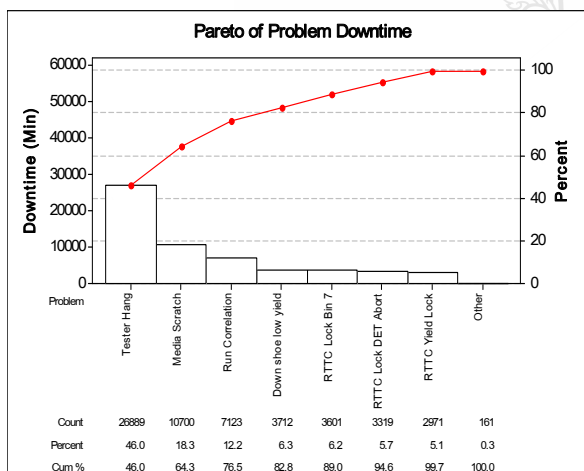
1. บทนำ

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และชิ้นส่วนในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมการผลิตที่ก่อให้เกิดกิจกรรมทางเศรษฐกิจต่อประเทศไทยอย่างมาก มีการลงทุนสูงและมีอัตราการเติบโตในอัตราที่สูงได้ตลอดไป ในประเทศไทยเป็นฐานการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รายใหญ่ในโลก ซึ่งมีอัตราการส่งออกสูงสุดประมาณ 40-50% ดังนั้นเพื่อให้ต้นทุนในการผลิตในประเทศไทยลดลง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการปรับปรุงการกระบวนการผลิตเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ และคุณภาพแรงงานของประเทศ

เนื่องจากปัญหาที่พบในบริษัทกรณีศึกษามีกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน จำเป็นต้องมีการจัดเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมาก จากการศึกษาปัญหาโรงงานกรณีศึกษาพบว่าบริษัทกรณีศึกษามีการผลิตชิ้นส่วน HGA (Head Gimbal Assembly) โดยใช้เครื่องจักรอัตโนมัติในการผลิตซึ่งเป็นแบบ ต่อเนื่อง (Flow Shop Scheduling) และมีการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นในแต่ละสายการผลิตด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติโดยทำการทดสอบชิ้นส่วน HGA นั้นมีสภาพการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง หากมีการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์จะมีการติดตั้งเครื่องใหม่ใช้เวลา 7 ชั่วโมงสำหรับการติดตั้ง ในงานวิจัยนี้จะมุ่งประเด็นที่สภาพการทำงานของเครื่องจักรที่ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตใน

สายการผลิตเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรหยุดทำงาน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ พบว่าปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา คือ ปัญหาเครื่องจักรขัดข้องขณะทำการทดสอบผลิตภัณฑ์เกิดจากหลากหลายปัญหาและสาเหตุที่แตกต่างกันทำให้เกิดเวลาหยุดทำงานของเครื่องจักรสูง ดังนั้นหากเครื่องจักรมีการขัดข้องจะทำให้ไม่สามารถทำการผลิตต่อไปได้ทำให้เกิดความเสียหายไม่ว่าทางด้านต้นทุนการผลิต การสูญเสียเวลาการผลิต ดังนั้นปัญหานี้ควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน และจากการศึกษาข้อมูลพบว่าบริษัทกรณีศึกษามีเครื่องจักร Mag Test รุ่น V2002 จำนวน 100 เครื่อง ซึ่งแต่ละเครื่องนั้นมีการทำงานที่เหมือนกันคือทดสอบ HGA ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดเวลาหยุดการทำงานของเครื่องจักรที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียเวลาขณะเครื่องจักรหยุดทำงานดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภูมิพาเรโตแสดงเวลาสูญเสียของเครื่องจักรในกระบวนการทดสอบ

จากแผนภูมิดังรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่า แท่งกราฟของปัญหาในลำดับที่ 1 เกิดข้อผิดพลาดที่ตัวทดสอบ (Tester Hang) มีค่าความเสียหาย (นาที) ซึ่งมีจำนวนน้อยแต่เนื่องจากข้อผิดพลาดที่ตัวทดสอบเป็นปัญหาที่สำคัญมากที่สุดทำให้เกิดการสูญเสียเวลา ดังนั้นในงานวิจัยเลือกทำการศึกษาปัญหาที่เกิดจากข้อผิดพลาดที่ตัวทดสอบ เพื่อใช้เป็น

กรณีศึกษาในการหาความสัมพันธ์กับสาเหตุของเครื่องจักรเสียกับการเกิดข้อผิดพลาดที่ตัวทดสอบเพื่อวางแผนแก้ไข ปัญหาความเสียหายของเครื่องจักรที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต จึงมีความสนใจที่จะดำเนินกิจกรรมด้านการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้กับเครื่องจักรกรณีศึกษา โดยการจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อลดอัตราความเสียหายของเครื่องจักรให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และเพื่อปรับปรุงความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรให้สูงขึ้น

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งเกี่ยวข้องกับการถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression) และการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) โดยยกตัวอย่างวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

[1] ได้ศึกษาความแตกต่างในการตัดสินใจสมัครเรียนมหาวิทยาลัยของนักเรียนเชื้อชาติแอฟริกัน อเมริกัน ลาติน และผิวขาว จากการวิจัยในครั้งนี้วิเคราะห์ด้วยสถิติภาคบรรยายและการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis) พบว่ามีตัวแปรที่ใช้ในการทำนายจำนวนผู้ลงทะเบียนคือ เชื้อชาติ เพศ อายุ ค่าธรรมเนียมคะแนนทดสอบ โปรแกรมทางวิชาการ ร้อยละของการสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา

[2] ใช้วิธีวิเคราะห์ตัวแบบถดถอยโลจิสติกโดยการตัดข้อมูล ตัวแบบที่เหมาะสมจะใช้วิธีค่าความควรจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) และเมื่อค่าสังเกตมีความแตกต่าง ตัวแบบจะถูกนำมาทำให้เหมาะสมด้วยการตัดค่าสังเกตนั้นออกไป โดยไม่ต้องทำการคำนวณการถดถอยใหม่หลังจากตัดข้อมูลบางตัวออกไปทำให้เป็นการลดเวลาในการคำนวณ

[3] ศึกษาการถดถอยโลจิสติกที่เป็นขั้นตอนการพยากรณ์สำหรับแสดงค่าประเมินความเสียหายและจัดแบ่งประเภทความเสียหาย โดยที่ระบบจะวัดข้อมูลของกระบวนการทำงานจากคนควบคุมหรืออุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ที่จุดต่างๆ ใน

ระบบ ซึ่งการบำรุงรักษาจะใช้เมื่อเกิดอาการเสียหาย หรือไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ แทนที่จะทำการบำรุงรักษาเป็นช่วงเวลา เครื่องมือที่มีประสิทธิผลและประสิทธิภาพสำหรับการประเมินค่านั้นคือ ค่าความเป็นไปได้สูงสุดจะถูกนำไปใช้กำหนดพารามิเตอร์ของตัวแบบการถดถอยโลจิสติก

งานวิจัยนี้มีความแตกต่างจากงานวิจัยอื่นในเรื่องของการนำการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis) มาประยุกต์ใช้กับการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันในอุตสาหกรรมยานยนต์สักใดสัก

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

แบ่งส่วนการทำวิจัยหลักๆ ออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การแยกปัญหาที่ก่อให้เกิดเครื่องจักรเสียและทำการหาความสัมพันธ์ของสาเหตุเครื่องจักรเสียกับการเกิดข้อผิดพลาดที่ตัวทดสอบมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด ด้วยหลักการของการถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression) และนำไปวิเคราะห์ในส่วนต่อไป
2. การหาค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักรเพื่อทำการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

จากการศึกษาข้อมูลสามารถวิเคราะห์ปัญหาการเกิดเวลาสูญเสียของเครื่องจักร ซึ่งหลักการคิดข้อมูลการหยุดของเครื่องจักรนั้นผู้ทำวิจัยได้ทำการคิดเฉพาะการหยุดของเครื่องจักรกรณีที่เครื่องจักรเกิดการเสียหายโดยไม่ทราบสาเหตุเท่านั้น ไม่รวมการหยุดเครื่องจักร กรณีที่เกิดจากการหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน เมื่อทำการสอบถามและทำการเก็บข้อมูลบริษัทกรณีศึกษาเป็นเวลา 180 วัน พบว่ามีหัวข้อที่ส่งผลต่อตัวทดสอบทั้งหมด 17 หัวข้อ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กำหนดตัวแปรอิสระ

| ตัวแปร | หัวข้อที่ส่งผลต่อเครื่องทดสอบ |
|--------|-------------------------------|
| AC12 | ABS (Air Bearing Surface) |
| CA03 | เครื่องทดสอบหัวอ่าน |
| CP10 | โปรแกรมทดสอบหัวอ่าน |
| CP13 | หัวต่อ 6 หัวต่อ |
| CP28 | Spindle Motor |
| CP33 | ความดันแอร์ |
| CP35 | ตำแหน่งที่วางหัวอ่าน |
| CP38 | โอปอร์เรเตอร์ |
| CP44 | ตำแหน่งของการทดสอบหัวอ่าน |
| CP48 | ตัวจับหัวอ่าน |
| CP53 | คอมพิวเตอรื |
| CP66 | ตัวบังคับหัวอ่าน |
| CP67 | Comb Loader |
| HW06 | Servo |
| DK05 | แผ่นบันทึกข้อมูล |
| SC75 | ตำแหน่งวงจรถาย |
| SW01 | ตำแหน่งของแกน x,y |

4. ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งผู้วิจัยได้นำความถี่ของตัวแปร ได้แก่ ปัญหาที่ก่อให้เกิดเครื่องจักรเสีย โดยหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรควรมีค่าต่ำ หากพบว่าตัวแปรคู่ใดมีความสัมพันธ์กันในระดับสูงจะต้องทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความเป็นพหุสัมพันธ์ร่วม (Multicollinearity) [4] ดังตารางที่ 2 จากผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 2 พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสูงเช่น ตำแหน่งวงจรถาย (SC75) กับ ตำแหน่งที่วางหัวอ่าน (CP35) รองลงมาได้แก่ ตำแหน่งแกน X, Y (SW01) กับ ตำแหน่งของวงจรถาย

(SC75) และ ตำแหน่งวงจรถาย (SC75) กับ ตัวจับ ตามลำดับ

หัวอ่าน (CP48) เท่ากับ 0.735, 0.676 และ 0.648

ตารางที่ 2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปัจจัยแต่ละปัจจัย

| อาการ | AC12 | CA03 | CP10 | CP13 | CP28 | CP33 | CP35 | CP38 |
|-------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| AC12 | 1.000 | -.233** | .509** | -.030 | .406** | -.006 | .214** | -.028 |
| CA03 | | 1.000 | -.105 | .210** | .003 | .259** | .214** | .485** |
| CP10 | | | 1.000 | .059 | .468** | .240** | .285** | -.001 |
| CP13 | | | | 1.000 | .242** | .352** | .357** | .293** |
| CP28 | | | | | 1.000 | .374** | .520** | .159** |
| CP33 | | | | | | 1.000 | .463** | .358** |
| CP35 | | | | | | | 1.000 | .374** |
| CP38 | | | | | | | | 1.000 |

ตารางที่ 2 (ต่อ)

| อาการ | CP44 | CP48 | CP53 | CP66 | CP67 | DK05 | HW06 | SC75 | SW01 |
|-------|-------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| CP44 | 1.000 | .368** | -.060 | -.252** | -.244** | -.228** | .398** | .195** | .190* |
| CP48 | | 1.000 | .490** | .265** | .343** | .372** | .407** | .548** | .478** |
| CP53 | | | 1.000 | .496** | .393** | .395** | .151** | .559** | .396** |
| CP66 | | | | 1.000 | .543** | .555** | -.014 | .321** | .222** |
| CP67 | | | | | 1.000 | .578** | -.079 | .253** | .222** |
| DK05 | | | | | | 1.000 | -.059 | .359** | .298** |
| HW06 | | | | | | | 1.000 | .509** | .298** |
| SC75 | | | | | | | | 1.000 | .676** |
| SW01 | | | | | | | | | 1.000 |

*ระดับนัยสำคัญ 5%, ** ระดับนัยสำคัญ 10%

เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่อนข้างสูงจึงได้นำตัวแปรอิสระที่ศึกษามาทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความเป็นพหุสัมพันธ์ร่วมอีกครั้ง โดยการทดสอบจากค่า Tolerance ซึ่งถ้าพบว่าค่า Tolerance ของตัวแปรอิสระใด มีค่าน้อยจนเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าตัวแปรอิสระนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นมาก [5] และทดสอบค่า Variance Inflation Factor (VIF) ซึ่งหากพบว่าค่า VIF มีค่าเกิน 10 ถือว่าตัวแปรอิสระนั้นมีความสัมพันธ์กัน หรือเกิดปัญหาความเป็นพหุสัมพันธ์ร่วม [2] ผลการทดสอบดัง

ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่า VIF (Variance Inflation Factor) เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

| ตัวแปร | Colinearity Statistics | |
|----------------------------------|------------------------|-------|
| | Tolerance | VIF |
| Air bearing surface (AC12) | .577 | 1.732 |
| เครื่องทดสอบหัวอ่าน (CA03) | .478 | 2.093 |
| โปรแกรมทดสอบหัวอ่าน (CP10) | .547 | 1.827 |
| หัวต่อ 6 หัวต่อ (CP13) | .657 | 1.522 |
| Spindle Motor (CP28) | .383 | 2.609 |
| ความดันแอร์ (CP33) | .554 | 1.806 |
| ตำแหน่งที่วางหัวอ่าน (CP35) | .382 | 2.618 |
| โอเปอร์เรเตอร์ใส่ชิ้นงาน (CP38) | .520 | 1.923 |
| ตำแหน่งของการทดสอบหัวอ่าน (CP44) | .631 | 1.585 |
| ตัวจับหัวอ่าน (CP48) | .418 | 2.395 |

| ตัวแปร | Colinearity Statistics | |
|-------------------------|------------------------|-------|
| | Tolerance | VIF |
| คอมพิวเตอรื (CP53) | .460 | 2.174 |
| ตัวบังคับหัวอ่าน (CP66) | .468 | 2.135 |
| Comb Loader (CP67) | .495 | 2.020 |
| Media (DK05) | .453 | 2.210 |
| Servo (HW06) | .514 | 1.944 |
| Head amp (SC75) | .220 | 4.538 |
| x, y position (SW01) | .399 | 2.504 |

ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 3 พบว่าค่า Tolerance ของตัวแปรอิสระมีค่าตั้งแต่ 0.220-0.657 โดยตัวแปรตำแหน่งของวงจรถยาย (SC75) มีค่า Tolerance ต่ำสุดเท่ากับ 0.220 แสดงว่าตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์กัน และเมื่อทำการทดสอบค่า VIF มีค่าตั้งแต่ 1.522-2.618 ซึ่งมีค่าไม่ถึง 10 [2] แสดงว่าตัวแปรอิสระที่ศึกษาไม่เกิดปัญหาความเป็นพหุสัมพันธ์ร่วม ดังนั้นการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกใช้ในการหาความสัมพันธ์กับสาเหตุของเครื่องจักรเสียกับการเกิดข้อผิดพลาดที่ตัวทดสอบเพื่อวางแผนแก้ไขปัญหาความเสียหายของเครื่องจักรที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบ เพื่อลดอัตราความเสียหายของเครื่องจักรให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และเพื่อปรับปรุงความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรให้สูงขึ้น

4.1 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก

การวิเคราะห์ข้อมูลได้นำการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออาการเกิด Tester Hang โดยทำการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ความเหมาะสมของตัวแปรปัจจัย และวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออาการเกิด Tester Hang ดังนี้

4.1.1 การทดสอบความเหมาะสมของตัวแปรปัจจัย

การทดสอบความเหมาะสมของตัวแปรปัจจัยที่ใช้ในตัวแบบ เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าสถิติทดสอบ Chi-Square 3 ค่า คือ ค่า Chi-Square ของ Model, Block และ Step ซึ่งค่า Chi-Square ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

H_0 : โอกาสเกิด Tester Hang ไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระทั้ง 17 ตัว

H_1 : โอกาสเกิด Tester Hang ขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว

ตารางที่ 4 ค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของตัวแปรปัจจัย

| | Chi-Square | df | Sig. |
|-------|------------|----|------|
| Step | 215.251 | 17 | .000 |
| Block | 215.251 | 17 | .000 |
| Model | 215.251 | 17 | .000 |

ผลการทดสอบความเหมาะสมของตัวแปรดังตารางที่ 4 พบว่า สถิติทดสอบตัวแบบได้ค่า Chi-Square เท่ากับ 215.251 ชั้นความเป็นอิสระเท่ากับ 17 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.00 แสดงว่าตัวแปรปัจจัยที่ใช้ในตัวแบบมีความเหมาะสม นั่นคือมีปัจจัยบางตัวส่งผลกระทบต่ออาการเกิด Tester Hang

4.1.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออาการเกิด Tester Hang

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำปัจจัยตัวแปรอิสระที่เกิดจากสาเหตุหลักของเครื่องจักรมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออาการเกิด Tester Hang ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออาการเกิด Tester Hang ปรากฏดังตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์พิจารณาค่า -2 Log likelihood ของตัวแบบที่มีตัวแปรอิสระทั้ง 17 ตัว เมื่อทำการเลือกตัวแปรเข้าสมการและประมาณพารามิเตอร์โดยวิธีภาวะความควรจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method) พบว่าตัวแปรที่เข้าสมการมีทั้งหมด 6 ตัวแปร โดย -2 Log likelihood = 200.564 สถิติทดสอบตัวแบบได้ค่า Chi-Square เท่ากับ 200.564 ชั้นความเป็นอิสระ (Degrees of Freedom) เท่ากับ 6 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.00 แสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโลจิสติก (B_i) ของตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่าไม่เท่ากับศูนย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรอิสระทั้ง 6 ตัว มีอิทธิพลต่อการเกิด Tester Hang และเมื่อพิจารณาความสามารถใน

การทำนายของตัวแบบโลจิสติกพบว่าตัวแบบดังกล่าว ร้อยละ 67 สามารถทำนายความผันแปรของการเกิด Tester Hang ได้

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกของตัวแปรที่ส่งผลต่อการเกิด Tester Hang

| | ตัวแปร | B | S.E. | Wald | df | Sig | Exp(B) |
|----------------------------|----------|--|-------|-------|----|------|----------|
| Step7 | CP13 | -6.377 | 2.735 | 5.438 | 1 | .020 | .002 |
| | CP33 | 3.358 | 1.732 | 3.761 | 1 | .052 | 28.735 |
| | CP35 | 10.037 | 3.786 | 7.030 | 1 | .008 | 22858.71 |
| | CP66 | 21.172 | 7.699 | 7.562 | 1 | .006 | 1.6E+009 |
| | DK05 | -13.193 | 4.848 | 7.404 | 1 | .007 | .000 |
| | SC75 | 1.660 | .585 | 8.066 | 1 | .005 | 5.260 |
| | SW01 | -3.624 | 1.397 | 6.729 | 1 | .009 | .027 |
| | Constant | -5.405 | 2.078 | 6.767 | 1 | .009 | .004 |
| -2Log likelihood | | = 14.877 | | | | | |
| Chi-Square | | = 200.564, df = 6, p-value = .000 | | | | | |
| Cox & Snell R ² | | = .670, Nagelkerke R ² = .963 | | | | | |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลมีตัวแปรอิสระที่ศึกษาทั้งหมด 6 ตัวแปร โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบโลจิสติก และเมื่อทำการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method) ได้ตัวแบบโลจิสติก ดังนี้

$$\hat{Y} = -5.405 - 6.377CP_{13} + 10.037CP_{35} + 21.172CP_{66} - 13.193DK_{05} + 1.660SC_{75} - 3.642SW_{01} \quad (1)$$

ผลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก โดยค่าที่ได้สามารถทำนายโอกาสการเกิด Tester Hang โดยตัวแปรอิสระ หมายความว่าตัวแปรหัวต่อ 6 หัว ตำแหน่งที่วางหัวอ่าน ตัวบังคับหัวอ่าน แผ่นบันทึกข้อมูล วงจรขยายและ แกน X, Y มีความสัมพันธ์ต่อการเกิด Tester Hang อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในการตีความค่าประมาณสัมประสิทธิ์ ในที่นี้ขอยกตัวอย่างสำหรับตัวแปรวงจขยาย (CP75) เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นมีค่าคงที่ สมมติให้วงจขยายมีการใช้งานเพิ่มขึ้นอีก 2 วัน ความเสี่ยงที่จะมีอาการเกิด Tester Hang คือ หรือเท่ากับ 27.67 นั่นหมายความว่าเมื่อใช้งานวงจขยายนานขึ้นมีความเสี่ยงต่อการเกิด Tester Hang

เพิ่มขึ้นประมาณ 27.67 เท่า

4.1.3 การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยทำการวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็น (Likelihood Value) ซึ่งเท่ากับ ค่า -2 Log Likelihood หรือ -2LL ผลการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าสถิติทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

| Step | -2Log likelihood | Cox & Snell R ² | Nagelkerke R ² |
|------|------------------|----------------------------|---------------------------|
| 7 | 14.887 (e) | .670 | .963 |

ผลการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบดังตารางที่ 6 พบว่า ตัวแบบที่ใช้มีความเหมาะสมกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยตัวแปรอิสระ 6 ตัว สามารถอธิบายโอกาสที่จะเกิด Tester Hang ได้ร้อยละ 67 และค่า Nagelkerke R² เท่ากับ 96.3% หรือ ตัวแปรอิสระ 6 ตัว สามารถอธิบายโอกาสที่จะเกิด Tester Hang ได้ร้อยละ 96.3 ซึ่งเป็นค่าที่บอกสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ที่สามารถอธิบายความผันแปรในตัวแบบสมการถดถอยโลจิสติก

4.1.4 การตรวจสอบความเหมาะสมของสมการถดถอยโลจิสติก

การทดสอบภาวะสาธูปสนิทธิ (Goodness of Fit Test) ของสมการการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติก โดยใช้วิธีของ Hosmer และ Lemeshow (H-L) โดยตั้งสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

H_0 : ตัวแบบมีความเหมาะสมกับข้อมูล

H_1 : ตัวแบบไม่มีความเหมาะสมกับข้อมูล

ตารางที่ 7 การตรวจสอบความเหมาะสมของสมการโลจิสติก

| Chi-square | df | Sig |
|------------|----|------|
| .233 | 3 | .972 |

ผลการวิเคราะห์โดยวิธี Hosmer และ Lemeshow [6] พบว่าสถิติ Chi-Square มีค่าเท่ากับ 0.233 และค่า P-Value เท่ากับ 0.972 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่าตัวแบบมีความเหมาะสมกับข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.1.5 ผลการประเมินความเหมาะสมของสมการที่ใช้ในการพยากรณ์

การประเมินความเหมาะสมของสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ โดยพิจารณาจากค่า หัวต่อ 6 หัวต่อ ตำแหน่งที่วางหัวอ่าน ตัวบังคับหัวอ่าน แผ่นบันทึกข้อมูล ตำแหน่งของวงจรรขยาย และ ตำแหน่งของแกน X, Y สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8 ซึ่งจากข้อมูลของการเกิด Tester Hang ที่มีแนวโน้มว่าเกิดอาการเสียมีจำนวน 130 ครั้ง เมื่อทำการพยากรณ์โดยวิธีการถดถอยโลจิสติก พบว่าการพยากรณ์อาการเสียผิดพลาดจำนวน 3 ครั้ง นั่นคือ พยากรณ์ผิด 5.9% ในขณะที่เมื่อใช้ข้อมูลของการเกิด Tester Hang ที่มีแนวโน้มที่ไม่เกิด Tester Hang มีจำนวน 1 ครั้ง คิดเป็น 0.76% ดังนั้นจึงสามารถสรุปผลอัตราความผิดพลาดจากการพยากรณ์การเกิด Tester Hang หรือไม่เกิด Tester Hang โดยรวมเท่ากับ 2.2% หรืออีกนัยหนึ่งว่าตัวแบบนี้สามารถใช้ในการพยากรณ์กลุ่มอาการที่เกิด Tester Hang ได้ด้วยความถูกต้องแม่นยำประมาณ 97.8%

ตารางที่ 8 การประเมินความเหมาะสมของสมการที่ใช้ในการพยากรณ์

| Tester Hang | ผลการพยากรณ์ | | เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง |
|------------------------|--------------|------|------------------------|
| | ไม่เสีย | เสีย | |
| ไม่เสีย | 48 | 3 | 94.1 |
| เสีย | 1 | 129 | 99.2 |
| เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง | | | 97.8 |

4.2 ผลการวิเคราะห์ช่วงเวลาความเสียหาย

เนื่องจากผลวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกมาเพื่อใช้ในการพิจารณาเลือกอาการที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดข้อผิดพลาดของตัวทดสอบเพื่อพิจารณาในการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันก่อน ซึ่งสามารถลดความเสียหายของอุปกรณ์ ทำให้เครื่องจักรนั้นมีค่าการหยุดของเครื่องจักร (Downtime) ลดลง เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกของเครื่องทดสอบ ซึ่งมีอาการเสียที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดข้อผิดพลาดของตัวทดสอบ 6 บริเวณที่เกิดความเสียหาย จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการกำหนดรอบในการทำการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันซึ่งในที่นี้กำหนดจากค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร (Mean Time between Failure: MTBF) พิจารณาค่า MTBF [7] ของการเกิดอาการต่างๆ ซึ่งผู้ทำวิจัยทำการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันของ Mag Test ทั้ง 6 อาการ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การวัดผลก่อนการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

| บริเวณ ตัวทดสอบเกิด ข้อผิดพลาด | ตัวชี้วัด | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| | จำนวนครั้งที่ เสียหาย (ครั้ง) | เวลาการ ขัดข้อง เสียหาย (วัน) | ค่าเวลาเฉลี่ย ระหว่างความ เสียหายของ เครื่องจักร (วัน) |
| หัวต่อ 6 หัว | 22 | 95 | 4.09 |
| ตำแหน่งที่วาง หัวอ่าน | 21 | 139 | 5.21 |
| ตำแหน่งบังคับ หัวอ่าน | 19 | 79 | 4.16 |
| แผ่นบันทึกข้อมูล | 22 | 38 | 1.70* |
| วงจรรขยาย | 16 | 123 | 7.36 |
| แกน x,y | 12 | 141 | 14.72* |

หมายเหตุ : เครื่องหมาย (*) แสดงเวลาที่ทำการวางแผนบำรุงรักษาได้จากการคิดคำนวณจากค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายที่มีค่าเป็นจุดทศนิยม ซึ่งมีการปัดเศษลงเนื่องจากเวลาที่ใช้วางแผนนั้นเพื่อบำรุงรักษาเครื่องจักรไม่ให้เสียก่อนเวลา หากปัดเศษขึ้นแสดงว่าเครื่องจักรนั้นยังคงเสียหายแสดงว่าเครื่องจักรจะไม่มีการบำรุงรักษาก่อนที่จะเกิดความเสียหาย

ดังนั้นจากตารางที่ 9 ผู้วิจัยได้ทำการวางแผนบำรุงเครื่อง Magtest รุ่น V2002 โดยแบ่งตามบริเวณที่เกิดความเสียหายดังนี้

1. หัวต่อ 6 หัว วางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน โดยการเปลี่ยนหัวต่อ 6 หัว เป็นประจำทุก 4 วัน

2. ตำแหน่งที่วางหัวอ่าน ทำการวางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน คือ ปรับตำแหน่งที่วางหัวอ่านให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม เป็นประจำทุก 5 วัน

3. ตำแหน่งบังคับหัวอ่าน วางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน โดยการปรับตำแหน่งที่บังคับหัวอ่าน เป็นประจำทุก 4 วัน

4. แผ่นบันทึกข้อมูล วางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน โดยการตรวจสอบสภาพ Media และทำการเปลี่ยน Media เป็นประจำทุกวัน

5. วงจรรขยาย วางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน สามารถทำได้โดยปรับตำแหน่งวงจรรขยายให้ตรงกับหัวต่อในตำแหน่งที่เหมาะสม เป็นประจำทุก 7 วัน

6. แกน X, Y วางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน โดยการปรับตำแหน่งของวงจรรขยายให้ทำมุมพอดีกับหัวต่อ เป็นประจำทุก 14 วัน

4.3 ผลการดำเนินงานหลังปรับปรุง

สามารถแยกได้ตามการวิเคราะห์การประเมินผลก่อน-หลังการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ตารางที่ 10 จากการวิจัยได้แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการทำวิจัยในครั้งนี้ วิเคราะห์บริเวณที่เกิดความเสียหายที่ทำให้เกิดปัญหาตัวทดสอบเกิดความผิดพลาดโดยทำการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อนำแผนไปปฏิบัติ ทำให้จำนวนครั้งของความเสียหายของเครื่องจักรลดลง เวลาการขัดข้องเสียหายของเครื่องจักรลดลง ส่งผลให้ค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบโดยใช้การวัดผลก่อน-หลังการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

| บริเวณ ตัวทดสอบเกิด ข้อผิดพลาด | ก่อนวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน | | | หลังวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|------------------------------------|--|
| | จำนวนครั้งที่ เสียหาย (ครั้ง) | เวลาการขัดข้อง เสียหาย (วัน) | ค่าเวลาเฉลี่ย ระหว่างความ เสียหายของ เครื่องจักร (วัน) | จำนวนครั้งที่ เสียหาย (ครั้ง) | เวลาการ ขัดข้องเสียหาย (วัน) | ค่าเวลาเฉลี่ย ระหว่างความ เสียหายของ เครื่องจักร (วัน) |
| หัวต่อ 6 หัว | 22 | 95 | 4.09 | 11 | 57 | 5.76 |
| ตำแหน่งที่วางหัวอ่าน | 21 | 139 | 5.21 | 13 | 69 | 5.44 |
| ตำแหน่งบังคับหัวอ่าน | 19 | 79 | 4.16 | 9 | 48 | 5.33 |
| แผ่นบันทึกข้อมูล | 22 | 38 | 1.70 | 18 | 34 | 1.88 |
| วงจรรขยาย | 16 | 123 | 7.36 | 8 | 66 | 8.37 |
| แกน x,y | 12 | 141 | 14.72 | 5 | 74 | 14.93 |

5. สรุป

เมื่อทำวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพบว่า บริเวณที่เกิดความเสียหายทั้งหมด 6 บริเวณได้แก่ หัวต่อ 6 หัว ตัว ตำแหน่งที่วางหัวอ่าน ตัวบังคับหัวอ่าน แผ่นบันทึกข้อมูล ตำแหน่งวงจรรขยาย และแกน X, Y มีความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของเครื่องจักรเสียกับการเกิดข้อผิดพลาดที่

ตัวทดสอบ จากนั้นผู้วิจัยทำการแยกตามการวิเคราะห์ค่าดัชนีการประเมินผลก่อนและหลังการนำแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันไปปฏิบัติ โดยก่อนการปรับปรุงมีจำนวนครั้งในการเกิดความเสียหายของเครื่องจักรโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 18.66 ครั้ง เวลาที่ต้องสูญเสียเนื่องจากเกิดการขัดข้องและความเสียหายของเครื่องจักรในระหว่างการผลิต (Breakdown) โดยเฉลี่ย 102.5 วัน และค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักร (Mean Time Between Failure : MTBF) โดยเฉลี่ย 6.21 วัน หลังจากนำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน สามารถสรุปดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 สรุปผลการวิจัย

| ดัชนีวัดผล | ค่าเฉลี่ยที่ได้ | | ผลสรุป |
|----------------------------------|-----------------|-------|---------------------|
| | ก่อน | หลัง | |
| จำนวนครั้งที่ เสียหาย (ครั้ง) | 18.66 | 10.66 | ลดลง 42.87% |
| Breakdown (วัน) | 102.5 | 44.5 | ลดลง 56.59% |
| MTBF (วัน) | 6.21 | 0.75 | เพิ่มขึ้น 87.92% |

1. จำนวนครั้งในการเกิดความเสียหายของเครื่องจักรทั้งหมดลดลงเฉลี่ย 10.66 ครั้งต่อสาเหตุหรือโดยเฉลี่ยลดลง 44.54%

2. เวลาที่ต้องสูญเสียเนื่องจากเกิดการขัดข้องและเสียหายของเครื่องจักรทั้งหมดลดลงเฉลี่ย 44.5 วันต่อสาเหตุ หรือโดยเฉลี่ยลดลง 39% เมื่อมีจำนวนครั้งในการเกิดความเสียหายลดน้อยลงก็จะส่งผลให้มีเวลาที่ต้องสูญเสียเนื่องจากเกิดการขัดข้องและเสียหายของเครื่องจักรน้อยตามลงไปด้วย เนื่องจากมีการบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำวัน ซึ่งสามารถยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร

3. ค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของ

เครื่องจักร (Mean Time Between Failure : MTBF) ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 วันต่อสาเหตุหรือโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 13% เมื่อมีจำนวนครั้งในการเกิดความเสียหายลดน้อยลง ก็จะส่งผลให้มีค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักรยาวนานขึ้น เพราะว่าเครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่เกิดความเสียหาย หรือเกิดการขัดข้อง เนื่องจากการวิเคราะห์ความเสียหายและการบำรุงรักษาที่ถูกต้องและเหมาะสม

Sons, Inc..

[7] Lewis, E. E. 1994. Introduction to reliability engineering. 2nd ed. New York : Wiley.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Perna, L. W. 2000. Differences in The Decision to Attend College Among African Americans, Hispanics and Whites. The Journal of Higher Education. 71: 117-141.
- [2] Sugata, S. R., Sibnarayan, G. 2007. Diagnostics in logistic regression models. Journal of the Korean Statistical. 37: 89-94.
- [3] Yan, J., Lee, J. 2005. Degradation Assessment and Fault Modes Classification Using Logistic Regression. Transactions of the ASME. 127: 912-914.
- [4] Kutner, M. H., et al. 2005. Applied Linear Models. New York : McGraw-Hill.
- [5] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2549. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ธรรมสาร.
- [6] Hosmer, D. and Stanley, L. 2000. Applied Logistic Regression. 2nd ed. New York : Wiley and

การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนเพื่อลดรอบเวลาการผลิต : กรณีศึกษาโรงงานปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น

ปราการรัตน์ ชันธทัต¹ วิภาณันท์ เทียบประเสริฐ¹ และมานพ ศรีตุลยศชิต²

¹สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล นครราชสีมา

²สมาคมส่งเสริมคุณภาพแห่งประเทศไทย

¹E-mail; paka_nan010@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดรอบเวลาการผลิตขึ้นรูปปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่นและขจัดขั้นตอนความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตด้วยแนวคิดระบบการผลิตแบบลีน ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาประสบปัญหาห้วงเวลาการผลิตมากกว่า Takt Time 2.21 วินาที ส่งผลให้ไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการของลูกค้า โดยเฉพาะสายการผลิตปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปัญหาจากแผนภูมิสายธารคุณค่า แผนภูมิการไหลของวัสดุและข้อมูล พบว่ากระบวนการผลิตมีลำดับการผลิต สถานที่ปฏิบัติงานและเครื่องมือช่วยการผลิตไม่เหมาะสม จึงประยุกต์ใช้แนวคิดระบบการผลิตแบบลีนโดยใช้เครื่องมือ 3 อย่าง คือ การจัดลำดับงานหรือรวมงานย่อยเข้าด้วยกัน การสร้างมาตรฐานการผลิตใหม่ และการใช้ระบบการผลิตแบบดึง ผลการประยุกต์ใช้พบว่า สามารถลดรอบเวลาการผลิตได้ 3.28 วินาที หรือลดลงร้อยละ 32.38 และลดเวลานำรวมของสายธารคุณค่าได้ 6.65 วัน หรือลดลงร้อยละ 75.57 นอกจากนี้ยังสามารถลดเวลาการรอคอยในกระบวนการได้ 51.5 ชั่วโมง

คำสำคัญ แนวคิดการผลิตแบบลีน, การปรับปรุงการผลิต, กระบวนการปั๊มขึ้นรูปโลหะ

1. บทนำ

อุตสาหกรรมผลิตขึ้นส่วนยานยนต์เป็นธุรกิจหนึ่งของประเทศไทยที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง [1] มีบริษัทผู้ผลิตชั้นนำหลายบริษัทมาใช้ประเทศไทยเป็นฐานการผลิต แต่

เนื่องจากผลกระทบของภาวะวิกฤตการณ์การเงินของโลก และภาวะความผันผวนของราคาน้ำมัน ก็ส่งผลให้ผู้บริโภคชะลอการซื้อรถยนต์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เลือกเอาโรงงานผลิตขึ้นส่วนยานยนต์เป็นกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษามีกำลังการผลิตสูงสุด 2,000,000 Strokes ต่อเดือน จำนวนลักษณะขึ้นส่วนที่โรงงานกรณีศึกษาผลิตให้ลูกค้ามีมากกว่า 100 ลักษณะ โดยรับคำสั่งซื้อมาจากลูกค้าก่อนเริ่มทำการผลิต คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเพื่อปรับปรุงการผลิตด้วยแนวคิดการผลิตแบบลีนในกลุ่มของขึ้นส่วนยานยนต์ กระบวนการผลิตเริ่มจากรับวัตถุดิบที่จัดหามาจากผู้ผลิตภายนอกจะถูกส่งจากพื้นที่คลังวัตถุดิบไปยังแผนก เพื่อเข้าสู่กระบวนการปั๊มขึ้นงานโดยพนักงานในสายการผลิต แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานแบบ 100% หากพบชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพก็จะนำเข้าสู่กระบวนการซ่อมหรือแยกออกต่อไป สำหรับชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วจะเข้าสู่กระบวนการบรรจุ (Packing) และส่งเข้าพื้นที่จัดเก็บ (Store) เพื่อรอจัดส่งให้ลูกค้าต่อไป (Shipping) จากการศึกษารายละเอียดการผลิตในระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2553 พบว่ารอบเวลาการผลิต (Cycle Time) มีค่ามากกว่า Takt Time ซึ่งเฉลี่ยเท่ากับ 2.21 วินาที นั่นคือในสภาวะปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการของลูกค้า นอกจากนี้ยังพบว่า Takt Time มีแนวโน้มลดลงทุกเดือนนั่นหมายความว่า ลูกค้ามีความต้องการผลิตภัณฑ์มากขึ้นทุกๆ เดือน แต่โรงงานกรณีศึกษามีเวลาในการผลิตปกติเท่าเดิม

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อลดรอบเวลาการผลิตชิ้นส่วนปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยแนวคิดการผลิตแบบลีนและจัดขั้นตอนความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิต

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้แนวคิดระบบการผลิตแบบลีนมาปรับปรุงสายการผลิต มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษา Mathew [2] ได้เสนอแนะการประยุกต์ใช้หลักการแบบลีนว่าต้องเริ่มจากการจัดตั้งกลุ่มเพื่อทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและการฝึกฝนพนักงานให้มีความสามารถที่หลากหลาย สุชาติดา [3] ศึกษาถึงแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการหาเวลาที่มีการคับคั่งของงานสูงในกระบวนการผลิตซึ่งทางเลือกที่ดีที่สุดจะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตได้ 1.19 เท่าของกระบวนการผลิตเดิมสุนทร [4] ได้ศึกษาถึงแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผลพบว่าทางเลือกที่ดีที่สุดสามารถลดเวลามาตรฐานการผลิตได้ 22% พิเชฐ และคณะ [5] ได้ปรับปรุงประสิทธิภาพในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระจกนิรภัย ด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือแผนภาพการไหลของวัสดุและข้อมูล พบว่าเมื่อแก้ปัญหาด้วยหลักการกำจัดความสูญเสียทั้ง 7 ประการ และการจัดสมดุลสายการผลิต สามารถลด Cycle Time จากเดิม 35 วินาที เป็น 33 วินาที

4. วิธีและผลดำเนินงานวิจัย

4.1 ระบบการผลิตปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่นของโรงงาน

ระบบการผลิตการปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น เริ่มจากขั้นตอนการรับใบสั่งซื้อสินค้าจากลูกค้า การวางแผนการผลิต การทำงานในกระบวนการผลิต จนถึงการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้า ซึ่งกระบวนการผลิตหลักแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนคือ การกดขึ้นรูป (Draw) การตัดโลหะส่วนเกินออก และตัดแผ่นโลหะให้เป็นรู (Trim and Pierce) การตัดขอบโลหะแผ่น (Rest) การตัดแผ่นโลหะให้เป็นรู (Pierce) และการตรวจสอบชิ้นงาน (Final Check) ตามลำดับ

4.2 เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

4.2.1 ข้อมูลการไหลของวัสดุและข้อมูล

ข้อมูลจากแผนภูมิการไหลของวัสดุและข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา สามารถนำมาแจกแจงเวลาที่สูญเสียได้ดังตารางที่ 1 ซึ่งพบว่ารวมเวลาที่สูญเสียเนื่องจากการรอคือ 15,120 นาที หรือ 252 ชั่วโมง คิดเป็น 31.5 วันทำงาน

ตารางที่ 1. แสดงเวลาสูญเสียเนื่องจากการรอ

| กระบวนการ | เวลาที่สูญเสียเนื่องจากการรอ (นาที) | | | |
|----------------|-------------------------------------|-----------|--------|--------|
| | ข้อมูล | กระบวนการ | คงคลัง | รวม |
| วัตถุดิบคงคลัง | 900 | 120 | 3,600 | 4,620 |
| การผลิต | 2,250 | 480 | 480 | 3,210 |
| การตรวจสอบ | - | 30 | 480 | 510 |
| สินค้าคงคลัง | 480 | 960 | 4,320 | 5,760 |
| การขนส่ง | 60 | 240 | 720 | 1,020 |
| รวม | 3,690 | 1,830 | 9,600 | 15,120 |

4.2.2 ข้อมูลรอบเวลาขั้นตอนการผลิต

การศึกษารอบเวลาของแต่ละขั้นตอน ได้ศึกษารอบเวลาการผลิตจากสายการผลิตจริง โดยใช้หลักการศึกษาเวลา

4.3 สร้างแผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะก่อนปรับปรุง

การสร้างแผนภูมิสายธารคุณค่าของการทำงานก่อนการปรับปรุง เพื่อจะได้พิจารณากระบวนการทั้งระบบและจำนวนงานระหว่างทำ (WIP) ได้ง่ายยิ่งขึ้น ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1. การผลิตชิ้นส่วนปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่นจะผลิตในช่วงเวลาปกติคือ วันละ 1 กะทำงานๆ ละ 8 ชั่วโมง จากแผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะก่อนปรับปรุงดังกล่าวมีรายละเอียดโดยเริ่มจากความต้องการสินค้าของลูกค้าติดต่อมายังโรงงานกรณีศึกษา ฝ่ายควบคุมการผลิตจะส่งข้อมูลการพยากรณ์การผลิตมาประจำทุกๆ เดือน และมีคำสั่งซื้อมาเป็นประจำทุกสัปดาห์เพื่อเป็นการยืนยันการสั่งซื้อทั้งด้านปริมาณและเวลาที่จัดส่ง ปริมาณสินค้าที่ลูกค้าต้องการ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 178,600 ชิ้นต่อเดือน หรือ 8,930 ชิ้นต่อวัน จากนั้นฝ่ายควบคุมการผลิตจะทำการสั่งวัตถุดิบมาจากผู้จัดส่งวัตถุดิบ

โดยส่งข้อมูลการพยากรณ์ความต้องการวัตถุดิบเป็นรายเดือนและส่งคำสั่งซื้อวัตถุดิบเป็นรายสัปดาห์ ซึ่งผู้จัดส่งวัตถุดิบจะจัดส่งเป็นประจำทุกวัน

ส่วนข้อมูลกระบวนการผลิตในสายธารคุณค่าสถานะก่อนปรับปรุงทั้ง 5 ขั้นตอน มีลักษณะเหมือนกัน ตัวอย่างในขั้นตอนที่ 1 การกดขึ้นรูปเพื่อให้เกิดโครงสร้างของชิ้นงาน มีพนักงานปฏิบัติงาน 1 คน ซึ่งสามารถกดขึ้นรูปได้คราวละ 1 ชิ้นงาน ข้อมูลในแผนภูมิสายธารคุณค่าในขั้นตอนนี้ได้แก่ รอบเวลาการผลิต (C/T) 7.30 วินาที เวลาในการเปลี่ยนเครื่องจักร (C/O) 292.92 วินาที ช่วงเวลาที่เครื่องจักรใช้งานได้ (%M/R) 93.41% และชิ้นงานรอระหว่างผลิต (WIP) 10,000 ส่วนเส้นข้างล่างกระบวนการผลิตในแผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะก่อนปรับปรุงประกอบด้วยเส้น 2 ระดับ ได้แก่ เส้นระดับบนแสดงถึงเวลานำในการผลิต (Lead Time) พบว่าเวลานำในการผลิตซึ่งเป็นเวลาที่มาก่อนให้เกิดคุณค่าเท่ากับ 8.8 วัน หรือ 98.64% ของเวลาทั้งหมดที่ชิ้นงานอยู่ในกระบวนการผลิต และส่วนเส้นระดับล่างที่แสดงรอบเวลาการผลิต ซึ่งเป็นเวลาในการเพิ่มคุณค่าแก่สินค้าคือ 33.92 วินาที หรือ 1.36% ของเวลาทั้งหมดที่ชิ้นงานอยู่ในกระบวนการผลิต

4.4 การประยุกต์ใช้แนวคิดระบบการผลิตแบบลีน

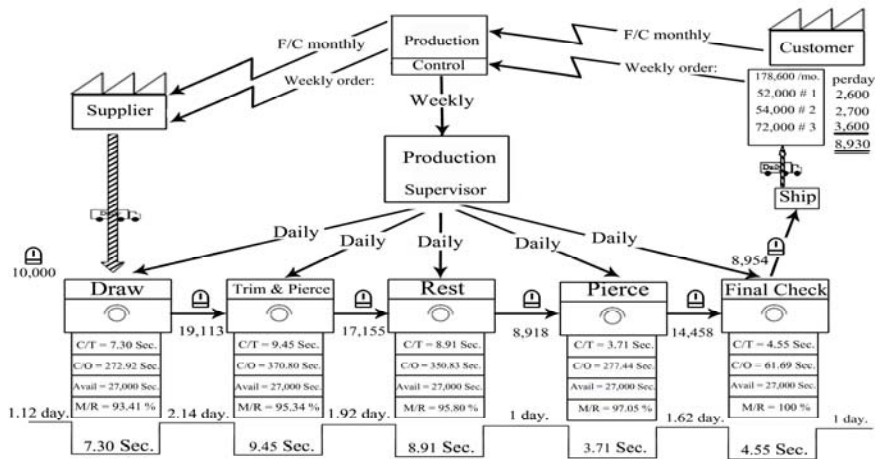
จากการเก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ปัญหาได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ปัญหาด้านกระบวนการผลิต และปัญหาด้านการไหลของวัสดุและข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4.1 การแก้ปัญหาด้านกระบวนการผลิต

ปัญหาหลักที่โรงงานกรณีศึกษาประสบอยู่คือ รอบเวลาการผลิตจริงมากกว่า Takt Time คณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษารายละเอียดลำดับกระบวนการผลิต พบว่ามีชิ้นงานย่อยที่ไม่จำเป็นและทำให้เกิดการสูญเสียเวลาคือ ขั้นตอนการยกงานใส่ลัง การหยิบชิ้นงาน การวางชิ้นงานลงลัง และการบรรจุใหม่ ซึ่งชิ้นงานดังกล่าวทำให้เกิดการสูญเสียเวลาการผลิตในกระบวนการ และยังเป็นการใช้พนักงานเกินความจำเป็นตามแนวคิดการผลิตแบบผลิตจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะขจัดงานเหล่านี้ออกไป ซึ่งมีแนวคิดของการแก้ปัญหานี้ 2 ส่วนคือ

1) การจัดลำดับงานหรือรวมงานย่อยเข้าด้วยกัน เนื่องจากปัจจุบันลำดับของกระบวนการผลิตมีขั้นตอนการรอตรวจสอบชิ้นงาน ทำให้เกิดการสูญเสียเวลาของกระบวนการ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดการรวมงานย่อย โดยให้ขั้นตอนการยกงานใส่ลัง และหยิบชิ้นงานที่อยู่ก่อนขั้นตอนการตรวจสอบและงานย่อยวางชิ้นงานลงลังและการบรรจุใหม่ที่อยู่หลังขั้นตอนการตรวจสอบ และรวมเป็นงาน 1 งาน คือขั้นตอนการตรวจสอบ

2) การสร้างมาตรฐานการผลิตใหม่ คณะผู้วิจัยยังพบว่าจำเป็นต้องปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อให้เกิดความสะดวก และเหมาะสมกับการผลิตมากขึ้น โดยการสร้างแท่นยื่นเพิ่มความสูงให้กับพนักงานปฏิบัติงาน และการสร้าง Jig เพื่อตรวจสอบจำนวนชิ้นงาน โดยไม่ต้องนับจำนวนชิ้นงานที่จะทำการบรรจุในขั้นตอนต่อไป เมื่อประยุกต์ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทั้ง 2 อย่าง คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเวลาเพื่อกำหนดและสร้างมาตรฐานการผลิตใหม่ ซึ่งผลการศึกษาเวลาทั้งก่อนและหลังปรับปรุงแสดงดังตารางที่ 2.



รูปที่ 1. แผนภูมิสายธารคุณค่าของการทำงานก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 2. แสดงรอบเวลาการผลิตของแต่ละขั้นการผลิต หลังการปรับปรุง

| ขั้นตอนการผลิต | รอบเวลา (วินาที) | |
|-----------------|------------------|--------------|
| | ก่อนปรับปรุง | หลังปรับปรุง |
| Draw | 7.30 | 6.35 |
| Trim and Pierce | 9.45 | 6.65 |
| Rest | 8.91 | 6.85 |
| Pierce | 3.71 | 6.39 |
| Final Check | 4.55 | 6.00 |

ชั่วโมง และกำหนดเวลายกขึ้นให้ชัดเจนโดยใช้แผนภูมิการจัดส่งควบคุมในขั้นตอนนี้

2) รอ Stock Part เป็นขั้นตอนระหว่างผลิตสินค้าเสร็จและรอการบรรจุสินค้า ปัญหาการรอ Stock Part มีระยะเวลาการรอนาน 7 วัน เนื่องจากมีการรวม Lot การผลิตสินค้าหลายรายการ แนวทางแก้ไขพบว่าควรปรับเปลี่ยนการผลิตเป็นลักษณะ Lot ต่อ Lot หรือ Lot สละสม โดยมีเป้าหมายคือสามารถลดเวลารอคอยการ Stock Part ให้เหลือ 2 วัน โดยใช้แผนภูมิการจัดส่งและ Progressive Post ควบคุมการดำเนินงานในขั้นตอนนี้

4.4.2 ผลการแก้ปัญหาด้านการไหลของวัสดุและข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้นำเอาระบบการผลิตแบบดึง (Pull System) มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหา มีรายละเอียดดังนี้

1) การหยุดรอยกสินค้าขึ้น เป็นขั้นตอนจากการพิจารณาปริมาณสินค้าสำเร็จรูป ซึ่งงานย่อยทั้งหมดของขั้นตอนนี้มีระยะเวลาหยุดชะงักจากการรอยกขึ้นรวม 12 ชั่วโมง เมื่อวิเคราะห์ปัญหาด้วยวิธีการจัดทำแผนภูมิการจัดส่ง (Shipping Time Chart) พบว่าสาเหตุมาจากในงานย่อยการตรวจสอบสินค้าใช้เวลานาน และในงานย่อยบรรจุสินค้าเข้ามารับสินค้าต้องรอรถมารับสินค้านาน เนื่องจากไม่มีการกำหนดวันส่งสินค้าที่ชัดเจนทำให้ไม่สามารถกำหนดวันตรวจสอบสินค้าและวันให้รถมารับสินค้าได้ แนวทางแก้ไขพบว่าควรมีการกำหนดเวลายกสินค้าขึ้นให้ชัดเจน โดยมีเป้าหมายให้เหลือระยะเวลาการยกขึ้น 2.5

3) รอบรรจุ เป็นขั้นตอนต่อจากการรอ Stock Part มีระยะเวลาการรอนาน 2 ชั่วโมง เนื่องจากต้องรอ Packing ตามลำดับ สาเหตุหลักมาจากบริเวณ Stock มีรายการสินค้าหลายรายการ และไม่มีกรบ่งชี้แต่ละรายการให้ชัดเจนทำให้ใช้เวลาในการหาสินค้านาน แนวทางแก้ไขพบว่าควรปรับเปลี่ยนขั้นตอนการ Packing มาอยู่ท้ายการผลิตสินค้า เพราะจะทำให้สามารถ Packing สินค้าได้ทันทีซึ่งจะทำให้เวลาในการรอ Packing เป็นศูนย์

4.5 ผลการเปรียบเทียบดัชนีวัดประสิทธิภาพที่ได้อีกก่อนและหลังการปรับปรุง

ผลการดำเนินงาน พบว่าการประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบดึงมาปรับปรุงการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาส่งผลดีต่อทุกดัชนีวัดผล ได้แก่ ลดรอบเวลาการผลิตลงได้ 3.28 วินาที หรือลดลง 32.38% ลดจำนวนสินค้าคงคลังระหว่าง

กระบวนการผลิตได้ 59,380 ชิ้น หรือลดลง 75.55% ลดเวลานำรวมของสายธารคุณค่าได้ 6.65 วัน หรือลดลง 75.57% ลดเวลานำรวมของสายธารคุณค่าให้เหลือ 2.15 วัน หรือกล่าวได้ว่าโรงงานกรณีศึกษาใช้เวลาอย่างน้อยที่สุด 2.15 วันเพื่อผลิตสินค้าได้ทันตามความต้องการของลูกค้าส่งผลดีต่อการบริหารการผลิตให้มีประสิทธิภาพต่อไปนอกจากนั้นการประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบลีนมาปรับปรุงการผลิตของโรงงานกรณีศึกษายังสามารถลดจำนวนพนักงานปฏิบัติในสายการผลิตลงได้จาก 9 คนเหลือ 5 คน ซึ่งสามารถนำทรัพยากรที่ลดได้นี้จัดสรรให้ทำงานอื่นที่เหมาะสมต่อไป และสำหรับการแก้ปัญหารายการหยุดชะงักของงานคณะผู้วิจัยได้กำหนดเป็นแนวทางร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องพบว่าแนวทางที่กำหนดสามารถลดเวลาการรอคอยต่างๆ ได้รวม 51.5 ชั่วโมง

5. สรุปผลงานวิจัย

จากปัญหาที่โรงงานกรณีศึกษาประสบอยู่คือรอบเวลาการผลิตมากกว่าจังหวัดความต้องการของลูกค้า (Takt Time) จากข้อมูลในอดีตพบว่า รอบเวลาการผลิตมากกว่า Takt Time เท่ากับ 2.21 วินาที แต่เมื่อคณะผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะก่อนปรับปรุง (Value Stream Mapping) แล้วประยุกต์ใช้แนวคิดและเครื่องมือของระบบการผลิตแบบลีนแก้ปัญหาพบว่า

- (1) การจัดลำดับงานหรือรวมงานย่อยเข้าด้วยกัน ในขั้นตอนตรวจสอบชิ้นงาน ทำให้สามารถลดจำนวนพนักงานลงจาก 9 คน เหลือ 5 คน
- (2) การนำแนวคิดการปฏิบัติงานอย่างง่าย มาสร้างมาตรฐานการผลิตใหม่ และมาออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ช่วยในการผลิต คือสร้างแท่นยืนให้กับพนักงาน และสร้าง Jig นับจำนวนชิ้นงานอย่างง่าย ซึ่งส่งผลดีต่อดัชนีวัดผลการปรับปรุงการผลิต
- (3) การใช้ระบบการผลิตแบบดึงทำให้ลดเวลาการรอคอยสินค้าขึ้น (Loading) รอ Stock Part และรอบรรจุได้

งานวิจัยในอนาคตควรปรับปรุงการผลิตโดยนำเครื่องมืออื่นๆ เช่น การออกแบบผังโรงงานแบบเซลล์ลาร์

หรือการใช้กิจกรรมไคเซ็น เพื่อให้เกิดการปรับปรุงการผลิตอย่างต่อเนื่องในขั้นตอนต่อไป และควรมีการศึกษาด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรด้วยแนวคิดระบบระบบระบบการผลิตแบบลีน เพื่อลดเวลาเครื่องจักรเสียระหว่างการผลิต

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันยานยนต์. ยานยนต์สาร. ปีที่ 8 ฉบับที่ 69. 2552.
- [2] Mathew J. Zayko, et al. 1997. Lean Manufacturing Yields World-Class Improvement for Small Manufacturer. IIE Solution: 36 – 40.
- [3] สุชาติ วราสินธุ์. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล: กรณีศึกษาโรงงานนครปฐมไทยพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2543.
- [4] สุนทร มังกรเดช. การปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2543.
- [5] พิเชฐ พุ่มเกษร และคณะ. การปรับปรุงประสิทธิภาพในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระจกนิรภัย. การประชุมวิชาการชายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, ขอนแก่น, ประเทศไทย, 21 - 22 ตุลาคม 2552: 329 - 334. 2552.

ซิกซ์ ซิกม่า วิธีการปรับปรุงกระบวนการที่มีประสิทธิภาพ สำหรับอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทย

กฤษดา อัครวงแสงกุล

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

E-mail: Krisadaa@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตและส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รายใหญ่ที่สุดในโลก และอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นอุตสาหกรรมที่ได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐ ผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำเป็นต้องมีการออกแบบและควบคุมการผลิตขึ้นส่วนประกอบทุกชิ้นให้มีความผันแปรต่ำ เนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการทำงานที่ค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้นการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องจึงได้รับความสนใจอย่างมากในกลุ่มอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยมีการนำซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งเป็นวิธีการปรับปรุงกระบวนการที่มีการกำหนดขั้นตอนในการดำเนินการอย่างชัดเจน 5 ขั้นตอนคือ (1) การระบุปัญหา (Define) (2) การวัดสภาพปัญหา (Measure) (3) การวิเคราะห์หาสาเหตุ (Analyze) (4) การปรับปรุง (Improve) และ (5) การควบคุม (Control) กระบวนการแก้ปัญหาแบบซิกซ์ ซิกม่าจะสามารถทำให้เกิดการลดความผันแปรของกระบวนการ และเพิ่มศักยภาพในการควบคุมกระบวนการให้เข้าสู่ค่าเป้าหมาย โดยจะมุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่มีผลกระทบต่อลูกค้าและต้นทุนการผลิต ซึ่งบทความวิชาการนี้จะแสดงถึงขั้นตอนต่างๆของกระบวนการแก้ปัญหาแบบซิกซ์ ซิกม่าในโรงงานผลิตแขนจับยึดหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตลดลงเนื่องมาจากสามารถลดผลิตภัณฑ์บกพร่องได้เป็นจำนวนมาก

คำสำคัญ ซิกซ์ ซิกม่า การปรับปรุงกระบวนการ
อุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทย

1. บทนำ

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นับเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูล โดยการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง มีการออกแบบและพัฒนาให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีความจุสูงขึ้น และอ่านเขียนได้เร็วมากขึ้น กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีความซับซ้อนต้องผ่านหลายขั้นตอน และต้องใช้ชิ้นส่วนจำนวนมากที่ต้องมีการควบคุมคุณภาพเป็นอย่างดี มิฉะนั้นจะส่งผลทำให้เกิดข้อบกพร่องกับผลิตภัณฑ์ได้

อุตสาหกรรมผลิตขึ้นส่วนและประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการขยายตัวอย่างมาก ในปี พ.ศ. 2548 ที่ผ่านมามีประเทศไทยสามารถส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ทั้งที่สำเร็จรูปและที่เป็นชิ้นส่วนได้สูงถึง 415,711 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 29 ของการส่งออกสินค้าไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด และคิดเป็นร้อยละ 10 ของการส่งออกโดยรวมของทั้งประเทศ ประเทศไทยได้ก้าวขึ้นมาเป็นผู้ผลิตและส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์อันดับ 1 ของโลกเป็นปีแรกโดยมีส่วนแบ่งถึงร้อยละ 42 ของตลาดโลก ปัจจุบันมีผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รายใหญ่ของโลกถึง 4 บริษัทตั้งอยู่ในประเทศไทยคือ Seagate, Hitachi Global Storage Technology (HGST), Western Digital (WD), Fujitsu และ Toshiba โดยเฉพาะภายหลังรัฐบาลประกาศให้มีการส่งเสริมการลงทุนเป็นการเฉพาะ

สำหรับกิจการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2547 (ที่มา: สถาบันฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ HDDI)

เนื่องจากรัฐบาลเห็นความสำคัญของกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ National Electronics and Computer Technology Center: NECTEC [1] ได้กำหนดแผนกลยุทธ์ในการพัฒนากลุ่มอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (HDD Cluster) ซึ่งคาดการณ์ว่าในปี 2554จะมีเงินลงทุนมากกว่า 70,000 ล้านบาทจากบริษัทข้ามชาติ และจะมีการส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ประมาณ 850,000 ล้านบาท

ในอนาคตอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นจะมีการเจริญเติบโตและขยายตัวมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่ผ่านมามา เนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการทำงานที่มีการเคลื่อนไหวของหัวอ่านเขียนข้อมูล การควบคุมความผันแปรของชิ้นส่วนต่างให้มีลักษณะคุณภาพสอดคล้องกับข้อกำหนดผลิตภัณฑ์เป็นเรื่องที่จำเป็นอย่างยิ่ง และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นนอกจากจะมุ่งเน้นการอ่านเขียนข้อมูลที่ถูกต้องแล้วยังมีการออกและพัฒนาเพื่อเพิ่มความจุในการเก็บข้อมูลบนแผ่นดิสก์ขนาดเท่าเดิมให้มากขึ้น ซึ่งก็จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน (Tolerance) ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนมีค่าแคบลงเลยๆ นั่นก็เป็นแรงผลักดันให้ต้องมีการนำระบบชิพ ชิกมา มาใช้เพื่อการออกแบบกระบวนการ และการปรับปรุงกระบวนการให้มีความผันแปรต่ำๆ และมีค่าเฉลี่ยของลักษณะคุณภาพเข้าใกล้เป้าหมาย (Target) มากที่สุดก็จะทำให้ความสามารถของกระบวนการสูงขึ้น สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงพิสัยความคลาดเคลื่อนที่มีแนวโน้มน้อยลง

บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนและผู้ประกอบขั้นสุดท้ายต่างก็ได้มีการนำหลักการชิพ ชิกมา มาใช้เพื่อการออกแบบและการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการลดต้นทุนในการผลิตของทั้งห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain) เพราะการส่งมอบชิ้นส่วนที่มีความผันแปรต่ำระหว่างบริษัทนั้นๆ ก็จะทำให้ลดความผันแปรโดยรวมของการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขั้นสุดท้าย ซึ่งจะทำให้โอกาสการเกิด

ผลิตภัณฑ์บกพร่องน้อยลง และส่งผลให้มีการลดต้นทุนการผลิตของแต่ละบริษัทและของทั้งห่วงโซ่อุปทานลงได้คิดเป็นมูลค่ามหาศาล

บริษัท Seagate ซึ่งเป็นผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รายใหญ่ที่สุดในโลกได้นำชิพ ชิกมาเข้ามาใช้ตั้งแต่ปี 1998 [2] และจนถึงปี 2006 บริษัท Seagate สามารถลดต้นทุนการรวมแล้วมากกว่า 800 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Million USD) โดยมีการอบรม Black Belt มากกว่า 600 คน และมีโครงการที่ Black Belt ทำงานเต็มเวลามากกว่า 300 โครงการ [3]

การประยุกต์ใช้เทคนิคชิพ ชิกมา ในปรับปรุงกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้ถูกนำเสนอโดย นवल พรธรณ [4] ปัญหาที่พบคือการวางตำแหน่งของหัวอ่านผิดพลาด ผลการดำเนินการทำให้มีผลิตภัณฑ์บกพร่องเป็น 0.0257% ลดลงจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 70

ศิริวดี [5] ใช้แนวทางของชิพ ชิกมาเพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Discharge) ของกระบวนการประกอบหัวอ่านและบันทึก ซึ่งอัตราส่วนข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตสามารถลดลงจาก 31,600 DPPM เป็น 7,890 DPPM และสามารถลดค่าความเสียหายได้ถึง 163,999 ดอลลาร์สหรัฐ

ภัทรา [6] ได้ดำเนินการควบคุมคุณภาพโดยใช้แนวทางของชิพ ชิกมา เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการรับน้ำหนักกด (Gram load) ของชุดหัวอ่านสำเร็จ จากข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่า มีปริมาณของเสียเกิดขึ้น 720 DPPM ซึ่งมีปริมาณลดลงคิดเป็น 91.88 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ประเสริฐ และสมจิตร [7] ได้ทำการปรับปรุงข้อบกพร่องคราบสกปรกของกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จากข้อมูลหลังการดำเนินการคุณภาพตามแนวทางของชิพ ชิกมาพบว่าสามารถที่จะลดความสูญเสียได้เป็นเงิน 8,091 ดอลลาร์สหรัฐ จำนวนของเสียที่ลดได้คิดเป็น 53 เปอร์เซ็นต์

จากการดำเนินการของบริษัทผู้ผลิตและผู้วิจัยหลายท่านแสดงให้เห็นว่าหลักการของชิพ ชิกมานั้นมี

ประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้เป็นอย่างดี

2. ความรู้เกี่ยวกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

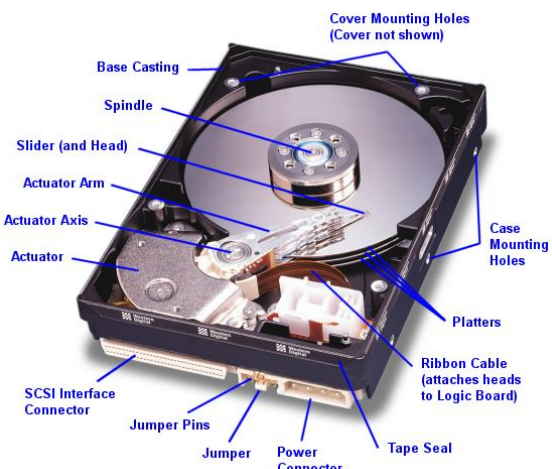
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard disk drive) คือ อุปกรณ์ในการจัดเก็บข้อมูลหรือโปรแกรมต่างๆ ไว้ได้โดยปราศจากไฟเลี้ยง (Non-volatile memory) เพื่อใช้งานควบคู่กับหน่วยความจำแบบ volatile memory การเก็บข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะเก็บในรูปสัญญาณดิจิทัล โดยการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแม่เหล็กบนแผ่นโลหะที่เคลือบสารเฟอร์ไรต์แมกนีติก บทบาทและความสำคัญของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คือ ความจุ, ประสิทธิภาพของระบบ และความน่าเชื่อถือของระบบ มีองค์ประกอบทั้งกลไกการทำงานและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้าไว้ด้วยกัน (ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1)

การทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ใช้หลักการ Dynamic Pressure Flying Height โดยอาศัยแรงดันที่เกิดจากการไหลของอากาศ บนแผ่นดิสก์ขณะหมุน โดยหัวอ่านเขียนสัมผัสแผ่นบันทึกข้อมูลแบบแข็ง (Media) ที่ด้านในสุดของแผ่นดิสก์ (ID Zone) และมอเตอร์จะเริ่มหมุน เพิ่มความเร็วรอบในการหมุนแผ่นดิสก์ขึ้น หัวอ่านค่อยๆ ลอยตัวขึ้นจากแผ่นดิสก์อย่างช้าๆ หัวอ่านลอยตัวห่างจากแผ่นดิสก์ในระยะคงที่ ที่ความเร็วในการหมุนระดับหนึ่งตามที่กำหนด เช่น 3,600, 5,400 หรือ 7,200 รอบต่อวินาที เมื่อฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หยุดทำงาน ความเร็วในการหมุนจะค่อยๆ ลดลงจนถึงระดับหนึ่ง หัวอ่านค่อยๆ ลดตัวต่ำลงเรื่อยๆ จนกลับมาสัมผัสแผ่นดิสก์อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งถ้าแผ่นดิสก์หมุนด้วยความเร็วไม่สม่ำเสมอ ระยะของความสูงในการบิน (Flying Height) ก็จะไม่เหมาะสม ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพการอ่านและเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

3. แนวคิดของซิกซ์ ซิกม่า

การควบคุมคุณภาพแบบ Six Sigma ได้ถูกพัฒนาจนเป็นวิธีการจัดการคุณภาพโดยบริษัท Motorola

Corporation เป็นผู้นำในการนำมาปฏิบัติใช้ตั้งแต่ทศวรรษที่ 80 ผู้มีบทบาทสำคัญคือ Dr. Mikel J. Harry, Bob W. Galvin (ประธานฝ่ายบริหารสูงสุดของ Motorola) และ Dorian Shainin ได้พยายามปรับปรุงคุณภาพของการผลิตโดยพยายามลดของเสียและความแปรปรวน (Variance) ในกระบวนการผลิตให้เกิดน้อยที่สุด จนประสบความสำเร็จสามารถลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มระดับความพึงพอใจให้ลูกค้ามากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด



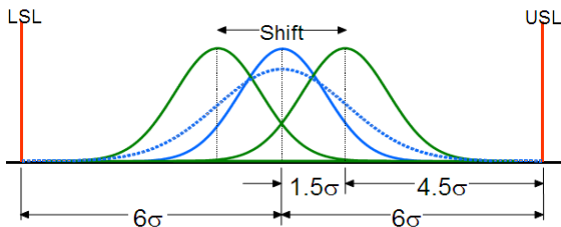
รูปที่ 1. ส่วนประกอบของโครงสร้างของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ซิกซ์ ซิกม่าจะอ้างอิงถึงการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal probability distribution) ซึ่งระดับคุณภาพ 6σ ในระยะสั้น (short term) นั้น ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการมีค่าเป็น 6 เท่าของระยะระหว่างค่าเฉลี่ยของกระบวนการกับข้อกำหนดเฉพาะ (specification) ที่ใกล้ที่สุด แต่อย่างไรก็ตามในระยะยาวจะพิจารณาการแกว่งตัว (shift) ของค่าเฉลี่ยกระบวนการ $\pm 1.5\sigma$ จะทำให้ระดับคุณภาพที่ลูกค้าได้รับมีค่าเท่ากับ 4.5σ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตออกมาจะมีโอกาสพบผลิตภัณฑ์บกพร่อง 3.4 ชิ้นในล้านชิ้น (Defective parts per million opportunities: DPMO) ดังแสดงในรูปที่ 2

3.1 วัตถุประสงค์ของการนำระบบซิกซ์ ซิกม่ามาใช้

ระบบซิกซ์ ซิกม่า จะมุ่งเน้นการลดความผันแปรของกระบวนการ โดยจะต้องมีการกำหนดตัวชี้วัดซึ่งแสดงถึงความสามารถของกระบวนการผลิต โดยวัตถุประสงค์หลัก

ของใช้ซิกซ์ ซิกม่า คือการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพ สร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า ในขณะที่มีการลดต้นทุนในการผลิตลงอย่างมาก สร้างความสามารถในการแข่งขันของบริษัทในระดับโลก



รูปที่ 2. การแกว่งตัวของค่าเฉลี่ยกระบวนการในระยะยาว $\pm 1.5 \sigma$ (Long term)

3.2 หลักการของซิกซ์ ซิกม่า

ระบบซิกซ์ ซิกม่ามีหลักการพื้นฐานคล้ายคลึงกับวงจรเดมมิ่ง (Deming cycle) หรือ PDCA Cycle ในการบริหารคุณภาพแบบซิกซ์ ซิกม่าสามารถแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก [8] คือ

- 1) การระบุปัญหา (Define) – กำหนดปัญหาที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อลูกค้า พร้อมทั้งกำหนดเป้าหมายของโครงการ
- 2) การวัด (Measure) – การวัดเพื่อประเมินกระบวนการในปัจจุบัน รวมถึงการประเมินระบบการวัด
- 3) การวิเคราะห์ (Analyze) – การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา
- 4) การปรับปรุง (Improve) – การปรับปรุงกระบวนการ
- 5) การควบคุม (Control) – การควบคุมกระบวนการเพื่อการตรวจติดตามผลหลังการปรับปรุงกระบวนการ

3.3 เครื่องมือที่นิยมใช้ในแต่ละขั้นตอนของซิกซ์ ซิกม่า [9]

- 1) การระบุปัญหา (Define) – แผนภูมิพาเรโต, ผังพาเรโต, การระดมสมอง (Brainstorming), Voting technique, การเปรียบเทียบการวัด (Benchmarking), สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics), SIPOC model
- 2) การวัด (Measure) – ผังแสดงขั้นตอนการทำงาน

(Process mapping), ผังแสดงเหตุและผล, การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement system analysis: MSA), แผนผังการไหลของกระบวนการ (Flow process charts), ฮิสโตแกรม, Box-whisker plot, การวัดความสามารถของกระบวนการ (Process capability analysis), Cause & Effect matrix, การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

3) การวิเคราะห์ (Analyze) – การทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ, การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis), การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA), การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA), Correlation

4) การปรับปรุง (Improve) – การออกแบบการทดลอง (Design of experiment), Response surface method, Taguchi robustness concept, Poka-Yoke

5) การควบคุม (Control) – แผนภูมิควบคุม (Control charts), Quality function deployment (QFD), SPC, Control plans

4. ซิกซ์ ซิกม่าในการปรับปรุงกระบวนการ กรณีศึกษากระบวนการตัดเพื่อปรับค่ากรัม ไหล

บทความวิชาการนี้จะแสดงกรณีศึกษาของกระบวนการที่ได้นำซิกซ์ ซิกม่าไปประยุกต์ใช้และทำให้ระดับคุณภาพสูงขึ้น สามารถลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

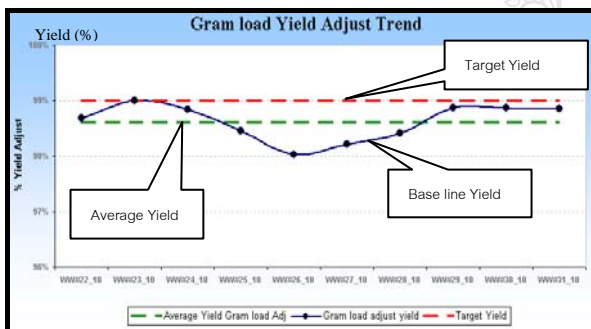
บริษัทผู้ผลิตแขนจับยึดหัวอ่านเขียนของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Suspension) ได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการตัดเพื่อปรับค่ากรัมไหลของซัสเพนชันซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะส่งผลต่อค่าความสูงของการบิน (Flying height) ของหัวอ่านเขียนข้อมูล โดยใช้หลักการของซิกซ์ ซิกม่า โดยมีการดำเนินการดังต่อไปนี้

4.1 การระบุปัญหา (Define)

โดยทั่วไปแล้วในทางปฏิบัติจะดำเนินการในขั้นของการระบุปัญหาไปพร้อมกับการวัดสภาพและขนาดของ

ปัญหาในปัจจุบัน เพื่อจะได้สามารถกำหนดวัตถุประสงค์ในการดำเนินการ และเป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งกรณีศึกษานี้เป็นการศึกษากระบวนการตัดเพื่อปรับค่ากรัมไหลด (Gram load adjustment) ในการผลิตแขนจับหัวอ่านเขียน ซึ่งมีการตั้งทีมงานในการดำเนินงานปรับปรุง และมีผู้บริหารโครงการ ตลอดจนที่ปรึกษาเพื่อให้โครงการปรับปรุงกระบวนการผลิตดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการต้องการปรับปรุงค่ากรัมไหลดยึดหลังการตัดแขนจับหัวอ่านเขียน (Adjusted gram load yield) ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรตามหลัก (Key Process Output Variable: KPOV) โดยในปัจจุบันมีค่าเฉลี่ยของกรัมไหลดยึด (Gram load yield) เท่ากับ 98.59% (Base line) ดังแสดงในรูปที่ 3 และเป้าหมายของโครงการคือ เพิ่มยึด (Yield) ของกระบวนการตัดให้มีค่าน้อยเท่ากับ 99.01% (เท่ากับค่าที่เคยทำได้ที่ดีที่สุด: Entitlement)



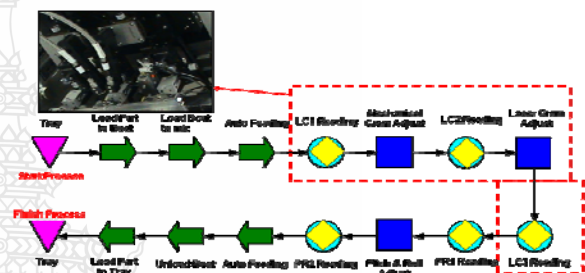
รูปที่ 3. แนวโน้มของกรัมไหลดยึดในกระบวนการตัด

4.2 การวัด (Measure)

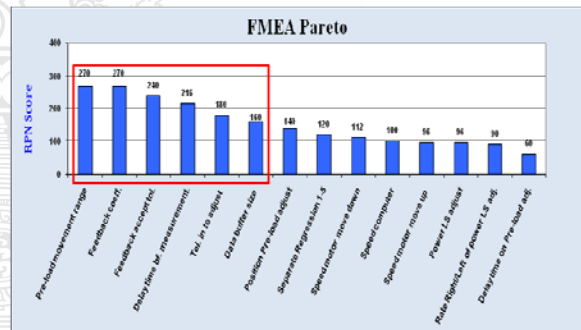
การวัดหรือการศึกษาสภาพปัญหาเพื่อทำความเข้าใจหลักการของกระบวนการผลิต และนำไปสู่การเลือกตัวแปรป้อนเข้าหลัก (Key Process Input Variables: KPIVs) ปัจจุบันเครื่องจักรที่ทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยของกรัมไหลดยึด (Yield) = 98.59% ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้นในการปรับปรุงกระบวนการตัดจำเป็นต้องปรับกระบวนการให้ค่าเฉลี่ยของกรัมไหลดมีค่าใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายที่กำหนดเฉพาะ และจำเป็นต้องทำการปรับปรุงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานให้มีค่าลดลง

ในขั้นตอนของการวัดนั้นจำเป็นต้องมีการประเมิน

วิธีการทำงานในปัจจุบัน รูปที่ 4 แสดงแผนผังการไหลของกระบวนการตัดแขนจับหัวอ่านเขียน จากการศึกษากระบวนการนั้น ส่วนที่ใช้ในการตัดแขนจับหัวอ่านเขียนมีอยู่สองส่วนคือ 1) การตัดด้วยแรงกดจากหัวกด และ 2) การตัดด้วยเลเซอร์และไหลดเซลล์ (load cell) จากนั้นใช้เครื่องมืออื่นๆที่จำเป็นในการประเมินกระบวนการ โดยใช้ผังก้างปลา (Fish-bone diagram), Cause & Effect Matrix, และการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Mode: FMEA)



รูปที่ 4. แผนผังการไหลของกระบวนการตัด



รูปที่ 5. ค่า RPN ของตัวแปรป้อนเข้า

การประเมินระบบการวัด (MSA) พบว่า % GR&R ของเครื่องวัดกรัมไหลดทั้ง 3 ส่วน (LC01, LC02 และ LC03) พบว่ามีค่า 9.2%, 8.64%, และ 8.94% ตามลำดับ ซึ่ง % GR&R ต่ำกว่า 10% แสดงว่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดมีค่าน้อย ทำให้ค่าวัดมีความน่าเชื่อถือ

4.3 การวิเคราะห์ (Analyze)

เมื่อพิจารณาจากค่า RPN (Risk Priority Number) ในรูปที่ 5 ทำให้สามารถกำหนด KPIVs ได้ 6 ปัจจัย ดังนี้ 1) Preload movement range, 2) Feedback coefficient,

3) Feedback accept tolerance, 4) Delay time before measurement, 5) Tolerance in to adjust, และ 6) Data buffer size

นอกจากนี้ยังมีข้อมูลในการวิเคราะห์ KPIV บางตัว ได้ถูกดำเนินการโดยใช้การทดสอบสมมติฐานทางสถิติเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกรัมไหลหลังจากการตัด โดยมีวิเคราะห์ 3 KPIVs ที่มีอิทธิพลต่อค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 1) Preload movement range, 2) Feedback coefficient และ 3) Tolerance in to adjust โดยเมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ทั้ง 3 พบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีการเปลี่ยนแปลง (P-value < 0.05) จากนั้นก็ได้นำทั้ง 6 KPIVs ไปใช้ในขั้นตอนในการปรับปรุง

4.4 การปรับปรุง (Improve)

การออกแบบการทดลองแบบ 2^{6-1} แฟรคชันนอลแฟคทอเรียลแบบมีจุดศูนย์กลาง 4 จุด (2^{6-1} Fractional factorial design with center points) และทำซ้ำ 1 ครั้ง โดยการทดลองนี้มีค่า Resolution เท่ากับ 6 ซึ่งทำให้สามารถแสดงอิทธิพลของปัจจัยหลักและอิทธิพลของปัจจัยร่วมสองทางได้ดี [10] โดยการทดลองนี้ต้องการจำนวนการทดลองทั้งหมด 36 ค่า ระดับของปัจจัยถูกแสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยตัวแปรตอบสนองคือ ค่าเฉลี่ย (\bar{Y}) และค่าความแปรปรวน (S^2) ของค่ากรัมไหลหลังจากการตัด

ตารางที่ 1 ระดับของปัจจัยในการทดลอง

| Code | ปัจจัย | Low (-) | High (+) | หน่วย |
|------|-------------------------------|---------|----------|-------|
| A | Preload movement range | 0.8 | 1.5 | mm. |
| B | Feedback coefficient | -0.6 | -0.2 | mm./g |
| C | Feedback accept tolerance | 0.3 | 0.5 | g |
| D | Delay time before measurement | 200 | 300 | ms |
| E | Tolerance in to adjust | 0.2 | 0.4 | g |
| F | Data buffer size | 1000 | 2000 | parts |

การทดลองได้ถูกดำเนินการภายใต้การสุ่มแบบสมบูรณ์ และทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเชิงเส้นดังแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7 จากรูปที่ 7 จะพบว่าจำเป็นต้องทำการแปลงค่าความแปรปรวนด้วยลอการิทึมธรรมชาติ (Natural logarithm transformation) เพื่อแก้ไขปัญหาการไม่เสถียรของความแปรปรวน จากนั้นพิจารณาว่า $R-Sq$ (adj) ของทั้งสองตัวแปรตอบสนองพบว่าอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

Factorial Fit: \bar{Y} versus A, B, C, D, E, F
Estimated Effects and Coefficients for \bar{Y} bar (coded units)

| Term | Effect | Coef | T | P |
|----------|----------|------------|-----------|--------|
| Constant | | 2.48615 | 4424.91 | 0.000 |
| A | 0.00081 | 0.00040 | 0.68 | 0.506 |
| B | 0.00053 | 0.00026 | 0.44 | 0.662 |
| C | 0.00400 | 0.00200 | 3.36 | 0.003 |
| D | 0.00297 | 0.00149 | 2.50 | 0.022 |
| E | 0.00100 | 0.00050 | 0.84 | 0.414 |
| F | 0.00037 | 0.00018 | 0.31 | 0.762 |
| A*F | -0.00294 | -0.00147 | -2.47 | 0.023 |
| B*C | -0.00423 | -0.00212 | -3.55 | 0.002 |
| B*D | 0.00207 | 0.00104 | 1.74 | 0.098 |
| B*E | -0.00314 | -0.00157 | -2.64 | 0.016 |
| D*E | -0.00179 | -0.00089 | -1.50 | 0.150 |
| D*F | 0.00269 | 0.00134 | 2.26 | 0.036 |
| A*B*F | 0.00213 | 0.00106 | 1.79 | 0.090 |
| A*C*D | -0.00238 | -0.00119 | -2.00 | 0.060 |
| A*D*E | -0.00370 | -0.00185 | -3.10 | 0.006 |
| A*D*F | -0.00177 | -0.00089 | -1.49 | 0.153 |
| S | | 0.00337112 | | |
| R-Sq | | 79.57% | R-Sq(adj) | 62.36% |

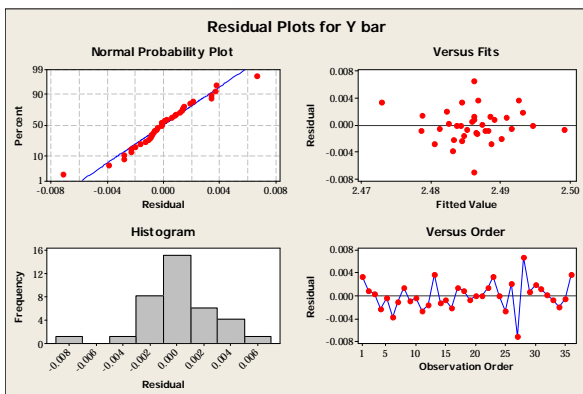
รูปที่ 6. ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเชิงเส้นสำหรับค่าเฉลี่ย (\bar{Y})

Factorial Fit: $\ln(s^2)$ versus A, B, C, D, E, F
Estimated Effects and Coefficients for $\ln(s^2)$ (coded units)

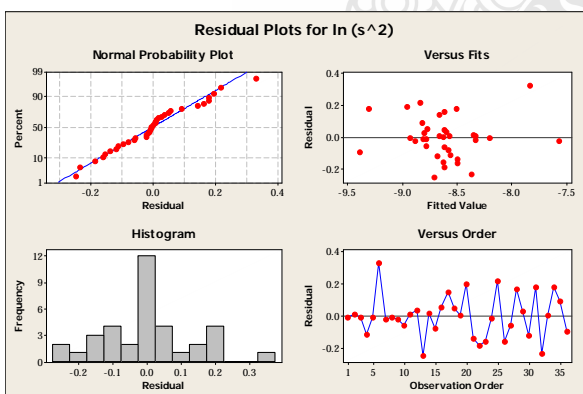
| Term | Effect | Coef | T | P |
|----------|--------|----------|-----------|--------|
| Constant | | -8.618 | -292.06 | 0.000 |
| A | 0.086 | 0.043 | 1.37 | 0.187 |
| B | 0.034 | 0.017 | 0.55 | 0.590 |
| C | -0.189 | -0.095 | -3.02 | 0.007 |
| D | -0.141 | -0.070 | -2.25 | 0.037 |
| E | -0.109 | -0.055 | -1.75 | 0.097 |
| F | 0.033 | 0.017 | 0.53 | 0.599 |
| A*D | 0.167 | 0.084 | 2.67 | 0.015 |
| A*E | -0.263 | -0.132 | -4.21 | 0.000 |
| B*E | 0.118 | 0.059 | 1.89 | 0.075 |
| C*D | -0.182 | -0.091 | -2.91 | 0.009 |
| C*F | 0.159 | 0.080 | 2.54 | 0.020 |
| D*F | -0.159 | -0.080 | -2.54 | 0.020 |
| A*B*C | 0.281 | 0.141 | 4.49 | 0.000 |
| A*B*F | 0.165 | 0.082 | 2.63 | 0.016 |
| A*C*D | -0.159 | -0.079 | -2.53 | 0.020 |
| A*C*F | 0.278 | 0.139 | 4.44 | 0.000 |
| S | | 0.177049 | | |
| R-Sq | | 86.59% | R-Sq(adj) | 75.30% |

รูปที่ 7. ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเชิงเส้นสำหรับ $\ln(s^2)$

จากการตรวจสอบข้อสมมุติฐานพื้นฐานในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทั้ง 3 ข้อคือ การแจกแจงแบบปกติ ความเสถียรของความแปรปรวน และความเป็นอิสระของข้อมูล เมื่อพิจารณาจาก Residual plots ในรูปที่ 8 และรูปที่ 9 พบว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกับทั้ง 3 สมมุติฐาน จากนั้นได้ใช้โปรแกรมทางสถิติซึ่งนำเสนอการเชิงเส้นมาประมวลผลเพื่อกำหนดค่าปัจจัยที่เหมาะสม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเข้าใกล้ค่ากลางของข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ และความแปรปรวนมีค่าต่ำ โดยระดับของปัจจัยที่เหมาะสมถูกแสดงในรูปที่ 10 และตารางที่ 2



รูปที่ 8. Residual plots สำหรับค่าเฉลี่ย

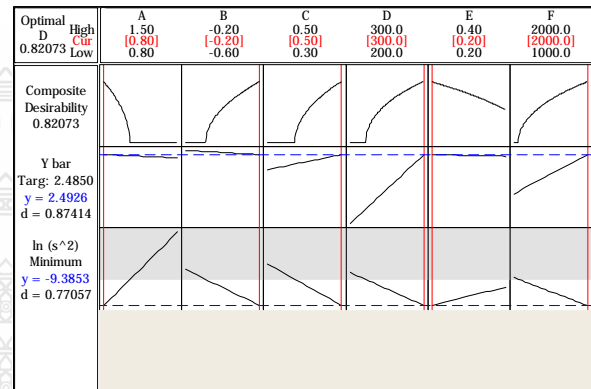


รูปที่ 9. Residual plots สำหรับ $\ln(s^2)$

4.5 การควบคุม (Control)

เมื่อทำการตรวจติดตามผลพบว่าความสามารถของกระบวนการดัดมีค่าสูงขึ้น ค่ากรัมไหลดีย์ลด์หลังการดัดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 99.14% สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ 240,223 บาทต่อเดือน ซึ่งในขั้นตอนนี้มีการใช้แผนภูมิ

ควบคุม (Control chart) เข้ามาช่วยในการควบคุมกระบวนการ เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ และตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นได้เนื่องจากความผันแปรต่างๆ จากกระบวนการที่อาจจะยังไม่ได้ถูกพิจารณา



รูปที่ 10. Response optimizer สำหรับระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

ตารางที่ 2 ระดับของปัจจัยในปัจจุบันและค่าที่เหมาะสม

| Code | ปัจจัย | ปัจจุบัน | ค่าที่เหมาะสม | หน่วย |
|------|-------------------------------|----------|---------------|-------|
| A | Preload movement range | 1.14 | 0.8 | mm. |
| B | Feedback coefficient | -0.3 | -0.2 | mm./g |
| C | Feedback accept tolerance | 0.5 | 0.5 | g |
| D | Delay time before measurement | 300 | 300 | ms |
| E | Tolerance in to adjust | 0.15 | 0.2 | g |
| F | Data buffer size | 1000 | 2000 | parts |

5. สรุป

ประเทศไทยซึ่งเป็นฐานการผลิตและส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก เมื่อมีการนำชิพ ชิกมามาใช้ในวงโซ่อุปทานของการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จะก่อให้เกิดการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ผลิตจากประเทศไทยมีคุณภาพสูง ซึ่งจะสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า และทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างมาก สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลที่จะส่งเสริมอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทย ทำให้ประเทศไทยสามารถ

เป็นฐานการผลิตที่ยั่งยืน และสามารถแข่งขันกับต่างชาติได้ นอกจากนี้ยังทำให้มีเงินลงทุนจากต่างชาติไหลเข้าสู่ประเทศไทย และมีการจ้างงานเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก

เอกสารอ้างอิง

[1] The Important of Hard Disk Drive Program. National Electronics and Computer Technology Center: NECTEC. <http://www.nectec.or.th/2008/r-d/hdd.html>

[2] Huber C. and Launsby R. 2002. Straight Talk on DFSS. Six Sigma Forum Magazine. American Society for Quality, 1(4): 20-25.

[3] Ho, S.K.M. 2007. Business Excellence through 5-S and 6-Sigma. Oxford Business & Economics Conference, June 24-26, Oxford University, UK

[4] นवलพรรณ ใจงาม, การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีชิทซ์ ชิคม่า, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542

[5] ศิริวิดี เตื่ออรัญโชติ, การลดการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับคอมพิวเตอร์โดยประยุกต์ใช้วิธีการชิทซ์ ชิคม่า, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2546

[6] ภัทรา อายุวัฒน์, การลดของเสียที่เกิดจากค่าการรับน้ำหนักกดของชุดหัวอ่านสำเร็จไม่ได้ตามข้อกำหนดในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางชิทซ์ ชิคม่า, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2546

[7] ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์ และสมจิตร ลากโนนเขวา, การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์โดยเทคนิคชิทซ์ ชิคม่า, การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, 24-26 ตุลาคม 2550

[8] Kumar, D. 2006. Six sigma best practices: a guide to business process excellence for diverse industries. J.ROSS Publishing.

[9] John, A., Meran R., Roenpage O., and Staudter C. 2008. Six Sigma Lean Toolset: Executing Improvement Projects Successfully, Springer.

[10] Montgomery, D. C. 2009. Design and Analysis of Experiments, 7th Ed., NY: J. Wiley & Sons.

การลดเวลาดำเนินการข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อ : กรณีศึกษาโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น

ประยูทธ ชื่นอุดม¹ และ ยุทธชัย บรรเทิงจิตร²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

E-mail: prayootc@yahoo.co.th¹ ytc@kmutnb.ac.th²

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อลดเวลาในการค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อ ซึ่งในปัจจุบันต้องใช้เวลาค้นหาข้อมูลเฉลี่ยอยู่ที่ 1 ชั่วโมง 32 นาทีต่องาน หรือ 20% ของเวลางานต่อวัน (จากการเก็บข้อมูล 10 งาน) เนื่องจากข้อมูลถูกเก็บอยู่ในรูปแบบของเอกสารซึ่งมีจำนวนมากซึ่งยากในการค้นหา จึงนำระบบฐานข้อมูลเข้ามาช่วย โดยเลือกใช้โปรแกรม MySQL เนื่องจากเป็นระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่ทำงานกับตารางข้อมูลหลายๆ ตารางพร้อมกันได้ ฐานข้อมูลที่จัดทำขึ้นมีระบบท่อ 15 ระบบ และมีขนาดข้อมูล 3.74 MB จากการใช้งานระบบฐานข้อมูลที่จัดทำขึ้นช่วยในการค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อจำนวน 10 งาน สรุปได้ว่าใช้เวลาค้นหาเฉลี่ย 15 นาทีต่องาน ลดลง 77 นาที หรือลดลง 83.7 % ใน 1 ปี โรงงานนี้ออกแบบระบบท่อเฉลี่ยปีละ 173 งาน จึงสามารถลดเวลาลงได้ 222 ชั่วโมง หรือลดค่าแรงในการออกแบบลงได้ปีละ 107,670 บาท

คำสำคัญ ระบบฐานข้อมูล การลดเวลา โพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น

1. บทนำ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการวิจัยเพื่อลดเวลาในการหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อที่อยู่ในกระบวนการผลิตซึ่งมีระบบท่อหลายระบบ ทำให้ต้องใช้เวลานานในการ

ค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบ ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของวิศวกรไม่เป็นไปตามที่ตั้งไว้ และงานเสร็จล่าช้ากว่าที่กำหนด จากวิธีการเดิมต้องเสียค่าแรงวิศวกรในการออกแบบระบบท่อ 745 บาทต่องาน ซึ่งจากสาเหตุดังกล่าวจึงเป็นมูลเหตุจูงใจให้ผู้วิจัยทำการศึกษาเพื่อต้องการลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อ สำหรับวิธีการค้นหาข้อมูลแบบเดิมมีลักษณะการทำงานและขั้นตอนในการออกแบบ ดังนี้

- 1) ออกเอกสารขอใช้บริการงานวิศวกรรม (ER)
 - 2) ออกแบบเบื้องต้น (Basic Engineering)
 - 3) วิเคราะห์ความเสี่ยง (HAZOP Study)
 - 4) ออกแบบและขออนุมัติแบบ (Detail Design and Design Approval)
 - 5) ขออนุมัติงบประมาณ (Budget Approval)
 - 6) การจัดซื้อจัดจ้าง (Procurement)
 - 7) การติดตั้ง (Construction)
 - 8) การตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนใช้งาน
 - 9) การตรวจรับงาน (Work Acceptance)
 - 10) แก้ไขเอกสารที่เกี่ยวข้อง (Document Update)
- จากขั้นตอนการทำงานทั้ง 10 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ทำให้

การทำงานเกิดความล่าช้าและเป็นมูลเหตุจูงใจให้ทำงานวิจัยฉบับนี้คือขั้นตอนที่ 4) ซึ่งเป็นขั้นตอนในการทำ Detail Design เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ผู้ออกแบบจำเป็นต้องใช้ข้อมูลและข้อกำหนดในการออกแบบมาช่วย

ในการออกแบบให้ถูกต้องและเหมาะสม สำหรับขั้นตอนในการทำงานทั้ง 10 ขั้นตอนสามารถเขียนเป็นแผนผังแสดงการทำงาน (Work Flow) ได้ดังรูปที่ 1



ขั้นตอนที่ใช้เวลาในการค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบ

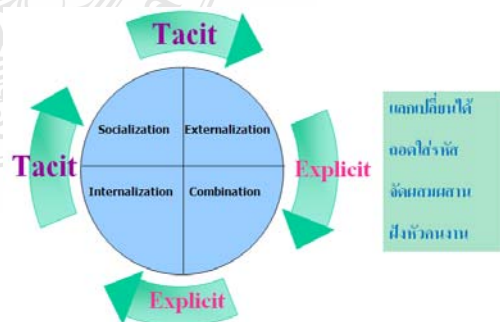
รูปที่ 1 แผนผังแสดงการทำงานแบบเดิม (Work Flow)

จากปัญหาความล่าช้าที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่ 4) อันเนื่องมาจากข้อกำหนดที่ใช้ในการออกแบบมีจำนวนมาก และถูกจัดเก็บในรูปแบบของ Hard Copy จึงทำให้เกิดความยุ่งยากในการค้นหา ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำข้อกำหนดในการออกแบบที่มีมาเก็บรวบรวมไว้ในรูปแบบของ Soft files โดยนำมาเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการสืบค้นและใช้งาน และเมื่อข้อมูลที่ต้องการใช้ในการออกแบบอยู่ในรูปแบบของฐานข้อมูลก็จะทำให้การค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบใช้เวลาที่น้อยลง และเสียค่าใช้จ่ายในการออกแบบต่ำลงด้วย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการความรู้(Knowledge Management) มีมาตั้งแต่มนุษย์เริ่มมีการสื่อสารถึงกันโดยถ่ายทอดความรู้ในลักษณะของการบอกเล่าปากต่อปาก แต่ระบบการจัดการความรู้ที่แฝงอยู่นั้นไม่เห็นเป็นรูปธรรม และไม่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จนถึงในยุคของระบบสารสนเทศจึงเริ่มมีการศึกษาวิจัยถึงการจัดการความรู้กันอย่างจริงจัง มีการนำไปเผยแพร่แบ่งปันกันทำให้เกิดความรู้ใหม่ๆ ขึ้น โดยมีกระบวนการในการเกิดอยู่ 4 กระบวนการ เราเรียกว่าตัวแบบ SECI-Knowledge Conversion Process ดังรูปที่ 2 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ [1]

- การถ่ายทอดทางสังคม (Socialization) เป็นการถ่ายทอดความรู้ที่ไม่ชัดแจ้งจากคนหนึ่งไปยังอีกคนหนึ่ง
- การถ่ายทอดภายนอก (Externalization) เป็นการเปลี่ยนความรู้ไม่ชัดแจ้งให้เป็นความรู้ชัดแจ้ง เป็นวิธีการที่ทำให้คนเปิดเผยประสบการณ์ความรู้ของตนออกมา การถ่ายทอดรวมกัน (Combination) เป็นการแลกเปลี่ยนความรู้แบบชัดแจ้ง ถ้าเป็นการแลกเปลี่ยนระหว่างหน่วยงานจะช่วยให้การบริหารจัดการตัดสินใจและดำเนินงานทางธุรกิจเป็นไปด้วยความสอดคล้องกันยิ่งขึ้น
- การถ่ายทอดภายใน (Internalization) เป็นการแลกเปลี่ยนความรู้แบบชัดแจ้ง กลับสู่ความรู้ไม่ชัดแจ้งในตัวบุคคล เกิดขึ้นด้วยการย้อนรอยประสบการณ์ของผู้อื่น และนำความรู้นั้นมาเสริมสร้างประสบการณ์ใหม่ให้ตนเอง



รูปที่ 2. ตัวแบบ SECI-Knowledge Conversion Process (ที่มา : www.kmcorner.lib.cmu.ac.th)

2.2 การจัดการระบบฐานข้อมูลขององค์กร ระบบฐานข้อมูลคือที่รวมของฐานข้อมูลต่างๆ ซึ่งอาจได้จากการประมวลผลหรืออาจได้จากการบันทึกข้อมูลโดยผู้ใช้เพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านสารสนเทศขององค์กร โดยมีขั้นตอนในการออกแบบดังนี้ [2]

ก) การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) เพื่อพิจารณาและรวบรวมปัญหาวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไข

ข) การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) ของการจัดทำระบบฐานข้อมูลขึ้นมาใหม่หรือแก้ไขให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นโดยจะต้องศึกษาความเป็นไปได้ เช่นงบประมาณ และบุคลากร ที่มีอยู่ว่าเพียงพอหรือไม่

ค) การศึกษาความต้องการของผู้ใช้ (Users Requirement Study) เป็นการศึกษาความต้องการข้อมูลของผู้ปฏิบัติงานและความต้องการสารสนเทศของผู้บริหาร เพื่อให้สามารถออกแบบระบบใหม่ให้ตรงกับความต้องการขององค์กรให้มากที่สุด

ง) การกำหนดแนวคิดของการออกแบบ (Conceptual Database Design) เป็นการนำเสนอระบบฐานข้อมูลในลักษณะของแผนภาพ ซึ่งแสดงเอนทิตีทั้งหมดที่มีแอททริบิวท์ของแต่ละเอนทิตี และความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีในรูปแบบของแผนภาพที่สอดคล้องกับระบบจัดการฐานข้อมูลที่ใช้

จ) การออกแบบฐานข้อมูลในระดับตรรกะ (Logical Database Design) จากการใช้หลักการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ และรวบรวมกฎเกณฑ์ต่างๆ โดยใช้โมเดลฐานข้อมูลที่สอดคล้องกับระบบฐานข้อมูลที่ใช้

ฉ) การออกแบบฐานข้อมูลในระดับกายภาพ (Physical Database Design) เป็นขั้นตอนการออกแบบในระดับล่างสุด ซึ่งจะเกี่ยวกับการจัดเก็บข้อมูลจริงภายในหน่วยเก็บข้อมูล เพื่อให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงหรือการค้นหาข้อมูล

ช) การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม (Implementation) เป็นการนำลักษณะข้อกำหนดต่างๆ มาออกแบบในโปรแกรม เพื่อดูลักษณะการทำงานและหาข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น เพื่อจะได้แก้ปัญหานั้นๆ ได้

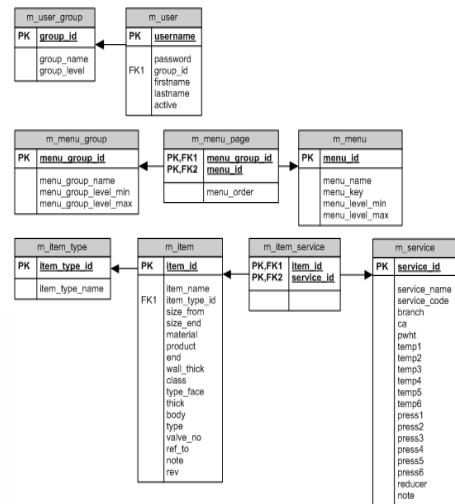
ช) การทำเอกสารประกอบโปรแกรม (Documentation) เพื่อเป็นการอธิบายในรายละเอียดของโปรแกรมว่าจุดประสงค์ของโปรแกรมคืออะไร มีวิธีการใช้งานและข้อควรปฏิบัติ เป็นต้น

ฉ) การติดตั้งและการบำรุงรักษาโปรแกรม เมื่อโปรแกรมถูกนำมาใช้งาน จำเป็นต้องมีการฝึกอบรมให้แก่ผู้ใช้งานเพื่อให้เข้าใจการทำงานของระบบ เมื่อมีการใช้งานไปนานๆ ก็อาจจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมให้เหมาะกับสถานการณ์และความต้องการของผู้ใช้ที่เปลี่ยนแปลงไปได้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤษพันธ์ ศักดา และ เอกรัตน์ (2544) ได้ศึกษาและพัฒนาระบบฐานข้อมูลทอในงานวิศวกรรมโยธา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการรวบรวมข้อมูลของทอชนิดต่างๆ ให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วนและครอบคลุมในงานด้านวิศวกรรมโยธา โดยใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลเข้าไปในรูปแบบของ โฮมเพจ มาลัยพร (2546) ได้เสนอวิธีการพัฒนาระบบฐานข้อมูลงานซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบขนส่งซีเมนต์เป็ยก โรงไฟฟ้าแม่เมาะ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถค้นหาประวัติการซ่อมบำรุงได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว โดยใช้โปรแกรม SQL Server 2000 จากการสำรวจระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่าอยู่ในระดับ 3.97 เต็ม 5 คะแนน ภาคภูมิ (2548) ได้ศึกษาแนวคิดในการจัดการความรู้ที่ช่วยแนวทางในการสร้างคุณค่าจากสินทรัพย์ที่สัมผัสไม่ได้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำมาใช้ในการสร้างสร้งงานหรือแก้ปัญหาต่างๆ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบและจัดทำเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ทำงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ตที่สามารถใช้ได้อย่างทั่วถึงกันทั้งองค์กร จากการทดลองใช้งานพบว่าสามารถค้นหาข้อมูลได้เร็วขึ้นกว่าเดิมเฉลี่ยที่ 40% วรพล (2549) ได้ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวางแผนความต้องการวัสดุ มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการวางแผนความต้องการวัสดุมีความถูกต้องและรวดเร็ว ผลการใช้งานโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นพบว่าปริมาณวัสดุคงคลังลดลง 18% และค่าใช้จ่ายในการคงคลังวัสดุลดลง 8% โดยที่ยังมีปริมาณ

วัสดุไว้ใช้อย่างพอเพียงกับความต้องการ Zacharia (2002) ได้พัฒนาระบบสารสนเทศขึ้นพื้นฐานทางภูมิศาสตร์เพื่อลดปัญหาด้านความปลอดภัยบนถนนชนบทของเคนยา โดยการตรวจสอบระบบฐานข้อมูลในรูปแบบแพลตฟอร์มพื้นฐานของความเสียหายโดยใช้ข้อมูลแนวคิดแบบจำลองจากการวิจัยได้ผลว่า Database Management System (DBMS) เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการสร้างและจัดการข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ และยอมรับให้มีการใช้ติดตามข้อมูลได้อย่างปลอดภัย



รูปที่ 3. ภาพรวมของการออกแบบระบบฐานข้อมูล

3. การออกแบบระบบฐานข้อมูลบน MySQL

MySQL เป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System) คือ สามารถทำงานกับตารางข้อมูลหลายตารางพร้อมกัน โดยการออกแบบระบบฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม MySQL มีขั้นตอนดังนี้ [3]

3.1 การออกแบบภาพรวมของฐานข้อมูล ในขั้นนี้ไม่มีวิธีการในการดำเนินการดังนี้ ดังแสดงในรูปที่ 3

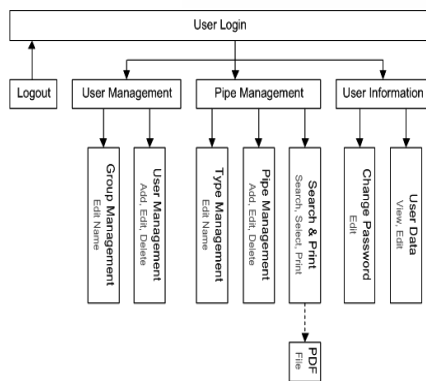
- 1) รวบรวมข้อกำหนดในการออกแบบที่อยู่ในรูปแบบเดิม มาจัดทำให้อยู่ในรูปแบบของ Excel files เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้กับโปรแกรม MySQL
- 2) ออกแบบภาพรวมของระบบฐานข้อมูลโดยเขียน Diagram ภาพรวมของระบบฐานข้อมูลที่ต้องการ
- 3) ออกแบบส่วนประกอบของไฟล์ฐานข้อมูลโดยรวบรวมข้อมูลมาจัดเก็บให้เข้าพวกกัน เรียกว่า Database file
- 4) ออกแบบ Table เพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลใน Database file โดยแต่ละ Table จะประกอบไปด้วย Field ซึ่งจะบ่งบอกลักษณะของข้อมูลที่จัดเก็บ
- 5) ออกแบบการ Record เป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลที่ถูกจัดเข้าพวกกันตามลักษณะการแบ่งพวกของ Field
- 6) ออกแบบการป้อนข้อมูล ฟังก์ชันนี้ออกแบบไว้สำหรับใช้ในการเพิ่มเติมข้อมูลที่ต้องการเข้าสู่ระบบ โดยไม่ต้องไปแก้ไขตัวโปรแกรมที่ออกแบบไว้
- 7) ออกแบบรายงาน Report เป็นส่วนที่ใช้ในการสรุปผลการค้นหาข้อมูล que ผู้ใช้ต้องการให้ออกมาในรูปแบบรายงานตามข้อกำหนดที่ต้องการ

3.2 การเขียนคำสั่งการทำงานของระบบ ถือเป็นส่วนสำคัญของการสร้างระบบฐานข้อมูลเนื่องจากคำสั่งการทำงานเป็นตัวควบคุมการใช้งานฟังก์ชันต่างๆ ของระบบฐานข้อมูล คำสั่งการทำงานที่ต้องสร้างได้แก่

- 1) คำสั่ง Add เป็นคำสั่งในการเพิ่มข้อมูลเข้าสู่ระบบ ประกอบด้วย Add User, Add Service, Add Item Service, Add Menu, Add Menu Group และ Add Piping
- 2) คำสั่ง Delete เป็นคำสั่งในการลบข้อมูลในระบบ ประกอบด้วย Delete User, Delete Service, Delete Item Service, Delete Menu, Delete Menu Group และ Delete Piping
- 3) คำสั่ง Edit เป็นคำสั่งในการแก้ไขข้อมูลในระบบ ประกอบด้วย Edit User, Edit User Info, Edit Menu, Edit Menu Group, Edit Piping, Edit Piping Group, Edit Service และ Edit Password
- 4) คำสั่ง Get เป็นคำสั่งที่ใช้ในการดึงข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่ระบบมาแสดงที่หน้าจอโปรแกรม ประกอบด้วย Get Item, Get Item Service, Get Piping, Get Report และ Get Service

3.3 การออกแบบหน้าจอของระบบ สำหรับขั้นตอนในการออกแบบหน้าจามีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้ ดังแสดงในรูปที่ 4

- 1) หน้าจอ Login สำหรับเข้าสู่ระบบ
- 2) หน้าจอ Dashboard เป็นหน้าจอหลักของระบบ
- 3) หน้าจอ Items Manager เป็นหน้าจอที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูลของระบบ
- 4) หน้าจอ User Information ใช้เพื่อจัดการข้อมูลของผู้ใช้
- 5) หน้าจอ User Manager ใช้ในการกำหนดสิทธิ์ในการใช้งานระบบของผู้ใช้งาน
- 6) หน้าจอ Logout สำหรับผู้ใช้ที่ต้องการออกจากระบบ



รูปที่ 4. ภาพรวมของการออกแบบหน้าจอระบบ

- 4) กรอกประเภทของวัสดุ (Material) ที่ใช้ทำอุปกรณ์นั้นๆ
- 5) กรอกกรรมวิธีการผลิต
- 6) กรอกความหนาของวัสดุ
- 7) กรอกมาตรฐานที่ใช้อ้างอิง
- 8) กรอกรายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (Node) และลำดับการแก้ไข (Rev.)
- 9) เพิ่มข้อมูล (Add Data)

จากขั้นตอนการป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบทั้ง 9 ขั้นตอนข้างต้น สามารถแสดงรายละเอียดการเลือกและกรอกข้อมูลดังแสดงตามรูปที่ 5

รูปที่ 5. ขั้นตอนการป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบ

3.4 การป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบ เป็นการนำข้อกำหนดที่ใช้ในการออกแบบที่อยู่ในรูปแบบของ Excel files มาป้อนเข้าสู่ระบบผ่านคำสั่งที่สร้างขึ้น โดยจะเก็บอยู่ในส่วนของ Items Manager ซึ่งมีเฉพาะผู้ใช้งานที่เป็น Admin ของระบบเท่านั้น จึงจะสามารถทำการป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบได้ ขั้นตอนการป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบทำได้เป็นลำดับดังนี้

- 1) เลือก Item Type ที่ต้องการเพิ่ม แบ่งออกเป็น 3 Type
 Type 1 ข้อมูลของท่อ ข้อต่อข้องอ (Pipe and Fitting)
 Type 2 เป็นข้อมูลของหน้าแปลน อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
 Type 3 เป็นข้อมูลของวาล์วประเภทต่างๆ (Valve)
- 2) เลือก Item Type ที่ต้องการเพิ่ม เช่น Pipe, Valve หรือ Gasket เป็นต้น
- 3) กรอกขนาดเริ่มต้นและขนาดสุดท้ายของ Item Type

4. ผลการวิจัย

4.1 การใช้งานระบบฐานข้อมูล

ระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น แบ่งเมนูการใช้งานดังนี้

- 1) การเริ่มต้นใช้งาน คอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งาน จำเป็นต้องมีโปรแกรม Web Browser บนเครื่อง แนะนำให้ใช้ Firefox version 3.5 ขึ้นไป
- 2) การจัดการระบบท่อ (Items Manager) เป็นเมนูที่ใช้เกี่ยวกับการจัดการข้อมูลในระบบ แบ่งเมนูย่อยออกเป็น Service Manager, Items Type และ Items Manager
- 3) ข้อมูลผู้ใช้งานระบบ (User Information) เป็นเมนูที่ใช้จัดการเกี่ยวกับข้อมูลของผู้ใช้งานระบบ
- 4) การจัดการผู้ใช้งาน (User Manager) เป็นเมนูที่ใช้จัดการเกี่ยวกับสิทธิ์การใช้งานของผู้ใช้งานระบบ โดยแยก

ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ (Admin) ผู้ใช้งานที่เป็นสมาชิก (Member) และผู้เยี่ยมชม (Guest)

5) การป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบ เป็นการนำข้อมูลที่ใช้ป้อนเข้าสู่ระบบผ่านคำสั่งที่สร้างขึ้น จะอยู่ในส่วนของ Items Manager โดยผู้ดูแลระบบ (Admin) เท่านั้นจึงจะสามารถทำการป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบได้

สำหรับลำดับขั้นตอนในการค้นหาข้อกำหนดมีดังนี้

1. เลือก Service Name ที่ต้องการค้นหา
2. เลือก Item Name ที่ต้องการค้นหา
3. เลือกขนาดที่ต้องการค้นหา
4. กด Download เพื่อเรียกรายงานการที่ค้นหา

สำหรับขั้นตอนในการค้นหาและผลของการค้นหาแสดงดังรูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ

Dashboard : Piping Management

Download Report

by Service Name Cooling Water Supply Header (UG) 1 Download

by Item Name GATE VALVE 2 Size 2 3 Download

Database Information

| Detail | Records |
|-------------|---------|
| Total Items | 168 |
| Type 1 | 65 |
| Type 2 | 41 |
| Type 3 | 62 |
| Services | 11 |
| Users | 1 |

รูปที่ 6. ขั้นตอนของการค้นหาข้อมูล

| LLDPE | PIPING MATERIALS CLASSIFICATION | | | | | | | |
|---------------|----------------------------------|--------------|---------------------------|------|-----------|------------|-------------|--------------|
| REV.MARK | | | | | | | | 1C18U |
| ISSUE DATE | | | | | | | | PAGE 6 OF 10 |
| SERVICE | Cooling Water Supply Header (UG) | | | | BRANCH | 1101601T-6 | REDUCER | 1101601R-1 |
| C.A.(mm) | 1.6 | P-T | TEMP. (c) | -29 | 38 | 93 | 149 | 204 |
| PWHT | NO | RATING | PRESS. Kg/cm ² | | | | | |
| NOM.SIZE(NPS) | BODY/TRIM | CLASS | END | TYPE | VALVE NO. | REF.TO | NOTE | REV |
| GATE VALVE | 2-36 | A216GR.WCB#6 | 150 | RF | 88.05&Y | GASBD | ASME B16.10 | |

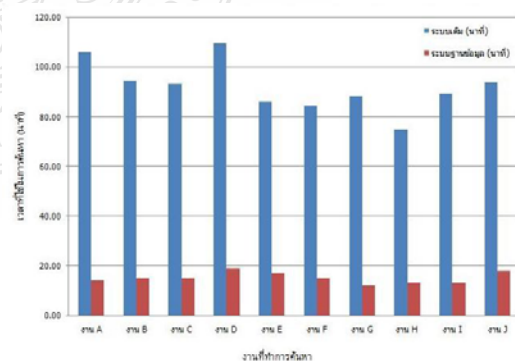
รูปที่ 7. ผลการค้นหาข้อมูลที่ออกมาในรูปแบบ PDF

4.2 ผลการใช้งานระบบ

จากผลการทดสอบการใช้งานระบบฐานข้อมูลในการค้นหาข้อมูลการออกแบบระบบท่อของงานทั้ง 10 งาน จะเห็นว่าระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นสามารถช่วยลดเวลาในการค้นหาข้อมูลในการออกแบบได้ ดังแสดงในตารางที่ 1 และเพื่อให้ง่ายแก่การเปรียบเทียบจึงสรุปเวลาที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลให้อยู่ในรูปของกราฟแท่งดังแสดงในรูปที่ 8

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ระหว่างระบบเดิมกับระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น

| งานที่ค้นหา | ระบบเดิม (นาที) | ฐานข้อมูล (นาที) |
|-------------|-----------------|------------------|
| งาน A | 106.17 | 14 |
| งาน B | 94.54 | 15 |
| งาน C | 93.18 | 15 |
| งาน D | 109.50 | 19 |
| งาน E | 86.04 | 17 |
| งาน F | 84.54 | 15 |
| งาน G | 88.39 | 12 |
| งาน H | 75.10 | 13 |
| งาน I | 89.32 | 13 |
| งาน J | 94.04 | 18 |



รูปที่ 8. กราฟแท่งเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ระหว่างระบบเดิมกับระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น

จากการทดลองใช้งานระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นในการค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อของงานจำนวน 10 งาน เปรียบเทียบกับเวลาเฉลี่ยที่วิศวกรทั้ง 5 คน ใช้ในการค้นหาข้อมูลด้วยระบบเดิมจะเห็นว่าระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นสามารถช่วยลดเวลาในการค้นหาข้อมูลในการออกแบบได้เฉลี่ยที่ 83.7 % ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายในเรื่องของค่าแรงวิศวกรที่ใช้ในการออกแบบลดลงด้วย

5. สรุป

การลดเวลาในการค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อ ในครั้งนี้เลือกใช้การออกแบบระบบฐานข้อมูลเข้ามาช่วย โดยใช้โปรแกรม MySQL และคำสั่ง PHP ในการสั่งงานของระบบ การเรียกใช้งานระบบผ่านระบบเครือข่าย Internet เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาข้อมูลในการออกแบบระบบท่อของวิศวกร โดยวิศวกรทุกคนจะใช้เวลาค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อที่ใกล้เคียงกัน จากการทดลองใช้งานระบบฐานข้อมูลพบว่าระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นสามารถช่วยลดเวลาในการค้นหาข้อกำหนดในการออกแบบระบบท่อลดลงจาก 1 ชั่วโมง 32 นาทีที่ต้องงาน เหลือ 15 นาทีที่ต้องงาน หรือลดลง 77 นาทีที่ต้องงาน คิดเป็น 83.7% ของเวลาเดิม หรือช่วยลดค่าแรงวิศวกรจาก 745 บาทต่องาน เหลือ 122 บาทต่องาน ลดลง 623 บาทต่องาน ใน 1 ปีบริษัทกรณีศึกษามีงานออกแบบระบบท่อเฉลี่ยปีละ 173 งาน นั่นคือระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นสามารถช่วยลดค่าแรงวิศวกรจาก 128,885 บาทต่อปี เหลือ 21,215 บาทต่อปี หรือลดลง 107,670 บาทต่อปี

เอกสารอ้างอิง

หนังสือภาษาไทย

- [1] รุจิจันทร์ พิริยะสงวนพงศ์, สารสนเทศทางธุรกิจ, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2549
- [2] อรรถกร เก่งพล, ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ, พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552

[3] ภาสกร เรืองรอง, บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการใช้โปรแกรมฐานข้อมูล MySQL, 2552

วิทยานิพนธ์ภาษาไทย

[4] กฤษพันธ์ เพ็ญศรี, ศักดา ชิดดวงศ์ และ เอกรัตน์ หรรษคุณาฒย, ระบบฐานข้อมูลท่อในงานวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2544

[5] มาลัยพร มณีชาติ, ระบบฐานข้อมูลงานซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบขนส่งที่เก่าเป็ยก โรงไฟฟ้าแม่เมาะ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546

[6] ภาคภูมิ รัตนวิวัฒน์พงศ์, การออกแบบและจัดทำคลังความรู้ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต กรณีศึกษา : ฝ่ายปฏิบัติการเขตนครหลวงการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548

[7] วณพล เกิดงาม, การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวางแผนความต้องการวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549

วิทยานิพนธ์ภาษาอังกฤษ

[8] Zacharia Lukorito Chepkania, Geographic Information System-based integrated road crash data system, University of Sunderland, 2002

แบบจำลองสินค้าคงคลังของพัสดุระบายอากาศสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง

รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ¹ และ นันทินี บุญมี²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาการจัดการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

E-mail: fengros@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทพัสดุระบายอากาศสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างโดยคัดเลือกผลิตภัณฑ์หลักมาทำการศึกษา 5 รุ่น ซึ่งแต่ละรุ่นมีช่วงเวลานำของสินค้าไม่แน่นอนและมีเวลานำส่งนาน ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการคัดเลือกเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมจาก 4 วิธีคือ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่, วิธีปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียล, วิธีปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้ง และวิธีวินเตอร์ เพื่อนำค่าที่ได้จากการพยากรณ์ไปใช้ในการวางแผนกำหนดนโยบายการสั่งซื้อใหม่ ด้วยการสร้างแบบจำลองสินค้าคงคลังภายใต้อุปสงค์ที่ไม่แน่นอน ซึ่งมี 3 นโยบายคือ 1. กำหนดเวลาการสั่งซื้อครั้งที่ 2 ครั้งต่อเดือน 2. ไม่กำหนดเวลาการสั่งซื้อจนกว่าระดับสินค้าคงคลังต่ำกว่าระดับสินค้าคงคลังปลอดภัย และ 3. มีการสั่งซื้อสินค้าทุกเดือนและไม่กำหนดเวลาการสั่งซื้อแต่กำหนดระดับสินค้าคงคลังปลอดภัยในแต่ละเดือนเพื่อกำหนดเป็นนโยบายการสั่งซื้อใหม่ที่เหมาะสมกับสินค้าแต่ละรุ่นโดยมีต้นทุนรวมต่ำที่สุด จากผลการทดลองพบว่าการกำหนดนโยบายการสั่งซื้อใหม่สามารถลดต้นทุนสินค้าคงคลังรวมของทางบริษัทลงได้ประมาณ 18.5%

คำสำคัญ : การจำลองสถานการณ์, การพยากรณ์, สินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย

1. บทนำ

อุตสาหกรรมก่อสร้างส่วนใหญ่จะเริ่มต้นด้วยการจัดประกวดราคาเพื่อหาผู้รับเหมาหลักที่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานและมีงบประมาณที่ต่ำสุด รวมถึงงานระบบพัสดุระบายอากาศด้วย ซึ่งในบางกรณีไม่สามารถทราบความต้องการที่แน่นอนของลูกค้าได้อันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ เช่น งบประมาณ ข้อกำหนด รวมไปถึงระยะเวลาในการส่งมอบสินค้า เป็นต้น ประกอบกับเงื่อนไขของกระบวนการภายในองค์กร เช่น ข้อจำกัดของระยะเวลาการผลิตสินค้าขั้นต่ำสุด รวมถึงการใช้ประสิทธิภาพของฝ่ายขายมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจสั่งซื้อ ส่งผลให้บางช่วงเวลาของบริษัทกรณีศึกษาที่มีปริมาณสินค้าคงคลังเป็นจำนวนมาก ในขณะที่เดียวกันบางช่วงอาจมีสินค้าคงคลังไม่เพียงพอต่อการจำหน่าย จึงทำให้เกิดการสูญเสียการขายสาเหตุหลักมาจากไม่มีการพยากรณ์โดยใช้หลักการทางสถิติ รวมถึงไม่มีการกำหนดจุดสั่งซื้อ ปริมาณในการสั่งซื้อ และปริมาณสินค้าคงคลังปลอดภัยที่เหมาะสม เป็นผลให้นโยบายของสินค้าคงคลังจริงไม่สอดคล้องกับปริมาณการขายนั่นเอง ทำให้เกิดปัญหาการสูญเสียพื้นที่การจัดเก็บและต้นทุนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องตามมา

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์รวมเพื่อลดจำนวนสินค้าคงคลังโดยการหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมภายใต้ความต้องการของลูกค้าที่ไม่แน่นอน และเพื่อรักษาระดับการให้บริการแก่ลูกค้าโดยการกำหนดจุดสั่งซื้อ ปริมาณในการสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังปลอดภัยที่เหมาะสมโดยมี

ต้นทุนรวมต่ำสุด ด้วยการสร้างแบบจำลองสินค้าคงคลังของพัดลมระบายอากาศสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แบบจำลองสินค้าคงคลัง (Inventory Model)

2.1.1 แบบจำลองปริมาณการสั่งที่เหมาะสม (Economic Order Quantity Model: EOQ) เป็นหนึ่งในแบบจำลองสินค้าคงคลังที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ง่ายสำหรับใช้ในการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมโดยที่ต้นทุนรวมของสินค้าคงคลังต้องมีค่าต่ำสุด EOQ จะเหมาะกับการใช้คำนวณเมื่อทราบค่าความต้องการที่แน่นอน (Piasecki, 2010) [1]

2.1.2 แบบจำลองกำหนดระยะเวลาการสั่ง (Fixed-Order-Period Model: P-Model) เป็นแบบจำลองอีกประเภทหนึ่งที่นิยมใช้ซึ่งจะถูกใช้เมื่อต้องมีการกำหนดช่วงเวลาการสั่ง เช่น สั่งทุกสัปดาห์ ทุกเดือนหรือทุกสองเดือน เป็นต้น ถ้าความต้องการมีค่าไม่แน่นอน ปริมาณการสั่งจะมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปแต่ละรอบด้วย ซึ่งจะต่างจากแบบจำลอง EOQ ที่ปริมาณการสั่งได้ถูกกำหนดไว้แล้ว (Chang et al., 2004) [2]

2.1.3 แบบจำลองผสม เป็นการนำจุดสั่งซื้อใหม่และปริมาณที่สั่งซื้อในรอบช่วงเวลาก่อนมาคำนวณด้วยเพื่อลดความไม่แน่นอนของความต้องการ ซึ่งถือเป็นการปรับกลยุทธ์สินค้าคงคลังโดยลดต้นทุนของสินค้าคงคลังและลดต้นทุนการจัดเก็บนั่นเอง (Chang et al., 2004) [2]

3. วิธีการวิจัย

3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการขายในอดีตของพัดลมระบายอากาศตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 เพื่อทำการคัดเลือกหาฐานของพัดลมระบายอากาศที่มีความสำคัญตามการจำแนกแบบ ABC มาทำการศึกษา 5 รุ่น ได้แก่ พัดลมรุ่น A, B, C, D และ E

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการขายในอดีตของรุ่นพัดลมระบายอากาศที่ได้จากข้อ 3.1 โดยทำการเก็บข้อมูล

ปริมาณการขายรายเดือนในอดีตย้อนหลังตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อแยกและจัดเรียงข้อมูลเฉพาะในส่วนที่เลือกศึกษา

3.3 คัดเลือกวิธีที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า โดยนำข้อมูลยอดขายในอดีตที่ได้มาทำการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา (Time Series Analysis) ซึ่งในการวิจัยนี้จะใช้แบบจำลองการพยากรณ์ความต้องการทั้งหมด 4 เทคนิคคือ แบบจำลองการพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Averages), วิธีการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียล (Single Exponential Smoothing), วิธีการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้ง (Double Exponential Smoothing) และวิธีการพยากรณ์แบบฤดูกาลของวินเตอร์ (Winter's Method) โดยเลือกวิธีที่มีค่าเบี่ยงเบนต่ำสุดและตรวจสอบค่าความผิดพลาดดังนี้ (Sunil and Peter, 2007) [3]

3.3.1 ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดสัมบูรณ์เป็นเปอร์เซ็นต์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE)

$$MAPE = (100/n) \times \sum |(Y_i - \hat{Y}_i) / Y_i| \quad (1)$$

3.3.2 ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation: MAD)

$$MAD = (1/n) \times \sum |Y_i - \hat{Y}_i| \quad (2)$$

3.3.3 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Mean Square Error: MSE)

$$MSE = (1/n) \times \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (3)$$

เมื่อ \hat{Y}_i คือ ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาที่ i

Y_i คือ ค่าที่เกิดขึ้นจริงของช่วงเวลาที่ i

n คือ จำนวนช่วงเวลาที่ใช้ในการคำนวณ

ซึ่งในตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ยอดขายของพัดลมแต่ละรุ่น จะเห็นว่าการพยากรณ์ยอดขายด้วยวิธีการพยากรณ์แบบฤดูกาลของวินเตอร์นั้นให้ค่าเบี่ยงเบนต่ำสุด จึงใช้วิธีการพยากรณ์นี้ทำการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554

3.4 ทำการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าด้วยวิธีพยากรณ์แบบฤดูกาลของวินเตอร์สำหรับพัสดุแต่ละรุ่นโดยอาศัยโปรแกรม Minitab มาทำการพยากรณ์เป็นรายเดือน จากนั้นใช้จำนวนวันในแต่ละเดือนมาหารค่าพยากรณ์ที่ได้จากรายเดือนเพื่อเป็นค่าความต้องการของลูกค้าแบบรายวันด้วยการแจกแจงแบบนอร์มอล และเพื่อใช้ค่าพยากรณ์ในการวางแผนสั่งซื้อในแต่ละนโยบาย

3.5 ทำการหาค่าเริ่มต้นของปริมาณการซื้อที่ประหยัด โดยใช้แบบจำลองสินค้าคงคลังที่เหมาะสมกับองค์กร และหาค่าเริ่มต้นของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ระยะเวลารอคอยสินค้า ความต้องการสินค้า รวมไปถึงต้นทุนที่เกี่ยวข้อง

3.6 จัดทำแบบจำลองสินค้าคงคลังด้วยโปรแกรม Arena เพื่อใช้ในการกำหนดเป็นนโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังแบบใหม่

3.7 สรุปผลการศึกษา โดยนำเสนอนโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังแบบใหม่ที่ได้จากแบบจำลอง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ยอดขายของพัสดุแต่ละรุ่น

| RESULT | QUANTITY OF MODEL "A" | | | |
|-----------|-----------------------|--------------|--------------|----------|
| | Moving | Single | Double | Winter |
| | Average | Exp. Smooth. | Exp. Smooth. | (Multi.) |
| MAPE | 28 | 28 | 31 | 24.9 |
| MAD | 281 | 273 | 298 | 247.3 |
| MSD | 135136 | 117577 | 139680 | 90142.8 |
| ALPHA : L | | 0.063 | 0.553 | 0.553 |
| GAMMA : T | | | 0.057 | 0.057 |
| DELTA : S | | | | 0.1 |

| RESULT | QUANTITY OF MODEL "B" | | | |
|-----------|-----------------------|--------------|--------------|----------|
| | Moving | Single | Double | Winter |
| | Average | Exp. Smooth. | Exp. Smooth. | (Multi.) |
| MAPE | 28.8 | 28.1 | 32.9 | 20.6 |
| MAD | 87 | 86.2 | 109.1 | 72.52 |
| MSD | 12954.3 | 13793.8 | 19467.4 | 7484.09 |
| ALPHA : L | | 0.04 | 0.341 | 0.341 |
| GAMMA : T | | | 0.125 | 0.125 |
| DELTA : S | | | | 0.1 |

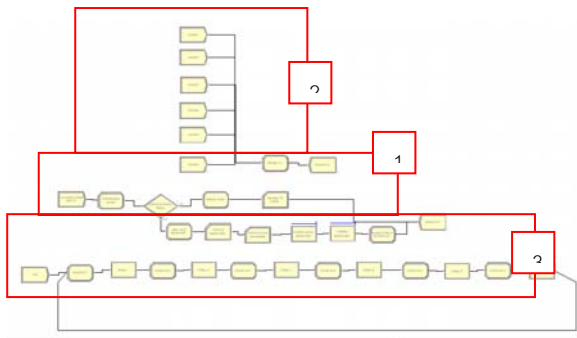
| RESULT | QUANTITY OF MODEL "C" | | | |
|-----------|-----------------------|--------------|--------------|----------|
| | Moving | Single | Double | Winter |
| | Average | Exp. Smooth. | Exp. Smooth. | (Multi.) |
| MAPE | 32.50 | 36.4 | 38.9 | 31.2 |
| MAD | 89.5 | 84.4 | 94.1 | 75.7 |
| MSD | 13925.7 | 12254.5 | 16378.8 | 10852.3 |
| ALPHA : L | | 0.044 | 0.419 | 0.419 |
| GAMMA : T | | | 0.099 | 0.099 |
| DELTA : S | | | | 0.1 |

| RESULT | QUANTITY OF MODEL "D" | | | |
|-----------|-----------------------|--------------|--------------|----------|
| | Moving | Single | Double | Winter |
| | Average | Exp. Smooth. | Exp. Smooth. | (Multi.) |
| MAPE | 30.66 | 34.21 | 37.89 | 25.91 |
| MAD | 40.41 | 41.16 | 44.96 | 33.33 |
| MSD | 2570.5 | 253.89 | 3243.85 | 1496.02 |
| ALPHA : L | | 0.11 | 0.512 | 0.512 |
| GAMMA : T | | | 0.083 | 0.083 |
| DELTA : S | | | | 0.1 |

| RESULT | QUANTITY OF MODEL "E" | | | |
|-----------|-----------------------|--------------|--------------|----------|
| | Moving | Single | Double | Winter |
| | Average | Exp. Smooth. | Exp. Smooth. | (Multi.) |
| MAPE | 27.28 | 31.64 | 37.85 | 30.27 |
| MAD | 42.04 | 42.86 | 46.89 | 41.11 |
| MSD | 3165.4 | 3048.6 | 3219.95 | 2775.68 |
| ALPHA : L | | 0.21 | 0.314 | 0.314 |
| GAMMA : T | | | 0.1 | 0.1 |
| DELTA : S | | | | 0.1 |

4. การจำลองสถานการณ์

สร้างแบบจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม Arena สำหรับทดสอบนโยบายสินค้าคงคลังแบบใหม่ โดยทำการเปรียบเทียบกับระบบดั้งเดิมที่มีเงื่อนไขการสั่งสินค้า 1 ครั้งต่อเดือนของทุกวันที 1 ของเดือนนั้นและมีการรับสินค้า 1 ครั้งต่อเดือนในช่วงเวลาปลายเดือนเช่นกัน ซึ่งมีเวลานำนานที่สุดคือ 90 วัน และนำค่าที่ได้จากการพยากรณ์มาใช้แทนความต้องการของลูกค้าในแบบจำลองด้วย ซึ่งตัวแบบจำลองสถานการณ์สินค้าคงคลังของระบบดั้งเดิมจะประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ ของระบบ 3 ส่วนคือ



รูปที่ 1 แบบจำลองสินค้าคงคลังแบบดั้งเดิม

จากรูปที่ 1 ส่วนที่หนึ่งแสดงแบบจำลองความต้องการของลูกค้า เป็นแบบจำลองความต้องการของลูกค้าที่เข้ามาในระบบและมีการตอบสนองคำสั่งซื้อ ส่วนที่สองแสดงแบบจำลองสินค้าที่เข้ามาเติมเต็มตามคำสั่งซื้อ เป็นแบบจำลองสำหรับสินค้าที่มีการสั่งซื้อล่วงหน้าในระบบ และระยะเวลาที่จะจัดส่งเข้ามาตามลำดับเดือน และส่วนที่สามแสดงแบบจำลองการกำหนดลำดับเดือน เป็นแบบจำลองที่ใช้ตั้งค่าลำดับของเดือนในระบบ และระบบจำลองได้มีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองกับระบบจริงที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% โดยการเปรียบเทียบค่าระดับสินค้าคงคลังเฉลี่ย และต้นทุนสินค้าคงคลังของเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2553

จากนั้นได้ทำการออกแบบระบบสินค้าคงคลังใหม่ โดยแบ่งสินค้าเป็น 2 กลุ่มตามเวลานำที่แตกต่างกันคือ กลุ่มแรกได้แก่พัสดุกลุ่ม A, B และ C ซึ่งเป็นพัสดุที่ผลิตในประเทศไทยและมีเวลานำเท่ากับ 90 วัน แต่เนื่องจากพัสดุทั้ง 3 รุ่นนี้เป็นรุ่นที่มีสินค้าคงคลังเป็นจำนวนมาก จึงได้ทำการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังใหม่เพื่อลดจำนวนสินค้าคงคลัง ดังนี้

- (1) มีการสั่งซื้อสินค้า 2 ครั้งต่อเดือนและมีการรับสินค้า 2 ครั้งต่อเดือน
- (2) ไม่มีการสั่งซื้อสินค้าเลยจนกว่าระดับสินค้าคงคลังจะต่ำกว่าระดับสินค้าคงคลังปลอดภัย
- (3) มีการสั่งซื้อสินค้า 1 ครั้งต่อเดือนแต่ไม่กำหนดจุดสั่งซื้อและจะสั่งซื้อก็ต่อเมื่อระดับสินค้าคงคลังต่ำกว่าระดับสินค้าคงคลังปลอดภัย

ส่วนพัสดุในกลุ่มที่ 2 คือ พัสดุนุ่น D และ E ซึ่งเป็นพัสดุที่นำเข้ามาจากต่างประเทศพร้อมกันและมีเวลานำเท่ากับ 64-75 วัน ประกอบกับพัสดุทั้ง 2 รุ่นนี้เป็นรุ่นที่มีปริมาณการใช้ค่อนข้างน้อยจึงควรกำหนดนโยบายใหม่ที่มีปริมาณสินค้าคงคลังปลอดภัยดังเช่นนโยบายที่ 2 และนโยบายที่ 3 ของพัสดุนุ่นแรก

เมื่อทำการสร้างแบบจำลองเรียบร้อยแล้วทำการคัดเลือกนโยบายใหม่ที่ให้ระดับสินค้าคงคลังและต้นทุนสินค้าคงคลังต่ำสุดในขณะที่ยังสามารถรักษาระดับความพึงพอใจไว้ได้เท่าเดิม ซึ่งจะมีการทำซ้ำในแต่ละแบบจำลองเท่ากับ 100 รอบ

5. สรุปผลและวิจารณ์

พัสดุนุ่น A, B และ C ควรใช้เลือกใช้นโยบายที่มีการสั่งซื้อสินค้า 2 ครั้งต่อเดือน และมีการรับสินค้า 2 ครั้งต่อเดือน เป็นนโยบายสินค้าคงคลังแบบใหม่เพราะสินค้าแต่ละรุ่นมีปริมาณการใช้เป็นจำนวนมาก การสั่งซื้อสินค้า 2 ครั้งต่อเดือน จะทำให้ไม่ต้องเก็บรักษาสินค้าคงคลังไว้มาก และจะมีสัดส่วนเหมาะสมกับปริมาณการใช้มากกว่านโยบายอื่น ซึ่งจากการใช้นโยบายใหม่พบว่าพัสดุนุ่น A, B และ C สามารถลดค่าใช้จ่ายสินค้าคงคลังได้ 19.5%, 14.8% และ 48.65% ตามลำดับ ผลสรุปแสดงในตารางที่ 2

ส่วนพัสดุนุ่น D และ E ควรเลือกใช้นโยบายที่มีการสั่งซื้อสินค้า 1 ครั้งต่อเดือนแต่ไม่กำหนดจุดสั่งซื้อและจะสั่งซื้อก็ต่อเมื่อระดับสินค้าคงคลังต่ำกว่าระดับสินค้าคงคลังปลอดภัยเป็นนโยบายสินค้าคงคลังแบบใหม่ เพราะพัสดุทั้ง 2 รุ่นนี้เป็นรุ่นที่ต้องสั่งจากประเทศพร้อมกัน และมีปริมาณการใช้ต่อรุ่นค่อนข้างน้อยจึงทำให้ให้นโยบายที่มีสินค้าคงคลังปลอดภัยมีความเหมาะสม นอกจากนี้ได้ทำการหาระดับสินค้าคงคลังปลอดภัยจากการใช้ Process Analyzer ช่วยปรับเปลี่ยน SS ที่เหมาะสมเพื่อให้มีผลรวมค่าใช้จ่ายการจัดเก็บต่ำสุด ซึ่งจากการใช้นโยบายใหม่พบว่าพัสดุนุ่น D สามารถลดค่าใช้จ่ายสินค้าคงคลังลงได้ 14.79% ส่วนพัสดุนุ่น E พบว่าค่าใช้จ่ายสินค้าคงคลัง

เพิ่มขึ้น 5.19% แต่สามารถลดปัญหาสินค้าขาดมือได้ทั้งหมด ผลสรุปแสดงในตารางที่ 3 จากผลการทดลองพบว่า การกำหนดนโยบายการสั่งซื้อแบบใหม่สามารถลดต้นทุนสินค้าคงคลังรวมของทางบริษัทลงได้ประมาณ 18.51%

6. บรรณานุกรม

[1] Piasecki, D. 2010. Optimizing Economic Order Quantity. Available Source: http://www.inventoryops.com/economic_order_quantity.htm, August 6, 2010.

[2] Chang, P.C., C.H. Liu and C.Y. Wang. 2004. The integration of supply chain management and simulation system with application to retailing model. Proceedings of the 5th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems. Institute of Industrial Engineering and Management, Taiwan ROC.

[3] Sunil, C. and M. Peter. 2007. Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation. Third edition. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 07458.

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสินค้าคงคลังของพัสดุมารุ่น A, B และ C

| ข้อมูล | Model "A" | | Model "B" | | Model "C" | |
|---|------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| | ระบบดั้งเดิม | % ความแตกต่างเมื่อเทียบกับระบบใหม่ | ระบบดั้งเดิม | % ความแตกต่างเมื่อเทียบกับระบบใหม่ | ระบบดั้งเดิม | % ความแตกต่างเมื่อเทียบกับระบบใหม่ |
| 1. ระดับสินค้าคงคลังเฉลี่ย (ชิ้น) | 891.86 ± 47.96 | -19.51% | 2881.29 ± 18.93 | -14.79% | 1142.41 ± 16.57 | -48.60% |
| 2. ต้นทุนสินค้าคงคลังของเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2553 (บาท) | 267,946.79 ± 14,362.57 | -19.5% | 720,321.99 ± 4,733.54 | -14.80% | 456,963.02 ± 6,628.23 | -48.65% |

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองสินค้าคงคลังของพัสดุมารุ่น D และ E

| ข้อมูล | Model "D" | | Model "E" | |
|---|-----------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| | ระบบดั้งเดิม | % ความแตกต่างเมื่อเทียบกับระบบใหม่ | ระบบดั้งเดิม | % ความแตกต่างเมื่อเทียบกับระบบใหม่ |
| 1. ระดับสินค้าคงคลังเฉลี่ย (ชิ้น) | 178.95 ± 5.61 | -14.79% | 881.85 ± 9.86 | 5.19% |
| 2. ต้นทุนสินค้าคงคลังของเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2553 (บาท) | 121,684.52 ± 3,815.11 | -14.79% | 414,469.98 ± 4,635.93 | 5.19% |

การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการสถาบันโรคทรวงอก

รุ่งรัตน์ ภิษฐ์เพ็ญ¹ และ พิศุทธิ์ ปัญญวัฒน์กุล²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

E-mail: fengros@ku.ac.th

บทคัดย่อ

สถาบันโรคทรวงอกเป็นโรงพยาบาลเฉพาะโรคที่รักษาเกี่ยวกับโรคปอดที่มีชื่อเสียงและได้รับความน่าเชื่อถือ จึงมีผู้ป่วยเข้ามารับการรักษาเป็นจำนวนมาก ซึ่งปัญหาที่พบในปัจจุบันคือผู้ป่วยใช้เวลารอคอยเพื่อเข้ารับการรักษาเป็นเวลานาน ซึ่งแผนกโรคปอดของสถาบันโรคทรวงอกมีผู้ป่วยเข้ามาใช้บริการเฉลี่ย 100 คน/วัน มีห้องตรวจ 3 ห้อง เนื่องจากผู้ป่วยมีจำนวนมากแต่จำนวนห้องตรวจและจำนวนแพทย์มีอย่างจำกัดจึงทำให้เกิดปัญหาดังกล่าวขึ้น ดังนั้นเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและปัญหาของระบบ ผู้วิจัยจึงใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena เป็นเครื่องมือในศึกษาระบบและวิเคราะห์ระบบเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์พบว่าจุดคอขวดของระบบคือ เวลาที่รอกคอยหน้าห้องตรวจก่อนเข้าพบแพทย์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงระบบด้วยวิธีการปรับปรุงระบบแถวคอยและการปรับปรุงระบบการจัดตารางการออกตรวจของแพทย์ใหม่ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าแนวทางการจัดตารางการออกตรวจของแพทย์ขึ้นมาใหม่และปรับเปลี่ยนระบบแถวคอยจาก 3 คิวให้เหลือเพียง 1 คิวนั้นจะส่งผลให้เวลารอคอยในระบบโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยทุกประเภทลดลงจาก 167.93 ± 23.23 นาที/คน เหลือเพียง 115.68 ± 13.12 นาที/คน ซึ่งลดลงคิดเป็น 31.11% โดยที่การปรับปรุงนี้ไม่ต้องทำการเพิ่มทรัพยากรเข้ามาในระบบ เพียงแค่ปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานบางอย่าง ทำให้ไม่เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบได้ทำให้ผู้ป่วยที่เข้ามาใช้บริการเกิดความพึงพอใจมากขึ้น

คำสำคัญ: การจำลองสถานการณ์, ระบบแถวคอย

1. บทนำ

แผนกโรคปอดของสถาบันโรคทรวงอกมีผู้ป่วยเข้ามาใช้บริการเฉลี่ย 100 คน/วัน มีห้องตรวจ 3 ห้อง เนื่องจากผู้ป่วยมีจำนวนมากแต่จำนวนห้องตรวจและจำนวนแพทย์มีอย่างจำกัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเกิดแนวความคิดในการนำโปรแกรมการจำลองสถานการณ์ทางคอมพิวเตอร์มาใช้เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและค้นหาวิธีการปรับปรุงการทำงาน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และถ้าสามารถนำมาปฏิบัติได้จริง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรมที่ใช้สนับสนุนแนวทางการทำวิจัย ดังนี้

โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ได้นำการจำลองสถานการณ์มาใช้ในการวิเคราะห์การวางแผนและปรับปรุงกระบวนการทำงานภายในองค์กรด้วยการใช้โปรแกรม Arena เพื่อเปรียบเทียบขั้นตอนการทำงานอดีตกับปัจจุบันของแผนก Check up เพื่อให้มองเห็นถึงวิธีการทำงาน และเห็นจุดบกพร่องของระบบ และหากทำการปรับเปลี่ยนกระบวนการก็จะทราบผลที่เกิดขึ้นในอนาคตได้โดยไม่ต้องทดลองกับระบบจริง [3]

ข้อมูลงานวิจัยจากโรงพยาบาลรัฐบาลขนาดใหญ่แห่งหนึ่งที่เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในการให้บริการของแผนกจ่ายยา โดยทำการปรับปรุงระบบ และขั้นตอนการทำงานในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ด้วยการจำลองระบบงานในปัจจุบันเทียบกับการจำลองระบบงานที่ได้มีการปรับปรุง ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ได้

ระบบการทำงานที่ดีที่สุด [4]

ข้อมูลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการให้บริการผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลป่าซาง จังหวัดลำพูน โดยใช้แบบจำลองสถานการณ์แถวคอย งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นในเรื่องของการเพิ่มประสิทธิภาพ โดยการจัดการเรื่องของลำดับการรอคอยและเป็นการเพิ่มความสามารถของโรงพยาบาลในเรื่องการให้บริการและในด้านการใช้ทรัพยากร ได้ใช้แนวคิดของเครื่องมือปรับปรุงทางคุณภาพ (Quality Improvement tools) เข้ามาปรับปรุงการดำเนินงานและนำเสนอรูปแบบการจำลองสถานการณ์ในการดำเนินงานแบบใหม่ มีการใช้แนวคิดของระบบชี้วัด (KPIs) เพื่อใช้วัดความพึงพอใจทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงงาน [5]

2. เนื้อความหลัก

2.1 การเก็บข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลอยู่ในช่วงวันจันทร์-วันศุกร์ ตั้งแต่เวลา 06.00-13.00 น. แบ่งออกเป็น 8 ส่วน ได้แก่

- 1) ช่วงเวลาในการเดินทางมาถึง
- 2) ข้อมูลช่วงเวลาในการรับบัตร
- 3) ข้อมูลเวลาในการชั่งน้ำหนัก และวัดความดันโลหิต
- 4) ข้อมูลช่วงเวลาในการประเมินอาการของผู้ป่วยเบื้องต้น
- 5) ข้อมูลช่วงเวลาที่ใช้ในการเข้ารับการตรวจโดยแพทย์ห้องตรวจเบอร์ 1 2 และ 3
- 6) ข้อมูลช่วงเวลาให้คำปรึกษาหลังตรวจ
- 7) ข้อมูลช่วงเวลาที่ใช้ในการรับใบนัด
- 8) ข้อมูลช่วงเวลาที่ใช้ในการตรวจพิเศษ

ทั้ง 8 ส่วนนี้จะนำไปทำการวิเคราะห์การแจกแจง Input Analyzer เพื่อทำการประมวลผล ค่าทางสถิติที่เหมาะสมและนำค่าทางสถิติที่ได้ไปใส่ค่าในแบบจำลอง (Model) ที่ถูกสร้างไว้ในโปรแกรม Arena version 13 เพื่อนำไปประมวลผล วิเคราะห์ และ หาทางแก้ไขในลำดับต่อไป

2.2 การสร้างแบบจำลอง

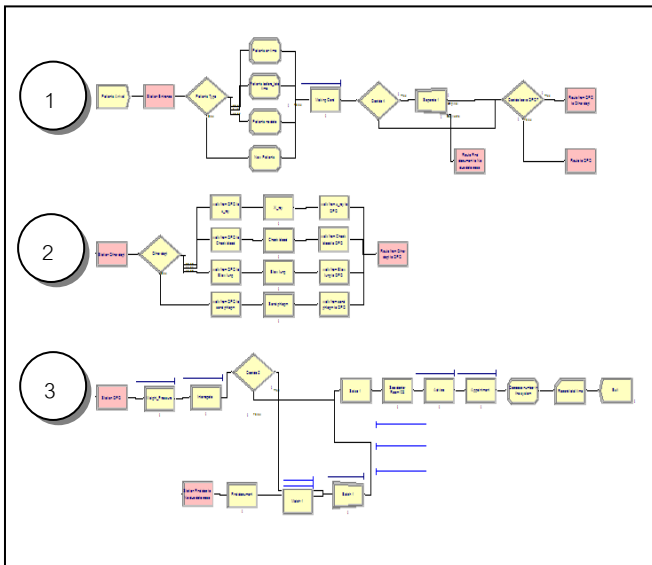
1. การวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลนำเข้าโดยใช้โปรแกรม Arena สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการแจกแจงของข้อมูลเวลา

| กระบวนการ | การแจกแจง (นาทีก่อน) |
|---------------------------|-----------------------------|
| ช่วงเวลาในการเดินทางมาถึง | -0.001 + EXPO(2.78) |
| รับบัตร | NORM(36.7,10) |
| ชั่งน้ำหนักและวัดความดัน | TRIA(56, 56.3, 167) |
| ประเมินอาการก่อนตรวจ | 58 + WEIB(96.3, 0.658) |
| เข้าพบแพทย์ | 78 + WEIB(263, 1.05) |
| ให้คำแนะนำหลังตรวจ | 3 + WEIB(34.5, 0.821) |
| รับใบนัด | 46 + WEIB(64.4, 1.22) |
| X-Ray | 24.5 + 52*BETA(0.801,0.928) |
| เจาะเลือด | 11.5 + 61*BETA(0.848,1.03) |
| เป่าปอด | 49.5 + 21*BETA(1.09,1.32) |
| ส่งเสมหะ | 12.5 + 7*BETA(1.76,2.35) |

2. แบบจำลองระบบการให้บริการแผนกโรคปอดด้วยโปรแกรม Arena แสดงดังรูปที่ 1 และผลการประมวลผลของโปรแกรมมีรอบทำซ้ำ 5 รอบดังตารางที่ 2

ภายในแบบจำลองประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 เริ่มตั้งแต่ผู้ป่วยเข้ามาในระบบผ่านจุดรับบัตรเพื่อให้เจ้าหน้าที่ทำการแยกประเภทของผู้ป่วยออกเป็นสี่ประเภทก่อนได้แก่ ผู้ป่วยมาตรงนัด ผู้ป่วยมาก่อนหรือหลังนัด ผู้ป่วยที่ไม่มีนัด และผู้ป่วยใหม่ หลังจากนั้นจะทำการแยกผู้ป่วยทั้งหมดออกเป็นสองกลุ่มกลุ่มแรกคือกลุ่มที่ต้องไปทำการตรวจพิเศษที่แผนกอื่นก่อนแล้วจึงจะกลับมาพบแพทย์ที่แผนกผู้ป่วยนอกได้ กลุ่มที่สองคือไม่ต้องตรวจพิเศษที่แผนกอื่นจึงสามารถรอพบแพทย์ได้เลย แบบจำลองส่วนที่ 2 คือแบบจำลองสำหรับผู้ป่วยที่ต้องออกไปตรวจพิเศษที่แผนกอื่น แบบจำลองส่วนที่ 3 คือ จุดที่ให้บริการชั่งน้ำหนักวัดความดัน ประเมินอาการก่อนพบแพทย์ รับคำแนะนำหลังตรวจ และรับใบนัด จากนั้นผู้ป่วยจึงออกจากระบบ



รูปที่ 1 แบบจำลองการมาเข้ามาใช้บริการในแผนกผู้ป่วยนอกโรคปอดสถาบันโรคทรวงอก

ตารางที่ 2 ผลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม Arena (ผลแสดงในช่วงความเชื่อมั่นที่นัยสำคัญ 95%)

| ชนิด | ระบบปัจจุบัน |
|---|--------------------|
| เวลาที่ใช้อยู่ในระบบของผู้ป่วยที่มาตรงนัด (นาที/คน) | 163.45 ± 25.62 |
| เวลารอคอยที่จุดรับบัตร (คน/นาที) | 0.006 ± 0.00 |
| เวลารอคอยที่จุดชั่งน้ำหนักวัดความดันโลหิต (คน/นาที) | 0.8773 ± 0.92 |
| เวลารอคอยที่จุดประเมินอาการเบื้องต้นก่อนพบแพทย์ (คน/นาที) | 2.7407 ± 3.94 |
| เวลารอคอยที่หน้าห้องตรวจเบอร์ 1 (คน/นาที) | 109.70 ± 22.40 |
| เวลารอคอยที่หน้าห้องตรวจเบอร์ 2 (คน/นาที) | 117.06 ± 27.83 |
| เวลารอคอยที่หน้าห้องตรวจเบอร์ 3 (คน/นาที) | 136.33 ± 28.75 |
| เวลารอคอยที่จุดให้คำแนะนำหลังพบแพทย์ (คน/นาที) | 0.5015 ± 0.51 |
| เวลารอคอยที่จุดรับใบนัด (คน/นาที) | 0.1986 ± 0.16 |

จากการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเวลาเฉลี่ยรวมที่ผู้ป่วยใช้ในแผนกที่ได้จากระบบจริงในปัจจุบัน และค่าเฉลี่ยที่อ่านได้จากโปรแกรมจำลอง โดยนำเอาข้อมูลที่ไปทดสอบเพื่อหาช่วงความเชื่อมั่นโดยใช้ 2-

Sample t (Test and Confidence Interval) ในโปรแกรม Minitab 15 พบว่าค่า P-Value ที่ได้จากโปรแกรมมีค่าเท่ากับ 0.08 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานของ H_0 ได้ นั่นคือค่าเฉลี่ยที่ได้จากระบบจริงและที่ได้จากระบบแบบจำลองมีค่าไม่แตกต่างกันในช่วงความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นผู้จัดทำจึงสามารถนำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นมานี้มาใช้แทนระบบจริงได้

2.3. แนวทางการปรับปรุงระบบ

แนวคิดที่ 1 ทำการย้ายบุคลากรที่จุดรับบัตร 1 คนให้ไปทำงานที่จุดชั่งน้ำหนักและวัดความดันซึ่งมีบุคลากร 2 คน และพยาบาล 1 คนทำหน้าที่อยู่แล้ว และทำการย้ายพยาบาลที่จุดชั่งน้ำหนักและวัดความดันให้ไปทำงานที่จุดซักประวัติและประเมินอาการแทน

แนวคิดที่ 2 จากเดิมที่มีการกำหนดให้ผู้ป่วยคนเดิมต้องเข้าห้องตรวจห้องเดิมในทุกๆครั้งที่ต้องกลับมาพบแพทย์ แสดงว่ามีการใช้ระบบคิว 3 คิว แต่จากการศึกษาการทำงานของแผนกนี้พบว่า ถึงแม้ผู้ป่วยเข้าห้องเบอร์เดิมแต่ก็มีได้พบแพทย์คนเดิม จึงได้ทำการปรับปรุงให้มีการใช้ระบบคิวให้เหลือแค่เพียง 1 คิว นั่นหมายความว่า เมื่อถึงคิวที่ผู้ป่วยต้องเข้าไปพบแพทย์แล้ว ถ้าห้องตรวจใดว่างก่อน ผู้ป่วยก็สามารถเข้าไปใช้บริการในห้องตรวจนั้นได้ทันที

แนวคิดที่ 3 จัดตารางการออกตรวจของแพทย์ขึ้นมาใหม่ที่จากเดิมออกตรวจพร้อมกันทั้ง 3 คนตั้งแต่เวลา 9.00 -12.30 น. ให้เป็นดังนี้คือ แพทย์ที่ออกตรวจห้องเบอร์ 1 และห้องเบอร์ 2 ให้เริ่มงานตั้งแต่เวลา 8.30-12.00 น. เพราะในช่วงเวลาก่อน 09.00 น. จะมีผู้ป่วยเข้ามาใช้บริการเป็นจำนวนมาก โดยยังคงเวลาการออกตรวจทั้งหมดไว้ที่ 3.5 ชั่วโมงตามเดิม ส่วนแพทย์ที่ออกตรวจห้องเบอร์ 3 ให้เริ่มงานตามเวลาเดิมคือ 9.00 - 12.30 น. และทำการปรับเปลี่ยนระบบคิวจาก 3 คิว ให้เหลือเพียง 1 คิว

แนวคิดที่ 4 จัดตารางการออกตรวจของแพทย์ขึ้นมาใหม่ที่จากเดิมออกตรวจพร้อมกันทั้ง 3 คนตั้งแต่เวลา 9.00 - 12.30 น. ให้เป็นดังนี้คือ แพทย์ที่ออกตรวจห้องเบอร์ 1 โดยให้เริ่มตรวจตั้งแต่เวลา 8.30-12.00 น. เพราะใน

ช่วงเวลาก่อน 09.00 น. จะมีผู้ป่วยเข้ามาใช้บริการเป็นจำนวนมากโดยยังคงเวลาการออกตรวจทั้งหมดไว้ที่ 3.5 ชั่วโมงตามเดิม ส่วนแพทย์ที่ออกตรวจห้องเบอร์ 2 และห้องเบอร์ 3 ให้ออกตรวจตามเวลาเดิมคือ 9.00 – 12.30 น. และทำการปรับเปลี่ยนระบบคิวจาก 3 คิวให้เหลือเพียง 1 คิว

แนวคิดที่ 5 นำแนวทางการปรับปรุงที่ 1 และ 2 มาใช้ร่วมกันนั่นคือ ทำการย้ายธุรการและพยาบาลไปไว้ตามจุดดังกล่าวตามแนวทางการปรับปรุงที่ 1 และทำการปรับเปลี่ยนระบบคิวจาก 3 คิวให้เหลือเพียง 1 คิวตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2

แนวคิดที่ 6 นำแนวทางการปรับปรุงที่ 1, 2 และ 4 มาใช้ร่วมกัน นั่นคือทำการย้ายธุรการและพยาบาลไปไว้ตามจุดดังกล่าวตามแนวทางการปรับปรุงที่ 1 จากนั้นทำการปรับเปลี่ยนระบบคิวจาก 3 คิวให้เหลือเพียง 1 คิวตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2 และจัดตารางการออกตรวจของแพทย์ขึ้นมาใหม่ ที่จากเดิมออกตรวจพร้อมกันทั้ง 3 คน ตั้งแต่เวลา 9.00 – 12.30 น. ให้เป็นดังนี้คือ แพทย์ที่ออกตรวจห้องเบอร์ 1 โดยให้เริ่มตรวจตั้งแต่เวลา 8.30-12.00 น. เพราะในช่วงเวลาก่อน 09.00 น. จะมีผู้ป่วยเข้ามาใช้บริการเป็นจำนวนมากโดยยังคงเวลาการออกตรวจทั้งหมดไว้ที่ 3.5 ชั่วโมงตามเดิม ส่วนแพทย์ที่ออกตรวจห้องเบอร์ 2 และห้องเบอร์ 3 ให้ออกตรวจตามเวลาเดิมคือ 9.00 – 12.30 น.ตามแนวทางการปรับปรุงที่ 4

ผลที่ได้จากการประเมินผลของโปรแกรม Arena ของแนวคิดทั้ง 6 แสดงได้ดังตารางที่ 3

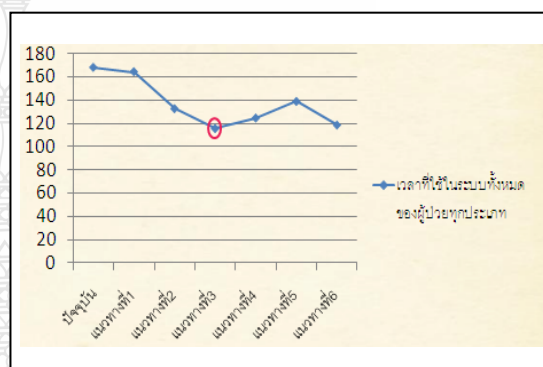
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบระบบปัจจุบันกับผลลัพธ์ทั้ง 6 แนวคิด

| ระบบ | เวลาที่ให้อยู่ในระบบโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยทุกประเภท (นาที/คน) |
|-------------|--|
| ปัจจุบัน | 167.93 ± 23.23 |
| แนวคิดที่ 1 | 164.29 ± 13.77 |
| แนวคิดที่ 2 | 132.61 ± 33.16 |
| แนวคิดที่ 3 | 115.68 ± 13.12 |

| ระบบ | เวลาที่ให้อยู่ในระบบโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยทุกประเภท (นาที/คน) |
|-------------|--|
| แนวคิดที่ 4 | 124.69 ± 15.83 |
| แนวคิดที่ 5 | 142.31 ± 19.95 |
| แนวคิดที่ 6 | 122.11 ± 18.67 |

3. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

3.1 บทสรุป



รูปที่ 2 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในระบบของผู้ป่วยทุกประเภท (นาที/คน)

จากนโยบายปัจจุบันของทางสถาบันโรคทรวงอกจะเปิดรับบัตรผู้ป่วยตั้งแต่เวลา 06.30 – 11.00 น. แต่ที่จุดซึ่งนำหน้าวัดความดัน จุดประเมินอาการก่อนพบแพทย์ จุดให้คำแนะนำหลังพบแพทย์ และจุดรับใบนัดจะเปิดเวลา 07.00 – 13.00 น. และแพทย์จะทำการออกตรวจตั้งแต่เวลา 09.00 – 12.30 น. โดยมีแพทย์ออกตรวจทั้งหมด 3 ห้องตรวจ ซึ่งจุดคอขวดที่พบในระบบก็คือ เวลาที่ใช้รอคอยหน้าห้องตรวจก่อนเข้าพบแพทย์จึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงทั้ง 6 แนวทางตามรูปที่ 3 และตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเปลี่ยนระบบปัจจุบันมาเป็นระบบตามแนวทางการปรับปรุงที่ 3 คือจัดตารางการออกตรวจของแพทย์ขึ้นมาใหม่และปรับเปลี่ยนระบบคิวจาก 3 คิวให้เหลือเพียง 1 คิวเท่านั้น ซึ่งส่งผลให้เวลารอคอยในระบบโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยทุกประเภทลดลงเท่ากับ 52.25 นาที/คน คิดเป็น 31.11% และเวลาที่ใช้รอคอยหน้าห้องตรวจลดลงเท่ากับ 50.15 นาที/คน คิดเป็น 41.44% โดยที่การปรับปรุงนี้ไม่ต้องทำการเพิ่มทรัพยากรเข้ามาในระบบ เพียงแค่

ปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานบางอย่าง ทำให้ไม่เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบได้ทำให้ผู้ป่วยที่เข้ามาใช้บริการเกิดความพึงพอใจมากขึ้น

3.2 ข้อเสนอแนะ

1) จากข้อสรุปเบื้องต้นที่ให้ทำการปรับปรุงระบบให้ เป็นไปตามแนวทางการปรับปรุงที่ 3 ซึ่งถือได้ว่าเป็นแนวทางการปรับปรุงที่ดีที่สุด แต่ถ้าหากไม่สามารถทำได้เพราะข้อจำกัดของทางคณะแพทย์ สามารถเลือกใช้แนวทางการปรับปรุงที่ 2 ได้เช่นกัน เพราะแนวทางนี้ไม่ได้ไปยุ่งเกี่ยวกับตารางการออกตรวจของแพทย์เลย ซึ่งสามารถลดเวลารอคอยในระบบโดยเฉลี่ยของผู้ป่วยทุกประเภทลดลงเท่ากับ 31.68 นาที/คน คิดเป็น 19.28 % และเวลาที่ใช้รอคอยหน้าห้องตรวจลดลงเท่ากับ 37.73 นาที/คน คิดเป็น 31.21 %

2) งานวิจัยนี้สามารถทำการคำนวณหาจำนวนรอบที่เหมาะสมได้เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์เฉลี่ยรวมที่ผู้ป่วยใช้ในแผนก โดยถ้ากำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อน (Halt Width) เท่ากับ 5 นาที จะต้องกำหนดจำนวนรอบการประมวลผลที่เหมาะสม (Number of Replication) เท่ากับ 131 รอบ แต่ในงานวิจัยนี้มีการกำหนดรอบการรันผลเพียง 5 รอบ เนื่องจากใช้โปรแกรมสำหรับนักศึกษา

4. บรรณานุกรม

- [1] รุ่งรัตน์ ภัสสรเพ็ญ. 2553. คู่มือสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena ฉบับปรับปรุง. สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- [2] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. 2537. การจำลองแบบปัญหา. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] www.mfocus.co.th/ENews/News/Bumrungrad.asp
- [4] www.pec.eng.psu.ac.th/pec/pec7/paper/ie/PEC7OR105.pdf
- [5] http://www.ie.psu.ac.th/ie_net/full_paper/paper/T1/0056%20%5BT1%5D%5BCP%5D.pdf

การปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการศูนย์ซ่อมบำรุงรถยนต์ ด้วยการจำลองสถานการณ์

รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ¹ และ รวีวรรณ ใจศิริ²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

E-mail: fengros@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์ บริษัท โตโยต้า วรจักรยนต์ (พหุโยธิน) ตั้งขึ้นเพื่อการดำเนินงานเกี่ยวกับการให้บริการซ่อมบำรุงรถยนต์ ซึ่งลูกค้าที่มาใช้บริการจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ช่วงวัน และเวลาในแต่ละวัน ดังนั้นบางช่วงเวลาทำให้มีลูกค้ามาใช้บริการมากทำให้เกิดการรอคอยที่ยาวนาน โดยเฉพาะในหน่วยงานเช็คระยะ เป็นหน่วยงานที่ถูกใช้บริการมากที่สุด ทำให้เกิดการรอคอยที่ยาวนานและเกิดการทำงานล่วงเวลาขึ้นบ่อยครั้ง จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงหาแนวทางในการปรับปรุงระบบเพื่อให้ระบบสามารถบริการลูกค้าได้รวดเร็วขึ้น และเพื่อลดเวลาในการทำงานล่วงเวลา โดยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบภายใต้ความไม่แน่นอนของเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุง และความไม่แน่นอนของการมาถึงของลูกค้า ซึ่งจากการศึกษารูปแบบของระบบในศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์นั้นพบว่า เป็นระบบแถวคอยเดี่ยว หลายช่องให้บริการ แต่การรอคอยเกิดขึ้นเนื่องจากจำนวนช่องให้บริการในแต่ละช่วงเวลานั้นยังไม่เหมาะสม ซึ่งจากปกติที่มี 4 ช่องให้บริการและมีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้น โดยหลังจากปรับเปลี่ยนตารางการทำงานของพนักงานในช่องให้บริการเพื่อสอดคล้องกับจำนวนผู้มาใช้บริการแล้ว มีผลทำให้เวลาในการทำงานลดลง และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลาลงได้อีกด้วย

คำสำคัญ : การจำลองสถานการณ์, ระบบแถวคอย

1. บทนำ

1.1 รายละเอียดของปัญหาปัจจุบัน

ปัจจุบันศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์ โตโยต้า วรจักรยนต์ สาขา พหุโยธินมีจำนวนรถยนต์ใช้บริการจำนวนมาก เนื่องจากรถยนต์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น และรถยนต์แต่ละคันต้องมีการตรวจสอบสภาพ หรือซ่อมบำรุง ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นในศูนย์บริการซ่อมรถยนต์ คือ เกิดการรอคอยของรถยนต์ ซึ่งศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์ โตโยต้า วรจักรยนต์ สาขา พหุโยธินเปิดทำการ 6.00-18.00 น. จำนวนรถที่เข้ามาใช้บริการวันจันทร์-ศุกร์โดยเฉลี่ย 50 คันต่อวัน และสามารถบริการได้มากที่สุดจำนวน 70 คันต่อวัน แบ่งงานเป็น 3 ประเภท คือ 1. งานวิเคราะห์งานซ่อมหนัก (Expert service) 20%, 2. งานซ่อมสมั้เสมอ (Express service) 20%, และ 3. งานเช็คระยะ (Express maintenance) 60% โดยงานวิจัยนี้จะเลือกศึกษาในงานเช็คระยะ (Express maintenance) เนื่องจากส่วนงานนี้มีจำนวนรถยนต์มาใช้บริการเป็นสัดส่วนมาก ประมาณ 30 คันต่อวัน โดยระบบซ่อมบำรุงมีช่องบริการ 5 ช่อง แต่ใช้เพียง 4 ช่อง เนื่องจากจำนวนช่างไม่พอ โดยใช้ช่าง 3 คนต่อช่อง เนื่องจากปัจจุบันมีรถยนต์จำนวนมากมาใช้บริการ แต่และมีการหน่วยบริการในแต่ละช่วงเวลานั้นไม่เหมาะสม มีผลให้ส่งมอบรถแก่ลูกค้าไม่ตรงตามเวลานัดหมาย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ถึงสาเหตุและปัญหาต่างๆที่ทำให้เกิดการรอคอย หรือความล่าช้าของการให้บริการซ่อมบำรุงรถยนต์ เพื่อให้สามารถสร้างทางเลือก และออกแบบระบบการรองรับบริการ ปรับปรุงการให้บริการ ลด

เวลาในการรอรับบริการให้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำลองสถานการณ์

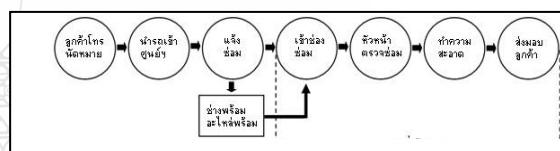
การจำลองปัญหา(Simulation) คือ การสร้างหรือประดิษฐ์ตัวแบบ (Model) สำหรับการศึกษาที่มีความสามารถเลียนแบบพฤติกรรมของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือกระบวนการทำงานใดๆที่มนุษย์สร้างขึ้น เป้าหมายหลักของการจำลองปัญหา ก็คือ เพื่อให้เป็นส่วนประกอบการตัดสินใจในการวิเคราะห์ระบบงานต่างๆ กระบวนการสร้างแบบจำลองปัญหาจึงมุ่งเน้นให้มีความสมจริงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ [1]

การจำลองแบบปัญหา ปัจจุบันได้รับความสนใจและตื่นตัวในการนำมาใช้แก้ปัญหาในสาขาอาชีพต่างๆอย่างแพร่หลาย เป็นผลเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางคอมพิวเตอร์ซึ่งถึงแม้ว่าการจำลองแบบปัญหานั้นจะมีประโยชน์อย่างมาก แต่ก็ยังถือว่ายังมีข้อจำกัดอยู่เนื่องมาจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นไม่สามารถที่จะสร้างให้เหมือนกับระบบจริงทุกประการได้ จำเป็นต้องมีรายละเอียดบางอย่างของระบบถูกตัดออกไปบ้าง แต่ระบบจริงกับระบบที่จำลองขึ้นนั้นจะมีความเหมือนกันทางด้านสถิติ ทำให้สามารถยอมรับรายละเอียดที่ตัดออกไปได้ ดังนั้นการจำลองแบบปัญหาจึงใช้เพื่อการศึกษาระบบ ไม่ใช่เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดของระบบ และสิ่งที่ต้องยอมรับก็คือการจำลองแบบปัญหาเป็นการเก็บข้อมูลในอดีต ดังนั้นการวิเคราะห์ระบบจากแบบจำลองปัญหาจะมีความคลาดเคลื่อนได้บ้างจากระบบจริง

3. ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

3.1 ขอบเขตและข้อมูล

1. เก็บข้อมูลการให้บริการของศูนย์บริการซ่อมบำรุง ศึกษาและวิเคราะห์ถึงปัญหาของระบบการให้บริการ
2. ศึกษา Express maintenance งานเช็คระยะ โดยเริ่มตั้งแต่รถยนต์เข้าสู่ศูนย์ รถเข้าช่องซ่อม ตรวจสอบ ทำความสะอาด ดังรูปที่ 1.
3. ศึกษา วันจันทร์- วันศุกร์ เวลา 6.00-18.00 น.



รูปที่ 1. ผังการไหลของรถยนต์ในงานเช็คระยะ

3.2 รายละเอียดของข้อมูลปริมาณรถ

ตัววิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า ในการวิเคราะห์นี้จะใช้ตัววิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า เพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสมให้กับข้อมูลดิบ ก่อนที่จะใช้ตัววิเคราะห์ข้อมูลรับเข้า ดังตารางที่ 1.

การทดสอบการแจกแจงความน่าจะเป็น เป็นการทดสอบเทียบความเหมาะสม(Goodness of Fit test) นิยมใช้กัน 2 แบบคือ แบบไคสแควร์ (Chi Square) และ แบบโคลโมโกรอฟ สเมียร์นอฟ (Kolmogorov Smirnov Test) โดยทั่วไปการทดสอบแบบ โคลโมโกรอฟ สเมียร์นอฟ นั้นจะมีกำลังของการทดสอบ (Power of the test) สูงกว่าแบบไคสแควร์ ในการทดสอบจำนวนประชากรขนาดเล็ก N น้อยกว่า 50 ส่วนการทดสอบแบบไคสแควร์นั้นจะเหมาะสมสำหรับจำนวนประชากรมากหรือ N มากกว่า 50 ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในตัวอย่างจะนำมาใช้คำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่เรียกว่า p-value เพื่อใช้ตรวจสอบกับระดับนัยสำคัญทางสถิติ ในการสรุปการทดสอบสมมติฐาน [2]

ถ้า $p\text{-value} \leq$ ระดับนัยสำคัญ (α) จะปฏิเสธ H_0 (reject null hypothesis) และเรียกว่า “มีนัยสำคัญทางสถิติ”

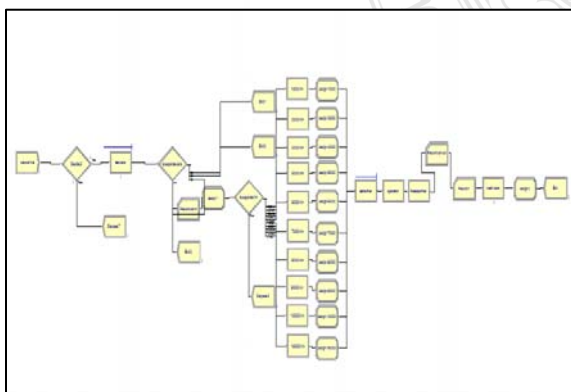
ถ้า $p\text{-value} >$ ระดับนัยสำคัญ (α) จะไม่ปฏิเสธ H_0 หรือเรียก “ไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ” (not reject null hypothesis) เรียกว่า “ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ”

ตารางที่ 1. สรุปผลการแจกแจงของข้อมูลเวลา

| ตัวแปรนำเข้า | ข้อมูล | | | หน่วย |
|----------------------------------|-------------|---------|--|----------|
| | จำนวน (คัน) | p-value | ผลทางสถิติ | |
| ช่วงเวลาห่างของการมาถึงของลูกค้า | 100 | >0.15 | WEIB(10.1, 1.02) | นาที/คัน |
| การตรวจรับรถ | 30 | 0.251 | $7.5 + \text{GAMM}(1.43, 3.16)$ | นาที/คัน |
| การซ่อมบำรุงรถยนต์ | | | | |
| 10,000Km | 30 | 0.210 | $\text{NORM}(39.8, 7.44)$ | นาที/คัน |
| 20,000Km | 30 | 0.212 | $42.5 + 21 * \text{BETA}(0.901, 1.46)$ | นาที/คัน |
| 40,000Km | 30 | 0.573 | $\text{POIS}(70.9)$ | นาที/คัน |
| 50,000Km | 30 | 0.684 | $37.5 + 26 * \text{BETA}(0.988, 1.11)$ | นาที/คัน |
| 60,000Km | 30 | 0.409 | $42.5 + 13 * \text{BETA}(1.93, 1.79)$ | นาที/คัน |
| 70,000Km | 30 | 0.059 | $\text{NORM}(45.8, 2.27)$ | นาที/คัน |
| 80,000Km | 30 | 0.196 | $\text{NORM}(36, 3.46)$ | นาที/คัน |
| 90,000Km | 30 | 0.617 | $36.5 + 10 * \text{BETA}(1.57, 1.48)$ | นาที/คัน |
| 120,000Km | 30 | 0.632 | $\text{TRIA}(31.5, 42.3, 43.5)$ | นาที/คัน |
| 160,000Km | 30 | 0.205 | $\text{NORM}(40.7, 2.27)$ | นาที/คัน |
| การล้าง | 30 | 0.730 | $13.5 + 9 * \text{BETA}(1.43, 1.66)$ | นาที/คัน |

โดยแบบจำลองดังรูปที่ 2. จะเริ่มจากโมดูล Create โมดูลนี้รับค่าการเข้ามาของรถแบบเอ็กโปเนนเชียล และกำหนดค่าจำนวนรถที่เข้ามาใช้บริการเฉลี่ย(คัน)ต่อวันเป็น 50 คัน จากนั้นรถจะเข้าโมดูล Decide เป็นแบบ 2-way by Condition เพื่อแยกรถว่าถ้ามาเข้าซ่อมหลังบ่ายสามโมง จะไม่รับซ่อมให้ออกจากระบบ โดยใส่เงื่อนไข If แบบ Expression เป็น $\text{TNOW} \leq 8$ โดย 8 คือชั่วโมงการทำงานนับจากเริ่มทำงาน 7.00 น. ขึ้นตอนต่อไปหลังจากเข้ามาในระบบ รถก็จะถูกตรวจสอบสภาพเบื้องต้น โดยจะผ่านโมดูล Process ชื่อ test car เป็นแบบ Seize Delay Release เป็นการจองพนักงานตรวจที่มีอยู่ 2 คน ใช้ Resources แบบ set ชื่อ set tester และหลังจากตรวจสอบสภาพเบื้องต้นรถทุกคันจะผ่านการคัดแยกตามประเภทที่ซ่อม ใช้รถจะเข้าโมดูล Decide เป็นแบบ N-way by Chance เพื่อแยกรถตามเปอร์เซ็นต์ที่เก็บค่ามา 20%, 20%, 60% ตามลำดับ และเมื่อรถออกจาก โมดูล Decide ที่ทางออก 60% คืองานเช็คระยะ (Express maintenance) และรถจะเข้าสู่โมดูล Record เพื่อนับจำนวนรถที่มาใช้บริการงานเช็คระยะ จากนั้นโมดูล Assign จะถูกใช้เพื่อกำหนดค่าคุณสมบัติให้กับรถที่ผ่าน มาโดยมีการกำหนดชื่อ Time มีค่าเท่ากับ TNOW คือบันทึกเวลาที่เข้ามาของรถแต่ละคัน และจะเข้าสู่โมดูล Decide เพื่อทำการแยกว่าใช้งานมาแล้วกี่กิโลเมตรมี 10 แบบ คือ

3.3 การสร้างตัวแบบจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม Arena 12



รูปที่ 2. แบบจำลองสถานการณ์

- 10,000 Km = 6.935 % 20,000 Km = 6.957 %
- 40,000 Km = 13.394 % 50,000 Km = 10.359 %
- 60,000 Km = 6.762 % 70,000 Km = 7.932 %
- 80,000 Km = 18.682 % 90,000 Km = 6.762 %
- 120,000 Km = 13.068 % 160,000 Km = 9.146 %

จากนั้น รถจะเข้าสู่โมดูล Seize เพื่อใช้ในการจองช่างและพื้นที่ซ่อม ซึ่งมีอยู่ 4 ช่องแต่ละช่องมี 3 คน Resource เป็น set ทำงานตามตารางเวลาดังตารางที่ 2 และใช้โมดูล Delay เพื่อหน่วงเวลาในการซ่อมตามกิโลเมตร ตามตารางเวลาดังตารางที่ 1 จากนั้นจึงปล่อยช่างและช่องซ่อมให้ว่างด้วยโมดูล

Release และเข้าสู่โมดูล Record เป็นแบบTime Interval และแบบ Count สำหรับบันทึกเวลาและจำนวนของรถที่ออกจากท่ารถตามลำดับ จากนั้นรถจะผ่านโมดูล Process เพื่อห้วงเวลาในการล้างรถ จากนั้นรถจึงออกจากระบบ หลังจากนั้นโมดูล Statistic จะถูกสร้างเพื่อแสดงสมการคำนวณค่าใช้จ่ายดังนี้

$$(mx((tnow-10),0)*400*12)+(7.5*300*12) \quad (1)$$

โดย $(mx((tnow-7.5),0)*400*12)$ คือค่าใช้จ่ายการทำงานล่วงเวลาของช่าง ซึ่งคิดเป็นเงิน 400 บาทต่อชั่วโมงและมีช่างทำงานล่วงเวลาทั้งหมด 12 คน

$(7.5*300*12)$ คือค่าใช้จ่ายให้ช่างในเวลาปกติ 7.5 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นเงิน 300 บาทต่อชั่วโมงและมีช่างทำงานปกติทั้งหมด 12 คน

ตารางที่ 2. ตารางเวลาการทำงานของช่าง

| ตารางการทำงานของช่าง | |
|----------------------|----------------------------------|
| ช่องซ่อม | เวลา |
| 1 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |
| 2 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |
| 3 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |
| 4 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |

ตารางที่ 3. ผลที่ได้จากการ RUN ของโปรแกรม Arena

| ข้อมูล | ค่าเฉลี่ยที่อ่านได้จากโปรแกรม |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| Wait Time (ชั่วโมง/คัน) | 0.9822 ± 0.13 |
| Total Time (ชั่วโมง/คัน) | 1.7543 ± 0.14 |
| Completion Time (ชั่วโมง) | 11.2012 ± 0.23 |
| Number In (คัน) | 50 |
| Number Out(คัน) | 50 |
| WIP (ชั่วโมง) | 0.8708 ± .10 |
| Number of Replications (รอบ) | 100 |
| Number of Waiting Time in Queue (คัน) | 2.6023 ± 0.42 |

3.4 การตรวจสอบแบบจำลองสถานการณ์

จากระบบจริงนั้น มีเวลาสิ้นสุดของงานเฉลี่ย (Completion Time) 10.71 ชั่วโมง และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.57 และหลังจากจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมอารีน่า มีเวลาสิ้นสุดของงานเฉลี่ย เท่ากับ 11.20 ชั่วโมง และเวลาเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.66 ซึ่งเมื่อทดสอบ

นัยสำคัญแล้วพบว่า เมื่อมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ จากผลระบบมี P-valueเท่ากับ 0.216 แสดงว่าไม่ปฏิเสธ สมมติฐาน การจำลองสถานการณ์นี้มีค่าใกล้เคียงกับระบบจริง

3.5 แนวทางการปรับปรุง

1.แนวคิดที่ 1

จัดตารางการทำงานของช่างใหม่โดยให้ทำงานล่วงเวลา 2 ช่อง ช่องละ 1 ชั่วโมง ช่างซ่อมมีชั่วโมงการทำงานเป็นดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4. ตารางเวลาการทำงานของช่าง

| ตารางการทำงานของช่าง | |
|----------------------|----------------------------------|
| ช่องซ่อม | เวลา |
| 1 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-18.00 น. |
| 2 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-18.00 น. |
| 3 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |
| 4 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |

การคำนวณหาค่าใช้จ่ายโดยคิดจากสมการ

$$(2*400*6)+(7.5*300*12) \quad (2)$$

2.แนวคิดที่ 2

จัดตารางการทำงานของช่างใหม่โดยให้ทำงานล่วงเวลา1 ช่อง ช่องละ 2 ชั่วโมง เนื่องจากการทำงาน 7.00น. ถึง 19.00 น. มีชั่วโมงการทำงานทั้งหมด 12 ชั่วโมง ตารางเวลาดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5. ตารางเวลาการทำงานของช่าง

| ตารางการทำงานของช่าง | |
|----------------------|----------------------------------|
| ช่องซ่อม | เวลา |
| 1 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-19.00 น. |
| 2 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |
| 3 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |
| 4 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |

การคำนวณหาค่าใช้จ่ายโดยคิดจากสมการ

$$(2*400*3)+(7.5*300*12) \quad (3)$$

3. แนวคิดที่ 3

เพิ่มช่องซ่อมบริการอีก 1 ช่อง มีชั่วโมงการทำงานของช่างซ่อมด้วยเวลาปกติ 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. ช่องซ่อมมีชั่วโมงการทำงานทั้งหมด 7.5 ชั่วโมงดังตารางเวลาที่ 6

ตารางที่ 6. ตารางเวลาการทำงานของช่าง

| ตารางการทำงานของช่าง | |
|----------------------|----------------------------------|
| ช่องซ่อม | เวลา |
| 1 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |
| 2 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |
| 3 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |
| 4 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |
| 5 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |

การคำนวณหาค่าใช้จ่ายโดยคิดจากสมการ
 $(mx((tnow-10),0)*400*15)+(7.5*300*15)$ (4)

4. แนวคิดที่ 4

จัดตารางการทำงานของช่างใหม่โดยให้ช่างเริ่มทำงาน 8.00 น. และเลิกงาน 16.00 น. ช่องซ่อมมีชั่วโมงการทำงานทั้งหมด 7.5 ชั่วโมง ดังตารางเวลาที่ 7

ตารางที่ 7. ตารางเวลาการทำงานของช่าง

| ตารางการทำงานของช่าง | |
|----------------------|----------------------------------|
| ช่องซ่อม | เวลา |
| 1 | 8.00-12.00 น. และ 12.30-16.00 น. |
| 2 | 8.00-12.00 น. และ 12.30-16.00 น. |
| 3 | 8.00-12.00 น. และ 12.30-16.00 น. |
| 4 | 8.00-12.00 น. และ 12.30-16.00 น. |

การคำนวณหาค่าใช้จ่ายโดยคิดจากสมการ
 $(mx((tnow-9),0)*400*12)+(7.5*300*12)$ (5)

5. แนวคิดที่ 5

จัดตารางการทำงานของช่างใหม่โดยให้ช่างเริ่มทำงาน 11.00 น. ถึง 20.00 น. มีชั่วโมงการทำงานทั้งหมด 14 ชั่วโมงดังตารางเวลาที่ 8

ตารางที่ 8. ตารางเวลาการทำงานของช่าง

| ตารางการทำงานของช่าง | |
|----------------------|-----------------------------------|
| ช่องซ่อม | เวลา |
| 1 | 11.00-14.00 น. และ 14.30-20.00 น. |
| 2 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |
| 3 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |
| 4 | 9.00-12.00 น. และ 12.30-17.00 น. |

การคำนวณหาค่าใช้จ่ายโดยคิดจากสมการ
 $(1*400*3)+(7.5*300*12)$ (6)

4. สรุป

ตารางที่ 9. ผลที่ได้จากการ RUN ของโปรแกรม

| ชนิด | ระบบ | | | | | |
|---|-------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| | ปัจจุบัน | แนวคิดที่ 1 | แนวคิดที่ 2 | แนวคิดที่ 3 | แนวคิดที่ 4 | แนวคิดที่ 5 |
| เงินที่ต้องจ่าย (บาทต่อวัน) | 32,765.76 ± 1,092.72 | 31,800.00 ± 0.00 | 29,400.00 ± 0.00 | 42,735.43 ± 8,189.17 | 32,477.48 ± 4,905.56 | 28,200.00 ± 0.00 |
| เวลารอคอยในคิวของระบบ (ชั่วโมง/คัน) | 0.9822 ± 0.13 | 0.9483 ± 0.31 | 1.1657 ± 0.59 | 0.5585 ± 0.25 | 0.7312 ± 0.52 | 1.3823 ± 0.73 |
| เวลาสิ้นสุดของระบบ (ชม) | 11.2012 ± 0.23 | 10.7344 ± 0.31 | 10.6521 ± 0.36 | 11.4976 ± 1.36 | 11.2823 ± 2.04 | 12.5796 ± 0.50 |
| เวลาเฉลี่ยที่รถอยู่ในระบบ (ชั่วโมง/คัน) | 1.7543 ± 0.14 | 1.9362 ± 0.59 | 1.7220 ± 0.31 | 1.3687 ± 0.28 | 1.4849 ± 0.51 | 2.1615 ± 0.72 |

ตารางที่ 9 แสดงผลสรุปของการดำเนินงานของทั้ง 5 แนวคิด พบว่าแนวคิดที่ 5 ช่วยลดเวลาในการทำงานให้อยู่ในเวลา และเงินที่ต้องจ่ายเพิ่มน้อยที่สุด แต่แนวคิดนี้มีเวลาที่รถแต่ละคันอยู่ในระบบมาก ส่วนแนวคิดที่ 3 ช่วยลดเวลาเฉลี่ยที่รถแต่ละคันอยู่ในระบบ และเวลารอคอยในระบบ แต่อาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้นต่อเดือน และพบว่าแนวคิดที่ 1 และแนวคิดที่ 2 มีค่าใช้จ่ายต่อเดือนลดลงจากเดิม แต่เวลารอคอยในคิว และเวลาเฉลี่ยที่รถอยู่ในระบบ ยังคงไม่ต่างจากเดิมมากนัก ในขณะที่แนวคิดที่ 4 ทำเวลารอคอยในคิว และเวลาเฉลี่ยที่รถอยู่ในระบบลดลงจากปัจจุบันด้วย และค่าใช้จ่ายลดลงจากระบบปัจจุบัน จึงถือว่าทางเลือกที่ 4 เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. 2537. การจำลองแบบปัญหา.

โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ. 2553. คู่มือสร้างแบบจำลองด้วย

โปรแกรม Arena ฉบับปรับปรุง. สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.



การวิเคราะห์หาปริมาณจักรยานและกำหนดจุดจอดรถจักรยานที่เหมาะสม โครงการจักรยานวิทยาเขตสี่เขี้ยว

วรวิมล หวังวัชรกุล¹ และ จินตนนท์ หาญเม่ง²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: fengwww@ku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการจักรยานวิทยาเขตสี่เขี้ยวได้เปิดให้บริการ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2552 จากการสำรวจ พบว่ามี รถมอเตอร์ไซด์จำนวนมากที่จอดอยู่ตามจุดจอดต่างๆ โดย ไม่ได้ใช้งาน ทำให้เสียค่าใช้จ่ายและความสูญเสียเปล่า จึงได้ ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และกำหนดรูปแบบการ ยืมคืน เพื่อให้เกิดความคล่องตัว ในการใช้งาน และ วิเคราะห์จำนวน ตำแหน่งของจุดจอด รถจักรยาน ที่ เหมาะสม และเพียงพอต่อความต้องการ ของผู้ใช้บริการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน ของรถจักรยาน โดยทำ การเก็บตัวอย่างแบบสอบถาม ความคิดเห็นจาก นิสิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ศึกษา รูปแบบการยืมคืน รถจักรยาน ในปัจจุบัน วิเคราะห์หา จำนวนรถจักรยานที่เหมาะสม โดยใช้วิธี วิเคราะห์ลูกโซ่ มาร์คอฟ (Discrete-time Markov Chain) และคำนวณถึงค่า คลาดเคลื่อนทางสถิติ ร่วมในการวิเคราะห์ พบว่าหากมี การเปลี่ยนรูปแบบ การยืมคืน จะทำให้มีผู้ใช้บริการมาก ขึ้น 70.06% จุดจอดควรเพิ่มจาก 4 จุด เป็น 7 จุด โดย ตำแหน่งจุดจอดส่วนใหญ่ อยู่ตามคณะต่างๆ ศูนย์เรียน รวม โรงอาหารต่างๆ และประตูต่างๆ ของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ และปริมาณรถจักรยานในแต่ละจุดมีจำนวน ต่างกันขึ้น กับ ปริมาณผู้ใช้บริการ

คำสำคัญ ลูกโซ่มาร์คอฟ, จำนวนรถจักรยาน, ประสิทธิภาพการใช้งาน

1. บทนำ

ในปัจจุบัน การเดินทางในมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์มีอยู่หลายรูปแบบ คือ รถยนต์ส่วนบุคคล รถ ประจำวิทยาเขต (รถตะลัด) ทางเท้า และรถจักรยาน ซึ่ง เส้นทางเดินทางภายในมหาวิทยาลัยได้เน้นให้ใช้ทาง ถนนคู่ทางเท้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงได้ส่งเสริมให้ มีการใช้รถจักรยานมากขึ้นโดยมีจักรยาน ให้ยืมคืนตามจุด ต่างๆและมีเส้นทางวิ่งของจักรยานโดยเฉพาะ เพื่อลด มลพิษด้านต่างๆ และเป็นการ ออกกำลังกาย จากการ สังเกตพบว่า โครงการจักรยานวิทยาเขตสี่เขี้ยวในปัจจุบันมี ความยุ่งยากในเรื่องการยืมคืนรถจักรยาน ซึ่งผู้ยืมจะต้อง ทำการยืมคืนรถที่จุดเดิม เช่น ยืมที่ประตูงามวงศ์วาน 1 ก็ ต้องคืนที่ประตูงามวงศ์วาน 1 ทำให้เกิดความไม่สะดวก ต้องเดินทางย้อนไปย้อนมา เพื่อทำการยืมคืน ดังนั้นเมื่อยืม รถจักรยาน และต้องไปทำธุระ จะต้องจอดจักรยานไว้ และ พบว่าบริเวณจุดจอดต่างๆ มีจักรยานจอดค้างเป็นจำนวน มาก ทำให้ประสิทธิภาพการ ใช้งานน้อย และต้องเสีย ค่าใช้จ่าย ในการซ่อมบำรุง

2. วัตถุประสงค์และขอบเขต

วิเคราะห์การเปลี่ยนรูปแบบการยืมคืน กำหนดจุดยืม คืนว่าควรจะมีกี่จุด ควรจะตั้งจุดยืมคืนที่ใด จึงจะเหมาะสม และแต่ละจุดควรจะมีจักรยานกี่คัน จึงเพียงพอกับความ ต้องการของจำนวนผู้ใช้บริการ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

การใช้งานจักรยาน ซึ่งถ้าเปลี่ยนรูปแบบการยืมคืน แล้วจะ
ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของจักรยาน ลดการสูญ
เปล่าของจักรยานที่ต้องจอดอยู่ เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าซ่อม
บำรุง เป็นต้น

สำหรับขอบเขตของโครงการนี้ คือ เก็บข้อมูล
ตัวอย่างจากนิสิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต
บางเขน ศึกษารูปแบบการยืมคืนรถจักรยาน ในปัจจุบัน
วิเคราะห์หาจุดจอดรถที่เหมาะสม และจำนวนรถจักรยานที่
เหมาะสม

3. การดำเนินโครงการและการวิเคราะห์

จากการเก็บข้อมูลรถจักรยาน โครงการจักรยาน
วิทยาเขตสีเขียว ปรากฏว่า เริ่มเปิดให้บริการในเดือน
สิงหาคม 2552 ที่จุดจอดประตูวิภาวดี และในปัจจุบันมีจุด
จอดรถจักรยาน 4 จุด ในแต่ละจุดจอด มีจำนวน
รถจักรยานดังนี้

| | | |
|-------------------------|---------|---------|
| จุดจอดประตูงามวงศ์วาน 1 | มีจำนวน | 70 คัน |
| จุดจอดประตูงามวงศ์วาน 2 | มีจำนวน | 70 คัน |
| จุดจอดประตูพหลโยธิน | มีจำนวน | 80 คัน |
| จุดจอดประตูวิภาวดี | มีจำนวน | 50 คัน |
| รวมทั้งสิ้น | | 270 คัน |

ข้อมูลการซ่อมรถจักรยาน ตั้งแต่เปิดให้บริการ มีการ
ซ่อมรถจักรยานจำนวน 1 ครั้ง ในเดือนมกราคม 2553

ข้อมูลของผู้ใช้บริการรถจักรยานในปัจจุบันจำนวน
ผู้ใช้บริการเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง (λ) ในเดือนกรกฎาคม 2553
ของแต่ละจุดจอด แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า λ (คนต่อชั่วโมง)

| | ประตู งามฯ1 | ประตู งามฯ2 | ประตู พหลฯ | ประตู วิภาฯ |
|-----------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| λ | 1.3952 | 0.4395 | 0.6895 | 0.6761 |

ประสิทธิภาพการใช้งาน (Utilization) หาได้จาก สมการที่ 1

$$\text{Utilization} = \frac{\text{เวลาที่รถจักรยานถูกยืมคืนต่อเดือน}}{\text{เวลาที่รถจักรยานส่งคืน X จำนวนรถจักรยาน}} \times 100 \% \quad (1)$$

ตารางที่ 2 แสดง Utilization ในเดือนกรกฎาคม 2553

| | ประตู งามฯ1 | ประตู งามฯ2 | ประตู พหลฯ | ประตู วิภาฯ |
|-------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| Utilization | 12.73% | 4.47% | 6.82% | 11.64% |

ซึ่งจะเห็นว่า มีประสิทธิภาพการใช้งานต่ำทั้ง 4 จุด
จอด ขั้นตอนต่อไปคือ การออกแบบสอบถาม เพื่อเก็บ
ข้อมูลความคิดเห็นการใช้รถจักรยานจากนิสิต
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดย
สอบถามเรื่องอุปสรรคของการใช้รถจักรยาน การกำหนด
จุดจอด และการเปลี่ยนรูปแบบการยืมคืน ซึ่งคำนวณหา
จำนวนแบบสอบถามที่เหมาะสมภายใต้ความเชื่อมั่น 95%
ได้ตามสมการที่ 2 (ประไพศรี และพงศชนัน, 2551)

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2}{4e^2} = \frac{1.96^2}{4(0.1)^2} = 97 \text{ ชุด} \quad (2)$$

โดยที่ n คือ จำนวนแบบสอบถาม $Z_{\alpha/2}$ คือ ค่าวิกฤต
จากการแจกแจงปกติมาตรฐาน e คือ ความคลาดเคลื่อน
กำหนดให้เท่ากับ 0.1

ได้นำแบบสอบถาม ทั้งหมด 177 ชุด ไปแจกตามจุด
ต่างๆ โดย การ สุ่ม ตัวอย่าง จาก นิสิต
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากการวิเคราะห์ผลจาก
แบบสอบถาม พบว่า อุปสรรคในการใช้รถจักรยานมีอยู่
หลายประการ คือ สวมชุดนิสิตแล้วไม่สะดวก 17.06 %
ต้องรับผิดชอบ กรณีเกิดความเสียหาย 16.59 % การยืม
คืนมีความยุ่งยาก 16.36 % และอื่นๆ ตามลำดับ

ผลจากแบบสอบถามหากเปลี่ยนแปลงรูปแบบ การ
ยืมคืนจักรยาน โดยยืมจากจุดยืมคืนจุดหนึ่ง และไปคืนอีก
จุดหนึ่งได้ พบว่าจะมีผู้ใช้จักรยานเพิ่มขึ้น 70.06% และ
โดยส่วนใหญ่ บริเวณที่ต้องการให้เพิ่มจุดจอด คือ ตาม
คณะต่างๆ ศูนย์เรียนรวมต่างๆ และโรงอาหารต่าง

นำผลจากแบบสอบถามมาทดสอบสมมติฐาน ทาง
สถิติที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$ โดยทดสอบผลต่างของค่า
สัดส่วน (p_1-p_2) ดังนี้ “ท่านคิดว่าควรมี จุดจอด ที่อื่นอีก
หรือไม่” ผลที่ได้จากการทดสอบคือ มีแนวโน้มที่ $p_1 > p_2$

โดยที่ p_1 คือ ควรมีจุดจอดที่อื่น p_2 คือ ไม่ควรมีจุดจอดที่อื่น ดังนั้นจึงควรมีจุดจอดเพิ่ม

อีกประเด็นหนึ่งคือ “ถ้ามีการเพิ่มจุดยืม-คืนมากขึ้นทั่วมหาวิทยาลัย และสามารถที่จะยืมจุดหนึ่งและไปคืนจุดอื่นได้ จะใช้จักรยานมากขึ้นหรือไม่” ผลที่ได้จากการทดสอบคือ มีแนวโน้มที่ $p_1 > p_2$ ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$ โดยที่ p_1 คือ ใช้รถจักรยาน p_2 คือ ไม่ใช้รถจักรยาน ดังนั้นจะมีผู้ใช้บริการมากขึ้น ถ้ามีการเพิ่มจุดยืม-คืนมากขึ้นทั่วมหาวิทยาลัย และสามารถที่จะยืมจุดหนึ่งและไปคืนจุดอื่นได้

นอกจากปัญหาทางด้านจุดจอดแล้วยังมีปัญหาจักรยานที่เสีย โดยได้มีการเก็บข้อมูลรถจักรยานทั้งหมด 180 คัน จาก 4 จุดจอด พบว่า มีสภาพสมบูรณ์ 5% และสภาพไม่สมบูรณ์ 95% โดยชิ้นส่วนที่เสีย จำนวนมากที่สุดคือ ล้อ 61.40% และรองลงมา คือ บันได 45.03% เบรคและก้านเบรค-สายเบรค อย่างละ 40.94%

ลักษณะการซ่อมบำรุงในปัจจุบันเป็นแบบเสียแล้วซ่อม หากมีการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance (PM)) ก็จะทำให้มีอายุการใช้งานยาวนานรายการชิ้นส่วนที่และระยะเวลาการที่ควรทำ PM แสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การทำ PM ของรถจักรยาน

| ชิ้นส่วน | เวลาทำ |
|--------------------|---|
| ล้อ | ทุกวันอาทิตย์ที่ 1 ของทุกเดือน (ในเดือนพฤษภาคมทำพร้อม ยางนอก) |
| ยางนอกหลัง | ทุกวันเสาร์และอาทิตย์ที่ 1 ของเดือนพฤษภาคม |
| ยางนอก หน้า | ทุกวันเสาร์และอาทิตย์ที่ 1 ของเดือนพฤษภาคม |
| ยางใน | (ทำพร้อม ยางนอก) |
| เบรค | ทุกวันอาทิตย์ที่ 3 ของทุกๆ 2 เดือน |
| โซ่และสเตอร์ | ทุกวันอาทิตย์ที่ 4 ของเดือนเมษายนและตุลาคม |
| บันไดและชุดกระโหลก | ทุกวันอาทิตย์ที่ 2 ของเดือน พฤษภาคม |
| คอตะเกียบ | ทุกวันอาทิตย์ที่ 4 ของเดือนตุลาคม (ทำพร้อมโซ่และสเตอร์) |

4. กำหนดจุดจอดจักรยานใหม่

จากแบบสอบถามกำหนดจุดจอดได้ทั้งหมด 9 จุด ตามความต้องการของนิสิตที่ต้องการใช้รถจักรยาน คือ ประตูงามฯ 1 ประตูงามฯ 2 ประตูพหลฯ ประตูวิภาฯ หน้าโรงพยาบาลวิทยาศาสตร์ ข้างศร.3 หน้าโรงพยาบาลกลาง 2 โรงพยาบาลกลาง 1 และหน้าคณะสังคมศาสตร์

ออกแบบสอบถามและเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อเก็บข้อมูลความต้องการเปลี่ยนรูปแบบการยืมคืนในปัจจุบัน (4 จุดจอด) โดยนำแบบสอบถามไปแจกผู้ที่ใช้บริการจักรยานจำนวน 83 ชุด ที่จุดจอดทั้ง 4 จุด คือ ประตูงามฯ 1 ประตูงามฯ 2 ประตูพหลฯและประตูวิภาฯ จากนั้นนำผลจากแบบสอบถามมาวิเคราะห์โดยวิธีลูกโซ่มาร์คอฟ เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นในระยะยาว (π) ของสถานะต่างๆ ของระบบ กำหนดให้สถานะคือจุดจอดรถจักรยานแต่ละจุด นำข้อมูลความน่าจะเป็นจากแบบสอบถามมาสร้างเมตริกซ์การเปลี่ยนสถานะ P (Transition Probability Matrix) เพื่อวิเคราะห์หา Steady-State ของจำนวนรถจักรยานที่เหมาะสมในแต่ละจุดจอด โดยใช้หลักลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain) ตามสมการที่ 3

$$\pi P = \pi \quad (3)$$

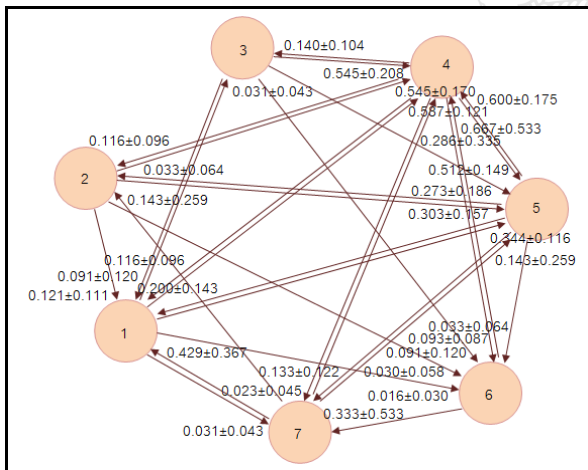
โดยที่ π คือ Steady-State Probability Vector ได้จากข้อมูลการตอบแบบสอบถามของผู้ใช้บริการว่าต้องการยืมคืนจากตำแหน่งไหนไปไหน จากการคำนวณหา Steady-State ของจำนวนรถจักรยานที่เหมาะสม ปรากฏว่ามี 2 จุดที่มีค่า π น้อย ได้แก่ ประตูงามฯ 2 มีค่า $\pi=0.0086$ ควรมีรถจักรยาน 2 คัน และหน้าคณะสังคมศาสตร์ มีค่า $\pi=0.0093$ ควรมีรถจักรยาน 3 คัน ดังนั้น จำนวนรถจักรยานที่มีปริมาณน้อย ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนสร้างจุดจอด จึงไม่พิจารณาที่ 2 จุดจอดนี้ จะเหลือจุดจอดที่พิจารณาทั้งหมด 7 จุดจอด คือ ประตูงามฯ 1 ประตูพหลฯ ประตูวิภาฯ หน้าโรงพยาบาลวิทยาศาสตร์ ข้างศร.3 โรงพยาบาลกลาง 2 และโรงพยาบาลกลาง 1

คำนวณหา Transition Probability Matrix, P และ ความคลาดเคลื่อน เพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณรถจักรยานที่มากที่สุดและน้อยที่สุดในแต่ละจุดจอด โดยความคลาดเคลื่อน สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$e = \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (4)$$

โดยที่ e คือ ความคลาดเคลื่อน $Z_{\alpha/2}$ คือ ค่าวิกฤตจากการแจกแจงปกติมาตรฐาน p คือ ค่าสัดส่วน n คือ จำนวนตัวอย่างข้อมูล

นำ Transition Probability Matrix และ ความคลาดเคลื่อน มาแสดงเป็น Transition Diagram ได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Transition Diagram

คำนวณหา Steady-State (π) ของจำนวนรถจักรยานที่เหมาะสมได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนรถจักรยานที่เหมาะสมในแต่ละจุด

| | ประตู งามฯ 1 | ประตู พหลฯ | ประตู วิภาฯ | โรงอาหาร วิทยาศาสตร์ |
|-------------|-----------------|---------------|----------------|-------------------------|
| π | 0.1368 | 0.0602 | 0.0543 | 0.3584 |
| จำนวน (คัน) | 37 | 16 | 15 | 97 |

ตารางที่ 4 (ต่อ) จำนวนรถจักรยานที่เหมาะสมในแต่ละจุด

| | ศร.3 | โรงอาหาร กลาง 2 | โรงอาหาร กลาง 1 |
|-------------|--------|--------------------|--------------------|
| π | 0.2729 | 0.0513 | 0.0661 |
| จำนวน (คัน) | 74 | 14 | 18 |

จากตารางที่ 4 จำนวนรถจักรยานที่เหมาะสมในแต่ละจุด พบว่า ที่จุดจอดโรงอาหารวิทยาศาสตร์ มีปริมาณรถจักรยานมากที่สุด

จากค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติดังภาพที่ 1 ใช้เป็นสมการเงื่อนไขในการกำหนด Lower Limit (จำนวนน้อยที่สุด) และ Upper Limit (จำนวนมากที่สุด) ของจำนวนรถจักรยานในแต่ละจุด โดยใช้สมการเชิงเส้นและประมวลผลโดย Excel Solver ได้ผลตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนรถจักรยานในแต่ละจุด

| | ประตูงามฯ 1 | | ประตูพหลฯ | | ประตูวิภาฯ | |
|-------------|-------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| | มากที่สุด | น้อยที่สุด | มากที่สุด | น้อยที่สุด | มากที่สุด | น้อยที่สุด |
| π | 0.2708 | 0.0179 | 0.1552 | 0.0000 | 0.1199 | 0.0064 |
| จำนวน (คัน) | 73 | 5 | 42 | 0 | 32 | 2 |

ตารางที่ 5 (ต่อ) จำนวนรถจักรยานในแต่ละจุด

| | โรงอาหารวิทยาศาสตร์ | | ศูนย์เรียนรวม 3 | |
|-------------|---------------------|------------|-----------------|------------|
| | มากที่สุด | น้อยที่สุด | มากที่สุด | น้อยที่สุด |
| π | 0.4660 | 0.2586 | 0.3720 | 0.1862 |
| จำนวน (คัน) | 126 | 70 | 100 | 50 |

ตารางที่ 5 (ต่อ) จำนวนรถจักรยานในแต่ละจุด

| | โรงอาหารกลาง 2 | | โรงอาหารกลาง 1 | |
|-------------|----------------|------------|----------------|------------|
| | มากที่สุด | น้อยที่สุด | มากที่สุด | น้อยที่สุด |
| π | 0.1346 | 0.0000 | 0.1274 | 0.0000 |
| จำนวน (คัน) | 36 | 0 | 34 | 0 |

จากการคำนวณ Lower Limit และ Upper Limit จะทำให้ทราบขนาดของจุดจอดว่าควรจะมีขนาดที่รองรับปริมาณรถจักรยานที่มากที่สุดได้

5. สรุป

โครงการนี้ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของรถจักรยานในโครงการจักรยานวิทยาเขตสี่เขี้ยว โดยออกแบบสอบถามเพื่อตรวจสอบความต้องการของผู้ใช้รถจักรยาน ทราบว่าต้องการเพิ่มจุดจอด และมีการเปลี่ยนรูปแบบการยืมคืนจากเดิม 4 จุด เป็น 7 จุด คือ ประตูงามฯ1 ประตูพลฯ ประตูวิภาฯ โรงอาหาร วิทยาศาสตร์ ข้างศร.3 โรงอาหารกลาง 1 และโรงอาหารกลาง 2 และสามารถคืนรถจักรยาน ที่จุดอื่นได้ จะทำให้มีผู้มาใช้บริการเพิ่มขึ้น 70.06% นอกจากนี้มีการกำหนดจำนวนรถจักรยานที่เหมาะสมในแต่ละจุดโดยใช้ลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain) โดยคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนทางสถิติ และสมการเชิงเส้นเพื่อกำหนด Lower Limit และ Upper Limit ของจำนวนรถจักรยานในแต่ละจุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hamdy A Taha, " Operations Research an Introduction", Prentice Hall, Eighth edition, 2006
- [2] Sheldon M. Ross," Introduction to Probability Models" , Academic press, Tenth edition, 2009
- [3] Wayne L. Winston, "Introduction to Probability Models: Operations Research, Volume II" Duxbury Press, Fourth edition, 2003

หนังสือภาษาไทย

- [4] รศ.ดร.ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ รศ.ดร. พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์.2551. สถิติวิศวกรรม .บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด. กรุงเทพฯ. 394 น.

เอกสารภาษาไทย

- [5] เอกสารจากกองยานพาหนะ อาคาร และสถานที่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การหารูปแบบและปริมาณการขนส่งและระดับน้ำมันคงคลังที่เหมาะสม ในกระบวนการโลจิสติกส์ของน้ำมันดีเซล

ศุภยา ศิริแพทย์, ทิพดา จตุรนาพิทย์, ทิพวรรณ วงษ์อัยรา, ช่อแก้วจตุรานนท์¹, เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์²
และ เจริญชัย โขมพัตราภรณ์³

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถ. ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทรศัพท์: 0-2470-9175-6

E-mails: ¹ chorkaew.jat@kmutt.ac.th, ² tuanjai.som@kmutt.ac.th, ³ charoenchai.kho@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการวางแผนการขนส่งน้ำมันดีเซลและระดับน้ำมันคงคลังที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ต้นทุนรวมต่ำที่สุดของบริษัทค้าน้ำมันเชื้อเพลิงแห่งหนึ่งในประเทศไทย ระบบการขนส่งน้ำมันดีเซลประกอบไปด้วยโรงกลั่นน้ำมัน คลังน้ำมันส่วนกลาง และคลังน้ำมันส่วนภูมิภาค โดยเน้นคลังน้ำมันในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีรูปแบบการขนส่ง 4 รูปแบบ คือ ทางท่อส่งน้ำมัน ทางรถไฟ ทางเรือ และทางรถบรรทุกน้ำมัน และระดับน้ำมันคงคลังต้องไม่น้อยกว่าระดับน้ำมันคงคลังตามกฎหมาย งานวิจัยนี้เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาการปฏิบัติการขนส่งและระดับน้ำมันคงคลังที่มีต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด และคำนึงถึงการสูญเสียน้ำมันในการขนส่ง จากนั้นทำการหาคำตอบโดยใช้ Premium Excel Solver เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม

คำสำคัญ การวางแผนการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิง, การขนส่งหลายรูปแบบ, การสูญเสียในการขนส่ง, ระดับน้ำมันคงคลัง, Premium Excel Solver

1. บทนำ

ต้นทุนการผลิตเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ต้องพิจารณาในบริษัทผู้ผลิตสินค้า สำหรับประเทศไทยต้นทุนการขนส่ง

และสินค้าคงคลังถือเป็นหมวดต้นทุนโลจิสติกส์ที่มีสัดส่วนสูงที่สุด อันดับแรก [xx] ซึ่งแน่นอนว่าต้นทุนทั้ง 2 หมวด ส่งผลให้ต้นทุนรวมของสินค้าเพิ่มขึ้น

ต้นทุนในธุรกิจน้ำมันเชื้อเพลิงนอกเหนือจากต้นทุนน้ำมันดิบและการกลั่นแล้ว ต้นทุนสินค้าคงคลังและการขนส่งก็เป็นต้นทุนที่สำคัญ สำหรับประเทศไทยยังมีกฎหมายกำหนดปริมาณน้ำมันสำรองขั้นต่ำที่บริษัทน้ำมันเชื้อเพลิงกรณศึกษาต้องถือครองสำหรับกรณีฉุกเฉิน นอกจากนี้โครงสร้างพื้นฐานการขนส่งน้ำมันที่มีอยู่ยังเป็นตัวกำหนดรูปแบบ (Mode) การขนส่งในพื้นที่ต่างๆ และปริมาณที่สามารถขนส่งได้ตามรูปแบบการขนส่งอีกด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาทั้งจำนวนน้ำมันสำรองที่เหมาะสม พร้อมทั้งรูปแบบและปริมาณที่ขนส่งไปพร้อมกัน เพื่อให้ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด

สำหรับบริษัทน้ำมันเชื้อเพลิงกรณศึกษา ประกอบไปด้วยโรงกลั่น คลังน้ำมันส่วนกลาง และคลังน้ำมันส่วนภูมิภาคที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีจำนวนแตกต่างกันไปตามลำดับ และมีรูปแบบการขนส่งที่เกี่ยวข้องทั้งสิ้น 4 รูปแบบ คือ ทางรถบรรทุกน้ำมัน ทางรถไฟ ทางท่อ และทางเรือ โดยในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะสินค้าประเภทน้ำมันดีเซลเท่านั้น การดำเนินการวางแผนการจัดการคงคลังและการขนส่งของบริษัทในปัจจุบัน ใช้บุคลากรที่มีประสบการณ์ในการวางแผน ยังไม่มีเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจ

งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ในการหารูปแบบการขนส่ง

และปริมาณน้ำมันคงคลังที่เหมาะสม ของน้ำมันดีเซล เพื่อให้ต้นทุนรวมมีค่าต่ำที่สุด โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ รูปแบบการขนส่งและปริมาณการขนส่งที่เหมาะสม จากโรงกลั่นน้ำมันไปสู่คลังน้ำมันหลักและคลังน้ำมันภูมิภาค รวมทั้งปริมาณน้ำมันคงคลังที่เหมาะสม เพื่อให้ต้นทุนรวมจากการขนส่ง และการจัดการสินค้าคงคลังมีค่าต่ำที่สุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1. การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization)

เป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์เพื่อการหาวิธีการหรือหนทางที่ดีที่สุดที่จะใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการมากที่สุด ตัวอย่างการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเช่น การหาระยะทางสั้นที่สุดในการเดินทางจากเมืองหนึ่งไปยังอีกเมืองหนึ่ง การหาค่าไรสูงสุดในการผลิตสินค้าภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนทรัพยากรที่มีอยู่ หรือการวางแผนการลงทุน เป็นต้น [1,2]

ลักษณะของปัญหาที่ต้องการใช้การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ในการแก้ปัญหา นั้น จะประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ [2]

1. ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) เป็นตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ และผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นมีผลต่อการได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) สำหรับในการหาค่าผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดโดยตัวแบบทางคณิตศาสตร์นั้น มักใช้ตัวอักษรเป็นสัญลักษณ์แทนตัวแปรตัดสินใจ

2. ข้อจำกัด (Constraints) หรือ ข้อจำกัดในการแก้ปัญหา ซึ่งสามารถแสดงข้อจำกัดในรูปแบบความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของตัวแปรตัดสินใจได้หลายแบบ

3. สมการวัตถุประสงค์ (Objectives) คือ เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ต้องการบรรลุจากการแก้ปัญหา เช่น จำนวนระยะทางที่สั้นที่สุด ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

ผลกำไรที่สูงที่สุด เป็นต้น รูปแบบโดยทั่วไปของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ MAX (or MIN)

2.2. โปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programming)

เป็นเทคนิคในการแก้ไขปัญหาทางการจัดสรรหรือใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และใช้ในการแก้ปัญหาทางการผลิตเพื่อบรรลุถึงเป้าหมายที่วางไว้ โดยที่ตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้น (Linear Functions) โดยมีตัวแปรตัดสินใจหนึ่งตัวขึ้นไปที่มีอิทธิพลต่อเป้าหมายของปัญหานั้น [5]

2.3. ปัญหาการขนส่งเพื่อส่งต่อ (Transshipment Problem)

ปัญหาการขนส่งเพื่อส่งต่อเป็นปัญหาการขนส่งจากแหล่งผลิตไปยังปลายทาง โดยการส่งผ่านจุดเปลี่ยนถ่ายระหว่างแหล่งผลิตไปยังปลายทาง และในหลายกรณีสามารถเขียนปัญหาในรูปแบบโปรแกรมเชิงเส้นตรงได้

2.4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรัญญา สาตพันธ์ สุธน มณีรัตน์ และพรเทพ ศรีสิทธิรัตน์กุล (2553) ศึกษาการหาปริมาณน้ำมันคงคลังที่เหมาะสม โดยประยุกต์ใช้ตัวแบบการสั่งซื้ออย่างประหยัด ตัวแบบ Silver-Meal และตัวแบบค่าใช้จ่ายต่อชิ้นต่ำที่สุด (Least Unit Cost) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2007 ช่วยคำนวณเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมในการจัดการสินค้าคงคลัง

มนชนก จี๊กว่าฬ (2553) ศึกษาการวางแผนการขนส่งน้ำมันดีเซลเพื่อให้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด โดยการเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหารูปแบบการขนส่งที่เหมาะสม โดยประยุกต์ใช้ Premium Excel Solver ในการหาคำตอบ ซึ่งสามารถลดต้นทุนการขนส่งในปัจจุบันได้

3. โปรแกรมทางคณิตศาสตร์

จากสภาพปัจจุบันของปัญหาที่อธิบายในข้างต้น สามารถกำหนดรายละเอียดของโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้ (รายละเอียดดัชนีแสดงในตารางที่ 1-4)

3.1. พารามิเตอร์ (Parameters)

c_{ij}^h คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้ำมันดีเซล (บาท/ล้านลิตร) จากโรงกลั่นน้ำมัน i ไปยังคลังน้ำมันส่วนกลาง j ด้วย

รูปแบบการขนส่ง h

C_{jk}^h คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้ำมันดีเซล (บาท/ลิตร) จากคลังน้ำมันส่วนกลาง j ไปยังคลังน้ำมันส่วนภูมิภาค k ด้วยรูปแบบการขนส่ง h

C_{ik}^h คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้ำมันดีเซล (บาท/ลิตร) จากโรงกลั่นน้ำมัน i ไปยังคลังน้ำมันส่วนภูมิภาค k ด้วยรูปแบบการขนส่ง h

α_{ij}^h คือ อัตราน้ำมันดีเซล (%) ที่สูญเสียระหว่างการขนส่งจากโรงกลั่นน้ำมัน i ไปยังคลังน้ำมันส่วนกลาง j ด้วยรูปแบบการขนส่ง h

α_{jk}^h คือ อัตราน้ำมันดีเซล (%) ที่สูญเสียระหว่างการขนส่งจากคลังน้ำมันส่วนกลาง j ไปยังคลังน้ำมันส่วนภูมิภาค k ด้วยรูปแบบการขนส่ง h

α_{ik}^h คือ อัตราน้ำมันดีเซล (%) ที่สูญเสียระหว่างการขนส่งจากโรงกลั่นน้ำมัน i ไปยังคลังน้ำมันส่วนภูมิภาค k ด้วยรูปแบบการขนส่ง h

D_j คือ ปริมาณความต้องการน้ำมันดีเซลที่คลังน้ำมันส่วนกลาง j (ลิตร)

D_k คือ ปริมาณความต้องการน้ำมันดีเซลที่คลังน้ำมันส่วนภูมิภาค k (ลิตร)

R_j คือ ปริมาณน้ำมันที่เหลือในคลังน้ำมันส่วนกลาง j (ลิตร)

R_k คือ ปริมาณน้ำมันที่เหลือในคลังน้ำมันส่วนภูมิภาค k (ลิตร)

H_j คือ ค่าถือครองน้ำมันคงคลังในคลังน้ำมันส่วนกลาง j (บาท/ลิตร)

H_k คือ ค่าถือครองน้ำมันคงคลังในคลังน้ำมันส่วนภูมิภาค k (บาท/ลิตร)

3.2. ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

x_{ij}^h คือ ปริมาณน้ำมันดีเซล (ลิตร) ที่ขนส่งจากโรงกลั่นน้ำมัน i ไปยังคลังน้ำมันส่วนกลาง j ด้วยรูปแบบการขนส่ง h

x_{jk}^h คือ ปริมาณน้ำมันดีเซล (ลิตร) ที่ขนส่งจากคลังน้ำมันส่วนกลาง j ไปยังคลังน้ำมันส่วนภูมิภาค k ด้วย

รูปแบบการขนส่ง h

x_{ik}^h คือ ปริมาณน้ำมันดีเซล (ลิตร) ที่ขนส่งจากโรงกลั่นน้ำมัน i ไปยังคลังน้ำมันส่วนภูมิภาค k ด้วยรูปแบบการขนส่ง h

3.3. ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

$$\begin{aligned} \text{Min} & \left(\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N c_{ij}^h x_{ij}^h + \sum_{h=1}^L \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^O c_{jk}^h x_{jk}^h + \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^O c_{ik}^h x_{ik}^h \right) \\ & + \left(\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^M (1-\alpha_{ij}^h) x_{ij}^h - \sum_{h=1}^L \sum_{k=1}^O (1-\alpha_{jk}^h) x_{jk}^h - D_j + R_j \right) H_j \\ & + \left(\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^M (1-\alpha_{ik}^h) x_{ik}^h + \sum_{h=1}^L \sum_{j=1}^N (1-\alpha_{jk}^h) x_{jk}^h - D_k + R_k \right) H_k \end{aligned} \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{h=1}^L \sum_{j=1}^N (1-\alpha_{ij}^h) x_{ij}^h + \sum_{h=1}^L \sum_{k=1}^O (1-\alpha_{ik}^h) x_{ik}^h \leq S_i \quad ; \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^M (1-\alpha_{ij}^h) x_{ij}^h - \sum_{h=1}^L \sum_{k=1}^O (1-\alpha_{jk}^h) x_{jk}^h \geq D_j \quad ; \forall j \quad (3)$$

$$\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^M (1-\alpha_{ik}^h) x_{ik}^h + \sum_{h=1}^L \sum_{j=1}^N (1-\alpha_{jk}^h) x_{jk}^h \geq D_k \quad ; \forall k \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (1-\alpha_{ij}^2) x_{ij}^2 + \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^O (1-\alpha_{jk}^2) x_{jk}^2 + \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^O (1-\alpha_{ik}^2) x_{ik}^2 \leq CP \quad (5)$$

$$\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^M (1-\alpha_{ij}^h) x_{ij}^h - \sum_{h=1}^L \sum_{k=1}^O (1-\alpha_{jk}^h) x_{jk}^h - D_j + R_j \leq CAP_j \quad ; \forall j \quad (6)$$

$$\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^M (1-\alpha_{ik}^h) x_{ik}^h + \sum_{h=1}^L \sum_{j=1}^N (1-\alpha_{jk}^h) x_{jk}^h - D_k + R_k \leq CAP_k \quad ; \forall k \quad (7)$$

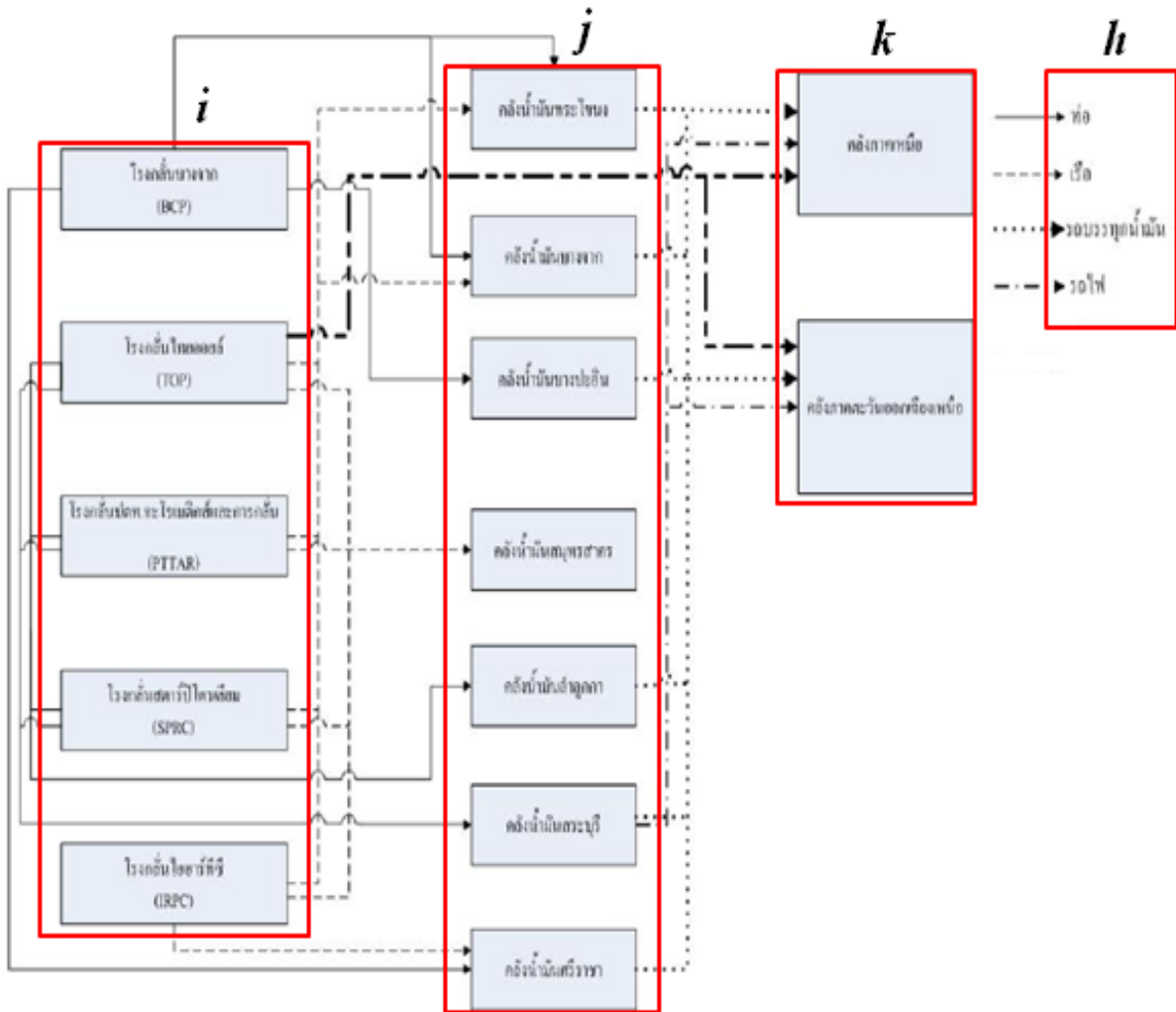
$$\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^M (1-\alpha_{ij}^h) x_{ij}^h - \sum_{h=1}^L \sum_{k=1}^O (1-\alpha_{jk}^h) x_{jk}^h - D_j + R_j \geq 0.3B \quad ; \forall j \quad (8)$$

$$\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^M (1-\alpha_{ik}^h) x_{ik}^h + \sum_{h=1}^L \sum_{j=1}^N (1-\alpha_{jk}^h) x_{jk}^h - D_k + R_k \geq 0.3B \quad ; \forall k \quad (9)$$

$$x_{ij}^h, x_{jk}^h, x_{ik}^h \geq 0 \quad ; \forall i, j, k, h \quad (10)$$

สมการ (1) เป็นสมการวัตถุประสงค์ของปัญหาการขนส่งและบริหารสินค้าคงคลังที่เหมาะสมของน้ำมันดีเซล สมการ (2) กำหนดปริมาณน้ำมันดีเซลที่ขนส่งจากโรงกลั่นน้ำมันแต่ละแห่งต้องไม่เกินความสามารถในการผลิตของโรงกลั่นน้ำมันนั้นๆ สมการ (3) กำหนดปริมาณน้ำมันดีเซลที่ขนส่งเข้าคลังน้ำมันส่วนกลางแต่ละแห่งจะต้องไม่น้อยกว่าปริมาณน้ำมันดีเซลที่ขนส่งออกจากคลังส่วนกลางรวมกับความต้องการน้ำมันดีเซลและปริมาณน้ำมันดีเซลที่เก็บในคลังน้ำมันส่วนกลางนั้น สมการ (4) กำหนดปริมาณน้ำมันดีเซลที่ขนส่งเข้าคลังน้ำมันส่วนภูมิภาคแต่ละแห่งต้องไม่น้อยกว่าปริมาณความต้องการในคลังของคลังนั้นๆ สมการ (5) กำหนดปริมาณน้ำมันดีเซลที่ขนส่งทางรถไฟจากโรงกลั่นไปยังคลังน้ำมันส่วนกลาง และคลังน้ำมันส่วนภูมิภาคต้องไม่เกินความสามารถในการขนส่งน้ำมันดีเซล

ทางรถไฟ ($h = 2$ หมายถึงการขนส่งทางรถไฟ) สมการ (6) กำหนดปริมาณน้ำมันที่เก็บรวมกับน้ำมันที่เหลือในคลังต้องไม่เกินปริมาณคงคลังสูงสุดที่คลังน้ำมันส่วนกลางนั้นสามารถเก็บรักษาได้ สมการ (7) กำหนดปริมาณน้ำมันที่เก็บรวมกับน้ำมันที่เหลือในคลังต้องไม่เกินปริมาณคงคลังสูงสุดที่คลังน้ำมันส่วนภูมิภาคสามารถเก็บรักษาได้ สมการ (8) กำหนดปริมาณน้ำมันที่เก็บรวมกับน้ำมันที่เหลือในคลังน้ำมันส่วนกลางต้องมากกว่า 30% ของปริมาณการค้าประจำปี (ปริมาณสำรองตามกฎหมาย) สมการ (9) กำหนดปริมาณน้ำมันที่เก็บรวมกับน้ำมันที่เหลือในคลังน้ำมันส่วนภูมิภาคต้องมากกว่า 30% ของปริมาณการค้าประจำปี สมการ (10) กำหนดว่าตัวแปรตัดสินใจต้องไม่มีค่าเป็นลบ รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างและรูปแบบการขนส่งน้ำมันดีเซลของบริษัทกรณีศึกษาในปัจจุบัน



รูปที่ 1 โครงสร้างและรูปแบบการขนส่งน้ำมันดีเซล

4. การทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้โรงกลั่นน้ำมัน คลังน้ำมันส่วนกลาง และคลังน้ำมันส่วนภูมิภาค มีรายละเอียด ดังตารางที่ 1-3 ตามลำดับ ตารางที่ 4 แสดงรายละเอียดรูปแบบการขนส่งทั้ง 4 รูปแบบ ตารางที่ 5 และ 6 แสดงรายละเอียดคลังน้ำมันส่วนกลางและส่วนภูมิภาค โดยปริมาณน้ำมันคงคลังที่แสดงในตารางเป็นค่าที่ใช้เมื่อเริ่มคำนวณเท่านั้น ตารางที่ 7-14 แสดงค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อน้ำมันและขนส่ง รวมทั้งเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่สูญเสียระหว่างการขนส่งในรูปแบบต่างๆ ที่สามารถขนส่งได้จากโรงกลั่นสู่คลังน้ำมันส่วนกลาง โรงกลั่นสู่คลังน้ำมันส่วนภูมิภาค และคลังน้ำมันส่วนกลางสู่คลังน้ำมันส่วนภูมิภาค ตามลำดับ

ตารางที่ 1 รายชื่อโรงกลั่น และกำลังการผลิตน้ำมันดีเซลของโรงกลั่น

| i | โรงกลั่น | กำลังการผลิตน้ำมันดีเซล (ล้านลิตร) |
|---|---|------------------------------------|
| 1 | โรงกลั่นบางจาก (BCP) | 242 |
| 2 | โรงกลั่นไทยออยล์ (TOP) | 485 |
| 3 | โรงกลั่นปตท. อะโรเมติกส์และการกลั่น (PTTAR) | 215 |

ตารางที่ 2 รายชื่อคลังส่วนกลาง และความต้องการน้ำมันดีเซลที่คลังส่วนกลาง

| j | คลังส่วนกลาง | ความต้องการน้ำมันดีเซล (ล้านลิตร) |
|---|-------------------------|-----------------------------------|
| 1 | คลังน้ำมันพระโขนง (PKN) | 56.48 |
| 2 | คลังน้ำมันบางจาก (BCK) | 0.46 |

ตารางที่ 3 รายชื่อคลังภูมิภาค และความต้องการน้ำมันดีเซลที่คลังภูมิภาค

| k | คลังภูมิภาค | ความต้องการน้ำมันดีเซล (ล้านลิตร) |
|---|---------------------------|-----------------------------------|
| 1 | คลังน้ำมันเชียงใหม่ (CMI) | 11.15 |
| 2 | คลังน้ำมันลำปาง (LPT) | 4.79 |

ตารางที่ 4 รูปแบบการขนส่ง

| h | รูปแบบการขนส่ง |
|---|------------------|
| 1 | รถบรรทุกน้ำมัน |
| 2 | รถไฟ |
| 3 | ท่อ |
| 4 | เรือบรรทุกน้ำมัน |

ตารางที่ 5 ข้อมูลน้ำมันคงคลังของคลังส่วนกลาง

| ข้อมูลน้ำมันคงคลัง | พระโขนง | บางจาก |
|--|---------|--------|
| ปริมาณการค้าประจำปี, B (ล้านลิตร) | 30 | 30 |
| ปริมาณน้ำมันคงคลังที่เหลือ, R (ล้านลิตร) | 20 | 20 |
| ความสามารถในการเก็บน้ำมัน (ล้านลิตร) | 200 | 200 |
| ค่าเก็บ, H (บาท/ล้านลิตร) | 8000 | 8000 |

ตารางที่ 6 ข้อมูลน้ำมันคงคลังของคลังส่วนภูมิภาค

| ข้อมูลน้ำมันคงคลัง | เชียงใหม่ | ลำปาง |
|--|-----------|-------|
| ปริมาณการค้าประจำปี, B (ล้านลิตร) | 30 | 30 |
| ปริมาณน้ำมันคงคลังที่เหลือ, R (ล้านลิตร) | 20 | 20 |
| ความสามารถในการเก็บน้ำมัน (ล้านลิตร) | 200 | 200 |
| ค่าเก็บ, H (บาท/ล้านลิตร) | 8000 | 8000 |

ตารางที่ 7 ค่าสั่งซื้อน้ำมันของคลังส่วนกลาง

| คลังส่วนกลาง | ค่าสั่งซื้อ (บาท) |
|--------------|-------------------|
| พระโขนง | 30,000 |
| บางจาก | 30,000 |

ตารางที่ 8 ค่าสั่งซื้อน้ำมันของคลังส่วนภูมิภาค

| คลังส่วนภูมิภาค | ค่าสั่งซื้อ (บาท) |
|-----------------|-------------------|
| เชียงใหม่ | 30,000 |
| ลำปาง | 30,000 |

ตารางที่ 9 ค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้ำมันดีเซลจากโรงกลั่นน้ำมันไปคลังส่วนกลางด้วยรูปแบบการขนส่งต่างๆ (ล้านบาท/ล้านลิตร)

| โรงกลั่นน้ำมัน | คลังส่วนกลาง | |
|---|--------------|--------|
| | พระโขนง | บางจาก |
| ขนส่งโดยรถบรรทุกน้ำมัน | | |
| โรงกลั่นบางจาก (BCP) | 2.4 | 2.35 |
| โรงกลั่นไทยออยล์ (TOP) | 2.78 | 2.8 |
| โรงกลั่นปตท. อะโรเมติกส์และการกลั่น (PTTAR) | 3.85 | 3.87 |
| ขนส่งโดยใช้ท่อส่งน้ำมัน | | |
| โรงกลั่นบางจาก (BCP) | 0.56 | 0.56 |
| โรงกลั่นไทยออยล์ (TOP) | - | - |
| โรงกลั่นปตท. อะโรเมติกส์และการกลั่น (PTTAR) | - | - |
| ขนส่งโดยเรือบรรทุกน้ำมัน | | |
| โรงกลั่นบางจาก (BCP) | 0.26 | 0.56 |
| โรงกลั่นไทยออยล์ (TOP) | 0.78 | 0.78 |
| โรงกลั่นปตท. อะโรเมติกส์และการกลั่น (PTTAR) | 0.35 | 0.58 |

หมายเหตุ "-" หมายถึง ไม่มีการขนส่งโดยรถไฟจากโรงกลั่นน้ำมันไปคลังน้ำมันส่วนกลาง

ตารางที่ 10 ค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้ำมันดีเซลจากโรงกลั่นไปคลังส่วนภูมิภาคด้วยรถบรรทุกน้ำมัน (ล้านบาท/ล้านลิตร)

| โรงกลั่นน้ำมัน | คลังส่วนภูมิภาค | |
|---|-----------------|-------|
| | เชียงใหม่ | ลำปาง |
| ขนส่งโดยรถบรรทุกน้ำมัน | | |
| โรงกลั่นบางจาก (BCP) | 5.87 | 5.02 |
| โรงกลั่นไทยออยล์ (TOP) | 5.42 | 5.39 |
| โรงกลั่นปตท. อะโรเมติกส์และการกลั่น (PTTAR) | 5.52 | 5.83 |

หมายเหตุ "-" ไม่มีการขนส่งโดยรถไฟไป ท่อส่งน้ำมัน และเรือบรรทุกน้ำมันจากโรงกลั่นน้ำมันไปคลังส่วนภูมิภาค

ตารางที่ 11 ค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้ำมันดีเซลจากคลังส่วนกลางไปยังคลังส่วนภูมิภาคด้วยรูปแบบการขนส่งต่างๆ (ล้านบาท/ล้านลิตร)

| คลังน้ำมันส่วนกลาง | คลังส่วนภูมิภาค | |
|-------------------------------|-----------------|-------|
| | เชียงใหม่ | ลำปาง |
| ขนส่งโดยรถบรรทุกน้ำมัน | | |
| พระโขนง | 6.43 | 5.99 |
| บางจาก | 6.42 | 5.98 |
| ขนส่งโดยรถไฟ | | |
| พระโขนง | 5.28 | 5.82 |
| บางจาก | 4.78 | 5.26 |

หมายเหตุ ไม่มีการขนส่งโดยท่อส่งน้ำมัน และเรือบรรทุกน้ำมันจากคลังส่วนกลางไปยังคลังส่วนภูมิภาค

ตารางที่ 12 น้ำมันที่สูญเสียระหว่างการขนส่งจากโรงกลั่นน้ำมันไปคลังส่วนกลางด้วยรูปแบบการขนส่งต่างๆ (เปอร์เซ็นต์)

| โรงกลั่นน้ำมัน | คลังส่วนกลาง | |
|---|--------------|--------|
| | พระโขนง | บางจาก |
| ขนส่งโดยรถบรรทุกน้ำมัน | | |
| โรงกลั่นบางจาก (BCP) | 0.01 | 0.06 |
| โรงกลั่นไทยออยล์ (TOP) | 0.05 | 0.05 |
| โรงกลั่นปตท. อะโรเมติกส์และการกลั่น (PTTAR) | 0.06 | 0.06 |
| ขนส่งโดยใช้ท่อส่งน้ำมัน | | |
| โรงกลั่นบางจาก (BCP) | 0.01 | 0.008 |
| โรงกลั่นไทยออยล์ (TOP) | - | - |
| โรงกลั่นปตท. อะโรเมติกส์และการกลั่น (PTTAR) | - | - |
| ขนส่งโดยเรือบรรทุกน้ำมัน | | |
| โรงกลั่นบางจาก (BCP) | 0.04 | 0.03 |
| โรงกลั่นไทยออยล์ (TOP) | 0.01 | 0.04 |
| โรงกลั่นปตท. อะโรเมติกส์และการกลั่น (PTTAR) | 0.04 | 0.06 |

หมายเหตุ "-" หมายถึง ไม่มีการขนส่งโดยรถไฟจากโรงกลั่นน้ำมันไปคลังน้ำมันส่วนกลาง

ตารางที่ 13 น้ำมันที่สูญเสียระหว่างการขนส่งจากโรงกลั่นน้ำมันไปคลังส่วนภูมิภาคด้วยรถบรรทุกทุกน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์)

| โรงกลั่นน้ำมัน | คลังส่วนภูมิภาค | |
|---|-----------------|-------|
| | เชียงใหม่ | ลำปาง |
| ขนส่งโดยรถบรรทุกทุกน้ำมัน | | |
| โรงกลั่นบางจาก (BCP) | 0.06 | 0.04 |
| โรงกลั่นไทยออยล์ (TOP) | 0.04 | 0.02 |
| โรงกลั่นปตท. อะโรเมติกส์และการกลั่น (PTTAR) | 0.01 | 0.08 |

หมายเหตุ ไม่มีการขนส่งโดยรถไป ท่อส่งน้ำมัน และเรือบรรทุกทุกน้ำมันจากโรงกลั่นน้ำมันไปคลังส่วนภูมิภาค

ตารางที่ 14 น้ำมันที่สูญเสียระหว่างการขนส่งจากคลังส่วนกลางไปยังคลังส่วนภูมิภาคด้วยรูปแบบการขนส่งต่างๆ (เปอร์เซ็นต์)

| คลังน้ำมันส่วนกลาง | คลังส่วนภูมิภาค | |
|----------------------------------|-----------------|-------|
| | เชียงใหม่ | ลำปาง |
| ขนส่งโดยรถบรรทุกทุกน้ำมัน | | |
| พระโขนง | 0.06 | 0.06 |
| บางจาก | 0.06 | 0.05 |
| ขนส่งโดยรถไฟ | | |
| พระโขนง | 0.03 | 0.03 |
| บางจาก | 4.78 | 5.26 |

หมายเหตุ ไม่มีการขนส่งโดยท่อส่งน้ำมัน และเรือบรรทุกน้ำมันจากคลังส่วนกลางไปยังคลังส่วนภูมิภาค

ตารางที่ 15 ผลลัพธ์จากโปรแกรม Excel Premium Solver ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ขนส่งจากโรงกลั่นไปยังคลังต่างๆ : ล้านลิตร

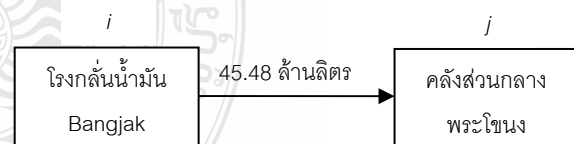
| คลัง | | Supply Source | | |
|--------------|-----------|---------------|----------|-------|
| | | Bangjak | Thai oil | PTTAR |
| คลังส่วนกลาง | พระโขนง | 45.48 | 0 | 0 |
| | บางจาก | 0 | 0 | 0 |
| คลังภูมิภาค | เชียงใหม่ | 0 | 0 | 0 |
| | ลำปาง | 0 | 0 | 0 |

ตารางที่ 16 ผลลัพธ์จากโปรแกรม Excel Premium Solver ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ขนส่งจากคลังส่วนกลางไปยังคลังภูมิภาค : ล้านลิตร

| คลัง | | Supply Source | |
|-------------|-----------|---------------|--------|
| | | พระโขนง | บางจาก |
| คลังภูมิภาค | เชียงใหม่ | 0 | 0.15 |
| | ลำปาง | 0 | 0 |

การหาคำตอบของปัญหาการขนส่งน้ำมันดีเซลและการบริหารสินค้าคงคลังในงานวิจัยนี้ ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม Excel Premium Solver เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อน้ำมันจากแต่ละโรงกลั่น รูปแบบการขนส่ง และปริมาณคลังที่เหมาะสม โดยมีค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องต่ำที่สุด ในการหาคำตอบของปัญหา พบว่าต้นทุนรวมในการขนส่ง และปริมาณน้ำมันคงคลังที่เหมาะสมของน้ำมันดีเซล โดยมีค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 798,356 บาท และรายละเอียดดังตารางที่ 15 และ 16

4.1 ตัวอย่างผลคำตอบการขนส่งจากโรงกลั่นน้ำมันไปยังคลังน้ำมันส่วนกลาง



กำลังการผลิต = 242 ล้านลิตร
 ปริมาณความต้องการ (D_j) = 56.48 ล้านลิตร
 Cap คลัง = 200 ล้านลิตร
 ปริมาณน้ำมันที่เหลือในคลัง = 20 ล้านลิตร
 ทั้งหมดที่มีอยู่ในคลัง = 9 ล้านลิตร
 (0.3B) = 9 ล้านลิตร
 ปริมาณน้ำมันที่นำมาใช้ได้ = 11 ล้านลิตร

หมายเหตุ : \longrightarrow ทางท่อ

รูปที่ 2 ตัวอย่างแสดงการขนส่งจากโรงกลั่นน้ำมันไปยังคลังน้ำมันส่วนกลาง

- คลังน้ำมันส่วนกลางมีความต้องการน้ำมัน = 56.48 ล้านลิตร

- รับน้ำมันจากโรงกลั่นบางจาก = 45.48 ล้านลิตร
- ปริมาณน้ำมันที่เหลือภายในคลังที่นำมาใช้ได้ = 11 ล้านลิตร
- ผลรวมปริมาณน้ำมันที่มีอยู่ทั้งหมด = $45.48 + 11 = 56.48$ ล้านลิตร = ปริมาณความต้องการน้ำมัน
- ปริมาณน้ำมันที่เก็บในคลังน้ำมัน = 9 ล้านลิตร

ซึ่งจะเห็นว่าการคำนวณของโปรแกรมเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ ที่ตั้งไว้ ดังนี้

1. ปริมาณน้ำมันที่ขนส่งจากโรงกลั่นน้ำมันจะต้องไม่เกินความสามารถในการผลิต โดยกำลังการผลิตโรงกลั่นบางจาก = 242 ล้านลิตร และผลที่คำนวณได้ คือ ปริมาณน้ำมันที่จ่าย = 45.48 ล้านลิตร

2. ปริมาณน้ำมันที่เก็บจะต้องไม่เกินความสามารถในการเก็บของคลังน้ำมัน ในกรณีนี้ Cap คลัง = 200 ล้านลิตร และปริมาณน้ำมันที่เก็บ คือ 9 ล้านลิตร

3. ปริมาณน้ำมันที่เก็บจะต้องไม่น้อยกว่า 30% ของปริมาณการค้าประจำปี (0.3B) ในกรณีนี้ 0.3B มีค่า 9 ล้านลิตร และปริมาณน้ำมันที่เก็บ คือ 9 ล้านลิตร

4. ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ขนส่งเข้าคลังน้ำมันส่วนกลางแต่ละแห่งจะต้องไม่น้อยกว่าปริมาณน้ำมันดีเซลที่ขนส่งออกจากคลังส่วนกลางรวมกับความต้องการน้ำมันดีเซล ในกรณีนี้ ปริมาณความต้องการน้ำมันดีเซล = 56.48 ล้านลิตร ปริมาณน้ำมันที่จะขนส่ง = 0 เพราะไม่มีการขนส่งต่อไปยังคลังภูมิภาค และผลรวมปริมาณน้ำมันที่มีอยู่ทั้งหมด = $45.48 + 11 = 56.48$ ล้านลิตร = ปริมาณความต้องการน้ำมัน

จากตัวอย่างแสดงให้เห็นถึงการคำนวณในการหาคำตอบของโปรแกรมที่เป็นไปตามสมการแบบจำลองที่สร้างขึ้น แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมที่สร้างขึ้นสามารถคำนวณหาคำตอบได้จริงตามเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ ที่กำหนด

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหารูปแบบการขนส่งและปริมาณน้ำมันคลังคลังที่เหมาะสม

ของน้ำมันดีเซล โดยพิจารณาทั้งต้นทุนการขนส่งและต้นทุนสินค้าคงคลังไปพร้อมกัน โดยใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นตรงในการแก้ไขปัญหา และการแก้ไขแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เชิงเส้นตรงของปัญหานี้ใช้โปรแกรม Excel Premium Solver เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการคำนวณหาผลเฉลยต้นทุนรวมเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด โดยสรุปได้ดังนี้

1. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้ในการหารูปแบบการขนส่งและปริมาณน้ำมันคลังคลังที่เหมาะสมของน้ำมันดีเซล มีประสิทธิภาพและมีต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด จากการประมวลผลของโปรแกรม Excel Premium Solver พบว่าต้นทุนรวมที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด

2. การใช้โปรแกรม Excel Premium Solver ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานลดระยะเวลาในการตัดสินใจการหารูปแบบการขนส่งและปริมาณน้ำมันคลังคลังที่เหมาะสมของน้ำมันดีเซลได้ จากตัวอย่างที่ใช้คำนวณใช้เวลาไม่เกิน 1 นาที ในการหาผลเฉลย อย่างไรก็ตามในการนำโปรแกรม Excel Premium Solver มาใช้งาน จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายในการซื้อค่าลิขสิทธิ์ของโปรแกรม ซึ่งขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของบริษัทว่าจะซื้อโปรแกรมมาใช้หรือไม่

ข้อเสนอแนะ

1. ผู้ใช้โปรแกรมควรทำความเข้าใจกับโปรแกรม Excel Premium Solver ก่อนการปฏิบัติงานจริง เพื่อให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ
2. เครื่องมือที่ช่วยในการคำนวณที่สร้างขึ้นได้ประยุกต์ใช้กับชุดข้อมูลทดสอบ จึงควรทดสอบเพิ่มเติมกับชุดข้อมูลการปฏิบัติงานจริงเพิ่มขึ้น
3. ในการคำนวณหาต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดในงานวิจัยนี้ครอบคลุมถึงปัจจัยต้นทุนการขนส่งและคลังเท่านั้น ผู้วิจัยในอนาคตอาจพิจารณาครอบคลุมปัจจัยต้นทุนอื่นๆ ที่ส่งผลต่อต้นทุนรวมขององค์กรมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] โกศล เพ็ชรสุวรรณ, 2524, การวิจัยการดำเนินงาน, อิเลคทรอนิกส์ เวิลด์, กรุงเทพฯ.
- [2] ธัญชัย สีกัดดีปรีดา, 2543, การหาค่าเหมาะสมที่สุด หลักการพื้นฐานและขั้นตอนวิธีการ, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 1-9.
- [3] มนชนก จี้งวาฬ. 2553. การวางแผนการขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงจากโรงกลั่นน้ำมันไปยังคลังน้ำมันแบบหลายรูปแบบด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุด. วิทยานิพนธ์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [4] วรัญญา สาทพันธ์, สุชน มณีรัตน์ และพรเทพ ศรีสีทิธิรัตน์กุล. 2553. การหาระดับปริมาณน้ำมันคงคลังที่เหมาะสม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [5] Frederick Hillier and Gerald Lieberman. 2010. Introduction to Operations Research. 4th ed., McGraw Hill.



การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติเพื่อให้ได้ เศษตัดที่มีประสิทธิภาพ

จตุพร ใจดำรงค์^{1*} ปิยวิทย์ สุวรรณ² บรรเลง คำเกต³

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.เมือง จ.สงขลา 90000

E-mail: jjaidumrong@hotmail.com*

บทคัดย่อ

ปัญหาการวางแผนการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติเป็นสิ่งที่ต้องการให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด นั่นคือการใช้วัตถุดิบในจำนวนน้อยที่สุดหรือทำให้เกิดเศษตัดที่เหลือจากการตัดน้อยที่สุดอีกด้วย สำหรับบทความนี้ขอนำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติเพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับเปรียบเทียบผลการแก้ปัญหาด้วยวิธีการอื่นๆ ต่อไป เป้าหมายของการวางแผนการตัดชิ้นงานเพื่อการใช้วัตถุดิบจำนวนน้อยที่สุดและเศษตัดที่เหลือมีความยาวมากที่สุดหรือเศษตัดที่มีประสิทธิภาพ เมื่อกำหนดให้วัตถุดิบมีความยาวเท่ากันทุกชิ้น สำหรับประสิทธิภาพของตัวแบบที่พัฒนาขึ้นจะถูกแสดงในผลการทดลอง

คำสำคัญ ปัญหาการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติ ปัญหาการบรรจุชิ้นงาน โปรแกรมเชิงเส้นตรงจำนวนเต็มแบบผสม เศษตัดที่มีประสิทธิภาพ

1. บทนำ

ปัญหาการตัดชิ้นงานแบบหนึ่งมิติเป็นสิ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการทำงานในหลากหลายรูปแบบ สำหรับการตัดเหล็กเส้นในอุตสาหกรรมเหล็กขนาดเล็กซึ่งต้องการเวลาในการวางแผนการตัดชิ้นงานไม่มากนักและใช้วัตถุดิบจำนวนน้อยที่สุด เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดอันเนื่องมาจากจำนวนวัตถุดิบที่ต้องใช้ในการทำงานนั่นเอง นอกจากนี้เศษตัดที่เกิดขึ้นถ้ามีขนาดยาวมากก็จะสามารถนำไปใช้ในการทำงานในครั้งต่อไปได้ แต่โดยทั่วไป [1-7] ทำการวางแผนการตัดชิ้นงานโดยไม่พิจารณาถึงความยาว

ของเศษตัดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการทำงานครั้งต่อไปได้

ปัญหาการตัดหนึ่งมิติ (One-Dimensional Cutting Stock Problem) ได้มีการทำวิจัยมาอย่างต่อเนื่องโดย Gilmore และ Gomory [1] ได้ใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงด้วยปัญหาแนปแซค (Knapsack) ในการสร้างรูปแบบของการตัด และในปี 1963 Gilmore และ Gomory [2] ได้เสนอบทความต่อเนื่องโดยเพิ่มข้อจำกัดในด้านความสามารถในการผลิตเมื่อกำลังการผลิตเพิ่มมากขึ้น Gramani และ Franca [3] ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองปัญหาการตัดและปัญหาขนาดล็อตที่เหมาะสมโดยโปรแกรมเชิงเส้นตรงซึ่งเพิ่มเงื่อนไขข้อจำกัดในการผลิตและความต้องการที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา นราธิป และ พีรยุทธ์ [4] เสนอวิธีการหาค่าตอบสำหรับปัญหาการตัดหนึ่งมิติภายใต้เงื่อนไขของความต้องการที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา และในปี 2548 นราธิป และ พีรยุทธ์ [5] ได้เสนอแบบจำลองปัญหาการตัดหนึ่งมิติโดยโปรแกรมเชิงเส้นตรงจำนวนเต็มแบบผสม (MILP, Mixed Integer Linear Programming) สำหรับวางแผนการรวมศูนย์กลางหรือกระจายศูนย์กลางสำหรับการตัดวัสดุโดยไม่จัดกลุ่มศูนย์กลางในทุกกรณี Afshar [6] ได้นำเสนอโปรแกรมเชิงเส้นสำหรับแก้ปัญหาการตัดหนึ่งมิติเพื่อให้เหลือเศษน้อยที่สุดในงานก่อสร้างโดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงขนาดท่อที่ใช้ได้ สำหรับ Murat และคณะ [7] ได้ปรับปรุงตัวแบบจำนวนเต็มเชิงเส้นตรง (Integer Linear Programming) ของปัญหาการตัดชิ้นงานให้มีเศษน้อยที่สุด

บทความฉบับนี้ขอเสนอการพัฒนาตัวแบบในทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติเพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับเปรียบเทียบผลการแก้ปัญหาด้วยวิธีการอื่นๆ โดยมีเป้าหมายของตัวแบบเพื่อการวางแผนการตัดชิ้นงานโดยใช้วัตถุดิบจำนวนน้อยที่สุดและเศษตัดที่เหลือมีความยาวมากที่สุด เมื่อกำหนดให้วัตถุดิบมีความยาวเท่ากันทุกชิ้น ซึ่งลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นจะแสดงในหัวข้อที่ 2 และอธิบายลักษณะของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นใหม่สำหรับการแก้ปัญหาในหัวข้อที่ 3 สำหรับหัวข้อที่ 4 และ 5 จะเป็นการทดลองและข้อสรุปของงานวิจัยโดยแสดงไว้ตามลำดับ

2. ลักษณะของปัญหา

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดชิ้นงานซึ่งได้รับการปรับปรุงและพัฒนาโดย Murat และคณะ [7] มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวางแผนการจัดเรียงชิ้นงานบรรจุลงในวัตถุดิบ เพื่อให้มีการเลือกใช้วัตถุดิบจำนวนน้อยที่สุดหรือมีจำนวนเศษที่เกิดขึ้นน้อยที่สุดอีกด้วย

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^m y_i \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^n w_j x_{ij} \leq cy_i, \quad i \in M \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq v_j, \quad j \in N \quad (3)$$

$$y_i = 0 \text{ or } 1, \quad i \in M \quad (4)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ or } k, \quad i \in M, j \in N \text{ Here,} \quad (5)$$

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{if raw } i \text{ is used} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} k & \text{if amount } k \text{ of item } j \text{ is assigned to raw } i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

เมื่อกำหนดให้ w_j คือความยาวของชิ้นงาน a_j และ c คือความยาวของวัตถุดิบ โดย w_j และ c เป็นจำนวนเต็มบวก $w_j \leq c (j \in N)$ เมื่อ $N = \{1, 2, \dots, n\}$ และ $M = \{1, 2, \dots, m\}$ สำหรับ n คือจำนวน $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ และ m คือจำนวนวัตถุดิบและ v_j คือจำนวนของชิ้นงาน a_j ที่ต้องการ และ

y_i คือวัตถุดิบหมายเลข i ที่ถูกเลือก สำหรับ x_{ij} จำนวนคือจำนวนของชิ้นงาน j ที่เลือกใช้ตัดบนวัตถุดิบหมายเลข i

สมการเป้าหมายที่ (1) กำหนดให้จำนวนของวัตถุดิบที่ถูกเลือกใช้มีจำนวนรวมน้อยที่สุด เงื่อนไขที่ (2) ควบคุมความยาวรวมของจำนวนชิ้นงานที่ถูกเลือกไม่ให้มีความยาวมากกว่าวัตถุดิบ เงื่อนไขที่ (3) ควบคุมจำนวนชิ้นงานที่ถูกเลือกไม่ให้มีมากกว่าจำนวนที่กำหนด เงื่อนไขที่ (4) กำหนดให้วัตถุดิบที่ถูกเลือกตัวแปรจะมีค่าเป็น 1 และสุดท้ายเงื่อนไข (5) จำนวนชิ้นงานที่ถูกเลือกในวัตถุดิบ

สำหรับเศษตัดของวิธีการจัดเรียงด้วยตัวแบบเก่าพบว่าเศษตัดที่เกิดขึ้นจะกระจายตัวกันออกไปอยู่ในวัตถุดิบชิ้นต่างๆ ซึ่งทำให้เศษตัดไม่มีความยาวมากที่สุด

3. ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นใหม่

ตัวแบบนี้จะแตกต่างจากตัวแบบเก่าที่มีอยู่โดยพิจารณาค่าน้อยที่สุดของสมการเป้าหมาย (6) ในกรณีที่วัตถุดิบมีความยาวเท่ากันเท่านั้น โดยความยาวชิ้นงานของที่ถูกเลือกบนวัตถุดิบหมายเลข 1 รวมกับความยาวรวมของวัตถุดิบหมายเลขอื่นๆที่ถูกเลือกใช้งานของสมการนี้

$$\text{Minimize } Z = \sum_{j=1}^n w_j x_{1j} + \sum_{i=2}^m cy_i \quad (6)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^n w_j x_{ij} \leq cy_i, \quad i \in M \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq v_j, \quad j \in N \quad (8)$$

$$y_i = 1 \quad i = 1 \quad (9)$$

$$y_i = 0 \text{ or } 1, \quad i \in M, i > 1 \quad (10)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ or } k, \quad i \in M, j \in N \text{ Here,} \quad (11)$$

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{if raw } i \text{ is used} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} k & \text{if amount } k \text{ of item } j \text{ is assigned to raw } i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

สำหรับสมการเงื่อนไขที่ (7), (8), (10) และ (11) มีรูปแบบเหมือนแบบเก่าแต่เพิ่มสมการเงื่อนไขที่ (9) คือ การกำหนดให้วัตถุดิบหมายเลขที่ $i = 1$ ถูกเลือกเสมอ นั่นคือเศษตัดที่เหลือยาวที่สุดจะเกิดที่วัตถุดิบหมายเลข 1 เสมอ

4. การทดลอง

การทดลองเปรียบเทียบผลของตัวแบบทางคณิตศาสตร์โดยการจำลองปัญหาการตัดและแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมลินโก เมื่อกำหนดให้วัตถุดิบแต่ละชิ้นยาว 18 หน่วย มีจำนวนวัตถุดิบทั้งหมด 9 ชิ้น (หมายเลข 1-9) โดยมีรายละเอียดของข้อมูลชิ้นงานในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ข้อมูลชิ้นงานที่ต้องการวางแผนการตัด

| ลำดับ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| จำนวน | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 6 |
| ยาว | 0.5 | 4.0 | 2.5 | 8.0 | 10.0 | 0.25 |

4.1 การแก้ปัญหาด้วยตัวแบบวิธีแก้

$$\text{MIN} = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9$$

Subject to:

$$0.5 * X_{11} + 4 * X_{12} + 2.5 * X_{13} + 8 * X_{14} + 10 * X_{15} + 0.25 * X_{16} \leq 18 * Y_1;$$

$$0.5 * X_{21} + 4 * X_{22} + 2.5 * X_{23} + 8 * X_{24} + 10 * X_{25} + 0.25 * X_{26} \leq 18 * Y_2;$$

$$0.5 * X_{31} + 4 * X_{32} + 2.5 * X_{33} + 8 * X_{34} + 10 * X_{35} + 0.25 * X_{36} \leq 18 * Y_3;$$

$$0.5 * X_{41} + 4 * X_{42} + 2.5 * X_{43} + 8 * X_{44} + 10 * X_{45} + 0.25 * X_{46} \leq 18 * Y_4;$$

$$0.5 * X_{51} + 4 * X_{52} + 2.5 * X_{53} + 8 * X_{54} + 10 * X_{55} + 0.25 * X_{56} \leq 18 * Y_5;$$

$$0.5 * X_{61} + 4 * X_{62} + 2.5 * X_{63} + 8 * X_{64} + 10 * X_{65} + 0.25 * X_{66} \leq 18 * Y_6;$$

$$0.5 * X_{71} + 4 * X_{72} + 2.5 * X_{73} + 8 * X_{74} + 10 * X_{75} + 0.25 * X_{76} \leq 18 * Y_7;$$

$$0.5 * X_{81} + 4 * X_{82} + 2.5 * X_{83} + 8 * X_{84} + 10 * X_{85} + 0.25 * X_{86} \leq 18 * Y_8;$$

$$0.5 * X_{91} + 4 * X_{92} + 2.5 * X_{93} + 8 * X_{94} + 10 * X_{95} + 0.25 * X_{96} \leq 18 * Y_9;$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61} + X_{71} + X_{81} + X_{91} \leq 2;$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} + X_{62} + X_{72} + X_{82} + X_{92} \leq 2;$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} + X_{53} + X_{63} + X_{73} + X_{83} + X_{93} \leq 4;$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44} + X_{54} + X_{64} + X_{74} + X_{84} + X_{94} \leq 4;$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} + X_{45} + X_{55} + X_{65} + X_{75} + X_{85} + X_{95} \leq 4;$$

$$X_{16} + X_{26} + X_{36} + X_{46} + X_{56} + X_{66} + X_{76} + X_{86} + X_{96} \leq 6;$$

ผลการทดลองพบว่า

$$X_{44}=X_{45}=X_{51}=X_{55}=X_{64}=X_{65}=X_{75}=X_{91}=X_{93}=1$$

$$X_{72}=X_{84}=2, X_{53}=3, X_{86}=6$$

ตารางที่ 2. สรุปผลการวางแผนการตัดด้วยตัวแบบวิธีแก้

| หมายเลขวัตถุดิบ | แผนการตัดชิ้นงาน (หน่วย) | เศษตัด (หน่วย) |
|-----------------|--------------------------|----------------|
| 4 | $8 + 10 = 18$ | 0.0 |
| 5 | $0.5 + 10 + 3(2.5) = 18$ | 0.0 |
| 6 | $8 + 10 = 18$ | 0.0 |
| 7 | $2(4) + 10 = 18$ | 0.0 |
| 8 | $8 + 8 + 6(0.25) = 17.5$ | 0.5 |
| 9 | $0.5 + 2.5 = 3$ | 15.0 |

การวางแผนการตัดด้วยตัวแบบวิธีแก้ในตารางที่ 2 พบว่าต้องใช้วัตถุดิบจำนวน 6 ชิ้น คือหมายเลข 4-9 โดยวัตถุดิบหมายเลข 8 และ 9 มีความยาวเศษตัดที่เหลืออยู่คือ 0.5 และ 15 หน่วยตามลำดับ

4.2 การแก้ปัญหาด้วยตัวแบบวิธีใหม่

$$\begin{aligned} \text{MIN} &= 0.5 * X_{11} + 4 * X_{12} + 2.5 * X_{13} + 8 * X_{14} + 10 * X_{15} \\ &+ 0.25 * X_{16} + 18 * Y_2 + 18 * Y_3 + 18 * Y_4 + \\ &18 * Y_5 + 18 * Y_6 + 18 * Y_7 + 18 * Y_8 + 18 * Y_9; \end{aligned}$$

Subject to:

$$0.5 * X_{11} + 4 * X_{12} + 2.5 * X_{13} + 8 * X_{14} + 10 * X_{15} + 0.25 * X_{16} \leq 18 * Y_1;$$

$$0.5 * X_{21} + 4 * X_{22} + 2.5 * X_{23} + 8 * X_{24} + 10 * X_{25} + 0.25 * X_{26} \leq 18 * Y_2;$$

$$0.5 * X_{31} + 4 * X_{32} + 2.5 * X_{33} + 8 * X_{34} + 10 * X_{35} + 0.25 * X_{36} \leq 18 * Y_3;$$

$$0.5 * X_{41} + 4 * X_{42} + 2.5 * X_{43} + 8 * X_{44} + 10 * X_{45} + 0.25 * X_{46} \leq 18 * Y_4;$$

$$0.5 * X_{51} + 4 * X_{52} + 2.5 * X_{53} + 8 * X_{54} + 10 * X_{55} + 0.25 * X_{56} \leq 18 * Y_5;$$

$$0.5 * X_{61} + 4 * X_{62} + 2.5 * X_{63} + 8 * X_{64} + 10 * X_{65} + 0.25 * X_{66} \leq 18 * Y_6;$$

$$0.5 * X_{71} + 4 * X_{72} + 2.5 * X_{73} + 8 * X_{74} + 10 * X_{75} + 0.25 * X_{76} \leq 18 * Y_7;$$

$$0.5 * X_{81} + 4 * X_{82} + 2.5 * X_{83} + 8 * X_{84} + 10 * X_{85} + 0.25 * X_{86} \leq 18 * Y_8;$$

$$0.5 * X_{91} + 4 * X_{92} + 2.5 * X_{93} + 8 * X_{94} + 10 * X_{95} + 0.25 * X_{96} \leq 18 * Y_9;$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} + X_{61} + X_{71} + X_{81} + X_{91} \leq 2;$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} + X_{62} + X_{72} + X_{82} + X_{92} \leq 2;$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} + X_{53} + X_{63} + X_{73} + X_{83} + X_{93} \leq 4;$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44} + X_{54} + X_{64} + X_{74} + X_{84} + X_{94} \leq 4;$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} + X_{45} + X_{55} + X_{65} + X_{75} + X_{85} + X_{95} \leq 4;$$

$$X_{16} + X_{26} + X_{36} + X_{46} + X_{56} + X_{66} + X_{76} + X_{86} + X_{96} \leq 6;$$

$$Y_1 = 1;$$

ผลการทดลองพบว่า

$$X_{13}=X_{44}=X_{45}=X_{52}=X_{53}=X_{55}=X_{64}=X_{65}=X_{82}=1,$$

$$X_{84}=X_{94}=X_{95}=1, X_{81}=X_{83}=2, X_{56}=6$$

ตารางที่ 3. สรุปผลการวางแผนการตัดด้วยตัวแบบวิธีใหม่

| หมายเลข วัตถุดิบ | แผนการตัดชิ้นงาน (หน่วย) | เศษตัด (หน่วย) |
|---------------------|------------------------------|-------------------|
| 1 | 2.5 | 15.5 |
| 4 | 8 + 10 = 18 | 0.0 |
| 5 | 4 + 2.5 + 10 + 6(0.25) = 18 | 0.0 |
| 6 | 8 + 10 = 18 | 0.0 |
| 8 | 2(0.5) + 2(2.5) + 4 + 8 = 18 | 0.0 |
| 9 | 8 + 10 = 18 | 0.0 |

การวางแผนการตัดด้วยตัวแบบวิธีใหม่ในตารางที่ 3 พบว่ามีการใช้วัตถุดิบจำนวน 6 ชิ้น คือ หมายเลข 1, 4, 5, 6, 8 และ 9 โดยวัตถุดิบหมายเลข 1 มีความยาวเศษตัดที่เหลืออยู่คือ 15.5 หน่วย

5. สรุปผล

ปัญหาการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติโดยการพัฒนาตัวแบบในทางคณิตศาสตร์สำหรับหาค่าที่ดีที่สุดของการวางแผนการตัดชิ้นงานเพื่อให้มีการใช้วัตถุดิบจำนวนน้อยที่สุด และเศษตัดมีความยาวมากที่สุด หรืออาจจะเรียกได้ว่าเป็นเศษตัดที่มีประสิทธิภาพ และทำการเปรียบเทียบตัวแบบในทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นใหม่กับตัวแบบวิธีเก่าของ Murat และคณะ [7] ผลการวิจัยพบว่าตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นสามารถให้ค่าความยาวเศษตัดที่เหลือดีกว่าตัวแบบวิธีเก่าในกรณีที่มีวัตถุดิบมีขนาดเท่ากันเท่านั้น โดยใช้เวลาน้อยกว่า 0.00 วินาทีทั้งสองแบบ สำหรับแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อไปก็จะเป็นการศึกษาถึงวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางฮิวริสติกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Gilmore, P.C. และ Gomory, R.E. 1961. A Linear Programming Approach to the Cutting Stock Problem. *Operation Research*, 9: 845–859.
- [2] Gilmore, P.C. และ Gomory, R.E. 1963. A Linear Programming Approach to the Cutting Stock Problem: Part II. *Operation Research*, 11: 863–888.
- [3] Gramani, M.C.N. และ Franca, P.M. 2001. The Combined Cutting-Stock and Lot-Sizing Problem in Industrial Processes. POMS Meeting, Orlando.
- [4] นราธิป แสงชัย และ พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล. ปัญหาการตัดหนึ่งมิติพร้อมด้วยความต้องการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา. การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ, ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ; น. 94-103, 2547.
- [5] นราธิป แสงชัย และ พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล. ปัญหาการตัดหนึ่งมิติสำหรับการวางแผนการรวมศูนย์กลางและการกระจายศูนย์กลางสำหรับการตัดวัสดุ, การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ, ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ; หน้า 28-37, 2548.
- [6] Abbas Afshar, Helia Amiri and Ehsan Eshtehardian, 2008. An Improved Linear Programming Model For One-Dimensional Cutting Stock Problem. First International Conference on Construction In Developing Countries (ICCIDC-I), Karachi, Pakistan, 51-56.
- [7] Murat Erşen Berberler, Urfat Nuriyev and Ahmet Yıldırım, 2010. A software for the one-dimensional cutting stock problem. *Journal of King Saud University (Science)*, 23: 69-76.

การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางการทำงาน กรณีสถานงานเรียงต่อกันเป็นอนุกรม

เศรษฐา เพชรอำไพ^{1*}, ธารธร ภูถักทรนิรันดร์²

¹บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร 10530

²คณะบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร 10530

E-mail: snk_mt@hotmail.com^{1*}, E-mail: tarathor@mut.ac.th²

บทคัดย่อ

ปัญหาการจัดตารางการทำงานเป็นปัญหาพื้นฐานที่พบได้โดยทั่วไปในอุตสาหกรรม และปัญหานี้เป็นปัญหาที่มีผู้สนใจศึกษากันอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพราะการจัดตารางการทำงานเกี่ยวข้องโดยตรงกับรอบเวลาการผลิตระยะเวลาแล้วเสร็จของงานแต่ละงาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms) มาช่วยในการจัดตารางการทำงาน (Job Shop Scheduling) กรณีที่สถานงานเรียงต่อกันแบบอนุกรม ขอบเขตของการศึกษาจะศึกษาเฉพาะปัญหาการจัดตารางการทำงานที่มีสถานงานหรือเครื่องจักรที่วางเรียงต่อกันเป็นอนุกรม และงานแต่ละงานไม่จำเป็นต้องเข้าทุกสถานงาน จากการทดลองพบว่าวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดตารางการทำงานได้มีประสิทธิภาพกว่าวิธีของแคมเบล และเมื่อทดสอบเปรียบเทียบกับโปรแกรม LEKIN Scheduler จะมีประสิทธิภาพมากกว่าในกรณีที่มีปัญหามีขนาดใหญ่มาก

คำสำคัญ วิธีเชิงพันธุกรรม, การจัดตารางการทำงาน

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการดำเนินกิจการธุรกิจอุตสาหกรรมด้านการผลิตหรือการรับจ้างผลิตมีอัตราการแข่งขันที่สูงขึ้น ทำให้องค์กรธุรกิจต่างๆ จำเป็นต้องมีการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานและบริการให้เพิ่มสูงขึ้นเพื่อให้สามารถแข่งขันและอยู่รอดในธุรกิจได้ การจัดตารางการทำงานที่มี

ประสิทธิภาพเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญ เพราะนอกเหนือจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนที่มีคุณภาพได้มาตรฐานแล้ว การส่งมอบได้ตรงตามระยะเวลาที่กำหนดเป็นปัจจัยหนึ่งที่ลูกค้าส่วนใหญ่ใช้เป็นเกณฑ์หนึ่งในการคัดเลือกผู้ผลิตหรือผู้ส่งมอบ นอกจากนี้แล้วกิจกรรมการจัดตารางการผลิตยังมีความสำคัญในเชิงกลยุทธ์ที่องค์กรสามารถเลือกนำมาใช้และปรับเปลี่ยนให้เข้ากับสถานการณ์ต่างๆ ได้ เป็นอย่างดี เช่น ควรจัดตารางการผลิตอย่างไรจึงจะทำให้ ค่าปรับจากการส่งมอบล่าช้าน้อยที่สุด ควรจัดตารางการผลิตอย่างไรจึงจะทำให้เวลารอคอยเฉลี่ยในระบบของงานทุกงานต่ำที่สุด หรือควรจัดตารางการผลิตอย่างไรจึงจะทำให้ระยะเวลาแล้วเสร็จของงานทุกงานต่ำที่สุด เป็นต้น การที่ภาคธุรกิจมีการแข่งขันสูงเช่นนี้ทำให้องค์กรต้องอาศัยปัจจัยหลายๆ ด้าน เพื่อที่จะทำให้สามารถอยู่รอดได้ในการบริหารงานจำเป็นต้องมีการจัดการที่ดีกับทรัพยากรทางการจัดการในส่วนต่างๆ ได้แก่ บุคลากร (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) เงิน (Money) การจัดการ (Management) และตลาด (Market) หรือ 6 M's [1] ดังนั้นการที่จะสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันทางธุรกิจจึงควรมีองค์ประกอบต่างๆ ร่วมกัน ซึ่งสามารถประสบผลสำเร็จได้จากการมีประสิทธิภาพของการบริหาร เพื่อคุณภาพของสินค้าหรือบริการของธุรกิจ การตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าหรือผู้ใช้บริการนั้นๆ และด้านผลประโยชน์ต่อกลุ่มธุรกิจเองที่จะสามารถลดต้นทุนของสินค้าและบริการ งานวิจัยนี้

ทำการศึกษาการในส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารจัดการสำหรับการตัดสินใจในเรื่องของการจัดตารางการทำงาน (Job shop scheduling) ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการบริหารองค์กร เพื่อหารูปแบบวิธีที่เหมาะสมรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ โดยการประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms, GAs) มาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่ง GAs เป็นวิธีการแบบฮิวริสติกส์ที่สามารถช่วยในการหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับปัญหาประเภทที่มีจำนวนคำตอบมากมายได้เป็นอย่างดี [2], [3] GAs อาศัยหลักการที่มีการเลียนแบบวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตและหลักการของการถ่ายทอดพันธุกรรมและความสามารถในการอยู่รอดตามธรรมชาติ โครโมโซมใดที่มีลักษณะดีออกกว่าก็จะมีโอกาสที่จะสูญหายไปมากกว่าโครโมโซมที่มีลักษณะเด่นกว่า และหลักการของ GAs ยังมีแนวความคิดที่ว่าแนวโน้มของโครโมโซมรุ่นต่อไป จะมีลักษณะที่ดีกว่ารุ่นบรรพบุรุษ

งานวิจัยนี้ประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms) มาช่วยในการจัดตารางการทำงาน (Job Shop Scheduling) กรณีที่สถานีงานเรียงต่อกันแบบอนุกรม เพื่อให้การจัดตารางการทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ขอบเขตของการศึกษาจะศึกษาเฉพาะปัญหาการจัดตารางการทำงานที่มีสถานีงานหรือเครื่องจักรที่วางเรียงต่อกันเป็นอนุกรม และงานแต่ละงานไม่จำเป็นต้องเข้าทุกสถานีงาน

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.1 เพื่อประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms) มาช่วยตัดสินใจในการจัดตารางการทำงาน (Job Shop Scheduling) เพื่อให้การจัดตารางการทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดตารางการทำงานระหว่างโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาโดยอาศัยหลักการวิธีเชิงพันธุกรรมกับการจัดลำดับงานโดยวิธีของแคมเบล (Campbell) และโปรแกรม LEKIN Scheduler

2. หลักการวิธีเชิงพันธุกรรม

ในปี ค.ศ. 1975 John Holland ได้พัฒนาและนำเสนอวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของวิธีการเชิงพันธุกรรม ซึ่งมีแนวคิดจากการเลียนแบบพัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดยมีความเชื่อว่าสิ่งมีชีวิตจะมีการพัฒนาการไปในทางที่ดีขึ้น เพราะสิ่งมีชีวิตที่ดีจะดำรงอยู่ได้จะต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ในขณะที่สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะอ่อนแอจะสูญพันธุ์ไปตามธรรมชาติ แนวความคิดนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นนี้เป็นเครื่องมือในการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization Problem) ซึ่งกระบวนการของ GAs มีรายละเอียดคร่าวๆ ดังต่อไปนี้

2.1 การเข้ารหัส (Coding)

การประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับแก้ปัญหาคำตอบที่เหมาะสมนั้นแต่ละค่าคำตอบของปัญหาที่ต้องการหาจะต้องถูกกำหนดให้เป็นรหัส (Encoded) ในรูปแบบการเรียงของตัวอักขระที่มีความยาวจำกัด (Strings) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ อยู่ในรูปของรหัสการเรียงสลับของตัวเลขทางพีชคณิต (Permutation Coding) เช่น 6 2 1 4 3 5 และรหัสแบบตัวเลขฐานสอง (Binary Coding) เช่น 1 0 1 0 0 1

2.2 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Value)

แต่ละค่าคำตอบของปัญหาที่ผ่านการถอดรหัสจากสตริงในกระบวนการที่ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมจะถูกประเมินค่าความเหมาะสมสำหรับปัญหาแบบการหาค่าที่เหมาะสม กระบวนการที่ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมจะหาสตริงที่มีความเหมาะสมที่สุดว่า (ค่าที่ตอบสนองต่อฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ดีกว่า)

2.3 การคัดเลือก (Selection or Reproduction)

เป็นกระบวนการคัดเลือกสตริงพ่อแม่พันธุ์ (Parent Strings) สำหรับใช้ในกระบวนการสร้างสตริงรุ่นใหม่ (Offspring) สตริงที่มีความเหมาะสมที่สูงกว่าจะมีโอกาสที่จะถูกเลือกเป็นสตริงพ่อแม่พันธุ์มากกว่าสตริงที่มีความเหมาะสมที่ต่ำกว่า โดยอาศัยวิธีการสุ่มคัดเลือกภายใต้หลักความน่าจะเป็นที่สิ่งที่ดีกว่าจะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่า โดยทั่วไปมีหลายวิธีที่ใช้ในการคัดเลือกเช่น

วิธีการจัดอันดับ (Ranking Based Method), วิธีวงล้อรูเล็ตต์ (Roulette Wheel) และเฟ้นสุ่มสากล (Stochastic Universal Sampling Selection) [4] เป็นต้น

2.4 การข้ามสายพันธุ์ (Crossover)

เป็นกระบวนการสร้างสตริงลูก (Offspring) จากพ่อแม่พันธุ์ที่ถูกเลือกภายใต้ความน่าจะเป็น หรือเป็นการปรับปรุงสายพันธุ์โดยเป็นโอเปอเรเตอร์ที่ใช้ในการถ่ายทอดส่วนประกอบ (Elements) ของสตริงพ่อแม่พันธุ์ไปสู่สตริงรุ่นต่อไป โดยเริ่มจากการสุ่มเลือกจุดตัด (Cut Point) เพื่อทำการแลกเปลี่ยนส่วนประกอบกัน

2.5 การผ่าเหล่า (Mutation)

เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนส่วนประกอบ (Elements) ของสตริงหลังจากกระบวนการข้ามสายพันธุ์ เป็นการค้นหาคำตอบในบริเวณใกล้เคียง (Neighborhood Search) ทำให้เกิดความหลากหลายของคำตอบ การเรียงสลับของตัวเลขทางพีชคณิตจะสามารถทำได้โดยการสุ่มเลือกสองส่วนประกอบของสตริงเพื่อทำการสลับตำแหน่งซึ่งกันและกัน (Arbitrary Two-Element Change) เช่น ถ้าตำแหน่งที่เกิดการผ่าเหล่า คือตำแหน่งที่ 2 และ 6

3 8 6 9 4 2 5 6 8 → 3 2 6 9 4 8 5 6 8
 1 0 1 0 0 1 0 → 1 1 1 0 0 0 0

2.6 การเลือกโครโมโซมที่โดดเด่นเพื่อรักษาไว้ในรุ่นถัดไป (Elitist Strategy)

เป็นวิธีการที่รักษาสตริงที่ดีที่สุดประชากรรุ่นหนึ่ง เพื่อเก็บไว้สำหรับรุ่นต่อไป

2.7 เงื่อนไขการหยุด (Termination Test)

ขึ้นกับการออกแบบของแต่ละปัญหา เช่น การกำหนดจำนวนรุ่นเพื่อที่ใช้ในการหยุด การกำหนดค่าที่ต้องการเป็นขอบเขตบนหรือขอบเขตล่างให้หยุด หรือการดูจากพัฒนาการที่เกิดขึ้นว่า 5 รุ่น หรือ 7 รุ่น ที่ติดต่อกันไม่มีการพัฒนาการเกิดขึ้นก็ให้หยุด เป็นต้น

3. การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางการทำงาน

วิธีเชิงพันธุกรรมมีปัจจัยต่างๆ เป็นองค์ประกอบที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา เช่น ลักษณะของโครโมโซมที่ถูกออกแบบขึ้น วิธีข้ามสายพันธุ์ วิธีการผ่าเหล่าหรือกลายพันธุ์ และอัตราที่ใช้ รวมถึงจำนวนโครโมโซม เป็นต้น แตกต่างกันไปในแต่ละการศึกษา โดยในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้ในการจัดตารางการทำงานดังต่อไปนี้

3.1 การเข้ารหัส (Coding)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาปัญหาที่มีลักษณะของลำดับเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการกำหนดการจัดลำดับตารางการทำงาน (Job shop scheduling) มีการกำหนดค่าดังต่อไปนี้

- ส่วนประกอบของตารางประกอบด้วย ชนิดผลิตภัณฑ์ (P), เครื่องจักร/ สถานีงาน (S)

- แต่ละช่องของสถานีงานจะสามารถกำหนดเวลาที่ใช้ของแต่ละสถานีงานได้ตามชนิดของผลิตภัณฑ์ (t_{ij}) โดยเวลาในการทำงานที่ประมาณไว้รวมถึงเวลาในการตั้งเครื่องด้วย

ตารางที่ 1. ตัวอย่างการกำหนดสถานีงานที่ต้องเข้าของแต่ละผลิตภัณฑ์

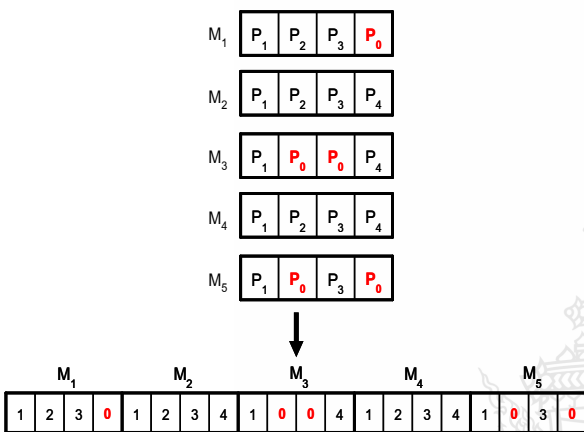
| ผลิตภัณฑ์ | สถานีงาน/ เครื่องจักร(S) | | | | |
|----------------|--------------------------|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| P ₁ | 10 | 20 | 15 | 10 | 30 |
| P ₂ | 5 | 5 | 0 | 5 | 0 |
| P ₃ | 10 | 5 | 0 | 5 | 20 |
| P ₄ | 0 | 5 | 10 | 10 | 0 |

- กำหนดรหัสของโครโมโซมโดยให้แสดงเป็นตัวเลข โดยตัวเลขจะบ่งบอกชนิดผลิตภัณฑ์ (P) ที่ต้องเข้าในแต่ละสถานีนั้นๆ

- การสร้างกลุ่มโครโมโซมจะกำหนดโครโมโซมเริ่มต้นแบบสุ่ม โดยงานวิจัยนี้จะสุ่มลำดับการเข้าสถานีงานภายในช่วงของแต่ละสถานีงานนั้นๆ

- ผลิตภัณฑ์ที่ขั้นตอนการผลิตไม่ต้องเข้าในบางสถานีงาน การใส่ข้อมูลจะถูกเว้นว่างไว้ (0) และยีนในโครโมโซมจะแทนด้วยเลข 0 ดังโครโมโซมข้างต้น

- โครโมโซมที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงลำดับการเข้าสถานีงานของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ จากซ้ายไปขวา โดยค่าที่เป็น 0 จะกำหนดให้ว่างไว้สามารถข้ามลำดับนี้ไป และดำเนินการกับลำดับที่อยู่ถัดไปแทน



รูปที่ 1 การแปลผล และลักษณะโครโมโซมตารางที่ 1

3.2 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Value)

ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้ฟังก์ชันการประเมินจากสมการที่ 1-3 [5] โดยแบ่งเป็น

3.2.1 ฟังก์ชันเวลาในการทำงานรวม (M)

$$M = \sum_{i=1}^n t_{[i],m} - \sum_{i=1}^n I_{[i],m} \quad (1)$$

3.2.2 ฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันหลัก

$$t_{[i],j-1}^{New} = t_{[i],j-1} + I_{[i],j-1} \quad (2)$$

$$I_{[i],j} = \text{Max}.[0, (\sum_{k=1}^i t_{[k],j-1}^{New} - \sum_{k=1}^{i-1} t_{[k],j} - \sum_{k=1}^{i-1} I_{[k],j})] \quad (3)$$

โดยที่ n คือ จำนวนงานที่จะต้องดำเนินการ, m คือ จำนวนสถานีงาน/เครื่องจักร, i คือ ตำแหน่งของลำดับงาน i, j คือ สถานีงาน/เครื่องจักร j, $t_{[i],j}$ คือ เวลาในการทำงาน i (processing time) ที่ประมวลไว้ ซึ่งรวมถึงเวลาในการตั้งเครื่องบนเครื่องจักร j, $I_{[i],j}$ คือ เวลารอคอยงาน i บนเครื่องจักร j

3.3 การคัดเลือก (Selection or Reproduction) เกณฑ์

ในการคัดเลือกจะใช้วิธีหาค่าความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability) โดยคำนวณความเหมาะสมออกมาเป็นช่วงของค่าความน่าจะเป็นของการถูกเลือก โดยคำนวณความเหมาะสมจากฟังก์ชันเวลาเสร็จงานรวม (M) ของแต่ละโครโมโซมตามที่ได้เลือกไว้ โดยโครโมโซมที่ใช้เวลาน้อยที่สุดจะมีค่าความเหมาะสมสูงที่สุดตามลำดับ มีวิธีคิดหาช่วงการสุ่มเลือกโครโมโซมตามสมการที่ 4-5

$$X = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_3} + \frac{1}{t_n} \quad (4)$$

$$\text{prob.} = \frac{t_n}{X} \quad (5)$$

โดยที่ t_n คือ เวลาทำงานรวม (M) ของโครโมโซมรุ่นลูก (Offspring) แต่ละสาย, X คือ ผลรวมส่วนกลับเวลาเสร็จงานรวมของโครโมโซมรุ่นลูกที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบ และ prob. คือ ค่าความน่าจะเป็น (Probability)

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการคำนวณหาความน่าจะเป็นสะสม

| รุ่นลูก | M | Prob. | Prob.สะสม | ช่วงการสุ่มเลือก |
|---------|----|-------------|-----------|------------------|
| 1 | 60 | 0.196 (0.2) | 0.2 | 0.01-0.20 |
| 2 | 45 | 0.261 (0.3) | 0.5 | 0.21-0.50 |
| 3 | 50 | 0.235 (0.2) | 0.7 | 0.51-0.70 |
| 4 | 38 | 0.309 (0.3) | 1.0 | 0.71-1.00 |

3.4 การข้ามสายพันธุ์ (Crossover)

การศึกษานี้ใช้หลักการข้ามสายพันธุ์ที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ โดยกำหนดจุดตัดที่ทำให้เกิดการข้ามสายพันธุ์ให้สุ่มตัดบริเวณรอยต่อระหว่างขั้นตอนการทำงานของแต่ละสถานี เพื่อเป็นการป้องกันงานต่างๆ ให้ถูกต้องตามที่ได้กำหนดการเข้างานของงานในแต่ละสถานีงานหรือเครื่องจักรตามที่ได้กำหนดไว้ในตอนแรก

3.5 การผ่าเหล่า (Mutation) กำหนดการเกิดการกลายพันธุ์จะกำหนดให้เกิดขึ้นในช่วงของสถานีงาน โดยการศึกษาที่มีการออกแบบการเกิดการกลายพันธุ์ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 สุ่มเลือกสมาชิกมาเพื่อที่จะทำการกลายพันธุ์
- ขั้นตอนที่ 2 สุ่มช่วงของสถานีที่จะเกิดการกลายพันธุ์
- ขั้นตอนที่ 3 สุ่มเลือกยีน (งาน) ที่จะนำมาแทรก
- ขั้นตอนที่ 4 สุ่มเลือกตำแหน่งที่จะเกิดการแทรกยีนที่จะนำมาแทรก และนำยีนที่สุ่มเลือกมานั้นแทรกเข้าไป

3.6 การเลือกโครโมโซมที่โดดเด่นเพื่อรักษาไว้ในรุ่นถัดไป (Elitist Strategy)

เป็นขั้นตอนการเก็บรักษาโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่สุดไว้หลังผ่านขั้นตอนการประเมินในแต่ละรอบ โดยจะเก็บโครโมโซมที่ใช้เวลาในการทำงานรวมที่น้อยที่สุดในแต่ละรอบไว้ ซึ่งจะไม่ผ่านขั้นตอนการข้ามสายพันธุ์และการผ่าเหล่าต่ออีกเพื่อที่จะป้องกันไว้ใช้ในการเปรียบเทียบกับรุ่นต่อไป

4. ตัวอย่างการแก้ปัญหา

4.1 ตัวอย่างของปัญหาในการจัดลำดับงาน 6 ชนิดให้เครื่องจักร 3 สถานีงาน

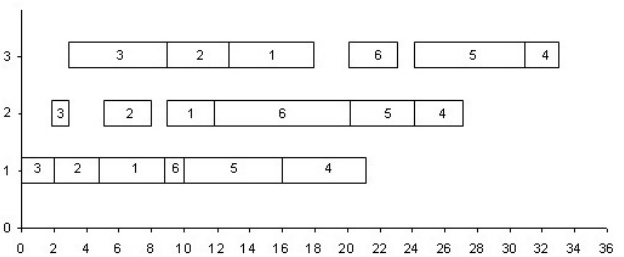
งานแต่ละงานเข้าสถานีงาน และใช้เวลาทำงานบนเครื่องจักรในแต่ละสถานีตามความสัมพันธ์ดังตารางที่ 3 (กำหนดให้ T_j คือ เวลาทำงานของงานต่างๆบนสถานีงานหรือเครื่องจักร j)

ตารางที่ 3 เวลาการทำงานของงานต่างๆบน 3 สถานีงาน

| งาน (P) | T_1 | T_2 | T_3 |
|---------|-------|-------|-------|
| 1 | 4 | 3 | 5 |
| 2 | 3 | 3 | 4 |
| 3 | 2 | 1 | 6 |
| 4 | 5 | 3 | 2 |
| 5 | 6 | 4 | 7 |
| 6 | 1 | 8 | 3 |

การจัดลำดับงานโดยวิธีของแคมเบล (Campbell)

แคมเบล (Campbell) เป็นผู้ประยุกต์หลักการจัดลำดับงานของจอห์นสัน (Johnson's rule) ให้สามารถใช้ได้กับเครื่องจักร m เครื่อง วิธีดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีวิวิธวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งได้คำตอบออกมาตามรูปที่ 2 คือ $M = 33$ ชั่วโมง มีลำดับงานคือ 3-2-1-6-5-4 ทั้ง 3 เครื่องจักร



รูปที่ 2 ตารางเวลาจากตัวอย่างโดยวิธีของแคมเบล

การจัดลำดับงานโดยโปรแกรม LEKIN Scheduler

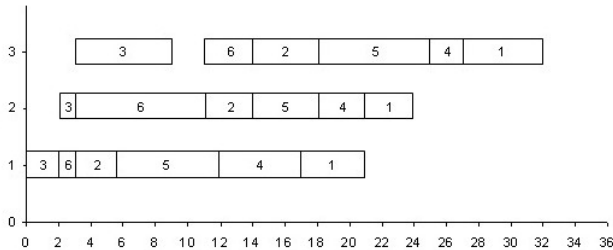
โปรแกรม LEKIN Scheduler พบวิธีการจัดลำดับงานโดยเวลาในการทำงานรวมเท่ากับ 32 ชั่วโมง ลำดับงานที่ได้ คือ 3-1-2-5-6-4 ทั้ง 3 สถานีงาน

การจัดลำดับงานโดยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms)

ในการแก้ปัญหาตัวอย่างนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเงื่อนไขการทดลองไว้ดังนี้

- ก. กำหนดโครโมโซมเริ่มต้น 1,000 โครโมโซม
 - ข. กำหนดอัตราการผลิตผสมพันธุ์ (Crossover) ในแต่ละรอบเท่ากับ 90 %
 - ค. กำหนดอัตราการกลายพันธุ์ (Mutation) ในแต่ละรอบเท่ากับ 3 %
 - ง. กำหนดเงื่อนไขการหยุดโปรแกรมโดยใช้จำนวนรุ่น (Generation) ในการคัดเลือกเท่ากับ 300 รุ่น
- ผลจากการทดลองจากการทดสอบ 20 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของเวลาการทำงานรวมเท่ากับ 34.05 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองเวลาในการทำงานรวมเท่ากับ 32 ชั่วโมง

2 วิธี โดยเวลาทำงานรวมที่ 32 ชม. ทั้ง 2 วิธีมีลำดับงาน คือ 3-1-5-2-6-4 และ 3-6-2-5-4-1 ซึ่งแต่ละวิธีมีลำดับการเข้างานเหมือนกันทั้ง 3 สถานีนงานตามลำดับ แสดงตัวอย่างตารางเวลางานดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการจัดตารางเวลางานจากตัวอย่าง โดยวิธีเชิงพันธุกรรม (3 สถานีนงาน)

4.2 ตัวอย่างของปัญหาในการจัดลำดับงาน 6 ชนิดให้เครื่องจักร 4 สถานีนงาน

งานแต่ละงานเข้าสถานีนงาน และใช้เวลาทำงานบนเครื่องจักรในแต่ละสถานีนตามความสัมพันธ์ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เวลาการทำงานของงานต่างๆบน 4 สถานีนงาน

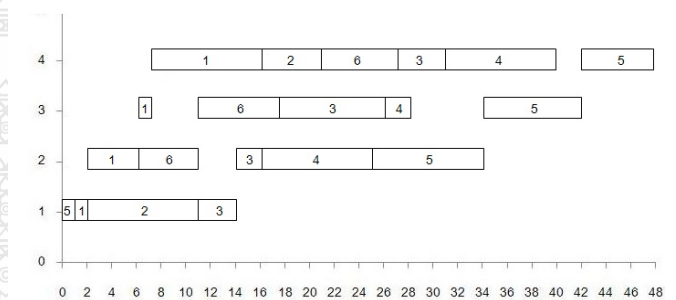
| งาน (P) | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 1 | 4 | 1 | 9 |
| 2 | 9 | 0 | 0 | 5 |
| 3 | 3 | 2 | 9 | 4 |
| 4 | 0 | 9 | 2 | 9 |
| 5 | 1 | 9 | 8 | 6 |
| 6 | 0 | 5 | 6 | 6 |

การจัดลำดับงานโดยโปรแกรม LEKIN Scheduler

โปรแกรม LEKIN Scheduler พบวิธีการจัดลำดับงาน โดยเวลาในการทำงานรวมเท่ากับ 52 ชั่วโมง มีลำดับงานจากสถานีนงานที่ 1-4 คือ 1-5-2-3, 1-4-5-6-3, 1-4-5-6-3 และ 1-4-2-5-6-3 ตามลำดับ

การจัดลำดับงานโดยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms)

ผลจากการทดลองจากการทดสอบ 20 ครั้งมีค่าเฉลี่ยของเวลาการทำงานรวมเท่ากับ 50.55 ชั่วโมง พบเวลาการทำงานรวมมากกว่า 52 ชั่วโมง 2 วิธี ได้ผลการทดลองเวลาในการทำงานรวมต่ำสุด 48 ชั่วโมง โดยมีลำดับงานจากสถานีนงานที่ 1-4 คือ 5-1-2-3, 1-6-3-4-5, 1-6-3-4-5 และ 1-2-6-3-4-5 ตามลำดับ แสดงตัวอย่างตารางเวลางานดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการจัดตารางเวลางานจากตัวอย่าง โดยวิธีเชิงพันธุกรรม (4 สถานีนงาน)

4.3 ตัวอย่างของปัญหาในการจัดลำดับงาน 6 ชนิดให้เครื่องจักร 10 สถานีนงาน

งานแต่ละงานเข้าสถานีนงาน และใช้เวลาทำงานบนเครื่องจักรในแต่ละสถานีนตามความสัมพันธ์ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เวลาการทำงานของงานต่างๆบน 10 สถานีนงาน

| P | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ | T ₆ | T ₇ | T ₈ | T ₉ | T ₁₀ |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 1 | 4 | 1 | 9 | 9 | 0 | 0 | 0 | 5 | 3 |
| 2 | 2 | 9 | 4 | 0 | 9 | 2 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 9 | 8 | 6 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 8 | 9 | 6 | 3 | 9 | 3 | 5 | 0 | 1 |
| 5 | 5 | 2 | 1 | 7 | 5 | 1 | 0 | 0 | 4 | 8 |
| 6 | 0 | 5 | 6 | 6 | 1 | 6 | 6 | 7 | 1 | 0 |

การจัดลำดับงานโดยโปรแกรม LEKIN Scheduler

โปรแกรม LEKIN Scheduler พบวิธีการจัดลำดับงาน โดยเวลาในการทำงานรวมเท่ากับ 60 ชั่วโมง มีลำดับงาน จากสถานีงานที่ 1-10 คือ 5-2-1, 4-5-6-2-1, 5-4-6-2-1, 3-5-4-6-1, 3-5-4-6-2-1, 3-5-4-6-2, 3-4-6-2, 4-6, 5-3-1-6 และ 5-3-4-1 ตามลำดับ

การจัดลำดับงานโดยวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms)

ผลจากการทดลองจากการทดสอบ 20 ครั้งมีค่าเฉลี่ย ของเวลาการทำงานรวมเท่ากับ 82.70 ชั่วโมง ได้ผลการ ทดลองเวลาในการทำงานรวมต่ำสุด 67 ชั่วโมง

จะเห็นได้ว่าการจัดลำดับงานโดยวิธีเชิงพันธุกรรม สามารถหาลำดับงานที่ใช้เวลาในการทำงานรวมที่รวดเร็ว กว่าวิธีของแคมเบลได้ คือ 32 ชั่วโมง ซึ่งเท่ากับเวลาที่ โปรแกรม LEKIN Scheduler ให้ผลลัพธ์ออกมา และบาง กรณีสามารถที่จะหาลำดับงานที่มีเวลาในการทำงานรวมที่ ต่ำกว่าเวลาที่โปรแกรม LEKIN Scheduler หาออกมาได้ แต่บางกรณีก็ได้ค่าเวลาการทำงานรวมที่สูงกว่าผลลัพธ์ ของโปรแกรม LEKIN Scheduler ซึ่งเกิดจากจำนวนของ สถานีงานและงานที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อความยาวของ โครโมโซมที่มียืนมากขึ้น ทำให้กระบวนการวิธีเชิง พันธุกรรมมีโอกาสพบลำดับงานที่มีประสิทธิภาพลดลง ดังนั้นในกรณีที่มีการกำหนดเวลาส่งงานและคิดค่าปรับ เวลาในการทำงานที่ลดลงนี้จะมีผลช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ เกิดขึ้นได้ อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานในการ จัดตารางการทำงาน ทั้งยังสามารถช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่าย ที่เกิดขึ้นระหว่างการเดินเครื่องจักรอีกทางหนึ่ง และลำดับ เข้างานในแต่ละสถานีไม่จำเป็นต้องเหมือนเดิม ทั้งนี้เพื่อ เพิ่มโอกาสในการหาทางเลือกที่ดีกว่าในการจัดตารางการ ทำงาน

5.สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้ แก้ปัญหาการจัดลำดับในการจัดตารางการทำงาน สามารถประยุกต์ใช้ในการจัดตารางการทำงานที่มีสถานี

งานหรือเครื่องจักรที่วางเรียงต่อกันเป็นอนุกรมได้มี ประสิทธิภาพมากกว่าในบางกรณีสำหรับปัญหาการ จัดลำดับงานขนาดกลาง และมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นจาก การที่ลำดับงานไม่จำเป็นต้องเข้าลำดับแบบเดิมในแต่ละ สถานี นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถกำหนดงานโดยไม่ จำเป็นต้องเข้าในทุกสถานีได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เป็น กรณีที่งานเข้าสู่สถานีงานตามลำดับเท่านั้น สำหรับการ วิจัยต่อไปควรคำนึงถึงกรณีอื่นๆด้วย เช่น งานสามารถ ย้อนกลับไปทำที่เครื่องจักรก่อนหน้าได้โดยไม่ต้องเรียง ตามลำดับที่มีอยู่เดิม

เอกสารอ้างอิง

- [1] จรินทร์ อาสาทรงธรรม, การสร้างความได้เปรียบในการ แข่งขัน (Competitive advantage) ในมิติด้านนวัตกรรม (Innovation), วารสารนักบริหารมหาวิทยาลัยกรุงเทพ เดือน เมษายน-มิถุนายน, 2548.
- [2] ปณิธาน พีรพัฒนา, เจเนติกส์อัลกอริทึมกับปัญหาการ วางผังโรงงาน, วิศวกรรมสาร มช.ปีที่ 33 ฉบับที่4, กรกฎาคม - สิงหาคม; น. 313 - 324, 2549.
- [3] สุจิตเวท สิ้นศิริ และ ธราธร กุลภัทรนิรันดร์, การ ออกแบบผังโรงงานที่สามารถกำหนดขนาดของแผนก ต่างๆ และขนาดของพื้นที่โรงงานด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม, การประชุมเชิงวิชาการประจำปี: การจัดการโลจิสติกส์และ โซ่อุปทาน (GTT) ครั้งที่ 7, พฤศจิกายน; น. 226-233, 2550.
- [4] วรณลักษณ์ เหล่าทวีทรัพย์, การจัดตารางการทำงาน ของพนักงานแบบสับเปลี่ยนหน้าที่การทำงานสำหรับโรง ภาพยนตร์, วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมสถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2545.
- [5] ชุมพล ศฤงคารศิริ. 2549. การวางแผนและควบคุมการผลิต. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริม เทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

การประยุกต์ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบผสม สำหรับการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อน

วัชรพันธ์ สุขเกิด และ ชีรเดช วุฒิพรพันธ์*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: teeradejw@kmutnb.ac.th*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการจัดตารางการผลิตขึ้นส่วนยานยนต์ของโรงงานตัวอย่าง ใช้เพียงประสบการณ์ของพนักงาน ทำให้การจัดตารางการผลิตในแต่ละครั้งได้ผลลัพธ์ที่ไม่เหมาะสม เช่น มีความล่าช้าสูง มีชิ้นงานค้างอยู่ในระบบนานเกินไป และยังใช้เวลาในการวางแผนโดยเฉลี่ยประมาณ 5 วัน งานวิจัยนี้นำเสนอระบบการจัดตารางการผลิตที่เรียกว่าวิธีการโครงข่ายประสาทเทียมแบบผสม (Hybrid Artificial Neural Network; HANN) โดยเริ่มจากการใช้วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm; GA) ในการหาคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) รวมถึงการหาค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอส (Connection Weight & Bias) ให้กับวิธีการโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network; ANN) โดยมีสมการเป้าหมายเพื่อหาค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดของผลรวมระหว่างค่าปรับความล่าช้าและค่าใช้จ่ายของงานที่ค้างอยู่ในระบบ (Tardiness and Flow time) จากการทดลองใช้วิธีการที่นำเสนอจัดตารางการผลิตให้กับ 520 คำสั่งผลิต ผลการทดลองพบว่าจากการใช้คำตอบเริ่มต้นชุดเดียวกัน วิธีการแบบ HANN จะให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการ ANN และยังพบว่าการใช้ GA ในการหาค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอสของวิธีการ HANN จะใช้เวลาในการประมวลผลสั้นกว่าการใช้วิธีการแพร่ค่าย้อนกลับ (Backpropagation) ซึ่งใช้อยู่ในวิธีการ ANN โดยทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ การจัดตารางการผลิต วิธีการโครงข่ายประสาทเทียม และวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

1. บทนำ

การจัดตารางการผลิตเป็นการจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมโดยพิจารณาเงื่อนไขและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ในการผลิต เช่น กำลังการผลิตของเครื่องจักร เงื่อนไขลำดับ ก่อน-หลัง (precedence) ของงาน เป็นต้น หากการจัดตารางการผลิตมีประสิทธิภาพที่ดีจะส่งผลให้สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ เช่น ค่าปรับเมื่อส่งมอบงานล่าช้า ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าคงคลัง เป็นต้น จากการศึกษาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีการเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic method) และวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization method) วิธีเมตาฮิวริสติกนั้นเหมาะสำหรับปัญหาที่มีงานจำนวนมากและมีเงื่อนไขซับซ้อนในการจัดตารางการผลิต ซึ่งวิธีการนี้สามารถหาคำตอบได้ใกล้เคียงคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Near optimal) ภายในระยะเวลาที่รวดเร็ว วิธีการเหล่านี้ได้แก่ วิธีการจำลองการอบอ่อน (Simulated Annealing) วิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นต้น ในขณะที่วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดนั้นเหมาะสำหรับปัญหาที่มีงานในการจัดตารางการผลิตไม่มากนักเพราะอาจใช้เวลาในการหาคำตอบ เช่น กำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) กำหนดการเชิงพลวัต (Dynamic Programming) เป็นต้น จากการศึกษาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการจัดตารางการผลิตพบว่ามีการใช้วิธีดังกล่าวข้างต้นอย่าง

กว้างขวาง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ วิธีการเชิงเดี่ยว (Single Approach) และวิธีการเชิงผสม (Hybrid Approach) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

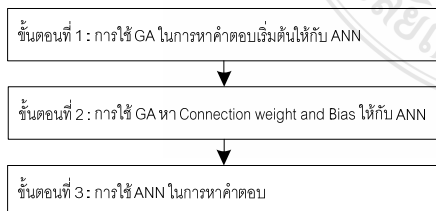
วิธีการเชิงเดี่ยว คือ การใช้วิธีการดังกล่าวข้างต้นเพียงวิธีการเดียวในการจัดตารางการผลิต โดยทำการเปรียบเทียบคำตอบกับวิธีการอื่น ๆ เพื่อให้ทราบประสิทธิภาพในการหาคำตอบของวิธีการนั้น ๆ งานวิจัยที่ใช้วิธีการเชิงเดี่ยวในการหาคำตอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ Chen and Luh (2003) [1] นำเสนอวิธีการลากรองจรีแล็คเซชัน (Lagrangian Relaxation) ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบตามงาน (Job Shop) ที่มีความยืดหยุ่นของลำดับก่อนหลังของกระบวนการบนเครื่องจักร โดยแบ่งเป็นปัญหาย่อย 2 ส่วน คือ แบบเครื่องจักรเดี่ยวและแบบเครื่องจักรขนาน ด้วยวิธี Surrogate Subgradient Method ผลการทดลองพบว่า วิธีการที่นำเสนอจะมีประสิทธิภาพดีกว่ากฎการจ่ายงานอย่างง่าย (Dispatching Rule) อย่างมีนัยสำคัญสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบตามงาน หลายปีต่อมา Kutanoglu and Wu (2006) [2] นำเสนอการใช้วิธีการลากรองจรีแล็คเซชัน ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบตามงานที่มีการยืดหยุ่นข้อจำกัดทางด้านกำลังการผลิตของเครื่องจักร โดยประยุกต์ใช้กับ 2 เทคนิค คือ วิธีการลากรองจรีแบบแยกส่วน (Lagrangian Decomposition) และวิธีการลากรองจรีแบบแทนที่ (Lagrangian Substitution) จากผลการทดลองพบว่าวิธีการลากรองจรีแล็คเซชันมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการลากรองจรีแบบแยกส่วน และวิธีการลากรองจรีแบบแทนที่ Karmakar and Mahanty (2010) [3] เสนอวิธีการจัดตารางการผลิตของโรงงานพ่นสีที่มีระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนที่มีความยืดหยุ่น มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเวลาปิดงานของระบบที่น้อยที่สุด โดยเปรียบเทียบวิธีการเชิงพันธุกรรมและทฤษฎีข้อจำกัด (Theory of Constraints) จากผลการทดลองพบว่าวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมได้คำตอบที่ดีและรวดเร็วกว่า

วิธีการเชิงผสม คือ วิธีการที่นำจุดเด่นของแต่ละวิธีการมารวมกันเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมี

ประสิทธิภาพมากขึ้น การใช้วิธีการเชิงผสมในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ Chen and Yao [4] และ Rivero *et al.* (2009) [5] นำเสนอการใช้วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ในการคิดค้นโครงข่ายและค้นหาค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยง (Connection Weight) ของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network; ANN) แทนการใช้วิธีการแพร่ค่าย้อนกลับ (Backpropagation) ในกระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) เนื่องจากวิธีการแพร่ค่าย้อนกลับใช้เวลานานและง่ายต่อการเข้าสู่ค่าเหมาะสมเฉพาะที่ (Local Optimum) ซึ่งจะส่งผลให้โครงข่ายประสาทเทียมไม่สามารถให้คำตอบที่แม่นยำในการแก้ปัญหาเหล่านั้น ๆ ได้ จากผลการทดลองพบว่าวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมสามารถค้นหาโครงข่ายที่เหมาะสมได้ อีกทั้งยังสามารถค้นหาค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าวิธีการแพร่ค่าย้อนกลับในกระบวนการฝึกฝนของโครงข่ายประสาทเทียม Tseng and Lin (2009) [6] นำเสนอการใช้วิธีการเชิงผสมระหว่างวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมและการค้นหาเฉพาะที่ 2 รูปแบบ คือ GA-IS (Insertion Search; IS) และ GA-ISCR (Insertion Search with Cut and Repair; ISCR) ซึ่งการค้นหาเฉพาะที่ทั้ง 2 รูปแบบ มีบทบาทในกระบวนการค้นหาที่แตกต่างกัน โดย IS เป็นการค้นหาพื้นที่ใกล้เคียงขนาดเล็ก แต่ ISCR เป็นการค้นหาเฉพาะที่ขนาดใหญ่ และมีการเพิ่มความหนาแน่นของการกลายพันธุ์ด้วยวิธีการแบบ Orthogonal-Array-based Crossover operator โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาทำงานอยู่ในระบบให้น้อยที่สุด ผลการทดลองพบว่า การค้นหาเฉพาะที่แบบ ISCR ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแต่จะใช้เวลาในการคำนวณที่นานกว่า ในปี 2010 Wuttipornpun [7] นำเสนอการแก้ปัญหาของระบบการวางแผนความต้องการวัสดุที่มีข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต (Finite Capacity Material Requirement Planning System; FCMRP) ในสายงานการประกอบแบบไหลเลื่อนที่มีขั้นตอนการประกอบ (Multi-stage Assembly Flow Shop) โดยใช้ระบบ FCMRP ร่วมกับกฎการจ่ายงานแบบ EDD (Earliest Due Date)

และ MST (Minimum Slack Time) และใช้ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ร่วมกับตัวชี้วัดประสิทธิภาพ ได้แก่ เวลาที่งานล่าช้า จำนวนงานล่าช้า เวลาที่งานเสร็จก่อน จำนวนงานเสร็จก่อน และเวลาที่งานอยู่ในระบบเฉลี่ย จากผลการทดลองพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถให้คำตอบที่ต้องการได้โดยการปรับตั้งค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสม และยังสามารถแก้ปัญหาเรื่องกำลังการผลิตในระบบการวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning System : MRP) ได้อีกด้วย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการใช้วิธีการเมตาฮิวริสติกแบบผสมอย่างเหมาะสมนั้นสามารถให้คำตอบที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการใช้วิธีการเชิงเดียว งานวิจัยนี้ผู้วิจัยนำเสนอระบบการจัดตารางการผลิตแบบผสมที่เรียกว่า Hybrid Artificial Neural Network (HANN) โดยการใช้วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม (GA) ในการหาคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) รวมถึงการใช้วิธีดังกล่าวในการหาค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอส (Connection Weight and Bias) ให้กับวิธีการโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) โดยมีสมการเป้าหมายเพื่อหาค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดของผลรวมระหว่างค่าปรับความล่าช้าและค่าใช้จ่ายของงานที่ค้างอยู่ในระบบ (Tardiness and Flow time) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบการจัดตารางการผลิตของโรงงานตัวอย่าง ขั้นตอนของวิธีการ HANN แสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. แนวคิดของวิธีการ HANN

งานวิจัยนี้ได้เลือกโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ที่มีสายการประกอบแบบไหลเลื่อนซึ่งมีเงื่อนไขและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องดังนี้

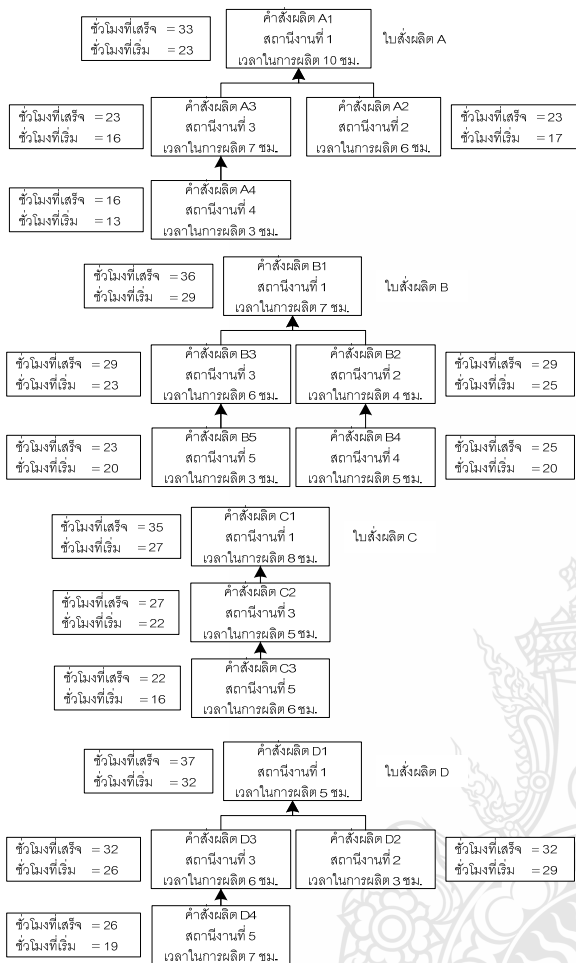
1. ผลิตภัณฑ์มีทั้งหมด 16 ชนิด แต่ละชนิดมีโครงสร้างในการผลิตที่แตกต่างกัน
2. ระบบการผลิตประกอบด้วย 21 สถานีงาน
3. คำสั่งผลิตบางคำสั่งสามารถดำเนินการผลิตบนสถานีงานหลักหรือสถานีงานรอง และคำสั่งผลิตบางคำสั่งสามารถดำเนินการผลิตบนสถานีงานหลักเท่านั้น (กำหนดจากทางโรงงาน)
4. การดำเนินการผลิตของทุก ๆ สถานีงาน จะดำเนินการ 8 ชั่วโมงต่อวัน และไม่อนุญาตให้มีการทำงานล่วงเวลา ตัวอย่างใบสั่งผลิต คำสั่งผลิต และสถานีงานหลัก และสถานีงานรองแสดงได้ดังตารางที่ 1 ส่วนตัวอย่างโครงสร้างผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2

ตารางที่ 1 ทางเลือกของคำสั่งผลิต

| ใบสั่งผลิต | คำสั่งผลิต | สถานีงานหลัก | สถานีงานรอง |
|------------|------------|---------------|---------------|
| A | A1 | สถานีงานที่ 1 | สถานีงานที่ 2 |
| | A2 | สถานีงานที่ 2 | - |
| | A3 | สถานีงานที่ 3 | สถานีงานที่ 4 |
| | A4 | สถานีงานที่ 4 | - |
| B | B1 | สถานีงานที่ 1 | สถานีงานที่ 2 |
| | B2 | สถานีงานที่ 2 | - |
| | B3 | สถานีงานที่ 3 | สถานีงานที่ 4 |
| | B4 | สถานีงานที่ 4 | - |
| | B5 | สถานีงานที่ 5 | สถานีงานที่ 6 |
| C | C1 | สถานีงานที่ 1 | สถานีงานที่ 2 |
| | C2 | สถานีงานที่ 3 | สถานีงานที่ 4 |
| | C3 | สถานีงานที่ 5 | สถานีงานที่ 6 |
| D | D1 | สถานีงานที่ 1 | สถานีงานที่ 2 |
| | D2 | สถานีงานที่ 2 | - |
| | D3 | สถานีงานที่ 3 | สถานีงานที่ 4 |
| | D4 | สถานีงานที่ 5 | สถานีงานที่ 6 |

จากรูปที่ 2 จะเห็นว่าบางผลิตภัณฑ์ เช่น ใบสั่งผลิต C มีโครงสร้างผลิตภัณฑ์เป็นแบบไหลเลื่อน ในขณะที่ใบสั่งผลิต A, B และ D มีโครงสร้างผลิตภัณฑ์เป็นแบบไหลเลื่อนผสมกับขั้นตอนการประกอบ (Assembly Flow Shop) นอกจากนี้ในรูปที่ 2 ยังแสดงถึงเวลาที่ต้องเริ่มทำการผลิตและเวลาที่ต้องทำการผลิตเสร็จสิ้นของแต่ละคำสั่งผลิตซึ่งคำนวณจากระบบ MRP รวมถึงสถานีงานหลักที่ต้องใช้อีกด้วย ยกตัวอย่างเช่น คำสั่งผลิต C3 ต้องเริ่มทำการผลิตชั่วโมงที่ 16 และต้องเสร็จชั่วโมงที่ 22 บนสถานีงานที่ 5

จากนั้นคำสั่งผลิต C2 จึงสามารถเริ่มทำงานที่ชั่วโมงที่ 22 และเสร็จที่ชั่วโมงที่ 27 บนสถานีงานที่ 3 เป็นต้น



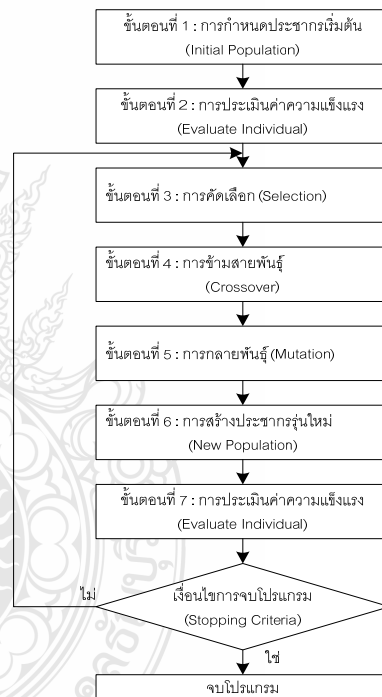
รูปที่ 2. โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตบนสถานีงานหลัก

2. การหาคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นอัลกอริทึมที่อิงกระบวนกรหาคำตอบมาจากแนวความคิดของชาร์ลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin) ในเรื่องของการอยู่รอดของผู้ที่แข็งแกร่งที่สุด (Survival of the Fittest) [8-9] วิธีการนี้มีลักษณะการค้นหาคำตอบแบบขนาน (Parallel Search) ในรูปแบบของโครโมโซม (Chromosome) ซึ่งโครโมโซมที่มีความแข็งแรงดีที่สุดจะเป็นตัวแทนของคำตอบที่แม่นยำ (Exact Solution) หรือคำตอบโดยประมาณ (Approximate Solution) วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมมีขั้นตอนใน

การหาคำตอบ 7 ขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 3

- ขั้นตอนที่ 1 ทำการเข้ารหัสโครโมโซมแบบวิธีเรียงสับเปลี่ยน (Permutation Encoding) และกำหนดประชากรเริ่มต้น (Initial Population) ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดประชากรเริ่มต้นเท่ากับ 5 โครโมโซม โดยใช้กฎการจ่ายงาน (Dispatching Rule) ในการสร้างประชากรเริ่มต้นจำนวน 3 โครโมโซม ได้แก่ EDD (Earliest Due Date), MST (Minimum Slack Time) และ SPT (Shortest Processing Time) และใช้การสุ่มแบบเรียงสับเปลี่ยน (Random Permutation) ในการสร้างประชากรเริ่มต้น 2 โครโมโซม แสดงดังตารางที่ 2 คอลัมน์ที่ 1, 2 และ 3



รูปที่ 3. วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

- ขั้นตอนที่ 2 การประเมินค่าความแข็งแรง (Evaluate Individual) ของโครโมโซมที่เป็นตัวแทนคำตอบในการจัดตารางการผลิตจะทำการประเมินด้วยสมการเป้าหมายของการจัดตารางการผลิต งานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะหาค่าน้อยที่สุดของผลรวมระหว่างค่าใช้จ่ายของความล่าช้าและค่าใช้จ่ายของการมีงานค้างอยู่ในระบบ โดยมีสมการเป้าหมายแสดงดังสมการที่ 1

$$\text{Minimize Total Cost } \sum_{i=1}^n CT_i Q_i t_i + \sum_{i=1}^n CF_i Q_i f_i \quad (1)$$

โดยที่

f_i คือ เวลาที่งาน i อยู่ในระบบ

t_i คือ เวลาล่าช้าของงาน i

CT_i คือ ค่าปรับเมื่องาน i ล่าช้าต่อขั้นต่อหน่วยเวลา

CF_i คือ ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บเมื่องาน i อยู่ในระบบต่อขั้นต่อหน่วยเวลา

Q_i คือ จำนวนของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

n คือ จำนวนงานทั้งหมด

โดยที่ f_i สามารถคำนวณได้จากเวลาที่งาน i เริ่มดำเนินการในระบบลบด้วยเวลาที่งาน i เสร็จสิ้น ในขณะที่ t_i คำนวณจากเวลาเสร็จงานของงาน i ลบด้วยเวลาที่ต้องการของงาน i ในกรณีที่เวลาเสร็จงานอยู่หลังเวลาที่ต้องการเท่านั้น โดยใช้ข้อมูลค่าใช้จ่ายที่แสดงดังตารางที่ 3 และข้อมูลจากรูปที่ 2 สามารถคำนวณผลลัพธ์ของขั้นตอนที่ 2 ได้ดังตารางที่ 2 คอลัมน์ที่ 4

หลักการคำนวณค่าความแข็งแรงโดยใช้สมการที่ (1) นั้นจะต้องนำคำสั่งผลิตทั้งหมดวางบนเครื่องจักร ซึ่งมีเงื่อนไขในการวางดังต่อไปนี้

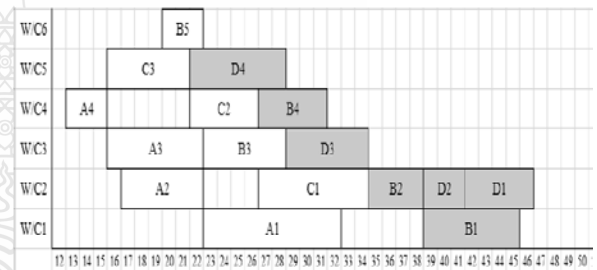
1. การวางคำสั่งผลิตบนเครื่องจักรจะถูกวางตามโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เท่านั้น
2. การวางคำสั่งผลิตจะเริ่มวางที่สถานีงานหลักก่อน แต่หากการวางคำสั่งผลิตบนสถานีงานรองทำให้เกิดเวลาล่าช้าของคำสั่งผลิตน้อยกว่าก็จะทำการวางคำสั่งผลิตบนสถานีงานรอง
3. การวางคำสั่งผลิตจะไม่อนุญาตให้วางคำสั่งผลิตก่อนเวลาเริ่มงาน
4. เครื่องจักรทุกเครื่องจะต้องมีลำดับของคำสั่งผลิตที่เหมือนกัน (Permutation Schedule [10])

ตารางที่ 2. การสร้างประชากรเริ่มต้น

| โครโมโซมที่ | วิธีการสร้างประชากรเริ่มต้น | ประชากรเริ่มต้น | ค่าความแข็งแรง f_k |
|-------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|
| 1 | EDD | A C B D | 269.500 |
| 2 | MST | A C D B | 274.625 |
| 3 | SPT | B D C A | 504.250 |
| 4 | การสุ่มครั้งที่ 1 | C A B D | 218.750 |
| 5 | การสุ่มครั้งที่ 2 | B C D A | 597.375 |
| | | รวม | 1864.5 |

ตารางที่ 3 ค่าปรับเมื่องานและค่าใช้จ่ายเมื่อมีงานค้าง

| ใบสั่งผลิต | จำนวน Q_i | ค่าปรับเมื่องานล่าช้า, CT_i (บาท/ชิ้น/วัน) | ค่าใช้จ่ายเมื่อมีงานค้างในระบบ, CF_i (บาท/ชิ้น/วัน) |
|------------|-------------|--|---|
| A | 1 | 150 | 3 |
| B | 1 | 120 | 2 |
| C | 1 | 100 | 1 |
| D | 1 | 80 | 1 |



รูปที่ 4. ตัวอย่างการวางงานบนเครื่องจักร

จากรูปที่ 4 แสดงการวางคำสั่งผลิตบนเครื่องจักรที่มีลำดับของใบสั่งผลิตตามโครโมโซมที่ 1 ได้แก่ A C B D ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าใบสั่งผลิตที่เกิดความล่าช้า คือ ใบสั่งผลิต B และใบสั่งผลิต D เนื่องจากใบสั่งผลิตเหล่านี้เสร็จหลังเวลาที่ต้องการ ซึ่งแสดงไว้แล้วดังรูปที่ 2 จากข้อมูลในตารางที่ 2, 3 และสมการที่ (1) สามารถแสดงรายละเอียดการคำนวณได้ดังนี้ ใบสั่งผลิต B เกิดความล่าช้า 10 ชั่วโมง คิดเป็น 1.25 วัน (1 วัน = 8 ชั่วโมง) คิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 150 บาท (1.25x1x120) ใบสั่งผลิต D เกิดความล่าช้า 10 ชั่วโมง คิดเป็น 1.25 วัน คิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 100 บาท (1.25x1x80) ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่งานล่าช้ารวมเท่ากับ 250 บาท ค่าใช้จ่ายของการมีงานค้างอยู่ในระบบจะถูกคำนวณสำหรับทุกใบสั่งผลิตที่เกี่ยวข้อง เริ่มจากใบสั่งผลิต A อยู่ในระบบเป็นเวลา 20 ชั่วโมง (33-13) คิดเป็น 2.5 วัน เกิดค่าใช้จ่ายขึ้นมีค่า

เท่ากับ 7.5 บาท ($3 \times 1 \times 2.5$) ใบบังผลิต B อยู่ในระบบเป็นเวลา 26 ชั่วโมง (46-20) คิดเป็น 3.25 วัน เกิดค่าใช้จ่ายขึ้นมีค่าเท่ากับ 6.5 บาท ($2 \times 1 \times 3.25$) ใบบังผลิต C อยู่ในระบบเป็นเวลา 19 ชั่วโมง (35-16) คิดเป็น 2.375 วัน เกิดค่าใช้จ่ายขึ้นมีค่าเท่ากับ 2.375 บาท ($1 \times 1 \times 2.375$) และใบบังผลิต D อยู่ในระบบเป็นเวลา 25 ชั่วโมง (47-22) คิดเป็น 3.125 วัน เกิดค่าใช้จ่ายขึ้นมีค่าเท่ากับ 3.125 บาท ($1 \times 1 \times 3.125$) ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเมื่อทำงานค้างอยู่ในระบบรวมเท่ากับ 19.5 บาท ($7.5 + 6.5 + 2.375 + 3.125$) ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมสำหรับตารางการผลิตที่มีลำดับของใบบังผลิต A C B D มีค่าเท่ากับ 269.5 บาท ($250 + 19.5$) ซึ่งค่าใช้จ่ายรวมนี้จะแสดงเป็นค่าความแข็งแรงของลำดับการผลิต A C B D ดังตารางที่ 2 คอลัมน์ที่ 4

- ขั้นตอนที่ 3 การคัดเลือก (Selection) เป็นการคัดเลือกโครโมโซมเพื่อนำไปทำการปรับปรุงค่าตอบให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ผู้วิจัยใช้วิธีการคัดเลือกด้วยวงล้อรูเล็ตต์ (Roulette Wheel) ร่วมกับวิธีการ Elitism ในการคัดเลือกโครโมโซมทั้งหมด 5 โครโมโซมเพื่อนำไปสร้างประชากรรุ่นใหม่ (New Generation) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วิธีการ Elitism เป็นวิธีการส่งผ่านโครโมโซมที่มีค่าความแข็งแรงดีที่สุด (ค่าต่ำสุด) ไปสู่ประชากรรุ่นใหม่ โดยไม่ต้องผ่านตัวดำเนินการเชิงพันธุกรรม (Crossover and Mutation) ผู้วิจัยกำหนดจำนวนการคัดเลือกด้วยวิธีการนี้เท่ากับ 1 โครโมโซม ดังนั้นจากประชากรเริ่มต้นในตารางที่ 2 โครโมโซมที่ได้รับการคัดเลือกเป็นประชากรรุ่นใหม่ด้วยวิธีนี้ได้แก่ โครโมโซมที่ 4 เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงดีที่สุด จากนั้นจะใช้วิธีการวงล้อรูเล็ตต์เพื่อคัดเลือกโครโมโซมไปดำเนินการเชิงพันธุกรรม [11] อีกจำนวน 4 โครโมโซม โดยใช้หลักความน่าจะเป็นในการคัดเลือก วิธีการนี้ใช้ค่าความแข็งแรงของแต่ละโครโมโซมในการสร้างสัดส่วนพื้นที่ (ความน่าจะเป็น) บนวงล้อ ซึ่งสามารถคำนวณโดยใช้สมการที่ (2) และ (3) เช่น โครโมโซมที่ 1 มีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 269.5 จะมีค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกเท่ากับ 0.855 (p_k) ดังตารางที่ 4 คอลัมน์ที่ 2 จากนั้นจะทำการคำนวณสัดส่วนพื้นที่บนวงล้อด้วยสมการที่ (3)

ดังนั้นโครโมโซมที่ 1 จะมีสัดส่วนพื้นที่บนวงล้อเท่ากับ 0.2138 เป็นต้น จากตารางที่ 4 คอลัมน์ที่ 3 และคอลัมน์ที่ 4 สามารถเขียนวงล้อรูเล็ตต์ได้ดังรูปที่ 5

$$p_k = 1 - \left[\frac{f_k}{\sum_{k=1}^n f_k} \right] \quad (2)$$

$$p_r = \frac{p_k}{\sum_{k=1}^n p_k} \quad (3)$$

โดยที่

f_k คือ ค่าความแข็งแรงของโครโมโซมที่ k

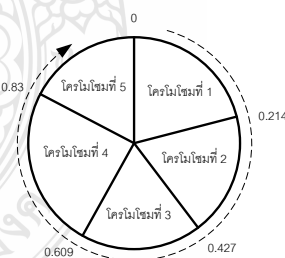
p_k คือ ความน่าจะเป็นในการคัดเลือกโครโมโซมที่ k

p_r คือ สัดส่วนพื้นที่บนวงล้อรูเล็ตต์

n คือ จำนวนโครโมโซมในประชากร

ตารางที่ 4. สัดส่วนพื้นที่บนวงล้อรูเล็ตต์

| โครโมโซมที่ | ความน่าจะเป็นในการคัดเลือก, p_k | สัดส่วนพื้นที่, p_r | สัดส่วนสะสม |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------|
| 1 | 0.855 | 0.214 | 0.214 |
| 2 | 0.853 | 0.213 | 0.427 |
| 3 | 0.730 | 0.182 | 0.609 |
| 4 | 0.883 | 0.221 | 0.83 |
| 5 | 0.680 | 0.170 | 1 |
| รวม | 4 | 1 | |



รูปที่ 5. วงล้อรูเล็ตต์ของคัดเลือกโครโมโซมให้กับวิธี GA เพื่อหาค่าตอบเริ่มต้นให้กับวิธี ANN

จากรูปที่ 5 แสดงการคัดเลือกด้วยวงล้อรูเล็ตต์ การคัดเลือกจะทำการสุ่มค่าที่อยู่ในช่วง 0 - 1 ที่เป็นตัวแทนสัดส่วนพื้นที่บนวงล้อรูเล็ตต์ เช่น การสุ่มครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.3816 จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากการสุ่มตกในสัดส่วนพื้นที่ของโครโมโซมที่ 2 ดังนั้นโครโมโซมที่ 2 คือ A C D B จะได้รับการคัดเลือก ซึ่งการสุ่มครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4

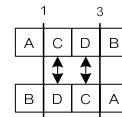
จะทำเช่นเดียวกันกับการสุ่มครั้งที่ 1 หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการจะได้โครโมโซมใหม่จำนวน 4 โครโมโซมแสดงดังตารางที่ 5 ตามต้องการเพื่อนำไปปรับปรุงคำตอบด้วยตัวดำเนินการเชิงพันธุกรรมต่อไป

ตารางที่ 5. การสุ่มการคัดเลือกโครโมโซมด้วยวงล้อรูเล็ต

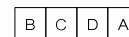
| สุ่มครั้งที่ | เลขสุ่ม | โครโมโซมที่ได้รับคัดเลือก | รหัสโครโมโซม |
|--------------|---------|---------------------------|--------------|
| 1 | 0.3816 | 2 | A C D B |
| 2 | 0.5235 | 3 | B D C A |
| 3 | 0.6948 | 4 | C A B D |
| 4 | 0.0462 | 1 | A C B D |

- ขั้นตอนที่ 4 การข้ามสายพันธุ์ (Crossover) คือตัวดำเนินการพันธุกรรมในการพัฒนาความแข็งแรงของโครโมโซม โดยผู้วิจัยใช้วิธีการข้ามสายพันธุ์แบบจับคู่เป็น ส่วน (Partially Mapped Crossover : PMX) เนื่องจากวิธีการนี้เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถให้คำตอบที่ดีที่สุด [12] ซึ่งโอกาสในการข้ามสายพันธุ์จะขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการข้ามสายพันธุ์ (Crossover Probability : P_c) งานวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดค่า P_c ไว้ที่ 0.9 โดยเปรียบเทียบกับความน่าจะเป็นที่ได้จากการสุ่ม หากความน่าจะเป็นที่ได้จากการสุ่มมีค่าน้อยกว่าความน่าจะเป็นในการข้ามสายพันธุ์ที่กำหนด โครโมโซมคู่นั้นจะทำการข้ามสายพันธุ์ แต่ในทางกลับกันหากความน่าจะเป็นที่ได้จากการสุ่มมีค่ามากกว่าความน่าจะเป็นในการข้ามสายพันธุ์ที่กำหนด โครโมโซมคู่นั้นจะถูกส่งผ่านไปยังขั้นตอนถัดไปโดยไม่ผ่านขั้นตอนการข้ามสายพันธุ์ ดังนั้นจากค่า P_c ที่ตั้งไว้จะทำให้เกิดการข้ามสายพันธุ์บ่อยครั้ง สมมติว่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการสุ่มมีค่าเท่ากับ 0.72 ดังนั้นโครโมโซม 2 ลำดับแรกจากตารางที่ 5 จะต้องถูกนำมาทำการข้ามสายพันธุ์ ซึ่งได้แก่ โครโมโซมที่ 2 (พ่อ) และ โครโมโซมที่ 3 (แม่) จากนั้นจะทำการสุ่มตำแหน่งในการข้ามสายพันธุ์ของโครโมโซมพ่อและแม่ ยกตัวอย่างเช่น ได้ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3 แสดงดังรูปที่ 6 หลังจากนั้นจะทำการข้ามสายพันธุ์โดยทำการสลับยีน (Gene) ที่อยู่ระหว่างตำแหน่งที่ได้จากการสุ่มของโครโมโซมพ่อและแม่ ซึ่งยีนที่อยู่ระหว่างตำแหน่งของโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ คือ C, D และ D, C

ตามลำดับ หลังจากสลับที่แล้วจะได้โครโมโซมรุ่นลูก (Offspring) จำนวน 2 โครโมโซมแสดงดังรูปที่ 7



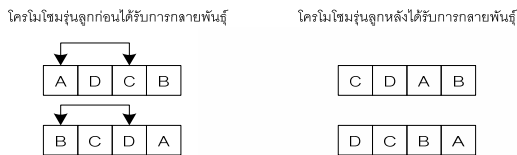
รูปที่ 6. โครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่



รูปที่ 7. โครโมโซมรุ่นลูกที่ได้จากการข้ามสายพันธุ์

- ขั้นตอนที่ 5 การกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นตัวดำเนินการเชิงพันธุกรรมอีกหนึ่งตัวที่ใช้ในการพัฒนาคำตอบหรือเป็นการค้นหาคำตอบใกล้เคียงโดยทำการสลับยีนภายในโครโมโซม ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำให้คำตอบหลุดออกจากคำตอบเฉพาะที่ [13] วิธีการกลายพันธุ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบไหลเลื่อนนั้นจะมีอยู่หลายวิธี เช่น การกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง (Swap Mutation) การกลายพันธุ์แบบผกผัน (Inverse Mutation) และการกลายพันธุ์แบบแทรก (Insert Mutation) ซึ่งจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตพบว่าแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพที่ไม่แตกต่างกัน [14] งานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง โดยการกลายพันธุ์ของแต่ละโครโมโซมจะขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (Mutation Probability : P_m) ซึ่งมีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับค่า P_c และกำหนดไว้ที่ 0.01 เนื่องจากไม่ต้องการให้มีโอกาสกลายพันธุ์มากเพราะจะทำให้วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมกลายเป็นวิธีการค้นหาคำตอบแบบสุ่ม [13] ตัวอย่างการกลายพันธุ์ของโครโมโซมลูกที่ได้จากการข้ามสายพันธุ์ เริ่มจากการสุ่มโอกาสในการกลายพันธุ์ของแต่ละโครโมโซม สมมติว่าได้ค่าเลขสุ่มเท่ากับ 0.006 และ 0.0031 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า P_m ทำให้โครโมโซมลูกทั้ง 2 ตัว ได้รับการกลายพันธุ์ จากนั้นจะทำการสุ่มตำแหน่งการกลายพันธุ์ของแต่ละโครโมโซมเท่ากับ 2 ตำแหน่ง สมมติว่าได้ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3 ของโครโมโซม

ลูกทั้ง 2 ตัว จากนั้นทำการสลับที่ระหว่างยีนของตำแหน่งดังกล่าว จะทำให้ได้โครโมโซมใหม่จำนวน 2 โครโมโซมแสดงดังรูปที่ 8 ขั้นตอนที่ 4 และ 5 จะถูกใช้กับโครโมโซมที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ทั้งหมดและเกิดโครโมโซมขึ้นใหม่จากทั้ง 2 ขั้นตอนจำนวน 4 โครโมโซม



รูปที่ 8. โครโมโซมที่ได้หลังจากทำการกลายพันธุ์

- ขั้นตอนที่ 6 การสร้างประชากรรุ่นใหม่จะใช้โครโมโซมที่ได้รับการคัดเลือกจากวิธีการ Elitism 1 โครโมโซมกับโครโมโซมที่ผ่านกระบวนการกลายพันธุ์อีก 4 โครโมโซม โดยแทนที่ประชากรรุ่นเก่าเพื่อนำไปปรับปรุงคำตอบในรอบถัดไป ดังตารางที่ 6 คอลัมน์ที่ 2 และคอลัมน์ที่ 3

ตารางที่ 6 ประชากรรุ่นใหม่

| วิธีการ | โครโมโซมที่ | รหัสโครโมโซม | ความแข็งแรง f_k |
|------------------------|-------------|--------------|-------------------|
| Elitism | 1 | C A B D | 218.75 |
| Crossover and Mutation | 2 | C D A B | 665.50 |
| Crossover and Mutation | 3 | D C B A | 815.25 |
| Crossover and Mutation | 4 | B C A D | 600.75 |
| Crossover and Mutation | 5 | B A C D | 516.37 |

- ขั้นตอนที่ 7 ทำการประเมินค่าความแข็งแรงของแต่ละโครโมโซมด้วยสมการที่ (1) แสดงดังตารางที่ 6 คอลัมน์ที่ 4 จากนั้นจะทำการตรวจสอบเงื่อนไขในการหยุด (Stopping Criteria) เช่น เวลาที่กำหนด (Time Limit) จำนวนการกำเนิดประชากรรุ่นใหม่ (Generation) เป็นต้น หากเงื่อนไขเป็นจริงจะทำการเลือกคำตอบที่ดีที่สุดจากค่าความแข็งแรง หากเงื่อนไขการหยุดยังไม่ถูกต้องจะทำการส่งประชากรรุ่นใหม่ไปทำการวนซ้ำในขั้นตอน การคัดเลือก การข้ามสายพันธุ์ และการกลายพันธุ์ ต่อไป และจากการวนซ้ำจนครบเงื่อนไข พบว่าคำตอบที่เหมาะสมของตัวอย่างนี้ ได้แก่ การผลิตใบสั่ง A B C และ D ตามลำดับ ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมเท่ากับ 162.375 บาท

3. การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการโครงข่ายประสาทเทียม

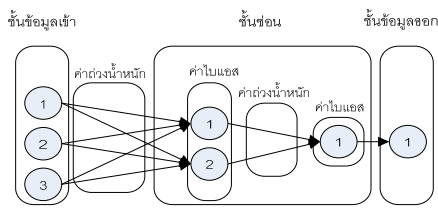
วิธีการโครงข่ายประสาทเทียมเป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ที่ได้จากประสบการณ์ และสามารถนำความรู้เหล่านั้นมาใช้ในการภายหลังได้ [15-16] โดยโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการแก้ปัญหการจัดตารางการผลิตของปัญหาตัวอย่างคือโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าหลายชั้น (Multiple Layer Feed Forward Network) ประกอบด้วยชั้นข้อมูลเข้า (Input Layer) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และชั้นข้อมูลออก (Output Layer) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ชั้นข้อมูลเข้า เป็นการคัดเลือกลักษณะสำคัญของปัญหาเพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถรู้ถึงพฤติกรรมของข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างลักษณะสำคัญโดยใช้ตัวอย่างเดียวกันกับที่ผ่านมา ซึ่งประกอบไปด้วย เวลาในการผลิต เวลาส่งมอบ และ จำนวนคำสั่งผลิต แสดงดังตารางที่ 7 ดังนั้นชั้นข้อมูลเข้าจะประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทจำนวน 3 เซลล์

ตารางที่ 7. ลักษณะสำคัญของปัญหาในชั้นข้อมูลเข้า

| เซลล์ประสาทที่ | ลักษณะที่สำคัญ | ใบสั่งผลิต | | | |
|----------------|-----------------------------------|------------|----|----|----|
| | | A | B | C | D |
| 1 | เวลาในการผลิต | 26 | 24 | 19 | 23 |
| 2 | เวลาส่งมอบ | 33 | 36 | 35 | 37 |
| 3 | จำนวนคำสั่งผลิตของแต่ละใบสั่งผลิต | 4 | 5 | 3 | 4 |

ชั้นซ่อน การกำหนดจำนวนชั้นซ่อนและจำนวนเซลล์ประสาทนั้นยังไม่มีวิธีการใดที่สามารถบอกได้ว่าจะต้องมีชั้นซ่อนจำนวนกี่ชั้นและจำนวนเซลล์ประสาทในแต่ละชั้นซ่อนจำนวนกี่เซลล์ [17] แต่สามารถใช้วิธีการลองผิดลองถูกในการกำหนด โดยการปรับเพิ่มหรือลดลงจนกว่าค่าวัตถุประสงค์มีค่าน้อยที่สุดหรืออยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ งานวิจัยนี้ได้กำหนดจำนวนชั้นซ่อนเท่ากับ 2 ชั้น และมีจำนวนเซลล์ประสาท (วงกลม) ในชั้นซ่อนแต่ละชั้นเท่ากับ 2-1 ตามลำดับแสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9. ตัวอย่างโครงข่ายประสาทเทียม

ชั้นข้อมูลออก เป็นชั้นที่แสดงคำตอบของลำดับตารางการผลิต โดยในกระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) จะใช้คำตอบที่ได้จากวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมคือการผลิตไปสั่ง A, B, C และ D ตามลำดับ จากนั้นจะคำนวณค่าเป้าหมาย (Output target) ด้วยสมการที่ (4) ซึ่งค่าข้อมูลออกเป้าหมายจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.1-0.9 [18] แสดงดังตารางที่ 8

$$Output\ Target(i) = 0.1 + 0.8 \left(\frac{i-1}{n-1} \right) ; i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

โดยที่ $Output\ Target(i)$ คือ ข้อมูลออกเป้าหมายที่มีลำดับในตารางการผลิตลำดับที่ i และ n คือ จำนวนไปสั่งผลิต

ตารางที่ 8. ตัวอย่างค่าเป้าหมายเป้าหมาย ($n = 4$)

| ค่าตอบเริ่มต้น | A | B | C | D |
|-----------------------------|-----|-------|-------|-----|
| ลำดับในตารางการผลิต (i) | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ค่าเป้าหมาย | 0.1 | 0.366 | 0.633 | 0.9 |

จากค่าเป้าหมายที่ได้ กระบวนการเรียนรู้ของวิธีการโครงข่ายประสาทเทียมจะทำการคำนวณหาค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอส (Connection weight and Bias) ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้วิธีการแพร่ค่าย้อนกลับ (Back propagation) และตัดสินใจโดยใช้ค่าผิดพลาดยกกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) ระหว่างค่าเป้าหมาย (Output Target) ที่ต้องการกับค่าเป้าหมายจริง (Output Actual) ที่เกิดขึ้นที่ยอมรับได้เป็นตัวกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอสที่เหมาะสม ดังแสดงในสมการที่ (5)

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Output\ Target_i - Output\ Actual_i)^2}{n} ; i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

โดยที่

$Output\ Target_i$ คือ ค่าเป้าหมายของงานในลำดับที่ i

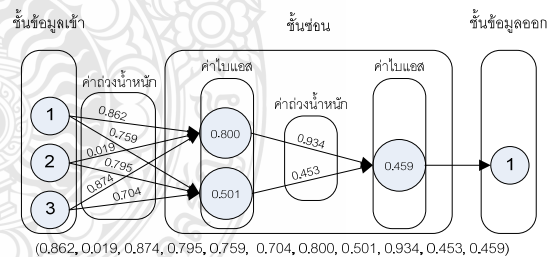
$Output\ Actual_i$ คือ ข้อมูลออกจากโครงข่ายประสาทเทียมของงานในลำดับที่ i

n คือจำนวนไปสั่งผลิตทั้งหมด

4. การใช้วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

การใช้วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการหาค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอสให้กับกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม จะมีขั้นตอนที่คล้ายคลึงกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมที่ได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อที่ผ่านมา ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากการเข้ารหัสโครโมโซมของค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอส เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจผู้วิจัยขอยกตัวอย่างโครงข่ายประสาทเทียมที่ประกอบด้วย ชั้นข้อมูลเข้า 3 เซลล์ประสาท ชั้นซ่อน 2 ชั้น แต่ละชั้นมีเซลล์ประสาท 2 และ 1 เซลล์ประสาท ตามลำดับ และชั้นข้อมูลออก 1 เซลล์ประสาท แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10. การเข้ารหัสโครงข่ายประสาทเทียมตัวอย่าง

การเข้ารหัสค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอสจะใช้การสุ่มเลขจำนวนจริง ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 10 เช่น ค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงของเซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลเข้าที่เชื่อมโยงกับเซลล์ประสาทที่ 1 ในชั้นซ่อนที่ 1 จะถูกนำมาทำการเข้ารหัสในยีนที่ 1 เท่ากับ 0.862 ยีนที่ 2 เท่ากับ 0.019 และยีนที่ 3 เท่ากับ 0.874 ตามด้วยการเชื่อมโยงของเซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลเข้าที่เชื่อมโยงกับเซลล์ประสาทที่ 2 ในชั้นซ่อนที่ 1 จะถูกนำมาทำการ

เข้ารหัสในยีนที่ 4 เท่ากับ 0.759 ยีนที่ 5 เท่ากับ 0.795 และยีนที่ 6 เท่ากับ 0.704 และการเข้ารหัสค่าไบแอสของเซลล์ประสาทในชั้นซ่อนที่ 1 จะถูกเข้ารหัสในตำแหน่งที่ 7 เท่ากับ 0.8 และตำแหน่งที่ 8 เท่ากับ 0.501 การเชื่อมโยงของชั้นซ่อนที่ 1 กับเซลล์ประสาทในชั้นซ่อนที่ 2 จะถูกเข้ารหัสในตำแหน่งที่ 9 และ 10 คือ 0.934 และ 0.453 ตามลำดับ ค่าไบแอสของชั้นซ่อนที่ 2 จะถูกเข้ารหัสในตำแหน่งที่ 11 เท่ากับ 0.459 เป็นต้น ผู้วิจัยกำหนดประชากรเริ่มต้นเท่ากับ 5 โครโมโซมแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ประชากรเริ่มต้นของวิธีการแบบผสม

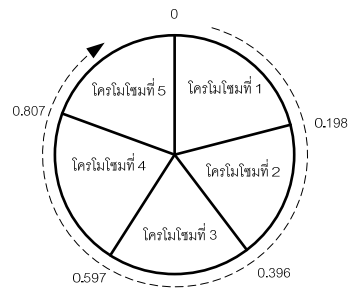
| โครโมโซม | ค่าจากการสุ่ม |
|----------|---|
| 1 | (0.862, 0.759, 0.019, 0.795, 0.874, 0.704, 0.800, 0.501, 0.934, 0.453, 0.459) |
| 2 | (0.966, 0.586, 0.184, 0.457, 0.633, 0.775, 0.630, 0.541, 0.594, 0.509, 0.554) |
| 3 | (0.760, 0.822, 0.027, 0.494, 0.292, 0.823, 0.232, 0.345, 0.593, 0.929, 0.041) |
| 4 | (0.247, 0.927, 0.935, 0.426, 0.292, 0.806, 0.381, 0.291, 0.739, 0.451, 0.802) |
| 5 | (0.676, 0.638, 0.484, 0.892, 0.246, 0.254, 0.453, 0.704, 0.373, 0.637, 0.672) |

- ขั้นตอนที่ 2 การประเมินค่าความแข็งแรงของค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอสจะประเมินด้วยค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ซึ่งจะไม่ขอกว่าในขั้นนี้

- ขั้นตอนที่ 3 การคัดเลือก ผู้วิจัยใช้การคัดเลือกเช่นเดียวกับขั้นตอนเชิงพันธุกรรมที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น คือ การคัดเลือกด้วยวิธีการ Elitism 1 โครโมโซม และวิธีการวงล้อรูเล็ต 4 โครโมโซม ดังนั้นโครโมโซมที่ 4 จะถูกนำไปสร้างประชากรรุ่นใหม่ และอีก 4 โครโมโซม จะถูกคัดเลือกด้วยวิธีการวงล้อรูเล็ต โดยสัดส่วนพื้นที่ที่สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2) และ (3) ดังตารางที่ 10 คอลัมน์ที่ 3 และ 4 วงล้อรูเล็ตและผลการคัดเลือกด้วยวงล้อรูเล็ตแสดงดังรูปที่ 11 และตารางที่ 11 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 สัดส่วนพื้นที่บนวงล้อรูเล็ต

| โครโมโซม | ค่าความแข็งแรง f_k | ความน่าจะเป็นในการคัดเลือก P_k | สัดส่วนพื้นที่ P_r | สัดส่วนสะสม |
|----------|----------------------|----------------------------------|----------------------|-------------|
| 1 | 0.2766 | 0.792342342 | 0.198 | 0.198 |
| 2 | 0.2769 | 0.792117117 | 0.198 | 0.396 |
| 3 | 0.2601 | 0.80472973 | 0.201 | 0.597 |
| 4 | 0.2172 | 0.836936937 | 0.209 | 0.807 |
| 5 | 0.3012 | 0.773873874 | 0.193 | 1 |
| รวม | 1.332 | 4 | 1 | |



รูปที่ 11. วงล้อรูเล็ตเพื่อหาค่า Weight และค่า Bias

ตารางที่ 11 ตารางการสุ่มการคัดเลือกโครโมโซม

| สุ่มครั้งที่ | เลขสุ่ม | โครโมโซมที่ได้รับคัดเลือก |
|--------------|---------|---------------------------|
| 1 | 0.2003 | 2 |
| 2 | 0.0146 | 1 |
| 3 | 0.7632 | 4 |
| 4 | 0.5675 | 3 |

- ขั้นตอนที่ 4 การข้ามสายพันธุ์ ผู้วิจัยใช้วิธีการข้ามสายพันธุ์แบบยูนิฟอร์ม (Uniform Crossover) เนื่องจากวิธีการข้ามสายพันธุ์แบบยูนิฟอร์มเป็นวิธีการที่มีความเป็นแบบแผนในการข้ามสายพันธุ์ว่าการข้ามสายพันธุ์แบบหนึ่งตำแหน่ง (One-point Crossover) และแบบสองตำแหน่ง (Two-point Crossover) [19] โดยผู้วิจัยกำหนดความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ (P_c) เท่ากับ 0.9 สมมติว่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการสุ่มมีค่าเท่ากับ 0.65 ดังนั้นโครโมโซม 2 ลำดับแรก (จากตารางที่ 11) ที่จะต้องถูกทำการข้ามสายพันธุ์ ได้แก่ โครโมโซมที่ 2 และ โครโมโซมที่ 1 จากนั้นจะทำการสุ่มเลขฐานสองเท่ากับขนาดความยาวของโครโมโซม โดยเลขที่สุ่มนั้นจะเป็นตัวกำหนดว่าโครโมโซมลูกตัวที่ 1 และโครโมโซมลูกตัวที่ 2 จะได้รับยีนจากโครโมโซมพ่อหรือโครโมโซมแม่ ยกตัวอย่างเช่น สุ่มเลขฐานสองได้เท่ากับ 11010010110 ดังนั้นโครโมโซมลูกตัวที่ 1 จะได้รับยีนจากโครโมโซมพ่อในตำแหน่งที่ 1, 2, 4, 7, 9 และ 10 และได้รับยีนจากโครโมโซมแม่ที่ตำแหน่งที่ 3, 5, 6, 8 และ 11 โครโมโซมลูกตัวที่ 2 จะได้รับยีนจากโครโมโซมแม่ในตำแหน่งที่ 1, 2, 4, 7, 9 และ 10 และได้รับยีนจากโครโมโซมพ่อในตำแหน่งที่ 3, 5, 6, 8 และ 11 เป็นต้น ผลลัพธ์จากการข้ามสายพันธุ์แสดงดังรูปที่ 12 ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในขั้นตอนถัดไป เพื่อเป็นการปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้น

(0.966, 0.586, 0.184, 0.457, 0.633, 0.775, 0.630, 0.541, 0.594, 0.509, 0.554)
 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0
 (0.862, 0.759, 0.019, 0.795, 0.874, 0.704, 0.800, 0.501, 0.934, 0.453, 0.459)

โครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่

(0.966, 0.586, 0.019, 0.457, 0.874, 0.704, 0.630, 0.501, 0.594, 0.509, 0.459)
 (0.862, 0.759, 0.184, 0.795, 0.633, 0.775, 0.800, 0.541, 0.934, 0.453, 0.554)

โครโมโซมลูกที่ได้ หลังจากการข้ามสายพันธุ์

รูปที่ 12. การข้ามสายพันธุ์แบบยูนิฟอร์ม

- ขั้นตอนที่ 5 การกลายพันธุ์ของการหาค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอสนั้นจะไม่เหมือนกับการกลายพันธุ์ของการจัดตารางการผลิต ในขั้นตอนนี้จะทำการสุ่มค่าตัวเลขขึ้นมาแทนตำแหน่งที่ได้รับการกลายพันธุ์ ผู้วิจัยใช้วิธีการกลายพันธุ์แบบยูนิฟอร์ม (Uniform Mutation) และกำหนดความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ไว้ที่ 0.01 เปรียบเทียบกับความน่าจะเป็นที่สุ่มขึ้นมาของแต่ละยีนในโครโมโซมจากนั้นตำแหน่งดังกล่าวจะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขที่ได้จากการสุ่มแบบยูนิฟอร์ม เช่น จากรูปที่ 13 จะเห็นว่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ของโครโมโซมลูกตัวที่ 1 ในตำแหน่งยีนที่ 3 และตำแหน่งยีนที่ 7 มีค่าเท่ากับ 0.001 และ 0.008 ทำให้ตำแหน่งดังกล่าวถูกแทนที่ด้วยตัวเลขที่ได้จากการสุ่มแบบยูนิฟอร์มเท่ากับ 0.416 และ 0.361 ตามลำดับ แต่โครโมโซมลูกตัวที่ 2 ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ที่ได้จากการสุ่มมีค่ามากกว่าความน่าจะเป็นที่กำหนด ทำให้โครโมโซมลูกตัวที่ 2 ถูกส่งผ่านไปยังประชากรใหม่ทันที ผลที่ได้จากการกลายพันธุ์ดังรูปที่ 14

[0.430, 0.988, 0.001, 0.406, 0.407, 0.413, 0.008, 0.976, 0.286, 0.199, 0.695]
 ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ของยีนในโครโมโซมลูกตัวที่ 1

(0.966, 0.586, 0.019, 0.457, 0.874, 0.704, 0.630, 0.501, 0.594, 0.509, 0.459)
 โครโมโซมลูกตัวที่ 1

[0.510, 0.054, 0.711, 0.656, 0.650, 0.055, 0.868, 0.114, 0.251, 0.750, 0.211]
 ความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ของยีนในโครโมโซมลูกตัวที่ 2

(0.862, 0.759, 0.184, 0.795, 0.633, 0.775, 0.800, 0.541, 0.934, 0.453, 0.554)
 โครโมโซมลูกตัวที่ 2

รูปที่ 13. การกลายพันธุ์แบบยูนิฟอร์ม

(0.966, 0.586, 0.416, 0.457, 0.874, 0.704, 0.361, 0.501, 0.594, 0.509, 0.459)
 (0.862, 0.759, 0.184, 0.795, 0.633, 0.775, 0.800, 0.541, 0.934, 0.453, 0.554)

โครโมโซมลูกที่ได้ หลังจากการกลายพันธุ์

รูปที่ 14. ผลการกลายพันธุ์แบบยูนิฟอร์ม

- ขั้นตอนที่ 6 การสร้างประชากรรุ่นใหม่จะได้รับโครโมโซมจากวิธีการ Elitism 1 โครโมโซม และจากการคัดเลือกด้วยวงล้อรูเล็ตต์ผ่านตัวดำเนินการเชิงพันธุกรรมอีก 4 โครโมโซม แสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ประชากรใหม่

| โครโมโซม | รหัสโครโมโซม |
|----------|---|
| 1 | (0.247, 0.927, 0.935, 0.426, 0.292, 0.806, 0.381, 0.291, 0.739, 0.451, 0.802) |
| 2 | (0.966, 0.586, 0.416, 0.457, 0.874, 0.704, 0.361, 0.501, 0.594, 0.509, 0.459) |
| 3 | (0.862, 0.759, 0.184, 0.795, 0.633, 0.775, 0.800, 0.541, 0.934, 0.453, 0.554) |
| 4 | (0.247, 0.927, 0.634, 0.494, 0.292, 0.823, 0.734, 0.291, 0.739, 0.451, 0.802) |
| 5 | (0.760, 0.822, 0.027, 0.426, 0.292, 0.806, 0.232, 0.345, 0.593, 0.929, 0.041) |

- ขั้นตอนที่ 7 การประเมินค่าความแข็งแรงด้วยสมการที่ (5) แสดงดังตารางที่ 13 เพื่อใช้เปรียบเทียบในเงื่อนไขการหยุดของวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม หรือใช้ในขั้นตอนการคัดเลือกในรอบถัดไป

ตารางที่ 13. ค่าความแข็งแรง

| วิธีการ | โครโมโซมที่ | ค่าความแข็งแรง |
|------------------------|-------------|----------------|
| Elitism | 1 | 0.2172 |
| Crossover and Mutation | 2 | 0.2819 |
| Crossover and Mutation | 3 | 0.2716 |
| Crossover and Mutation | 4 | 0.2255 |
| Crossover and Mutation | 5 | 0.2512 |

5. การออกแบบการทดลอง

การทดลองในงานวิจัยนี้จะเป็นการทดสอบคำตอบที่ได้จากวิธีการ HANN และวิธีการ ANN โดยจะทำการทดสอบกับข้อมูลใบสั่งผลิตจำนวน 80 ใบ จำนวน 5 ชุด ข้อมูล และวิเคราะห์ผลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบทีละคู่ (Tukey's test) พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาคำตอบของวิธีการ HANN และวิธีการ ANN แสดงได้ดังตารางที่ 14

6. ผลการทดลอง

ผลการทดลองจากวิธีการต่าง ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 15 จากตารางที่ 15 พบว่าวิธีการ HANN และวิธีการ ANN จะให้คำตอบที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตัวเลขในวงเล็บจะแสดงถึงลำดับที่ได้จากการตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey (ค่าน้อยดีกว่าค่ามาก) และยังพบว่า ขณะที่ใช้เวลาในการประมวลผลเท่ากันวิธีการ HANN จะให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีการ ANN ทั้งด้าน ค่าใช้จ่ายเมื่อมีงานค้างในระบบ ค่าปรับเมื่อส่งงานล่าช้า และค่าใช้จ่ายรวม ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการ GA สามารถหาค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอสได้เหมาะสมกว่าวิธีการแพร่ค่าย้อนกลับ ซึ่งทำให้ได้ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ต่ำกว่า

ตารางที่ 14. พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

| พารามิเตอร์ | การหาคำตอบเริ่มต้น | การหาค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอส |
|----------------------|--------------------------|--|
| ประชากรเริ่มต้น | 20 โครโมโซม | 20 โครโมโซม |
| วิธีการคัดเลือก | วิธีการวงล้อสุ่ม | วิธีการวงล้อสุ่ม |
| Pc | 0.9 | 0.9 |
| วิธีการข้ามสายพันธุ์ | วิธีการแบบจุดคู่เป็นส่วน | วิธีการยูนีฟอร์ม |
| Pm | 0.01 | 0.01 |
| วิธีการกลายพันธุ์ | วิธีการแบบสลับที่ | วิธีการยูนีฟอร์ม |

ตารางที่ 15. ผลการทดลอง

| วิธีการ | เวลาล่าช้า (วัน) | เวลาที่งานค้าง (วัน) | ค่าใช้จ่ายรวม (บาท) |
|---------|------------------|----------------------|---------------------|
| HANN | 135.8246 [1] | 241.5208 [1] | 202,440 [1] |
| ANN | 699.3113 [2] | 676.7442 [2] | 1,398,300 [2] |

7. สรุปผลการวิจัย

การจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอนั้น สามารถให้คำตอบของการจัดตารางการผลิตที่ดีกว่าวิธีการ ANN และการใช้วิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการหาค่าถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงและค่าไบแอสนั้น ยังมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้วิธีการแพร่ค่าย้อนกลับที่เป็นวิธีการโดยทั่วไปของวิธีการโครงข่ายประสาทเทียม อีกทั้งวิธีการที่นำเสนอยังสามารถลดเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตของโรงงานตัวอย่างได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณฝ่ายวางแผนการผลิตของโรงงานตัวอย่างที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลที่เป็นจำเป็น ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ช่วยสนับสนุนเงินทุนสำหรับงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาที่ช่วยสั่งสอนและชี้แนะการทำวิจัยมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chen, H. and Luh, P.B. 2000. An alternative framework to Lagrangian relaxation approach for job shop scheduling. *European Journal of Operational Research*, 149: 499–512.
- [2] Kutanoglu, E. and Wu, S.D. 2006. Lagrangian Relaxation-Based Techniques for Job Shop Scheduling. *Institute of Industrial Engineers*.
- [3] Karmakar, S. and Mahanty, B. 2010. Minimizing Makespan for a Flexible Flow Shop Scheduling Problem in a Paint Company. *Industrial Engineering and Operations Management*.
- [4] Chen, M. and Yao, Z. 2008. Classification Techniques of Neural Networks Using Improved Genetic Algorithms. *IEEE: Second International Conference on Genetic and Evolutionary Computing*. 115-119.
- [5] Rivero, D. Dorado, J. Blanco, E.F. and Pazos, A. 2009. A Genetic Algorithm for ANN Design, Training and Simplification. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. 391-398.
- [6] Tseng, L.Y. and Lin Y.T. 2009. A hybrid genetic local search algorithm for the permutation flowshop scheduling problem. *European Journal of Operational Research*. 198: 84–92.

- [7] Wuttipornpun, T. Wangrukdeeskul, U. and Songserm, W. 2010. An Algorithm of Finite Capacity Material Requirement Planning System for Multi-stage Assembly Flow Shop. World Academy of Science: Engineering and Technology 70. 500-510.
- [8] Goldberg, D. E. 1989. Genetic algorithms: In search, optimization and machine learning. Reading, MA: Addison-Wesley.
- [9] Holland, J. H. 1975. Adaptation in natural and artificial systems. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- [10] Pinedo, M.L. 2008. Scheduling: Theory, Algorithm and System. Springer, Prentice Hall.
- [11] Tunjongsirikul, B. and Pongchairerks, P. 2010. An Application of GA Algorithm on Vehicle Routing Problem in a Case Study of a Bakery Company in Thailand. The 2nd RMUTP International Conference: Green Technology and Productivity. 128-133.
- [12] Hejazi, S.R. and Saghafian, S. 2005. Flowshop-scheduling problems with makespan criterion: a review. Taylor&Francis Group: International Journal of Production Research. 43: 2895-2929.
- [13] Sivanandam, S.N. and Deepa, S.N. 2008. Introduction to Genetic Algorithms. Springer: Verlag Berlin Heidelberg.
- [14] Wang, L. and Zheng, D.Z. 2003. An Effective Hybrid Heuristic for Flow Shop Scheduling. Springer: Advanced Manufacturing Technology. 21: 38-44.
- [15] Aleksander, I. and Morton, H. 1990. An introduction to neural computing. London, UK: Chapman and Hall.
- [16] ณชล ไชยรัตน์. 2547. เอกสารคำสอนรายวิชา: ระบบอัจฉริยะ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [17] Mitchell, M. 1996. An Introduction to Genetic Algorithms. A Bradford Book. The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England.
- [18] Haq, A.N. Ramanan, T.R. Shashicant, K.S. and Sridharan, R. 2009. A hybrid neural network-genetic algorithm approach for permutation flow shop scheduling. Taylor&Francis Group: International Journal of Production Research. 48: 4217-4231.
- [19] Syswerda, G. 1989. Uniform crossover in genetic algorithms. In J.D. Schaffer (ed.), Proc. 3rd Int. Conf. on Genetic Algorithms. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann, 2-9.

การวางแผนผัง เพื่อการจัดเก็บสินค้าน้ำสุรา กรณีศึกษา บริษัทยูไนเต็ดไวน์เนอร์ แอนด์ ดิสทิลเลอร์ จำกัด

นายชาติรี พลชัย¹ ดร.ณัฐพล ศิริสว่าง²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยศิลปากร E-mail: pol_chatree@live.com

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการวางแผนผังการจัดเก็บสินค้าคงคลัง อาคารเก็บบ่มสุราถึงไม้โอ๊ค เพื่อนำมาปรับปรุงการจัดเก็บสินค้าประเภทสุราถึงไม้โอ๊ค ของกระบวนการผลิตสุราขาวและสุราบรันดี ในขั้นตอนการเก็บบ่ม เพื่อบริหารจัดการพื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้าให้ใช้ได้เต็มที่ และพนักงานสามารถทราบตำแหน่งและจำนวนสินค้าน้ำสุราแต่ละประเภทที่เก็บบ่มได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยการนำระบบการวางแผนผังการจัดเก็บสินค้ามาใช้แบ่งพื้นที่ภายในอาคารเก็บบ่มตามประเภทสินค้าน้ำสุราที่เก็บบ่มและกำหนดเส้นทางเดินสำหรับพนักงานและรถยกให้ชัดเจน จากการแบ่งพื้นที่ทำให้พนักงานสามารถตรวจนับจำนวนสินค้า และทำการตรวจเช็คสภาพการรั่วซึมของถังไม้โอ๊คได้อย่างสะดวกและคล่องตัวมากยิ่งขึ้น เมื่อได้เวลาตามแผนการเก็บบ่มน้ำสุราทำการสุ่มตรวจคุณภาพน้ำสุราหรือเมื่อครบอายุการเก็บบ่ม โดยที่พิจารณาให้ความสำคัญกับการเคลื่อนย้ายสินค้าเข้าและออก สินค้าที่เข้าก่อนต้องออกก่อน

งานวิจัยนี้ได้้นำผลการปรับปรุงแผนผังการจัดเก็บสินค้าทั้ง 4 รูปแบบมาเปรียบเทียบ ระหว่างการจัดเก็บสินค้าในอาคารเก็บบ่มแบบเดิม (รูปแบบที่ 1) และการจัดเก็บสินค้าจากการวางแผนผังที่กำหนดให้มีเส้นทางเดินสำหรับพนักงานและรถยกเข้ามาช่วยในการจัดการคลังสินค้า (รูปแบบที่ 2-4) พบว่า การจัดเก็บสินค้า

แบบเดิมสามารถจัดเก็บสินค้าได้เต็มพื้นที่อาคารเก็บบ่มจะเห็นได้ว่ารูปแบบที่ 1 สามารถจัดเก็บสินค้าได้มากที่สุด และรูปแบบที่ 4 สามารถจัดเก็บสินค้าได้รองลงมา เนื่องจากพื้นที่ส่วนหนึ่งแบ่งเป็นเส้นทางเดิน แต่สามารถทำให้พนักงานสามารถทราบตำแหน่งและจำนวนในการจัดเก็บสินค้าได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ จึงสรุปได้ว่าการจัดการคลังสินค้าโดยการวางแผนผังที่ช่วยในการจัดการคลังสินค้าในกระบวนการเก็บบ่มสุราถึงไม้โอ๊ค สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลการศึกษานี้ก็นำไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งานในองค์กรต่อไป

คำสำคัญ การวางแผนผัง การจัดเก็บสินค้า สุราถึงไม้โอ๊ค

1. บทนำ

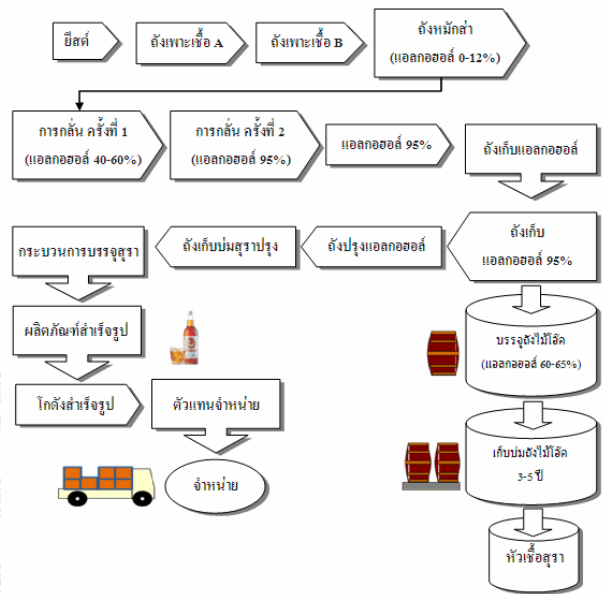
กระบวนการผลิตสุราต้องนำเข้าหัวเชื้อสุรามามากจากต่างประเทศที่มีราคาสูงมาก หัวเชื้อสุราเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้ต้นทุนในการผลิตสุราสำเร็จรูปมีราคาสูงตามไปด้วย แนวทางลดต้นทุนการนำเข้าหัวเชื้อสุราจากต่างประเทศโดยใช้สุราที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศซึ่งมีคุณภาพทัดเทียมกันนำมาเก็บบ่มในถังไม้โอ๊ค เพื่อผลิตเป็นหัวเชื้อสุราในกระบวนการผลิตสุราสำเร็จรูป ทำให้สามารถลดการนำเข้าหัวเชื้อสุราจากต่างประเทศได้

ขั้นตอนการผลิตหัวเชื้อสุรานั้นใช้น้ำสุราที่ผ่านกระบวนการผลิตการกลั่น นำมาเก็บบ่มในถังไม้โอ๊คต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บบ่มนานหลายปี (ระยะเวลาการเก็บ

บ่ม 3, 5 ปีหรือมากกว่านั้น) ก่อนเป็นสุราหัวเชื้อที่มีคุณภาพ ซึ่งในระหว่างขั้นตอนการเก็บบ่มในอาคารคลังสินค้า (อาคารโกดัง, อาคารโรงเก็บบ่ม) ประสบปัญหาเรื่องพื้นที่ในการจัดเก็บอย่างจำกัด ทำให้การจัดเก็บไม่ถึงไอ้คแต่ละชนิดวางปะปนกัน และการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้พนักงานจดบันทึกจำนวนและรายละเอียดต่างๆ ของสินค้าเกิดข้อผิดพลาดจากการจดบันทึกข้อมูลของพนักงาน ความไม่ชัดเจนของข้อมูลทำให้ไม่สามารถระบุชี้ตำแหน่งจัดเก็บของสินค้าได้ในทันทีและยังทำให้เสียเวลาในการค้นหาสินค้า

จากประเด็นความสำคัญของสุราหัวเชื้อและกระบวนการเก็บบ่มน้ำสุรา ควรทำการปรับปรุงการวางแผนผังคลังสินค้าและระบบการจัดเก็บสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยกำหนดเส้นทางเคลื่อนย้ายสินค้าและกำหนดทางเดินสำหรับพนักงาน ช่วยแก้ไขปัญหาในวางสินค้าปะปนกันและการใช้พื้นที่ให้มีประโยชน์มากยิ่งขึ้น และการนำระบบสารสนเทศมาช่วยในการเก็บข้อมูลและใช้แสดงผลของข้อมูลสินค้าทำให้ทราบถึงรายละเอียดต่างๆ ของถังไม้ไอ้คช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดเก็บและป้อนข้อมูล ลดข้อผิดพลาดการบันทึกข้อมูลอันเนื่องมาจากผู้ใช้งาน ซึ่งสามารถลดขั้นตอนการทำงาน ลดอัตรากำลังคนและลดเวลาการทำงานได้อีกด้วย

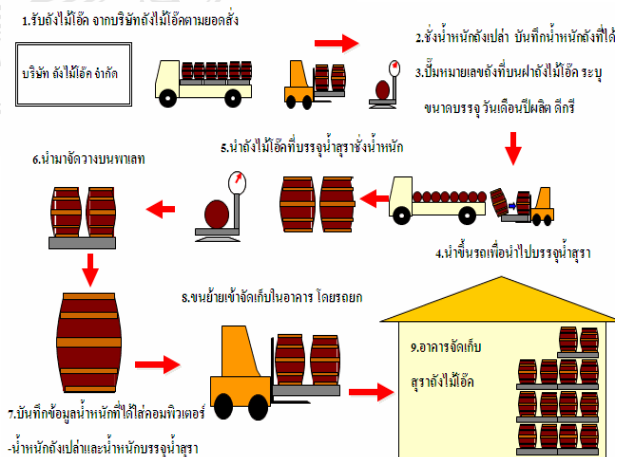
กระบวนการผลิตสุราสี (รูปที่ 1)



รูปที่ 1. กระบวนการผลิตสุราสี

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าขั้นหนึ่งที่สำคัญของกระบวนการผลิตสุราสีคือขั้นตอนการเก็บบ่มสุราถึงไม้ไอ้ค การกลั่นแอลกอฮอล์ 40-50 เปอร์เซ็นต์ กลั่นอีกครั้งเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ เป็นแอลกอฮอล์ 95-96 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำการคัดคุณภาพ และชนิดของแอลกอฮอล์ โดยผู้เชี่ยวชาญพิเศษ เพื่อนำไปเก็บบ่มในถังไม้ไอ้คนาน 3 ปี, 5 ปี และ 10 ปี นำแอลกอฮอล์ที่บ่มได้มาตรฐานแล้วเข้าสู่กระบวนการปรุงแต่งรส โดยผสมกับน้ำบริสุทธิ์และหัวเชื้อสุราที่มีสูตรเฉพาะ แล้วปรับแต่งแอลกอฮอล์ได้ดีกรีตามต้องการ

กระบวนการเก็บบ่มสุราถึงไม้ไอ้ค (รูปที่ 2)



รูปที่ 2. กระบวนการเก็บบ่มสุราถึงไม้ไอ้ค

จากรูปที่ 2 กระบวนการเก็บบ่มสุราถึงไม้โอ๊ค มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มั่นใจว่ากระบวนการเก็บบ่มน้ำสุราถึงไม้โอ๊คมีการควบคุม และดำเนินการตามขั้นตอน เพื่อให้ได้คุณภาพน้ำสุราเก็บบ่มตามที่ต้องการ เริ่มจากการบรรจุน้ำสุราดีกรีสูง จากแผนกปรุงสุราโดยรับเข้ามาและทำการจัดเก็บเข้าในอาคารเก็บบ่ม จนถึงการนำน้ำสุราที่ผ่านการเก็บบ่มมาเทใช้งานในรูปสุราหัวเชื้อ ในการจัดเรียงถังไม้โอ๊คเพื่อเก็บบ่มจัดวางเรียงซ้อนกันต้องไม่เกิน 4 ชั้น (ประมาณ 4 เมตร) พื้นที่บรรจุน้ำสุราลงถังไม้โอ๊ค บรรจุน้ำสุรา 60 หรือ 65 ดีกรี ตามแผนงานและควบคุมการบรรจุ น้ำสุรา ตามปริมาตรที่กำหนด 190 หรือ 200 ลิตร ด้วยมาตรวัดปริมาตร (Flow meter) เมื่อบรรจุเสร็จปิดฝาถังด้วยฝาจุกถึงไม้โอ๊คและตรวจสอบการรั่วซึมให้เรียบร้อย ขนย้ายถังไม้โอ๊คเข้าอาคารเก็บบ่มด้วยรถยก ทำการวัดความสูงและชั่งน้ำหนักถังไม้โอ๊คหลังบรรจุบันทึก อ่านค่าน้ำหนักถังเปล่าที่บันทึกบนฝาถังและทำการบันทึกใบรายงานการบรรจุน้ำสุราถึงไม้โอ๊ค พร้อมกับระบุหมายเลขถัง ขนาดบรรจุ ดีกรี วันเดือนปีที่บรรจุ ชนิดน้ำสุราและเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ใช้ตรายางปี้มที่ฝาถัง ทำรายงานการบรรจุน้ำสุราถึงไม้โอ๊คและบันทึกลงในแบบบันทึกประวัติถังไม้โอ๊ค การเรียงแบบแนวตั้งของถัง วางซ้อนทับกันสูงไม่เกิน 4 ชั้นบนพาเลท พาเลทละ 4 ใบ



รูปที่ 3 การขนย้าย เพื่อจัดเรียงด้วยรถยก



รูปที่ 4 การตรวจนับ เพื่อลงบันทึก



รูปที่ 5 จุดที่ต้องตรวจสอบการสูญเสีย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการเก็บบ่มน้ำสุราในถังไม้โอ๊คซึ่งเป็นกระบวนการผลิตต้นทางก่อนผลิตเป็นสุราสำเร็จรูป ประเภทสุราขาว, สุราสี การจัดเก็บบ่มสุราที่มีดีกรีสูงเพื่อรักษาปริมาณ (การป้องกันการระเหย) และคุณภาพ (การเก็บบ่มในอาคารที่มีการควบคุมอุณหภูมิ) การตรวจสอบสภาพความสมบูรณ์ของถังไม้โอ๊คที่ใช้จัดเก็บน้ำสุรา, การสุ่มตรวจคุณภาพน้ำสุราที่เก็บบ่ม (ตามอายุการเก็บของชนิดน้ำสุราแต่ละชนิด, การตรวจนับจำนวน (เช็คสต็อก) ประจำปีเป็นกิจกรรมการปฏิบัติงานที่สำคัญในกระบวนการผลิตสุราเก็บบ่มในถังไม้โอ๊ค เป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุงการวางแผนผังสินค้า

2.1 การวางผังโรงงาน (Plant layout)

การวางผังโรงงาน หมายถึง งานหรือแผนการในการติดตั้งเครื่องจักร, เครื่องมือ อุปกรณ์และวัตถุต่างๆ ที่จำเป็นในกระบวนการผลิต ภายใต้ข้อจำกัดของโครงสร้าง

และการออกแบบของอาคารที่มีอยู่ เพื่อให้การผลิตรายมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูงสุด

การวางผังที่ดีย่อมจะได้เปรียบหลายด้านเพราะยังมีผลถึงความประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานใช้พื้นที่ได้คุ้มค่า กระบวนการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังเป็นข้อดีหรือเป็นประโยชน์ในด้านอื่น ๆ อีก เช่น ลดระยะทางและเวลาการเคลื่อนย้ายวัสดุ ช่วยทำให้การเคลื่อนย้ายสินค้าไหลไปได้อย่างรวดเร็ว และราบรื่นพร้อมทั้งช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับการทำงานที่มีมากเกินไปมีความสะดวกในการดำเนินงาน โดยแบ่งเนื้อที่ภายในโรงงานให้เหมาะสม เช่น ช่องทางเดิน พื้นที่รถยกวิ่งขนย้ายสินค้า พื้นที่เก็บสินค้า พื้นที่พัสดุวัตถุดิบและจุดปฏิบัติงาน หรือพักชิ้นงานที่เป็นสินค้าสำเร็จรูป การจัดแผนงานต่าง ๆ ให้ทำงานในกรอบความรับผิดชอบได้ชัดเจนให้เอื้อต่อกระบวนการ ผลิตและง่ายต่อการควบคุม และสามารถจัดวางพื้นที่ให้มีประโยชน์อย่างได้เต็มที่ไม่ควรให้พื้นที่ว่างเปล่า หรือสูญเปล่ามากเกินไป (ผศ.สมศักดิ์ ศรีสัตย์: การออกแบบและการวางผังโรงงาน, 2545)

2.2 การไหลของวัสดุ

การวิเคราะห์การไหลของวัสดุ เพื่อจะให้ได้ลำดับขั้นตอนการเคลื่อนย้ายวัสดุที่ดีที่สุด ตลอดจนขั้นตอนของกระบวนการที่เกี่ยวกับความเข้มการไหลและขนาดของการเคลื่อนย้ายการไหล ของวัสดุที่มีประสิทธิภาพ หมายถึง วัสดุที่ไหลผ่านขบวนการต้องเป็นระบบทางตรง ไม่เป็นระบบทางอ้อม หรือวกวนไปมา หรือไหลย้อนกลับ

การวิเคราะห์การไหลของวัสดุเป็นหัวใจสำคัญของการวางแผนผังโรงงาน นั่นคือ การเคลื่อนที่ของวัสดุเป็นส่วนสำคัญของขบวนการ โดยเฉพาะเมื่อวัสดุนั้นมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก หรือมีจำนวนมาก หรือมีค่าใช้จ่าย การขนส่ง หรือการขนถ่ายวัสดุสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายของการดำเนินงาน การเก็บรักษาวัสดุ หรือการตรวจสอบ เหตุผลสำคัญ การวิเคราะห์การไหลของวัสดุนั้นเป็นขั้นตอนแรกๆ ของทุกๆ ผังโรงงาน ซึ่งผู้วางแผนจะต้องรู้และเข้าใจถึงวิธีการทำเป็นอย่างไร (ชยันนท์ ศรีสุภานานนท์: การออกแบบผังโรงงานเพื่อเพิ่มผลผลิต, 2541)

2.3 การขนถ่ายวัสดุ

การดำเนินการของกิจการอุตสาหกรรม ระบบการผลิตมีหน้าที่ของกิจกรรมการผลิตที่สำคัญ 3 ประการ คือ หน้าที่ด้านการทำงาน ที่พยายามหาวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ หน้าที่การขนถ่ายวัสดุ เพื่อทำการเคลื่อนย้ายวัสดุในขบวนการผลิต หรือระหว่างเครื่องจักร หรือระหว่างกิจกรรมต่างๆ ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ หน้าที่ด้านการควบคุม เป็นการควบคุมการดำเนินการในหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานอย่างสอดคล้องกัน องค์ประกอบสำคัญของการขนถ่ายวัสดุ คือ การเคลื่อนที่, เวลา, ปริมาณและเนื้อที่ (ผศ. สมศักดิ์ ศรีสัตย์: การออกแบบและการวางผังโรงงาน, 2545)

2.4 การจัดผังในคลังสินค้า (Warehouse layout)

การจัดผังในคลังสินค้าเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในการบริหารคลังสินค้า เนื่องจากการตัดสินใจที่มีการลงทุนและส่งผลในระยะยาวเช่นเดียวกับการเลือกสถานที่จัดตั้งคลังสินค้านอกจากนี้การจัดผังคลังสินค้ายังส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการภายในคลังสินค้าและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานอีกด้วย ในการเลือกรูปแบบการจัดผังคลังสินค้าที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพนั้นควรพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ประกอบกัน เช่น ขนาดพื้นที่ของคลังสินค้า และ ความจำเป็นของความสะดวกรวดเร็วในการเลือกหยิบสินค้า

ประสิทธิภาพของการจัดผังคลังสินค้านั้น สามารถวัดได้จาก การใช้สอยพื้นที่ที่จำกัดในการจัดเก็บสินค้าให้ได้ในปริมาณมาก, ความสามารถในการหาสินค้าที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว, และ ระยะเวลาที่รถบรรทุกใช้ในการรอและขนถ่ายสินค้าที่มารับ (ค่านาย อภิปรัชญาสกุล: การจัดการคลังสินค้า, 2547)

2.5 การเข้าก่อนออกก่อน

การเข้าก่อนออกก่อน (FIFO: First in First out) เป็นวิธีที่ใช้ในการวัดต้นทุนของสินค้าโดยตั้งอยู่ในสมมติฐานว่าสินค้าหรือวัตถุดิบที่ซื้อเข้ามาใช้ก่อนจะต้องถูกนำออกขายหรือนำมาใช้ก่อนเช่นกัน การเข้าก่อนออกก่อนมีแนวคิด

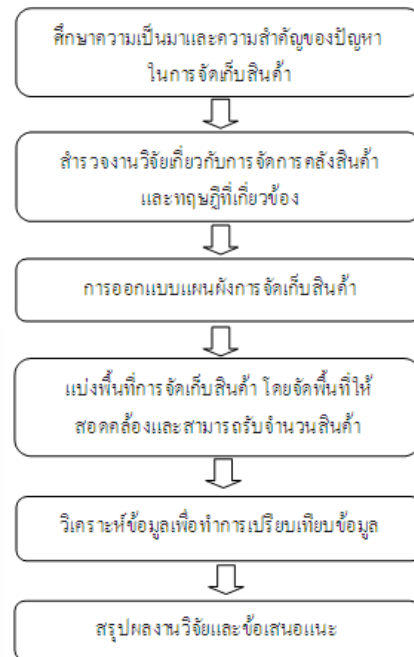
เป็นไปตามการค้าโดยปกติที่บริษัทมักจะต้องขายหรือใช้ของเก่าก่อนเสมอ ดังนั้นด้วยระบบการเข้าก่อนออกก่อน ต้นทุนของวัตถุดิบที่ซื้อเข้ามาก่อนจะใช้เป็นต้นทุนสินค้าที่ผลิตออกมาก่อนด้วยเช่นกัน

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจัดการคลังสินค้าเพื่อแก้ไขปรับปรุงแผนผังที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้าสุราถึงไม้ไอศในกระบวนการผลิตสุราเก็บบ่มในถังไม้ไอศ ปัจจุบันยังประสบปัญหาพื้นที่ในการจัดเก็บไม่เพียงพอและเกิดความผิดพลาดในการจัดเก็บบันทึกข้อมูลการผลิต ทำให้มีผลกระทบต่อปริมาณการจัดเก็บสินค้าคงคลังและแผนการผลิตสุราสำเร็จรูป

การเก็บข้อมูลเก็บจากการปฏิบัติงานจริงในคลังสินค้าและข้อมูลที่เกี่ยวข้องและจำเป็น ที่บันทึกไว้ในโปรแกรม Microsoft Excel ที่ใช้บันทึกและควบคุมสินค้าคงคลังใช้เป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุงการวางผังสินค้าและทำการศึกษาระเบียบการปฏิบัติงานหน่วยงานเก็บบ่มสุราถึงไม้ไอศที่ผ่านมา เพื่อหาแนวทางการแก้ไขแผนผังการจัดเก็บสินค้าที่เหมาะสมเปรียบเทียบการทำงานแบบเดิม

ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แผนผังการจัดเก็บสินค้า (Layout) การเก็บบ่มสุราในถังไม้ไอศ ระเบียบวิธีการปฏิบัติงานของหน่วยงานสุราถึงไม้ไอศ แผนปรับปรุงสุรา เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย



รูปที่ 6 ขั้นตอนงานวิจัย

เก็บรวบรวมข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวข้องของสินค้าที่จัดเก็บและกระบวนการผลิตสุราถึงไม้ไอศ รายละเอียดแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานหน่วยงานเก็บบ่มสุราถึงไม้ไอศ

อาคารเก็บบ่มถึงไม้ไอศพื้นที่อาคารคลังสินค้าที่ใช้เก็บบ่ม ขนาดพื้นที่/ ตำแหน่งที่ใช้เก็บบ่มถึงไม้ไอศได้ ความสามารถในการจัดเก็บบ่ม ข้อมูลถึงไม้ไอศที่เก็บบ่ม (ขนาดถัง/ จำนวน) เงื่อนไขการจัดวาง (ถึงไม้ไอศที่มีการเคลื่อนไหว) เงื่อนไขการขนย้าย (FIFO) แผนผังการจัดเรียงถึงไม้ไอศ

ข้อมูลถึงไม้ไอศที่เก็บบ่ม ชื่อ, รหัส, หน่วยงาน, อายุ และน้ำหนักของถึงไม้ไอศ ชนิดหรือหมวดน้ำสุราจำนวนถึงไม้ไอศ ต่อพาเลท (Pallet) วันที่ผลิต (อายุเก็บบ่ม) เลขที่ Lot ถึงไม้ไอศ ขนาดบรรจุ จำนวนที่จัดเก็บ

พื้นที่การจัดเก็บสินค้า โดยจัดพื้นที่ให้สอดคล้องและสามารถรับจำนวนสินค้าในแต่ละประเภทได้ โดยต้องพิจารณาถึงปริมาณสูงสุดที่สามารถจัดเก็บสินค้าได้จริง

ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาของการปฏิบัติงานการจัดเรียงและจัดเก็บถึงไม้ไอศในอาคารคลังสินค้าไม่เพียงพอ ทำให้ต้องมีการจัดเรียงสินค้าไว้นอกอาคาร และ

ค้นหาสินค้าใช้เวลานาน และการเก็บและบันทึกข้อมูล ลงบันทึกในคอมพิวเตอร์

หน่วยสุราถึงไม้โอ๊คได้รับมอบน้ำสุราบรรจุถึงไม้โอ๊คจากแผนกปรุงสุรา/หรือแผนกหมัก-กลั่นสุรามอลท์วิสก็แล้ว จึงดำเนินการเคลื่อนย้ายถึงไม้โอ๊คบรรจุน้ำสุราโดยใช้รถโฟล์คคลิฟท์ยกขึ้นรถบรรทุกไปอาคารเก็บบ่มสุราโดยใช้รถโฟล์คคลิฟท์ยกถึงไม้โอ๊คลงจากรถบรรทุกเข้าจัดเรียง

การเรียงแบบวางตามแนวนอนของถัง โดยวางซ้อนทับสูงได้ไม่เกิน 4 ชั้น และต้องเรียงโดยนำด้านที่ประทับซึ่งบ่งออกด้านใดด้านหนึ่งเป็นลักษณะเดียวกันเพื่อความเป็นระเบียบและสะดวกรวดเร็วในการค้นหา และทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนัก ดีกรี ปริมาตร หมายเลขถัง ของแต่ละถังลงใน บันทึกการจัดเก็บถึงไม้โอ๊ควางพื้น

การวางตั้งบนพาเลท พาเลทละ 4 ถัง (ในแต่ละพาเลท ถังไม้โอ๊คต้องมีความสูงต่างกันไม่เกิน 1 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการวางซ้อนที่เอียง) และเรียงซ้อนทับสูงไม่เกิน 4 ชั้น (4 เมตร) โดยต้องนำด้านที่ประทับ/ ซึ่งบ่งออกไว้ด้านบนเสมอเพื่อความเป็นระเบียบและความสะดวกรวดเร็วในการค้นหา

4. ผลการศึกษาวิจัย

การเก็บบ่มน้ำสุราในถึงไม้โอ๊ค เพื่อให้เกิดความคล่องตัวในการขนย้ายสินค้าและการตรวจสอบสภาพความสมบูรณ์ของถึงไม้โอ๊คที่ใช้จัดเก็บน้ำสุรา อาคารเก็บบ่มสุราถึงไม้โอ๊ค ลักษณะอาคารเป็นอาคารแบบ 2 ชั้น ชั้นล่างและชั้นบนมีพื้นที่การจัดเก็บเท่ากัน แต่การจัดเรียงถึงไม้โอ๊คไม่เหมือนกัน ขนาดพื้นที่ด้านกว้าง 44 เมตร ความยาว 66 เมตร และมีความสูง 6.5 เมตร มีพื้นที่รวมทั้งหมดเท่ากับ 2,904 ตารางเมตร ชั้นล่างการจัดเก็บสินค้าสุราถึงไม้โอ๊คเป็นวางแนวตั้งวางเรียงบนพาเลทพลาสติก 1 พาเลท สามารถวางถึงไม้โอ๊คได้ จำนวน 4 ถัง เรียงซ้อนไม่เกิน 4 ชั้น



รูปที่ 7 การจัดเรียงถึงไม้โอ๊ค บนพาเลทพลาสติก

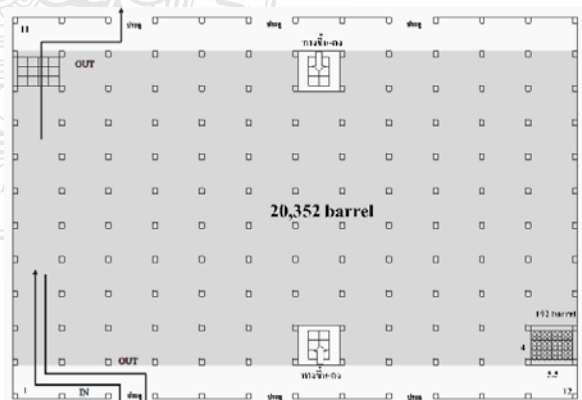
อาคารเก็บบ่มสุราถึงไม้โอ๊ค

การแก้ไขปรับปรุงรูปแบบแผนผังการจัดเรียงสินค้าสุราถึงไม้โอ๊ค ที่ได้ดำเนินการออกแบบแผนผังการจัดเก็บมีทั้งหมด 4 รูปแบบ

แผนผังรูปแบบที่ 1 เป็นรูปแบบแผนผังที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน (รูปที่ 8)

พื้นที่ใช้งาน 36x66 เมตร = 2,376 ตารางเมตร พื้นที่ที่ไม่สามารถวางสินค้าได้บริเวณบันไดทางขึ้นชั้น 2 ขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 5.5 เมตร = 22 ตารางเมตร จำนวน 2 จุด เท่ากับ 44 ตารางเมตร

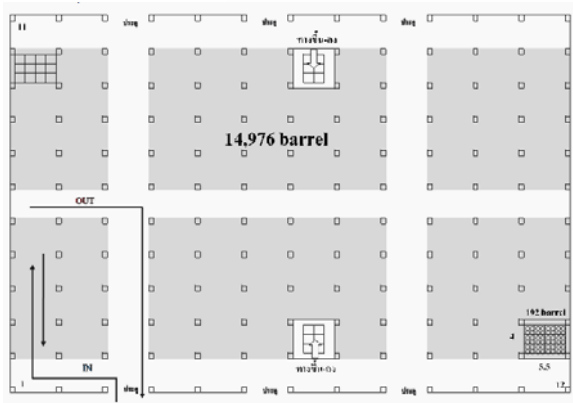
พื้นที่ใช้งานได้จริง 2,332 ตารางเมตร สามารถจัดเก็บสุราถึงไม้โอ๊คได้ เป็นจำนวน 20,352 ถัง



รูปที่ 8. แผนผังการจัดเก็บสินค้า แบบที่ 1 (ก่อนปรับปรุง)

แผนผังรูปแบบที่ 2 พื้นที่ใช้งาน 32x55 เมตร = 1,760 ตารางเมตร (รูปที่ 9) พื้นที่ที่ไม่สามารถวางสินค้าได้แบ่งพื้นที่สำหรับทางเดิน เพื่อใช้ในการตรวจถังไม้โอ๊คและการขนย้ายสินค้า และบริเวณบันไดทางขึ้นชั้น 2 รวม 44 ตารางเมตร

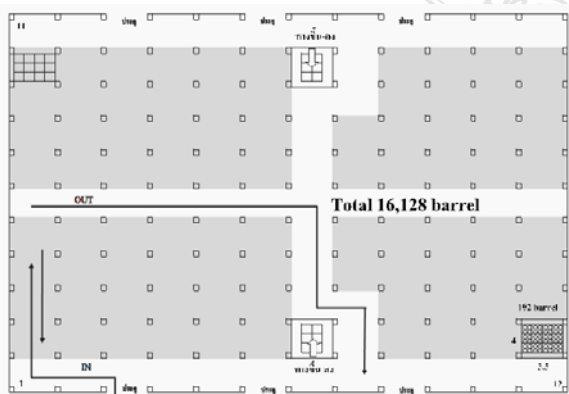
พื้นที่ใช้งานได้จริง 1,716 ตารางเมตร สามารถจัดเก็บสุราถังไม้โอ๊คได้ เป็นจำนวน 14,976 ถัง



รูปที่ 9. แผนผังการจัดเก็บสินค้า แบบที่ 2

แผนผังรูปแบบที่ 3 พื้นที่ใช้งาน 32x60.50 เมตร = 1,936 ตารางเมตร (รูปที่ 10) พื้นที่ที่ไม่สามารถวางสินค้าได้แบ่งพื้นที่สำหรับทางเดิน เพื่อใช้ในการตรวจถังไม้โอ๊คและการขนย้ายสินค้า และบริเวณบันไดทางขึ้นชั้น 2 รวม 88 ตารางเมตร

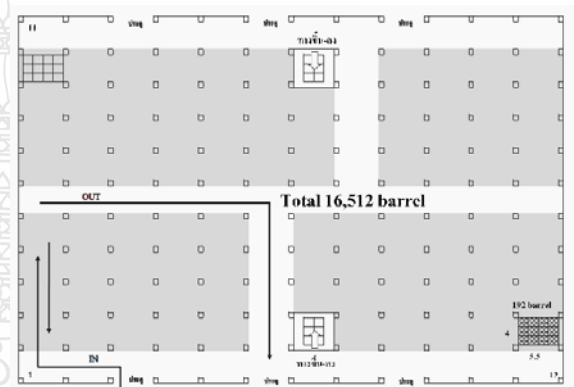
พื้นที่ใช้งานได้จริง 1,848 ตารางเมตร สามารถจัดเก็บสุราถังไม้โอ๊คได้ เป็นจำนวน 16,128 ถัง



รูปที่ 10. แผนผังการจัดเก็บสินค้า แบบที่ 3

แผนผังรูปแบบที่ 4 พื้นที่ใช้งาน 32x60.50 เมตร = 1,936 ตารางเมตร (รูปที่ 11) พื้นที่ที่ไม่สามารถวางสินค้าได้แบ่งพื้นที่สำหรับทางเดิน เพื่อใช้ในการตรวจถังไม้โอ๊คและการขนย้ายสินค้า และบริเวณบันไดทางขึ้นชั้น 2 รวม 44 ตารางเมตร

พื้นที่ใช้งานได้จริง 1,892 ตารางเมตร สามารถจัดเก็บสุราถังไม้โอ๊คได้ เป็นจำนวน 16,512 ถัง



รูปที่ 11. แผนผังการจัดเก็บสินค้า แบบที่ 4

(เลือกรูปแบบที่ 4 ผลจากตารางที่ 1)

แผนผังการจัดเก็บสินค้า ทั้ง 4 แบบ สามารถเปรียบเทียบความสามารถในการจัดเก็บสินค้า ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบความสามารถในการจัดเก็บสินค้า

| | รูปแบบที่ 1 | รูปแบบที่ 2 | รูปแบบที่ 3 | รูปแบบที่ 4 |
|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| พื้นที่ทั้งหมด | 44x66x6.5 m. 20,736.00 m ² | | | |
| พื้นที่ที่สามารถจัดเก็บได้จริง | 36x66 m. 2,376.00 m ² | 32x55 m. 1,760.00 m ² | 32x60.5 m. 1,936.00 m ² | 32x60.5 m. 1,936.00 m ² |
| พื้นที่ที่ไม่ใช่ไม้โอ๊ค | 44 m ² | 44 m ² | 88 m ² | 44 m ² |
| รวม | 2,332.00 m ² | 1,716.00 m ² | 1,848.00 m ² | 1,892.00 m ² |
| ความสามารถ | 4x5.5 m. 22.00 m ² | 22.00 m ² | 192 ถัง | 192 ถัง |
| การจัดเก็บ | (2,332/22)192 | (1,716/22)192 | (1,848/22)192 | (1,892/22)192 |
| การจัดเก็บ | 20,352.00 ถัง | 14,976.00 ถัง | 16,128.00 ถัง | 16,512.00 ถัง |
| เปรียบเทียบ | 20,352.00 ถัง | 5,376.00 ถัง | 4,224.00 ถัง | 3,840.00 ถัง |
| แต่ละแบบ | 100% | 26.42% | 20.75% | 18.87% |

ผลจากตารางแสดงให้เห็นว่าการจัดเก็บสินค้าในรูปแบบที่ 1 สามารถใช้พื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าได้มากที่สุด รวม 2,332 ตารางเมตร จัดเก็บสินค้าได้จำนวนมาก

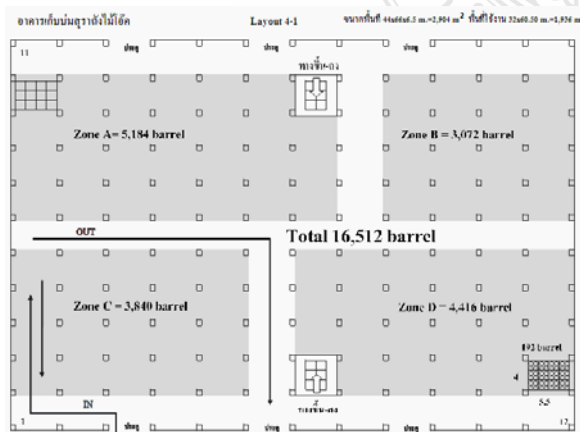
ที่สุด เป็นจำนวน 20,352 ตั้งแต่การบริหารจัดการสินค้าที่จัดเก็บสินค้าและขนย้ายสินค้าแบบเข้าออกก่อน (FIFO) ทำได้ยาก

จากข้อมูลที่ได้จากการจัดแผนผังใหม่ทำให้เลือกใช้การจัดแผนผังรูปแบบที่ 4 ซึ่งสามารถบริหารจัดการในการจัดเก็บสินค้าได้ดีกว่ารูปแบบที่ 1 และแบบที่ 2, 3 สามารถใช้พื้นที่ในการจัดเก็บได้ 1,892 ตารางเมตร และสามารถจัดเก็บสุราได้ถึง 16,512 ถัง ใช้พื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าได้มากกว่าแบบที่ 2 และ 3 แต่น้อยกว่ารูปแบบที่ 1 อยู่ 3,840 ถัง แผนผังรูปแบบที่ 4 สามารถเคลื่อนย้ายสินค้าเข้าออกได้สะดวก และสามารถแบ่ง Zone ชนิดและกำหนดพื้นที่จัดเก็บได้ชัดเจน

การคำนวณพื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้าจากการจัดเรียงถังไม้โอ๊คบนพาเลท ใช้พนักงานเก็บบ่มจำนวน 2 คน พนักงานบันทึกข้อมูล 1 คน พนักงานขับรถยก 1 คน โดยใช้เวลาเฉลี่ยในการจัดเรียง 1 วัน สามารถจัดเก็บได้จำนวน 20 พาเลท รวมจำนวน 80 ถัง

โดยได้จัดเตรียมพื้นที่อาคารเก็บบ่มใหม่ โดยเลือกตามรูปแบบแผนผังคลังสินค้า รูปแบบที่ 4 กำหนดให้การจัดถังไม้โอ๊คแยกตาม Zone ดังนี้

| | |
|----------------|----------------------------|
| Zone A จัดเก็บ | น้ำสุราเก็บบ่ม (องุ่น) |
| Zone B จัดเก็บ | น้ำสุราเก็บบ่ม (สับปะรดสด) |
| Zone C จัดเก็บ | น้ำสุราเก็บบ่ม (โมลาส) |
| Zone D จัดเก็บ | น้ำสุราเก็บบ่ม (ธัญพืช) |



รูปที่ 12 แผนผังการจัดเก็บสินค้า แบบที่ 4 กำหนดพื้นที่วางสินค้า

รูปแบบแผนผังสินค้าที่ได้มากำหนดพื้นที่เพื่อจัดวางสินค้าแยกตามประเภทน้ำสุราที่เก็บบ่ม กำหนดให้เรียงถังไม้โอ๊คจากซ้ายไปขวา โดยกำหนดพื้นที่ตามเสาอาคาร แนวกว้าง 1-11 และ แนวยาว 1-12 ซึ่งจะต้องบันทึกในแบบฟอร์มการจัดเก็บ เพื่อนำมาบันทึกเป็นฐานข้อมูล

4. สรุป

ผลการวิจัยทำให้ทราบว่า การจัดแผนผังตามรูปแบบที่ 4 จากข้อมูลที่ได้จากการจัดแผนผังใหม่ทำให้เลือกใช้การจัดแผนผังรูปแบบที่ 4 ซึ่งสามารถบริหารจัดการในการจัดเก็บสินค้าได้ดีกว่ารูปแบบที่ 1 และแบบที่ 2, 3 ซึ่งปริมาณการจัดเก็บสินค้าได้น้อยกว่ารูปแบบที่ 1 อยู่ 3,840 ถัง แต่แผนผังการจัดเก็บสินค้ารูปแบบที่ 4 สามารถเคลื่อนย้ายสินค้าเข้าออกได้สะดวก และสามารถแบ่ง Zone ชนิดและกำหนดพื้นที่จัดเก็บได้ชัดเจน

ดังนั้น เพื่อให้การจัดการและบริหารการใช้สอยพื้นที่อาคารคลังสินค้าให้ได้ประโยชน์เต็มที่ และทำให้การจัดเก็บสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพ ต้องอาศัยการจัดเก็บสินค้าแบบการเข้าก่อนออกก่อน สินค้าใดที่เข้าคลังสินค้าก่อนก็หมุนเวียนออกไปก่อน เพื่อลดการสูญเสียจากการจัดเก็บเป็นเวลานาน

การจัดรูปแบบของการจัดการวางแผนผังการจัดเก็บถังไม้โอ๊คแบบใหม่ และการนำระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยในการจัดการและจัดเก็บข้อมูล สามารถช่วยลดระยะเวลาการค้นหาของถังไม้โอ๊ค และมีฐานข้อมูลที่ดีทราบถึงจำนวนของถังไม้โอ๊คได้แน่นอน สามารถสืบค้นถังไม้โอ๊คที่ต้องการตามวัน เดือน ปีที่ผลิตได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว เนื่องจากพนักงานเก็บบ่มถังไม้โอ๊คสามารถทราบตำแหน่งจากแผนผังการจัดเก็บถังไม้โอ๊ค ทำให้การจัดเก็บถังไม้โอ๊ค และมีฐานข้อมูลมีประสิทธิภาพอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

วิทยานิพนธ์

[1] กฤษนันท์ ธาดาดินทร์, การปรับปรุงประสิทธิภาพคลังสินค้าเหล็กแผ่นม้วนรีดร้อน ด้วยวิธีการจัดวางแบบแบ่งกลุ่มลำดับชั้นสินค้า, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการขนส่งและโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา, 2550.

[2] กอบชัย ธนสารกุล, การปรับปรุงขั้นตอนการจัดการวัตถุดิบคงคลังของบริษัทรับติดตั้งอุปกรณ์เสริมในรถยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการขนส่งและโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา, กรุงเทพฯ, 2550.

[3] ประเสริฐ ลาดสุวรรณ, การลดระยะเวลาการเคลื่อนที่ย้ายสินค้าในคลังสินค้า โดยใช้ระบบการจัดเก็บแบบแบ่งกลุ่มสินค้า, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการขนส่งและโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา, กรุงเทพฯ, 2549.

[4] กัญญาทอง หรอดาล, การใช้ระบบสารสนเทศในการจัดการคลังสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม, 2551.

หนังสือภาษาไทย

[5] สมศักดิ์ ตรีสัตย์. 2545. การออกแบบและการวางผังโรงงาน. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

[6] ชัยนนท์ ศรีสุภินานนท์. 2541. การออกแบบผังโรงงานเพื่อเพิ่มผลผลิต. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[7] คำนาย อภิปรัชญาสกุล. 2547. การจัดการคลังสินค้า. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ตำรวจ.

[8] คำนาย อภิปรัชญาสกุล. 2547. คู่มือออกแบบและติดตั้งระบบบาร์โค้ดในโลจิสติกส์และการจัดการการพัสดุ. กรุงเทพฯ: นัฐพลการพิมพ์.

การออกแบบผังโรงงานสำหรับผลิตภัณฑ์หลายประเภทในสายการผลิตเดียวกัน

สุทิศย์ ขวาคำ และ จิรศิริพงษ์ เจริญภักดิ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ต. คลองหนึ่ง อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120

E-mail: sutid_jack@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ทำการออกแบบและวิเคราะห์หาผังโรงงานที่มีความเหมาะสม สำหรับโรงงานผลิตเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางการแพทย์ ซึ่งมีผลิตภัณฑ์อยู่ 5 ประเภท ผลิตภัณฑ์อยู่ในสายการผลิตเดียวกัน การศึกษาเริ่มจากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแต่ละสถานีงานในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์ ซึ่งมีกระบวนการผลิตย่อยที่แตกต่างกัน หลังจากนั้น ทำการวิเคราะห์ผังโรงงานและออกแบบผังโรงงานสำหรับการผลิตจำนวน 3 แบบ ตามหลักการการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning: SLP)[1] และทำการคำนวณคะแนนสำหรับผังโรงงานแต่ละแบบโดยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ โดยพิจารณาที่ละองค์ประกอบเปรียบเทียบกับแผนต่างๆ เมื่อได้ผังโรงงานที่ดีที่สุดแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบสมดุลสายการผลิต (Line Balancing)^[2] ในกระบวนการผลิตย่อยแต่ละกระบวนการเพื่อหาจำนวนพนักงานในแต่ละตำแหน่งการผลิตที่เหมาะสมที่สุด

ผลการศึกษาพบว่า ในขั้นต้นโรงงานกรณีศึกษามีการจัดวางตำแหน่งของเครื่องจักรอย่างไม่เหมาะสม อันเนื่องมาจากการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นระยะๆ และการมีพื้นที่จำกัด ทำให้สถานีงานที่มีความสัมพันธ์กันอยู่ไกลกัน ทำให้ระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่แต่ละจุดปฏิบัติงาน หรือสถานีงาน (Work Station) ไม่เหมาะสม รวมถึงปัญหาของการจัดสรรทรัพยากรในการ

ดำเนินการผลิตแต่ละสถานีงานไม่เหมาะสม อีกทั้งอุปกรณ์สนับสนุนการผลิต และสภาพการไหลของงานไม่เอื้ออำนวยต่อประสิทธิภาพการทำงาน ทำให้มีปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิตมาก (Work In Process) และส่งผลให้เวลานำ (Lead Time) ในการผลิตมาก ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผังโรงงานจำนวน 3 ผัง พบว่าผังโรงงานที่ออกแบบใหม่ได้คะแนน 141, 103 และ 122 คะแนนตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ผังโรงงานแบบที่ 1 เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตในปัจจุบัน และได้ทำการปรับปรุงผังโรงงานตามผังโรงงานแบบที่ 1 จากผลการดำเนินการดังกล่าว ทำให้สามารถลดเวลานำ (Lead Time) การผลิตได้ 71.02%, ลดงานระหว่างกระบวนการ (Work In Process) ได้ 45.47% และสามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่ได้ 48.70%

คำสำคัญ การวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ[1], การออกแบบสมดุลสายการผลิต[2]

1. บทนำ

การออกแบบผังโรงงาน[1] เป็นส่วนสำคัญในการผลิต เนื่องจากการกำหนดลักษณะการจัดสถานีงานสัดส่วนการทำงาน และทิศทางการไหลของวัสดุ การออกแบบผังโรงงานที่ไม่ดีนั้น ทำให้เกิดต้นทุนที่ไม่จำเป็น การผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดเวลานำในการผลิตเพิ่มขึ้น และเกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นระยะยาว ดังนั้นการออกแบบผังโรงงานที่ดี นอกจากจะช่วยให้การผลิตมี

ประสิทธิภาพสูงแล้ว ยังทำให้เวลานำและต้นทุนต่ำอีกด้วย

เมื่อก้าวถึงลักษณะการผลิตของสายการผลิตเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางการแพทย์ ซึ่งระบบการผลิตจะเป็นแบบทำตามคำสั่งซื้อ (Make to Order) โดยรูปแบบสายการผลิตจะเป็นแบบ Process Production ซึ่งชิ้นงานจะไหลไปตามสถานีงานต่างๆ ซึ่งมีหน้าที่ในการทำงานแตกต่างกันตามหน้าที่ของกระบวนการนั้นๆ และยิ่งแตกต่างตามความหลากหลายของชนิดผลิตภัณฑ์ ดังนั้นรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตจะมีความหลากหลายในข้อจำกัดด้านรายละเอียดของชิ้นงานมาก การที่จะออกแบบการผลิตให้มีประสิทธิภาพต้องอาศัยหลักการและแนวคิด การมองระบบการทำงานให้เข้าใจโดยละเอียด รวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นจากระบบการผลิตและสามารถระบุถึงปัจจัยของระบบที่มีผลต่อการแก้ปัญหาในระบบการผลิต ก็คือ การปรับเปลี่ยนรูปแบบการวางแผนการผลิตใหม่ ซึ่งอาจจะพิจารณาไปถึงเรื่องการลดเวลาในส่วนต่างๆ การกำจัดกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่า (Non Value-Added, NVA) ที่เกิดขึ้นในระบบ

นอกจากนี้ยังได้นำหลักการและแนวคิดของ ระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์มาประยุกต์ใช้ คือ การทำให้วัสดุเคลื่อนที่ผ่านส่วนของกระบวนการหรือการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่องตามลำดับ การกำหนดพื้นที่การทำงาน และพนักงานที่ปฏิบัติงานจะต้องมีทักษะในการผลิตที่หลากหลายและมีความรับผิดชอบในการดำเนินงาน (H. Lee Hales, Bruce J. Andersen, William E. Fillmore, 2002)[3] ซึ่งหลักการจัดรูปแบบของระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ ประกอบไปด้วยการส่งเสริมให้เกิดการไหลของงานอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถลดเวลานำในการผลิตงานระหว่างกระบวนการผลิตลดลง และยังสามารถช่วยพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การควบคุมกระบวนการผลิต และการใช้งานพนักงานในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (H. Lee Hales, Bruce J. Andersen, William E. Fillmore, 2002)[3] ซึ่งสิ่งสำคัญในระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ พนักงานจะต้องมีความสามารถในการปฏิบัติงานได้หลายหน้าที่โดยจะต้องทำงานร่วมกันเป็นทีม

ได้ และเรียนรู้ที่จะทำงานในกระบวนการและเครื่องจักรที่แตกต่างกัน ซึ่งได้มีเทคนิคและวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นสำหรับระบบการผลิต จากผลการศึกษาซึ่งได้ให้ความสำคัญในการศึกษาด้านการพิจารณาถึงกำลังการผลิตและเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต การพิจารณาถึงอัตราการไหลของชิ้นงานในระบบ และการจัดสมดุลสายการผลิต[2] โดยต้องอาศัยการจัดสรรพนักงานลงสู่ตำแหน่งการผลิตที่เหมาะสมกับความสามารถและความถนัดในการทำงานของพนักงาน จากการศึกษาวิจัยพบว่าระบบการผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์เป็นระบบการผลิตที่มีความหลากหลายในความต้องการของรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งการปรับเปลี่ยนรูปแบบการวางแผนโรงงานใหม่ และการนำแนวคิดระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ ด้านการส่งเสริมให้เกิดการไหลของงานอย่างต่อเนื่อง มาประยุกต์ใช้กับระบบการผลิตที่มีความหลากหลายสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำการออกแบบวางแผนโรงงาน[1] การจัดวางเครื่องจักรและอุปกรณ์ และสิ่งสนับสนุนหรือสิ่งเอื้ออำนวยต่างๆ ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม
2. นำแนวคิดด้านระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ (Cellular Manufacturing)[3] มาช่วยในการวิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต โดยเน้นด้านการส่งเสริมการไหลของงานอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) และการเพิ่มความสามารถหลายด้านของพนักงาน
3. จัดสรรทรัพยากรบุคคลสำหรับการผลิต[2] เพื่อเพิ่มอัตราการผลิต และให้ประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด

3. วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษารูปแบบและขั้นตอนในกระบวนการผลิตอย่างละเอียด เพื่อทำการวิเคราะห์เส้นทางการไหลภาพรวมของขั้นตอนของระบบการผลิต และข้อมูลทางด้านแผนผังโรงงานปัจจุบัน ความสัมพันธ์ในการใช้เครื่องจักรของระบบการผลิตแต่ละส่วน ซึ่งจะนำมาใช้เพื่อออกแบบ

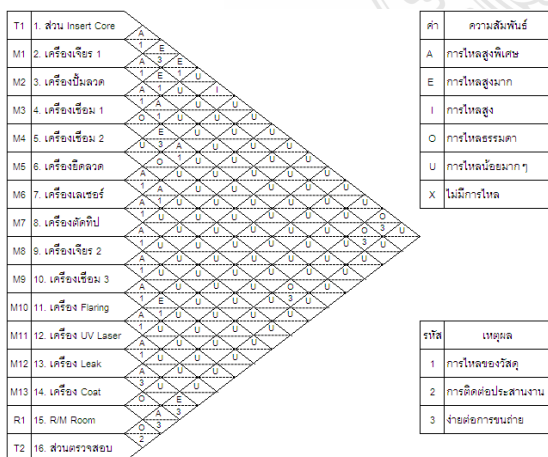
และปรับปรุงผังโรงงานให้เหมาะสมที่สุด

2. ทำการออกแบบปรับผังโรงงานใหม่ โดยอาศัยหลักการการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) และใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ[1] โดยพิจารณาที่ละองค์ประกอบในการเปรียบเทียบกับหาผังโรงงานที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนี้ยังนำหลักการและแนวคิดของระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ (Cellular Manufacturing)[3] ด้านการส่งเสริมการไหลของงานอย่างต่อเนื่อง และการเพิ่มความสามารถของพนักงานหลายด้าน และการศึกษาเวลา (Time Study)[2] มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงการผลิต

3. เนื่องจากอัตราเร็วในการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและความสามารถของพนักงานผลิต ซึ่งการจัดสรรทรัพยากรบุคคล (line Balancing)[2] ในการผลิตจะก่อให้เกิดความสมดุลในระบบการผลิต ซึ่งภายหลังการวิเคราะห์ข้อมูลและการจัดวางทรัพยากรในการผลิตลงเป็นระบบการผลิตที่เหมาะสมแล้ว จะทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับข้อมูลในอดีตเพื่อทำการสรุปผลการดำเนินงาน

4. ผลการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกิจกรรม (Relationship Chart)[1] ของโรงงานกรณีศึกษา นั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและกำหนดกิจกรรมพื้นฐานที่ต้องการหาความสัมพันธ์ดังแสดงในภาพที่ 1



รูปที่ 1. แผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรม

ตารางที่ 1. คะแนนรวมความสัมพันธ์ของกิจกรรม

| กิจกรรม/เครื่องจักร | ความสัมพันธ์ | คะแนนรวมความสัมพันธ์ (TCR) |
|----------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| 1. ส่วน Insert Core | A, E, U, I, U, U, U, U, U, U, O, U | 28 |
| 2. เครื่องเจียร 1 | A, A, E, U, U, U, U, U, U, U, O, U | 27 |
| 3. เครื่องปัดลวด | E, A, A, A, U, U, U, U, U, U, U, U | 30 |
| 4. เครื่องเชื่อม 1 | E, E, A, O, E, A, U, U, U, U, U, U | 33 |
| 5. เครื่องเชื่อม 2 | U, U, A, O, U, O, U, U, U, U, U, U | 21 |
| 6. เครื่องขัดลวด | I, U, U, E, U, A, A, U, U, U, U, O, U | 29 |
| 7. เครื่องเลเซอร์ | U, U, U, A, O, A, A, O, U, U, U, U, U | 29 |
| 8. เครื่องตัดทึบ | U, U, U, U, U, A, A, A, U, U, U, U, U | 27 |
| 9. เครื่องเจียร 2 | U, U, U, U, U, O, A, A, U, U, U, U, U | 24 |
| 10. เครื่องเชื่อม 3 | U, U, U, U, U, U, U, A, A, E, U, U, U | 26 |
| 11. เครื่อง Flaring | U, U, U, U, U, U, U, U, A, A, U, U, U | 23 |
| 12. เครื่อง UV Laser | U, U, U, U, U, U, U, U, E, A, A, U, U | 26 |
| 13. เครื่อง Leak | U, U, U, U, U, U, U, U, U, A, A, U, E | 26 |
| 14. เครื่อง Coat | U, U, U, U, U, U, U, U, U, U, A, O, A | 24 |
| 15. R.M Room | O, O, U, U, U, O, U, U, U, U, U, O, O | 20 |
| 16. ส่วนตรวจลอบ | U, U, U, U, U, U, U, U, U, U, E, A, O | 23 |

จากข้อมูลด้านบนที่ได้แสดงถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่างๆ รวมไปถึงการรวมคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม โดยจะคำนวณจากค่าระดับความสัมพันธ์ซึ่งเป็นค่าอัตราความใกล้ชิดของแต่ละกิจกรรมที่สัมพันธ์กัน แสดงให้เห็นได้ว่ากิจกรรมใดควรอยู่ใกล้กัน หรือห่างกัน ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้คำนวณได้จากแผนผังความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม (Relationship Chart)[1] จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผังโรงงานจำนวน 3 ผัง และทำการประเมินผังโรงงานตามที่

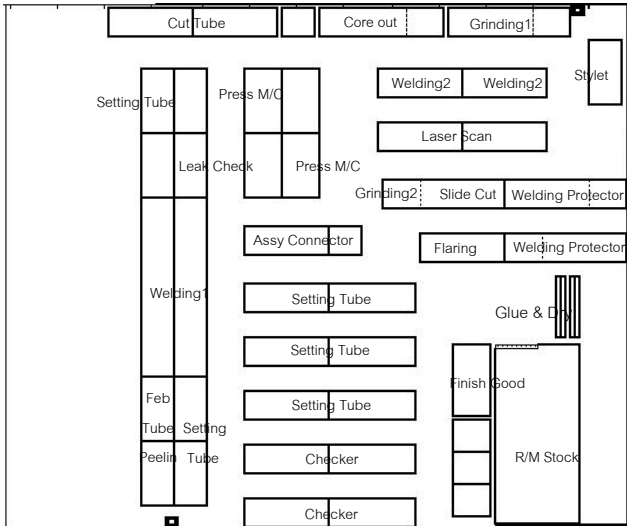
ตารางที่ 2. การประเมินผังโรงงาน

| รูปแบบผังโรงงาน | รวมค่าน้ำหนัก - คะแนนของแต่ละแผน |
|-------------------|----------------------------------|
| ผังโรงงานแบบที่ 1 | 141 |
| ผังโรงงานแบบที่ 2 | 103 |
| ผังโรงงานแบบที่ 3 | 122 |

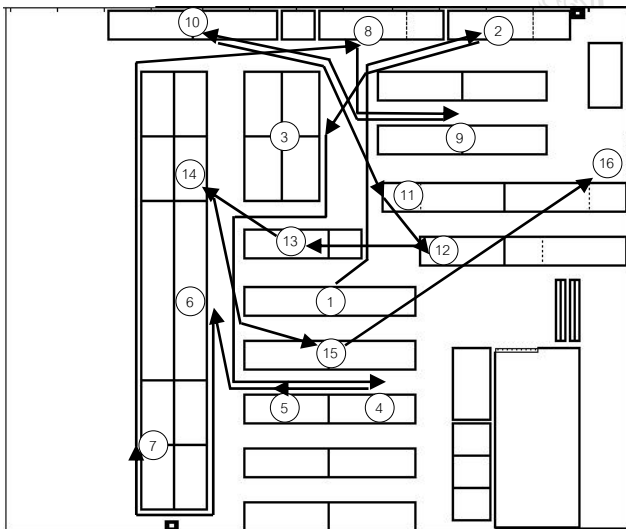
แสดงในตารางที่ 2 ผลการประเมินผังโรงงานแบบวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ สามารถสรุปได้ว่า การวางผังโรงงานแบบที่ 1 มีผลการประเมินออกมาดีที่สุด ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าลักษณะการวางผังโรงงานในรูปแบบดังกล่าว

สามารถเชื่อมโยงขั้นตอนต่อการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

งานใหม่ สามารถวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลง โดยพบว่าสามารถลดระยะทางได้ถึง 48.70%



รูปที่ 2. รูปแบบผังโรงงานแบบเดิม

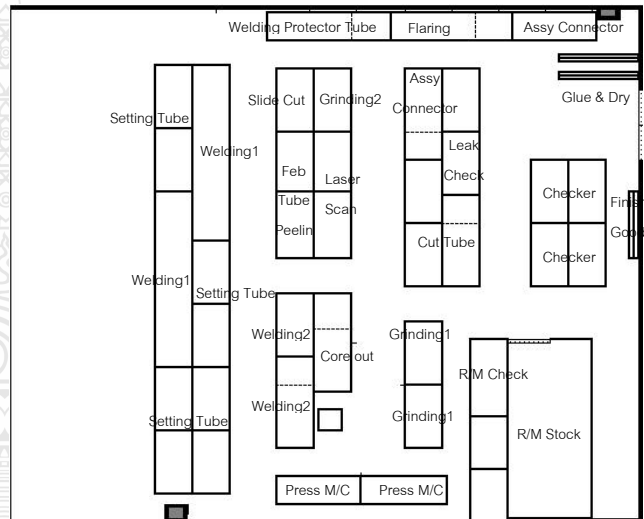


รูปที่ 3. ผังรูปแบบการไหลของผังโรงงานแบบเดิม

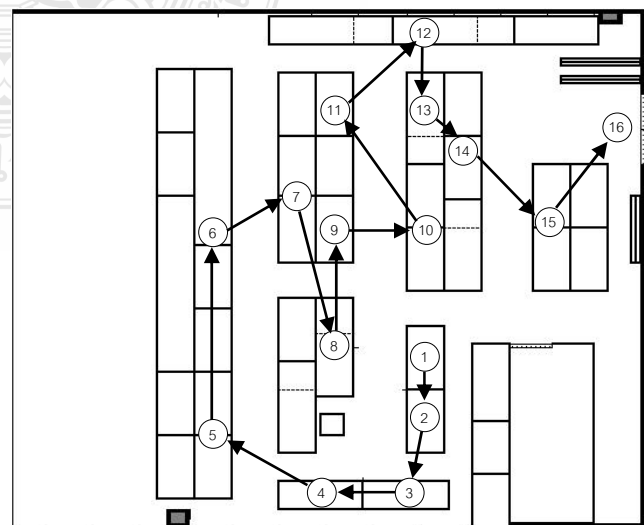
ซึ่งต่อมาผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการแก้ไขสภาพการไหลของงานไม่เหมาะสม โดยการนำหลักการออกแบบผังโรงงานมาประยุกต์ใช้เพื่อการปรับปรุงสภาพผังโรงงานและสภาพการไหลให้มีความเหมาะสมมากขึ้น โดยการจัดวางอุปกรณ์และสิ่งสนับสนุนหรือสิ่งเอื้ออำนวยต่างๆ ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม[4] ซึ่งภายหลังจากจัดผังสถานนี้

ตารางที่ 3. เปรียบเทียบระยะทางรวมในการผลิต

| ก่อนทำการปรับปรุง | หลังทำการปรับปรุง | % การเปลี่ยนแปลง |
|-------------------|-------------------|------------------|
| 179.7 เมตร/รอบ | 101.5 เมตร/รอบ | ลดลง 48.70% |



รูปที่ 4. รูปแบบผังโรงงานแบบใหม่



รูปที่ 5. ผังรูปแบบการไหลของผังโรงงานแบบใหม่

ผู้วิจัยได้นำหลักการและแนวคิดของระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์ (Cellular Manufacturing)[3] ช่วยในการวิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาในด้านกระบวนการผลิต โดยเน้นด้านการส่งเสริมให้เกิดการไหลของงานอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) การทำงานเป็นทีม และการเพิ่มความสามารถหลายด้านของพนักงาน รวมทั้งการจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing)[2] และการจัดสรรทรัพยากรบุคคล ลงสู่ตำแหน่งการผลิตที่เหมาะสมกับความสามารถและความถนัดในการทำงานของพนักงาน เพื่อเพิ่มอัตราการผลิต และให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด และทำการคำนวณหาจำนวนสถานีงาน (N_{min}) = (15 นาที/ชิ้น) ÷ (2.10 นาที/ชิ้น/สถานี) = 7.14 สถานี หรือเท่ากับ = 8 สถานี

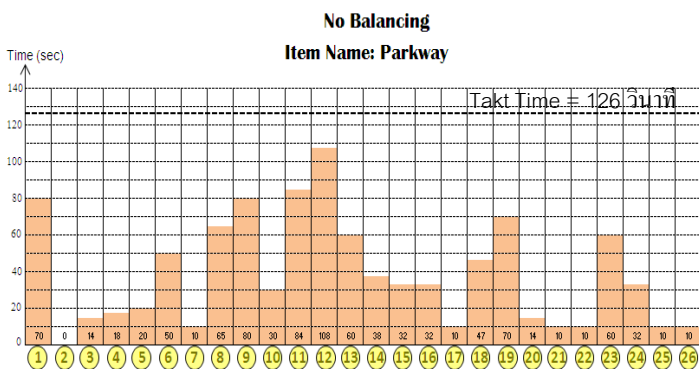
ซึ่งการปรับปรุงในส่วนนี้ทำให้สามารถลดเวลานำ (Lead Time) ลงได้ 71.02% และลดงานระหว่างกระบวนการ (Work In Process) ลงได้ 45.47%

ตารางที่ 4. เปรียบเทียบเวลานำ, งานระหว่างกระบวนการ และความสามารถทางการผลิต

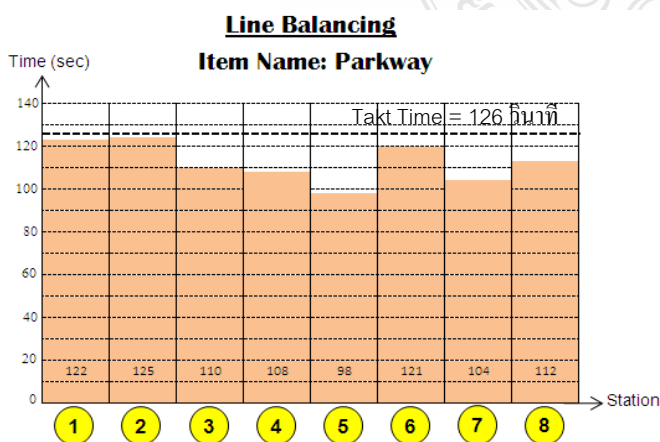
| ตารางเปรียบเทียบ | ก่อนทำการปรับปรุง | หลังทำการปรับปรุง | % การเปลี่ยนแปลง |
|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| เวลานำ | 3.71 วัน/ล็อต | 1.05 วัน/ล็อต | ลดลง 71.02% |
| งานระหว่างกระบวนการ | 5.63 ล็อต/วัน | 3.07 ล็อต/วัน | ลดลง 45.47% |

5. สรุป

จากการศึกษาการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแต่ละสถานีงานในกระบวนการผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์ ซึ่งมีกระบวนการผลิตย่อยที่แตกต่างกัน หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์หิ้งโรงงานและออกแบบผังโรงงานสำหรับการผลิตจำนวน 3 แบบ ตามหลักการการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (Systematic Layout Planning: SLP)[1] และทำการคำนวณคะแนนสำหรับผังโรงงานแต่ละแบบโดยวิธีการวิเคราะห์หิ้งประกอบ พบว่าผังโรงงานที่ออกแบบใหม่ได้คะแนน 141, 103 และ 122 คะแนนตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ผังโรงงานแบบที่ 1 เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตในปัจจุบัน ผลการดำเนินการดังกล่าวทำให้สามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่ในสายการผลิตลงได้ 48.70% นอกจากนี้ผลจากการนำหลักการและแนวคิดของระบบการผลิตแบบเซลล์ลูลาร์[3] ด้านการส่งเสริมให้เกิดการไหลของงานอย่างต่อเนื่อง การทำงานเป็นทีม และการเพิ่มความสามารถหลายด้านของพนักงานรวมทั้งการจัดสมดุลสายการผลิตและการจัดสรรทรัพยากรบุคคล[2] ลงสู่ตำแหน่งการผลิตที่เหมาะสมกับความสามารถและความถนัดในการทำงานของพนักงาน ทำให้สามารถลดเวลานำ (Lead Time) ลงได้ 71.02% และลดงานระหว่างกระบวนการลงได้ 45.47% เมื่อเปรียบเทียบช่วงการผลิตก่อน - หลังปรับปรุง



รูปที่ 6. ก่อนทำการจัดสมดุลสายการผลิต



รูปที่ 7. หลังทำการจัดสมดุลสายการผลิต

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมศักดิ์ ตริสัต์ย์, 2534. การออกแบบและวางผังโรงงาน. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- [2] วศ. พิภพ สถิตาภรณ์, 2548. ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- [3] H. Lee Hales, Bruce J. Anderson, William E. Fillmore. 2002. Work Cell Design. Georgia.
- [4] ทวีมาศ นาคอุดม, 2547. การประยุกต์ใช้การออกแบบผังโรงงานเพื่อเพิ่มผลผลิต. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [5] Mohsen M.D. Hassan. 1995. Layout design in group technology manufacturing. International Journal of Production Economics, 38: 173-188.



การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตข้าวเกรียบมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคการศึกษางาน

วรพจน์ ศิริรักษ์, ชินวร แจ้วสอน, ลิขิต คำประละ และ ศรีแพร ลือภะ

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่เชียงใหม่

E-mail: chin_ie02@hotmail.com

บทคัดย่อ

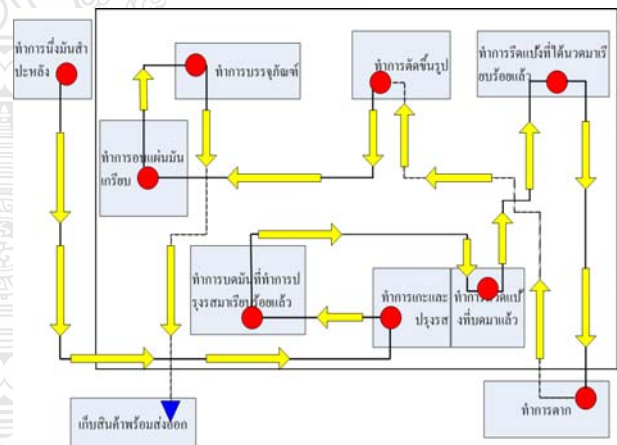
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและปรับปรุงพื้นที่การทำข้าวเกรียบรวมทั้งลดระยะทางและลดเวลาการทำงานในการผลิตข้าวเกรียบ ซึ่งวิสาหกิจชุมชนบ้านสบรวก อ. เชียงแสน จ. เชียงราย ได้ประสบปัญหาการผลิตข้าวเกรียบช้าเนื่องจากมีระยะทางการเคลื่อนที่มากและใช้เวลาในการเคลื่อนที่ยาวนานดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและปรับปรุงผังโรงงานใหม่โดยใช้วิธีการศึกษางานโดยผังโรงงานแบบเก่ามีระยะทางในการเคลื่อนที่เฉลี่ย 17.7 เมตรและมีเวลาเฉลี่ย 8.23 นาที จากการปรับปรุงผังโรงงานใหม่ระยะทางในการเคลื่อนที่เฉลี่ยมีค่าลดลงเหลือ 15.8 เมตรมีเวลาเฉลี่ย 7.5 นาทีตามลำดับซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะพบว่าลดระยะทางการเคลื่อนที่ได้ 10.73% และลดเวลาในการเคลื่อนที่ได้ 8.87%

คำสำคัญ การศึกษางาน, การปรับปรุงพื้นที่, ข้าวเกรียบมันสำปะหลัง

1. บทนำ

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรกรบ้านสบรวก อ. เชียงแสน จ. เชียงราย เป็นหนึ่งในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่เป็นผู้ผลิตข้าวเกรียบแล้วประสบปัญหาในด้านการนวดแป้งข้าวเกรียบที่ต้องใช้เวลานานทำให้สามารถผลิตข้าวเกรียบได้ปริมาณน้อยซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด โดยวิธีการนวดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสบรวกนั้น ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีสำหรับการนวดแป้งใดๆ เพราะว่าการกลุ่มวิสาหกิจนี้เป็นกลุ่มขนาดเล็กจึงมีเงินทุนน้อยทำให้ไม่สามารถจัดซื้อเทคโนโลยีการผลิตเข้ามาช่วยแต่จะใช้

แรงงานคนเป็นหลักสำหรับการนวดแป้งทำข้าวเกรียบ จึงทำให้ไม่สามารถนวดแป้งได้ครั้งละมากๆ และเป็นระยะเวลาานานๆ จากการศึกษาค้นคว้าเบื้องต้นพบว่าสถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับนวดแป้งไม่เหมาะสมส่งผลให้ลักษณะท่าทางในการนวดแป้งไม่ถูกต้องทำให้เกิดความเมื่อยล้าได้ง่าย และลักษณะท่าทางการนวดแป้งดังกล่าวอาจเป็นบ่อเกิดของโรคที่เกี่ยวกับการใช้กล้ามเนื้อเรื้อรังได้อีกด้วยรวมทั้งยังพบปัญหาเกี่ยวกับการวางผังโรงงานที่ไม่เหมาะสมดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. ผังโรงงานแบบเก่า

จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยมุ่งศึกษาค้นคว้าเพื่อแก้ปัญหาด้านการผลิตข้าวเกรียบมันสำปะหลังให้สามารถนวดแป้งได้ปริมาณมากขึ้นและลดระยะเวลาการผลิตข้าวเกรียบรวมทั้งลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนกันให้น้อยลงเพื่อเพิ่มศักยภาพด้านการแข่งขันทางการตลาดให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสบรวกที่ผลิตข้าวเกรียบมัน

สำปะหลังแห่งเดียวทางภาคเหนือให้สามารถดำเนินกิจการอยู่ได้อย่างมั่นคงตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงอีกด้วย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิธีการการศึกษางาน

ใช้แนวคิดในการปรับปรุงการทำงานของ แอลเลน เชน โมเจนเซน (Allan H Mogensen) ECRS มีหลักการคือการขจัดหรือการกำจัดทิ้ง (Elimination) กำจัดงานที่ไม่จำเป็นออกไป การรวม (Combination) นำงานที่สามารถทำพร้อมกันได้มาทำพร้อมๆกัน การสลับขั้นตอน (Rearrangement) สามารถสลับขั้นตอนการทำงานแล้วทำให้งานเร็วขึ้น การทำให้การทำงานง่ายขึ้น (Simplification) ปรับปรุงในรายละเอียดหรือทำให้ทำงานง่ายขึ้น [1]

อัจฉรา, 2551 [2] ศึกษากรรมวิธีผลิตข้าวเกรียบเพื่อให้ได้สูตรมาตรฐานที่มีคุณภาพสม่ำเสมอมีความเหนียวเพิ่มขึ้นและเพิ่มสมุนไพรให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพโภชนาการเพิ่มขึ้น

ชลธาร, 2550 [3] ได้นำ การประยุกต์ใช้เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลาและการควบคุมคุณภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเพื่อหามาตรฐานในการนวดแป้งโดยกำหนดให้เวลาเพื่อสำหรับผู้นวดหยุดพัก

สูตรการคำนวณ การหาเวลามาตรฐาน

$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาปกติ} + \text{ค่าเผื่อต่างๆ}$$

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

ศึกษากระบวนการนวดข้าวเกรียบของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านสบรวก ต.เวียง อ.เชียงแสน จ. เชียงราย มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตข้าวเกรียบมันสำปะหลังโดยเฉพาะขั้นตอนการนวดและวิธีการนวดแป้งมันสำปะหลัง [2] รวมถึงระยะทางในการไหลของ

การผลิตข้าวเกรียบมันสำปะหลังรวมถึงสถานีงานที่เป็นคอขวดของกระบวนการ

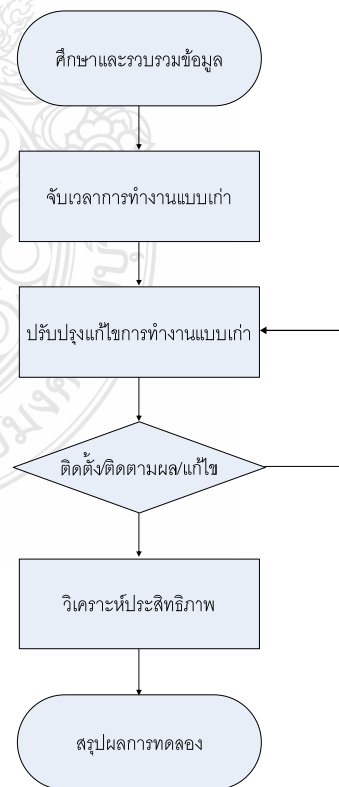
2. นำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาเพื่อออกแบบการไหลของงานโดยใช้หลัก ECRS และสร้างโตะนวดแป้งโดยมีอุปกรณ์ช่วยสำหรับการนวดแป้งมันสำปะหลังติดอยู่กับโตะนวดแป้งในกระบวนการนวดแป้งซึ่งเป็นจุดคอขวดของกระบวนการผลิตข้าวเกรียบ

3. ทดลองจับเวลาการไหลของงานหลังจากปรับปรุงผังโรงงานและทดลองนวดแป้งโดยทำการเก็บข้อมูล 3 วิธี แต่ละวิธีจะจับเวลาจำนวน 10 ครั้งเพื่อใช้สำหรับการเปรียบเทียบวิเคราะห์หาเวลามาตรฐานและอัตราการเพิ่มผลผลิต

4. คำนวณค่าเวลาเฉลี่ยที่ได้จากการนวดแป้งแต่ละวิธีการซึ่งเป็นเวลาพื้นฐานของการนวดแป้งมาหาเวลามาตรฐานในการนวดแป้ง [3] และหาเวลาการไหลของงาน เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มผลผลิตที่ได้ก่อนการปรับปรุงและหลังปรับปรุง

5. สรุปผลการทดลอง

จากขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 2

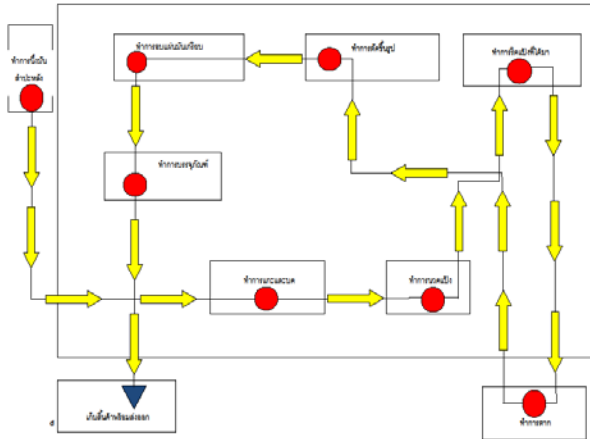


รูปที่ 2. Flow chat แสดงการดำเนินงาน

4. ผลการทดลอง

จากปัญหาที่กล่าวเบื้องต้นจึงได้ทำการวางผังโรงงานใหม่โดยใช้หลัก ECRS แสดงดังรูปที่ 3

จากรูปที่ 3 ได้ทำการปรับรวมงานการแกะและปรุงรสเข้ากับการบด (C) เพราะสามารถทำงานในสถานีงาน



รูปที่ 3. ผังโรงงานแบบใหม่

เดียวกันได้ จากนั้นได้ทำการเคลื่อนสลับสถานีบรรจุภัณฑ์และสถานีอบแผ่นมันเกรียบ(R) เพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ จากนั้นได้นำเครื่องช่วยนวดแป้งเข้ามาใช้เพื่อลดเวลาในการนวดแป้งเพื่อเพิ่มผลผลิตให้มากกว่าวิธีการนวดแป้งแบบเดิมและยังทำให้ทำงานได้ถนัดขึ้นอีกด้วย (S) แบบโต๊ะและอุปกรณ์ช่วยนวดแป้งดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. โต๊ะและอุปกรณ์ช่วยนวดแป้ง

จากรูปที่ 4 โต๊ะนวดแป้งสามารถปรับระดับได้ 3 ระดับ คือ 0° , 10° และ 20° ซึ่งจะทำการนวดแป้งโดยใช้โต๊ะนวดแบบเดิมและโต๊ะแบบใหม่ที่ระดับ 0° และนวดแป้งบนโต๊ะที่สร้างขึ้นในทั้ง 3 ระดับของค่า โดยใช้อุปกรณ์ช่วยนวด ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 ถึง 5

ตารางที่ 1 การเก็บข้อมูลวิธีการนวดแป้งแบบเดิม (ใช้มือ นวด) และยังไม่ได้อ่างผังโรงงานใหม่

| งานย่อย | รายการ | เวลา (นาที) | ระยะทาง เคลื่อนไหว | รายการ | ระยะทาง (เมตร) |
|--------------------|------------|-------------|--------------------|--------|----------------|
| 1 | ขึ้นตอน | 0.44 | 2.3 | นั่งไป | 17 |
| 2 | คลุกเคล้า | 1.07 | 0 | แกะไป | 1.7 |
| 3 | เดินไป | 0.13 | 1.7 | บดมา | 1.7 |
| 4 | ทำการบด | 4.38 | 7 | นวดมา | 3.4 |
| 5 | เดินไปโต๊ะ | 0.05 | 1.7 | รีดมา | 9.0 |
| 6 | ทำการ | 3.27 | 4 | ตากมา | 9.2 |
| 7 | เอาแป้ง | 0.05 | 3.4 | อบมา | 2 |
| รวม | | 9.39 | 20.1 | รวม | 44 |
| เวลามาตรฐาน | | 9.8595 นาที | | | |

ตารางที่ 2 การเก็บข้อมูลวิธีการแบบใหม่บนโต๊ะนวดแป้งที่ 0° (ใช้มีอนวด) และได้ทำการปรับปรุงผังโรงงานใหม่

| งานย่อย | รายการ | เวลา (นาที) | ระยะทาง เคลื่อนไหว | รายการ | ระยะทาง (เมตร) |
|--------------------|------------|-------------|--------------------|--------|----------------|
| 1 | ขึ้นตอน | 0.44 | 2.4 | นั่งไป | 17 |
| 2 | คลุกเคล้า | 1.04 | 0 | แกะไป | 0 |
| 3 | เดินไป | 0.13 | 1.2 | บดไป | 1.5 |
| 4 | ทำการบด | 4.35 | 7.2 | นวดไป | 2.5 |
| 5 | เดินไปโต๊ะ | 0.05 | 1.2 | รีดไป | 8.2 |
| 6 | ทำการนวด | 2.33 | 5 | ตากไป | 9.0 |
| 7 | เอาแป้ง | 0.05 | 1.5 | อบไป | 2 |
| รวม | | 8.39 | 18.5 | รวม | 40.2 |
| เวลามาตรฐาน | | 8.8095 นาที | | | |

ตารางที่ 3 การเก็บข้อมูลวิธีการแบบใหม่ขนาดแบ่งบนโต๊ะ (ใช้อุปกรณ์ช่วยขนาด) ที่ระดับ 0 และได้ทำการปรับปรุงผังโรงงานใหม่

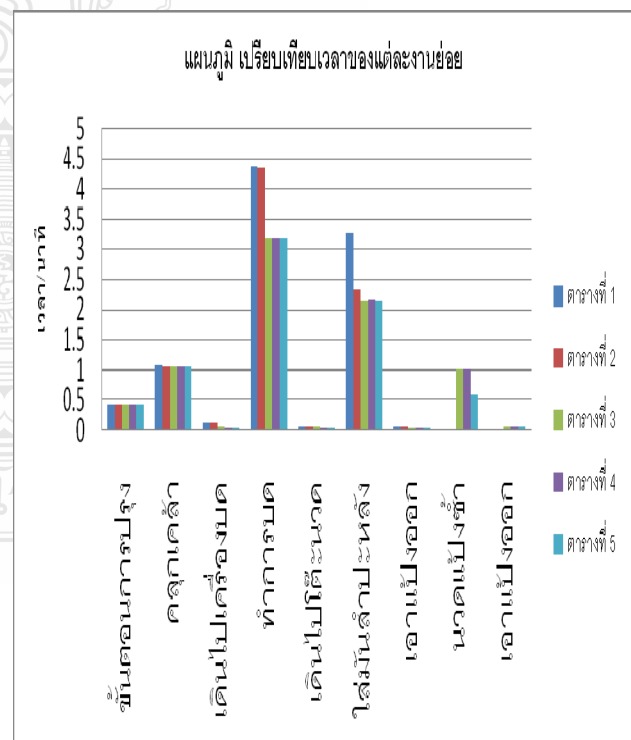
| งานย่อย | รายการ | เวลา (นาที) | ระยะทาง เคลื่อนที่ | รายการ | ระยะทาง (เมตร) |
|-------------|------------|-------------|--------------------|--------|----------------|
| 1 | ขึ้นตอน | 0.44 | 2 | นั่งไป | 17 |
| 2 | คลุกเคล้า | 1.04 | 0 | แกะไป | 0 |
| 3 | เดินไป | 0.05 | 1.2 | บดไป | 1.5 |
| 4 | ทำการบด | 3.17 | 7.4 | นวดไป | 2.5 |
| 5 | เดินไปโต๊ะ | 0.05 | 1.2 | รีดไป | 8.2 |
| 6 | ใส่มัน | 2.14 | 0 | ตากไป | 9.0 |
| 7 | เอาแป้ง | 0.02 | 0.8 | อบไป | 2 |
| 8 | นวดแป้ง | 1.00 | 5 | | |
| 9 | เอาแป้ง | 0.05 | 1.5 | | |
| รวม | | 7.96 | 19.1 | รวม | 40.2 |
| เวลามาตรฐาน | | 8.358 นาที | | | |

ตารางที่ 5 การเก็บข้อมูลวิธีการแบบใหม่ขนาดแบ่งบนโต๊ะ (ใช้อุปกรณ์ช่วยขนาด) ที่ระดับ 20 และได้ทำการปรับปรุงผังโรงงานใหม่

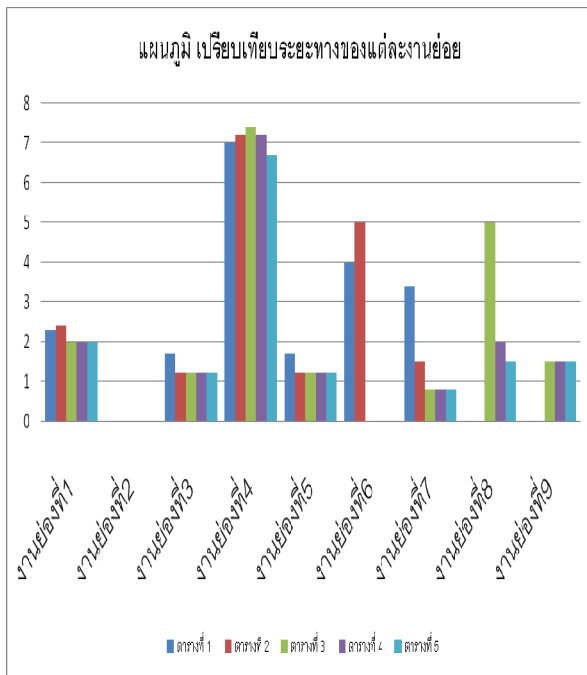
| งานย่อย | รายการ | เวลา (นาที) | ระยะทาง เคลื่อนที่ | รายการ | ระยะทาง |
|-------------|------------|-------------|--------------------|--------|---------|
| 1 | ขึ้นตอน | 0.44 | 2 | นั่งไป | 17 |
| 2 | คลุกเคล้า | 1.04 | 0 | แกะไป | 0 |
| 3 | เดินไป | 0.02 | 1.2 | บดไป | 1.5 |
| 4 | ทำการบด | 3.17 | 6.7 | นวดไป | 2.5 |
| 5 | เดินไปโต๊ะ | 0.02 | 1.2 | รีดไป | 8.2 |
| 6 | ใส่มัน | 2.14 | 0 | ตากไป | 9.0 |
| 7 | เอาแป้ง | 0.04 | 0.8 | อบไป | 2 |
| 8 | นวดแป้ง | 0.58 | 1.5 | | |
| 9 | เอาแป้ง | 0.05 | 1.5 | | |
| รวม | | 7.5 | 14.9 | รวม | 40.2 |
| เวลามาตรฐาน | | 7.875 นาที | | | |

ตารางที่ 4 การเก็บข้อมูลวิธีการแบบใหม่ขนาดแบ่งบนโต๊ะ (ใช้อุปกรณ์ช่วยขนาด) ที่ระดับ 10 และได้ทำการปรับปรุงผังโรงงานใหม่

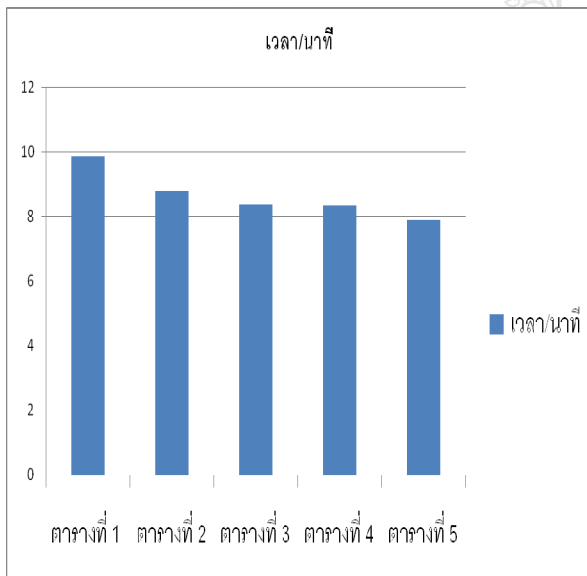
| งานย่อย | รายการ | เวลา (นาที) | ระยะทาง เคลื่อนที่ | รายการ | ระยะทาง (เมตร) |
|-------------|------------|-------------|--------------------|--------|----------------|
| 1 | ขึ้นตอน | 0.44 | 2 | นั่งไป | 17 |
| 2 | คลุกเคล้า | 1.04 | 0 | แกะไป | 0 |
| 3 | เดินไป | 0.02 | 1.2 | บดไป | 1.5 |
| 4 | ทำการบด | 3.17 | 7.2 | นวดไป | 2.5 |
| 5 | เดินไปโต๊ะ | 0.02 | 1.2 | รีดไป | 8.2 |
| 6 | ใส่มัน | 2.15 | 0 | ตากไป | 9.0 |
| 7 | เอาแป้ง | 0.04 | 0.8 | อบไป | 2 |
| 8 | นวดแป้ง | 1 | 2 | | |
| 9 | เอาแป้ง | 0.05 | 1.5 | | |
| รวม | | 7.93 | 15.9 | รวม | 40.2 |
| เวลามาตรฐาน | | 8.3265 นาที | | | |



รูปที่ 5. แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละงานย่อย



รูปที่ 6. แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระยะทางของแต่ละงานย่อย



รูปที่ 7. แผนภูมิแสดงเวลาและระยะทางของแต่ละดาว

5. สรุป

จากการทดลองสามารถลดเวลาในการวัดแบ่งได้มากจากเวลามาตรฐานในการวัดแบ่งแบบเดิม และในระดับ 20□ เวลาจะลดลง 2.38 นาที ถ้าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะลดเวลาการวัดลง 20% และอุปกรณ์ช่วย

วัดแบ่งนี้ยังสามารถนำไปใช้กับธุรกิจที่มีลักษณะเดียวกันได้อีกด้วย

จากการปรับปรุงผังโรงงานใหม่ระยะทางในการเคลื่อนที่เฉลี่ยมีค่าลดลงเหลือ 15.8 เมตรมีเวลาเฉลี่ย 7.5 นาทีตามลำดับซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะพบว่าลดระยะทางการเคลื่อนที่ได้ 10.73% และลดเวลาในการเคลื่อนที่ได้ 8.87%

กิตติกรรมประกาศ

วิสาทกิจชุมชนบ้านสบรวก ต.เวียง อ.เชียงแสน จ.เชียงราย ที่อนุเคราะห์สถานที่และวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัยนนท์ ศรีสุภินานนท์.2552. การออกแบบผังโรงงานและเพิ่มผลผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ไอกรุป เพรส.
- [2] อัจฉรา ดลวิทยาคุณ.2551 . “การพัฒนาคุณภาพข้าวเกรียบงาดำเสริมสมุนไพร.” ข้อมูลงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- [3] ชลาธาร รัตนพานิช.2550. “การประยุกต์ใช้เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลาและการควบคุมคุณภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต.” รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี.

การศึกษาค่าเวลามาตรฐานและการเคลื่อนไหวแบบพรีดีเทอร์มิน ในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม

กนกวรรณ สุภักดี^{1*} วิชญ์พันธุ์รูปพรหม² ธวัชชัย ตาบุตร³ นพรัตน์ สายสมุทร⁴ และ นัทพงษ์ นันทสำเริง⁵
^{1,2,3,4,5*} สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

2 ถ.ราชธานี ต.ในเมือง อ.เมือง จ.อุบลราชธานี 34000

E-mail: ksupakdee@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบเวลา
มาตรฐาน ในกระบวนการผลิตชุดนักเรียน รูปแบบเสื้อเชิ้ต
ของพนักงานในโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าตัวอย่าง เพื่อใช้ในการ
การเปรียบเทียบกับเวลาการเคลื่อนไหวแบบพรีดีเทอร์มิน
เวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนด และเวลาที่ได้จากการ
ทำงานจริง จากการศึกษาพบว่า ค่าเวลามาตรฐานของ
เสื้อเชิ้ตที่ได้จากการคำนวณ คือ 17.10 นาที/ตัว ค่าเวลา
การเคลื่อนไหวแบบพรีดีเทอร์มิน คือ 12.71 นาที/ตัว ค่า
เวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนดใช้เวลา 16.68 นาที/ตัว
และเวลาที่ได้จากการทำงานจริง เป็น 28.42 นาที/ตัว ค่า
เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเวลามาตรฐานที่ได้จาก
การคำนวณ ค่าเวลาการเคลื่อนไหวแบบพรีดีเทอร์มิน และ
ค่าเวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนด เมื่อเปรียบเทียบกับ
เวลาที่ได้จากการทำงานจริงคิดเป็นร้อยละ 66.20, 123.60
และ 70.38 ตามลำดับ

คำสำคัญ : เวลามาตรฐาน, ค่าเวลาการเคลื่อนไหวแบบ
พรีดีเทอร์มิน (MTM), เวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนด
(SAM), การตัดเย็บเสื้อผ้า

1. บทนำ

การศึกษาค่าเวลามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ ค่า
เวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนด (SAM) และศึกษาการ
เคลื่อนไหวแบบพรีดีเทอร์มิน (MTM) ของพนักงาน จะทำ

ให้รู้ถึงเวลาในการผลิตต่อหน่วย ซึ่งสามารถนำไปกำหนด
ระยะเวลาที่เสร็จสิ้นและเป้าหมายที่ต้องการได้ ซึ่งบริษัท
ตัวอย่างเป็นโรงงานอุตสาหกรรมเย็บผ้า จึงจำเป็นที่จะ
ศึกษาเพื่อใช้เวลามาตรฐานเป็นข้อมูลในการวัดผลการ
ทำงานของพนักงานและเพื่อสร้างมาตรฐานขั้นตอนการ
ทำงาน อีกทั้งใช้ในการพิจารณาการจ่ายค่าตอบแทน การ
วางแผนการผลิต และการประเมินให้เงินจูงใจกับพนักงาน

2. ขั้นตอนการวิจัย

2.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

วิริยะ สุขสวัสดิ์และอิสเรศ สุขเนาวรัตน์(2547)ได้
ทำการศึกษาวิธีการทำงานและหาเวลามาตรฐาน
กรณีศึกษา : องค์การสวนยางจังหวัดนครศรีธรรมราช
กล่าวว่าขั้นตอนของการศึกษา เริ่มจากศึกษากระบวนการ
ผลิตแย่งแย่ง STR 20 โดยใช้แผนภูมิกระบวนการผลิตเข้า
มาช่วยในการศึกษา จากนั้นทำการจับเวลา บันทึกข้อมูล
เวลาจำนวน 31 รอบ หาอัตราการทำงาน (Rating Time)
หาเฉลี่ยของแต่ละงาน คำนวณหาเวลามาตรฐาน ทำ
การปรับปรุงกระบวนการผลิต ผลที่ได้รับ สามารถวิเคราะห์
ปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับเครื่องจักร คือ เครื่องตัดเศษยางตก
ได้น้อยและมีปริมาณที่ไม่เท่ากัน ที่รองรับเศษยางมีจำนวน
น้อยไม่เพียงพอต่อการรองรับเศษยาง ปัญหาเกี่ยวกับ
พนักงานขาดความกระตือรือร้นในการทำงาน และสามารถ
หาเวลามาตรฐานการผลิตแย่งแย่ง STR 20 ใช้เวลาในการ
ผลิต 7.38 นาทีต่อแห่ง [1]

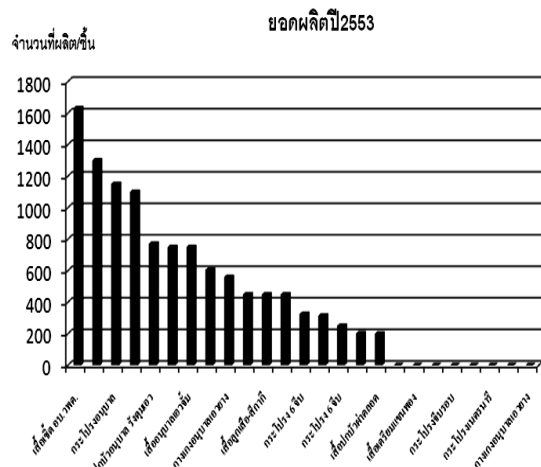
ประภาภรณ์ เทพสาธและ เกศรินทร์ บรรลุศิลป์ (2547) ได้ทำการศึกษาการประเมินอัตราการทำงานและหาเวลามาตรฐานของพนักงานในโรงงานตัวอย่าง พบว่าค่าเวลามาตรฐานของการเย็บกางเกงที่ได้จากการคำนวณคือ 17.92 นาที/ตัว จากข้อมูลมาตรฐานของโรงงาน (SAM) ใช้เวลา 16.78 นาที/ตัว และเวลาที่ได้จากการทำงานจริง (Actual Time) เป็น 18.3 นาที/ตัว จากผลการศึกษา ทำให้ทางโรงงานได้เข้าใจเกี่ยวกับการประเมินอัตราการทำงานของพนักงานในการคำนวณหาเวลามาตรฐานตามหลักการศึกษางาน (Work Study) มากขึ้น และเป็นข้อมูลมาตรฐานที่ใช้พิจารณาในการวางแผนการผลิต การจ่ายค่าตอบแทน และการประเมินให้เงินจูงใจกับพนักงานได้[2]

2.2 ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง

โรงงานตัวอย่าง เป็นโรงงานผลิตเสื้อผ้า ก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2518 บริษัทได้ผลิตและพัฒนาชุดเครื่องแบบชั้นนำต่างๆ รวมทั้งเครื่องแบบนักเรียน ปัจจุบันได้ขยาย กลุ่มสินค้าเพิ่มขึ้นได้ 4 แบรินด์ ชุดเครื่องแบบนักเรียน ตราชัยพฤกษ์ ชุดนักเรียนตราสามทหาร ชุดนักเรียนตราราชพฤกษ์ และชุดนักเรียนตรามอก. จนเป็นที่รู้จัก ยอมรับจากผู้ปกครองและเด็ก นักเรียนทั่วประเทศ

ในปี พ.ศ.2553 โรงงานมีปริมาณการผลิตเสื้อผ้า ดังนี้ เสื้อเชิ้ต กระโปรงอนุบาล เสื้อปกบัว เสื้ออนุบาล เหวจิ้ม กางเกงอนุบาลเอวยาง เสื้อลูกเสื้อสีกาก็ กางเกงอนุบาล กระโปรง 6 จีบ เสื้อปกบัวผ่าตลอด เสื้อเตรียมแขนทอง กระโปรงจีบรอบ กระโปรงเนตรนารี และกางเกงอนุบาลเอวยาง พบว่า ปริมาณการผลิตเสื้อเชิ้ต มีปริมาณสูงสุดและขั้นตอนในการผลิตพนักงานมีความสามารถและอัตราการทำงานที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงเลือกศึกษาขั้นตอนการผลิตเสื้อเชิ้ตนักเรียนชาย Style S01C1 เป็นตัวอย่างการศึกษาเพื่อคำนวณหาเวลามาตรฐาน เวลาแบบพรีดีเทอร์มินของพนักงาน ทั้งนี้ปัจจุบันโรงงานมีการใช้ค่า SAM ซึ่งเป็นเวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนดขึ้นในแต่ละรุ่นของผลิตภัณฑ์ โดยคิดจากเวลาการเย็บชิ้นงานตัวอย่างของพนักงานที่เป็นตัวแทนที่ยังไม่ได้พิจารณาถึงอัตราการทำงานของพนักงานโดยตรง ทำให้พนักงานไม่ได้

ทำตามแผนที่ตั้งไว้



รูปที่ 1 แสดงยอดผลิตในปี 2553 (บริษัทตัวอย่าง)



รูปที่ 2 แสดงรูปผลิตภัณฑ์เสื้อเชิ้ต Style S01C1

2.3 การประเมินอัตราการทำงานของพนักงาน

การประเมินอัตราการทำงานของพนักงานในโรงงานตัวอย่าง จะพิจารณาในแง่เย็บเสื้อเชิ้ตนักเรียนชาย Style S01C1 โดยนำระบบของ Westinghouse ซึ่งเป็นระบบที่นำมาประเมินอัตราการทำงานของพนักงานมาใช้ในการประเมิน วิธีนี้มีการประเมินประสิทธิภาพ โดยยึดปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการทำงาน 4 ประการ [3] คือ

1. ทักษะ (Skill) คือ ความสามารถในการทำงานตามวิธีที่กำหนดให้
2. ความพยายาม (Effort) คือ ความพยายาม ความตั้งใจที่จะทำงาน
3. ความสม่ำเสมอ (Consistency) คือ ความสม่ำเสมอในการใช้เวลาในการทำงานแต่ละรอบ
4. สภาพแวดล้อมในการทำงาน (Conditions) คือ สิ่งอยู่รอบๆ ที่ทำงานที่มีผลต่อการทำงาน เช่น ความร้อน แสง

สว่าง ความขึ้น และเสียง เป็นต้น โดยค่าคะแนนที่กำหนด แสดงในดังตารางที่ 1

Consistency: ดี C = +0.02

Conditions : ดี C = +0.01

รวมคะแนน +0.13

ตารางที่ 1 ค่าคะแนนการประเมินอัตราการทำงานในระบบ Westinghouse

ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน $(1+0.13)*100 = 113\%$

| ทักษะ | ความพยายาม |
|-----------------------|----------------------|
| +0.15 A1 ชำนาญสูงมาก | +0.13 A1 ชำนาญสูงมาก |
| +0.13 A2 | +0.12 A2 |
| +0.11 B1 ดีมาก | +0.10 B1 ดีมาก |
| +0.08 B2 | +0.08 B2 |
| +0.06 C1 ดี | +0.06 C1 ดี |
| +0.03 C2 | +0.02 C2 |
| 0.00 D เฉลี่ย | 0.00 D เฉลี่ย |
| -0.05 E1 พอใช้ | -0.04 E1 พอใช้ |
| -0.10 E2 | -0.18 E2 |
| -0.16 F1 ควรปรับปรุง | -0.12 F1 ควรปรับปรุง |
| -0.22 F2 | -0.17 F2 |
| สภาพแวดล้อมในการทำงาน | ความสม่ำเสมอ |
| +0.06 A ดีเยี่ยม | +0.04 A ดีเยี่ยม |
| +0.04 B ดีมาก | +0.03 B ดีมาก |
| +0.02 C ดี | +0.01 C ดี |
| 0.00 D เฉลี่ย | 0.00 D เฉลี่ย |
| -0.03 E พอใช้ | -0.02 E พอใช้ |
| -0.07 F ควรปรับปรุง | -0.02 F ควรปรับปรุง |

เมื่อทำการให้คะแนนในแต่ละปัจจัยเรียบร้อยแล้ว นำค่าที่ได้มารวมกับ 1 และคูณกับ 100 ก็จะได้ค่าประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานแต่ละคน ถ้าค่าที่ได้มีค่ามากกว่า 100 แสดงว่าพนักงานคนนั้นทำงานได้ในอัตราที่เร็วกว่าปกติ แต่ถ้าค่าที่ได้น้อยกว่า 100 แสดงว่าพนักงานทำงานได้ช้ากว่าสภาพปกติ ยกตัวอย่างเช่น พนักงานทำงาน 0.05 นาที ค่าคะแนนประเมินได้ดังนี้

Skill : ดีมาก B2 = +0.08

Effort : ดี C2 = +0.02

3. การศึกษาเวลา

การศึกษาเวลาเป็นวิธีการคำนวณหาเวลาที่เหมาะสมที่ต้องใช้ในการทำงานของพนักงาน ทำได้ดังนี้

1. การหาค่าเวลาปกติ ในการกำหนดจำนวนครั้งของการจับเวลา ได้ตัดแปลงหลักทางสถิติเพื่อประมาณจำนวนครั้งในการจับเวลา โดยเลือกระดับความเชื่อมั่น 95% และความผิดพลาด $\pm 10\%$ ซึ่งจำนวนครั้งในการจับเวลาที่คำนวณได้ คือ 21 ครั้ง หลังจากทราบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำงานและประสิทธิภาพในการทำงานแล้วต้องทำการแปลงค่าเวลาที่ได้จากการสังเกตการณ์ให้อยู่ในรูปของค่าเวลาปกติก่อน [4] โดยสูตรในการคำนวณมีดังนี้

$$\text{เวลาปกติ} = \text{เวลาสังเกตการณ์} \times \text{ประสิทธิภาพ} \quad (1)$$

2. การกำหนดค่าเวลาเผื่อ ในการทำงานใดๆ ก็ตาม แม้จะได้พยายามจัดวิธีการทำงานให้ดีที่สุดแล้วก็ตาม แต่คนงานก็ยังเกิดความเมื่อยล้า ความเครียดขึ้นได้ นอกจากนี้ยังต้องการไปทำธุรกิจส่วนตัว เช่น ไปห้องน้ำ ไปตีมน้ำตามความจำเป็น เป็นต้น จึงจำเป็นต้องเพิ่มเวลาเผื่อเข้าไปในเวลาด้วย เนื่องจากในปัจจุบันทางโรงงานตัวอย่างได้มีการประเมินเวลาเผื่อให้พนักงาน คือ 20% ดังนั้นผู้ศึกษาจึงกำหนดค่าเวลาเผื่อในแต่ละงานย่อย คือ 20% ตามที่ทางโรงงานกำหนดไว้

3. การหาค่าเวลามาตรฐาน หลังจากทราบเวลาปกติและเวลาเผื่อแล้ว สามารถคำนวณค่าเวลามาตรฐานการทำงานจากสูตร

$$\begin{aligned} \text{เวลามาตรฐาน} &= \text{เวลาปกติ} + (\text{เวลาปกติ} \times (\% \text{เวลาเผื่อ})) \\ &= \text{เวลาปกติ}(1 + (\% \text{เวลาเผื่อ})) \quad (2) \end{aligned}$$

4. การหาค่าเวลาแบบพรีดีเทอร์มิน เป็นการหาเวลาของการทำงานจากตารางเวลาของ “Fundamental motions” ซึ่งจะทำให้สามารถหาเวลามาตรฐานของงานอะไรก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยการจับเวลาโดยตรงและไม่ต้องอาศัยการประเมินค่าประสิทธิภาพ หรือการให้ค่าอัตราเร็วการทำงานของคนงาน ผู้ใช้ควรได้รับการฝึกอย่างถูกต้องเสียก่อน จึงจะใช้ได้อย่างไม่ผิดพลาด เพราะแม้ว่าตารางเหล่านี้จะไม่ต้องมีการให้อัตราความเร็วแก่ผู้ทำงาน แต่ก็ยังต้องอาศัยความเห็นของผู้วิเคราะห์ในการเปิดตาราง ซึ่งถ้าผู้วิเคราะห์ไม่มีความชำนาญอาจให้ค่าผิดพลาดได้มาก

เมื่อคำนวณได้ค่าเวลามาตรฐาน เวลาแบบพรีดีเทอร์มินแล้ว จากนั้นนำค่าเวลา SAM ของทางโรงงาน กับค่าเวลาที่ได้จากการทำงานในสายการผลิตจริงของการผลิตเสื้อเชิ้ตนักเรียนชาย Style S01C1 เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของค่าเวลาที่ได้และเสนอแนะให้กับทางโรงงานต่อไป

4. ผลการวิจัย

จากการประเมินอัตราการทำงานของพนักงานและการศึกษาเวลา ได้ผลการของการประเมินอัตราการทำงานของพนักงาน การคำนวณหาเวลามาตรฐานและคำนวณหาเวลาแบบพรีดีเทอร์มินของเสื้อเชิ้ตนักเรียนชาย Style S01C1 ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ตารางแสดงสรุปเวลามาตรฐานจากการคำนวณ

| ขั้นตอน | เวลาเฉลี่ย | เวลาเฉลี่ย ประสิทธิภาพ(%) | เวลาปกติ | เวลาเผื่อ(%) | เวลามาตรฐาน |
|--------------------|---------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| เย็บปก | 1.700 | 105 | 1.79 | 20 | 2.15 |
| เย็บประกอบปก | 1.450 | 109 | 1.58 | 20 | 1.90 |
| เย็บสาบซ้าย | 0.241 | 93 | 0.22 | 20 | 0.26 |
| เย็บสาบขวา | 0.268 | 112 | 0.30 | 20 | 0.36 |
| เย็บปลายแขน | 0.126 | 105 | 0.13 | 20 | 0.16 |
| เย็บปากกระเป๋ | 0.060 | 117 | 0.07 | 20 | 0.08 |
| รีดปก | 0.420 | 115 | 0.48 | 20 | 0.58 |
| รีดสาบซ้าย | 0.074 | 115 | 0.09 | 20 | 0.11 |
| รีดสาบขวา | 0.070 | 120 | 0.08 | 20 | 0.10 |
| รีดกระเป๋ | 0.162 | 110 | 0.18 | 20 | 0.22 |
| เย็บติดป้าย | 0.840 | 89 | 0.75 | 20 | 0.90 |
| เย็บต่อไหล่หลัง | 0.367 | 100 | 0.37 | 20 | 0.44 |
| เย็บต่อไหล่หน้า | 0.589 | 100 | 0.59 | 20 | 0.71 |
| เย็บติดกระเป๋ | 0.715 | 75 | 0.54 | 20 | 0.65 |
| เย็บชายยับปลาย | 1.345 | 110 | 1.48 | 20 | 1.78 |
| โพล้งแขนเข้าข้าง | 1.074 | 111 | 1.19 | 20 | 1.43 |
| เย็บเข้าปก | 1.498 | 110 | 1.65 | 20 | 1.98 |
| เจาะรังคุดม | 1.301 | 119 | 1.55 | 20 | 1.86 |
| ติดกระดุม | 0.393 | 110 | 0.43 | 20 | 0.52 |
| รีดทั้งตัว | 0.604 | 126 | 0.76 | 20 | 0.91 |
| รวมเวลาปกติ | 13.297 | | 14.23 | | 17.10 |

จากตารางที่ 2 ค่าเวลามาตรฐานที่คำนวณได้ของการเย็บเสื้อเชิ้ตนักเรียนชาย Style S01C1 ทั้ง 20 ขั้นตอน คิดเป็น 17.10 นาที/ตัว

ตารางที่ 3 ตารางแสดงสรุปค่าเวลา MTM ที่ได้จากการศึกษาการเคลื่อนไหวแบบพรีดีเทอริ์

| ที่ | ขั้นตอน | minute |
|-------------|------------------------------|--------|
| 1 | หยิบปก | 1.230 |
| 2 | หยิบประกอบปก | 1.173 |
| 3 | หยิบสาปซ้าย | 0.445 |
| 4 | หยิบสาปขวา | 0.285 |
| 5 | หยิบปลายแขน | 0.357 |
| 6 | หยิบปากกระเป๋ | 0.106 |
| 7 | รีดปก | 0.624 |
| 8 | รีดสาปซ้าย | 0.220 |
| 9 | รีดสาปขวา | 0.227 |
| 10 | รีดกระเป๋ | 0.379 |
| 11 | หยิบติดป้าย | 0.411 |
| 12 | เย็บต่อไหล่หลัง | 0.357 |
| 13 | เย็บต่อไหล่หน้า | 0.582 |
| 14 | เย็บติดกระเป๋ | 0.647 |
| 15 | เย็บชายย่นปลายแขน | 1.544 |
| 16 | โพล่ง 5 เส้น เข้าแขนเข้าข้าง | 0.953 |
| 17 | เย็บเข้าปก | 1.233 |
| 18 | เจาะรังคุดม | 0.467 |
| 19 | ติดกระดุม | 0.649 |
| 20 | รีดทั้งตัว | 0.829 |
| รวมเวลาปกติ | | 12.718 |

จากตารางที่ 3 ค่าเวลาแบบพรีดีเทอริ์ที่คำนวณได้ของการเย็บเสื้อเชิ้ตนักเรียนชาย Style S01C1 ทั้ง 20 ขั้นตอนคิดเป็น 12.718 นาที/ตัว และเมื่อพิจารณาจากข้อมูลมาตรฐานของโรงงานที่ใช้ในการวัดผลงานคือ ค่า SAM ในการผลิตเสื้อรุ่นเดียวกันทั้งหมด 20 ขั้นตอน ใช้เวลาเป็น 16.68 นาที/ตัว และจากการเก็บข้อมูลการผลิตของสายการผลิตที่ 1 ได้ค่าข้อมูลเฉลี่ยของการผลิตเสื้อเชิ้ตนักเรียนชาย Style S01C1 คิดเป็น 28.42 นาที/ตัว ดังนั้นเมื่อคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเวลา

มาตรฐานที่ได้จากการคำนวณ ค่าเวลาการเคลื่อนไหวแบบพรีดีเทอริ์มิน และ ค่าเวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนดเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ได้จากการทำงานจริงคิดเป็นร้อยละ 66.20 , 123.60 และ 70.38 ตามลำดับ

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการศึกษาเพื่อหาเวลามาตรฐานการทำงานของพนักงานในโรงงานตัวอย่าง เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน จะเห็นว่าการทำงานในแต่ละขั้นตอนพนักงานมีทักษะ ความพยายาม ความสม่ำเสมอและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกัน สรุปได้ว่าระดับคะแนนของพนักงานแต่ละคนมีความแตกต่างกันตามระดับประสิทธิภาพการทำงาน

จากการศึกษาเวลาจะคิดค่าเวลาเพื่อเป็นร้อยละ 20 ตามที่โรงงานกำหนด โดยค่าเวลามาตรฐานที่คำนวณได้คิดเป็น 17.10 นาที/ตัว ค่าเวลาการเคลื่อนไหวแบบพรีดีเทอริ์มิน คือ 12.71 นาที/ตัว และค่าเวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนดใช้เวลา 16.68 นาที/ตัว เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเวลาที่ได้จากการทำงานจริงแสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน โดยข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเวลาที่ได้จากการทำงานจริง

| เวลามาตรฐาน | ผลิตภัณฑ์ (นาที/ตัว) | ความคลาดเคลื่อน (%) |
|------------------------------|----------------------|---------------------|
| เวลามาตรฐานจากการคำนวณ | 17.10 | 66.20 |
| ค่าเวลาแบบพรีดีเทอริ์มิน | 12.71 | 123.60 |
| ค่าเวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนด | 16.68 | 70.38 |
| เวลาที่ได้จากการทำงานจริง | 28.42 | - |

จากตารางที่ 4 จะเห็นว่าค่าเวลามาตรฐานจากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าเวลาจากการทำงานจริง ทั้งนี้เนื่องมาจากในการทำงานจริง กระบวนการผลิตต้องมีการ

รอกอยงาน ไม่ได้เคลื่อนที่ตลอดเวลา ต้องรอกอยงานจากอีกชั้นตอนก่อนหน้านั้น ผู้ศึกษาเวลาจึงไม่ได้จับเวลาในช่วงที่รอกอยงาน ทำการจับเวลาได้ที่ชั้นตอนเฉพาะเวลาปฏิบัติงานและเวลาแก้ไขงานเพียงเท่านั้น ทำให้เวลาที่ได้มีความคลาดเคลื่อน

เมื่อพิจารณาเวลาแบบพรีดีเทอร์มินจะเห็นว่ามีความน้อยกว่าเวลาจากการทำงานจริง ทั้งนี้เนื่องมาจากการทำงานจริง กระบวนการผลิตต้องมีการรอกอยงาน ไม่ได้เคลื่อนที่ตลอดเวลา ต้องรอกอยงานจากอีกชั้นตอนก่อนหน้านั้น ในการศึกษาเวลากรณีแบบพรีดีเทอร์มิน ผู้ศึกษาได้ทำการถ่ายวิดีโอในแต่ละชั้นตอนที่มีการปฏิบัติงานและแก้ไขงานเท่านั้น และไม่ได้ทำการถ่ายวิดีโอในช่วงที่มีการรอกอยงาน อีกทั้งต้องนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเวลาจากตารางข้อมูลมาตรฐานการทำงานทำให้เวลาที่ได้มีความคลาดเคลื่อน

และเมื่อพิจารณาเวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนดจะมีค่าน้อยกว่าเวลาจากการทำงานจริง ทั้งนี้เนื่องมาจาก เวลามาตรฐานที่โรงงานกำหนดเป็นค่าเวลาในการทำงานของพนักงานในแต่ละชั้นตอนการเย็บที่ได้จากการคำนวณเวลารวมกับค่าเผื่อ โดยจะคิดจากเวลาการเย็บชิ้นงานและความยากง่ายของงานและชนิดจักรในการเย็บโดยจะกำหนดให้ 3 ค่าเผื่อ คือ ค่าเผื่อเวลาส่วนตัว ค่าเผื่อผู้ปฏิบัติงานและค่าเผื่อเครื่องจักร ซึ่งโรงงานตัวอย่างจะเป็นผู้กำหนดในใบบันทึกเวลา

จากผลการศึกษา ทำให้โรงงานได้เข้าใจเกี่ยวกับการประเมินอัตราการทำงานของพนักงานในการคำนวณหาค่าเวลามาตรฐานตามหลักการศึกษาการทำงานมากขึ้น และใช้เป็นข้อมูลมาตรฐานในการพิจารณาการวางแผนการผลิต การจ่ายค่าตอบแทน และการประเมินให้เงินจูงใจกับพนักงานได้และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสายการผลิตอื่นๆต่อไปได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนการทำงานควรกำหนดแผนงานอย่างชัดเจนทำให้ควบคุมการดำเนินงานให้เป็นไปตามแผนงาน
2. ควรมีการจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ เนื่องจากมีความสลับซับซ้อน
3. ในขั้นตอนที่มีความยุ่งยากควรให้พนักงานที่มีความชำนาญ และถนัดในขั้นตอนนี้เป็นคนทำ

เอกสารอ้างอิง

- [1] วิริยะ สุขสวัสดิ์และ อิศเรศ สุขเนาวรัตน์, การศึกษาวิธีการทำงานและหาเวลามาตรฐาน กรณีศึกษา : องค์การสวนยางจังหวัดนครศรีธรรมราช , ปรินิพนธ์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547.
- [2] ประภาภรณ์ เทพสงและ เกศรินทร์ บรรลุศิลป์, การประเมินอัตราการทำงานและหาเวลามาตรฐานของพนักงานในโรงงานตัวอย่าง, ปรินิพนธ์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2547.
- [3] Lowry,S.M., H.B.Maynard and G.J. Stegemerten. 1940. Time and Motion Study and Formulas for Wage Incentives, 3rd ed., NY: McGraw-Hill.
- [4] Barnes, Ralph M.1980. Motion and Time Study : Design and Measurement of Work, 7 ed. NY:John Wiley & Sons.
- [5] วิจิตร ตันตสุทธิและคณะ.2535. การศึกษาการทำงาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [6] นิวิธ เจริญใจ. 2538. การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา. เชียงใหม่ : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

การเพิ่มผลผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ปาร์ติเคิลบอร์ดในโรงงานตัวอย่าง โดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

สุรัชชัย บุญยประเวศ¹ และ วุฒิชัย วงษ์ทัศน์กร²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ.ปทุมธานี 12120

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ.ปทุมธานี 12120

E-mail: surachai_boon@hotmail.com¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้สนใจปัญหาของโรงงานไม้ปาร์ติเคิลบอร์ด คือ ผลผลิตไม่ทันตามความต้องการของลูกค้า ทำให้เกิดการ ทำงานล่วงเวลาเป็นประจำและทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาและปรับปรุงสายการผลิต โดยใช้ แผนภูมิเหตุและผลในการวิเคราะห์หาต้นเหตุของปัญหาที่ แท้จริง เบื้องต้นพบว่า เครื่องจักรยังทำงานได้ไม่เต็ม ประสิทธิภาพเพราะเกิดการรอคอยในสายการผลิต สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตได้ประยุกต์ใช้ แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยสามารถกำจัด กระบวนการผลิตที่ไม่จำเป็น และลดเวลาการรอคอยเฉลี่ย 15.08 นาที จากนั้นทำการทดสอบว่าสามารถทำงานโดย ไม่มีการทำงานล่วงเวลา กล่าวคือลดเวลาการทำงานจาก 12 ชั่วโมงเป็น 8 ชั่วโมง ต่อจากนั้นทำการโยกย้ายตำแหน่ง ของคนงานเพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมที่ทำให้ สายการผลิตมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลจากการปรับปรุงใน งานวิจัยนี้ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 98.86%

คำสำคัญ เฟอร์นิเจอร์ไม้ปาร์ติเคิลบอร์ด การเพิ่มผลผลิต การจำลองสถานการณ์

1. บทนำ

ไม้ปาร์ติเคิลบอร์ดเป็นวัสดุที่สามารรถนำมาทำการ ผลิตเฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้ตกแต่งบ้านต่างๆ ได้ ทำให้เกิด ความสวยงามแล้วทำให้เกิดความพึงพอใจแก่ผู้บริโภค ซึ่ง โรงงานตัวอย่างในกรณีศึกษา นี้ เป็นโรงงานที่ผลิต เฟอร์นิเจอร์สำนักงาน ซึ่งยอดขายของโรงงานตัวอย่างใน

กรณีศึกษามีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปีส่งผลให้กำลังการ ผลิตที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อปริมาณยอดขายที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น การพิจารณาหาแนวทางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้ เพียงพอต่ออุปสงค์ด้วยการบริหารจัดการทรัพยากรที่ใช้ใน การผลิตที่มีอยู่ในปัจจุบันให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญกับโรงงาน ในกรณีศึกษาเป็นอย่างมาก

เมื่อมีการผลิตสินค้าไม่ทันตามกำหนดทางโรงงานจึง มีการให้พนักงานทำงานล่วงเวลาเพื่อจะให้สินค้าส่งทัน กำหนดแต่พนักงานที่ทำงานล่วงเวลาดูติดต่อกันเกิดอาการ เหนื่อยล้าอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ อีกทั้งทางบริษัทก็มี ต้นทุนจำกัดในการให้ค่าล่วงเวลาด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพิ่มผลผลิต โดยจัดการ จำนวนทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการใช้ แบบจำลองสถานการณ์ในการประมวลผล

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อิทธิพล (2552) อุตสาหกรรมผลิตอาหารแช่แข็งเป็น อุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันกันสูงขึ้น การปรับปรุง ประสิทธิภาพในการผลิตจึงเป็นปัจจัยที่มีสำคัญต่อความ ได้เปรียบในการแข่งขัน จากการศึกษาสภาพปัญหาของ โรงงานกรณีศึกษาซึ่งเป็นโรงงานผลิตปลาเนื้อแช่แข็งขนาด เล็กมีกำลังการผลิตต่อวันเฉลี่ย 2.02 ตัน พบว่ากำลังการ ผลิตของโรงงานกรณีศึกษานั้นไม่สอดคล้องต่อความ ต้องการของลูกค้า ซึ่งในปัจจุบันปริมาณความต้องการของ ลูกค้าอยู่ที่ 4 ตันต่อวัน จึงส่งผลให้กำลังการผลิตที่มีอยู่ไม่

เพียงพอต่อปริมาณความต้องการที่เพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิตปลานิลแซ่แข็ง เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์มากที่สุด และดำเนินการหาแนวทางแก้ไขโดยการนำเทคนิคการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองการทำงานของสายการผลิตจริง จากนั้นทำการทดลองแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพต่างๆ ผ่านแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้สร้างขึ้น แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ คือ การหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้ใช้เป็นแนวทางในการเก็บข้อมูลในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

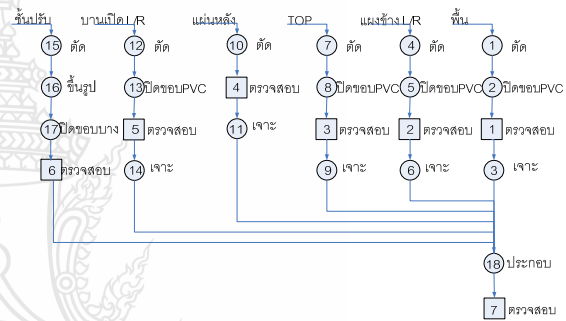
อภิชาติ (2550) ทำการศึกษาโดยใช้เทคนิคการขจัดงานที่ไม่จำเป็น และ เทคนิคการจัดกระบวนการผลิตใหม่ โดยการประยุกต์การออกแบบการทดลองที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต ด้วยการเว้นแสงเกอร์ในระยะเวลาของการเปลี่ยนกะและช่วงเวลาพัก โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนหนึ่งทำการเว้นที่ 50 แสงเกอร์และขั้นตอนที่สองทำการเว้นที่ 35 แสงเกอร์ตามลำดับ ก่อนเข้ากระบวนการล้างฟอสเฟตซึ่งงานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาจากโรงงานตัวอย่างของบริษัท ไทยยามาฮ่ามอเตอร์ จำกัด ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการผลิตในกระบวนการพ่นสีเพิ่มขึ้นเป็น 90.48% (1643 แสงเกอร์ต่อกะ) ซึ่งมีผลทำให้อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 6% และทำให้ต้นทุนและค่าเสียหายลดลงประมาณ 2,344,160 บาทต่อเดือน โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้ใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตด้วยหลักการลดความสูญเปล่า (ECRS)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

โรงงานในกรณีศึกษาเป็นบริษัทผลิตสินค้าประเภทเฟอร์นิเจอร์ สินค้าที่ผลิตนั้นส่วนมากจะเป็นสินค้าที่ลูกค้าสั่งผลิตโดยตรง โดยจะมีทั้งสินค้ามาตรฐานซึ่งเป็นแบบ

พื้นฐานของบริษัท และสินค้าพิเศษซึ่งลูกค้าจะเป็นผู้ออกแบบเองหรือจะนำสินค้ามาตรฐานของทางบริษัทมาดัดแปลงก็ได้แต่จะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขของความสามารถในการผลิตของบริษัท

ซึ่งต้องทำการเก็บข้อมูลเพื่อหาตัวผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลย้อนหลัง (เป็นความลับทางบริษัท) พบว่า ในสินค้ามาตรฐานที่ทำการผลิตมีผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนการผลิตที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วเป็น 63.53% ของจำนวนสินค้ามาตรฐานทั้งหมด คือ ตู้เอกสารเตี้ยสองบานเปิด และตู้เก็บเอกสารสองลิ้นชัก ซึ่งมีชิ้นส่วนต่างๆ และขั้นตอนของแต่ละชิ้นส่วนดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1. แผนภูมิขบวนการผลิตอย่างสังเขปของตู้เอกสารเตี้ยสองบานเปิด

หลังจากเริ่มทำการเก็บรอบเวลากับกระบวนการต่างๆ เป็นข้อมูลดิบ ซึ่งเป็นการจับเวลาทั้งหมด 20 ครั้ง ต่อจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Stat Fit เพื่อหาการกระจายความน่าจะเป็น โดยตั้งสมมติฐานว่า H_0 : ข้อมูลมีการกระจายตามแบบที่ต้องการทดสอบ H_1 : ข้อมูลไม่มีการกระจายตามแบบที่ต้องการทดสอบ

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Stat Fit เพื่อหาการกระจายความน่าจะเป็น ของตู้เอกสารสองบานเปิดและตู้เอกสารสองลิ้นชักถูกแสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตของผู้เอ็กสารถสองบานเปิด

| ชั้นส่วน | ขั้นตอน | การกระจายของข้อมูล | P-Value ของ Kolmogorov-Smirnov | P-Value ของ Anderson-Darling |
|------------|---------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| พื้น | ตัด | LOGN(0.663, 0.35) | 0.205 | 0.228 |
| | ปิดขอบ | 2.+LOGN(1.54, 0.59) | 0.568 | 0.672 |
| | เจาะ | TRIA(3., 3.06, 4.11) | 0.401 | 0.488 |
| แผงข้าง/LR | ตัด | LOGN(0.716, 0.512) | 0.23 | 0.283 |
| | ปิดขอบ | 3.+LOGN(0.633, 0.933) | 0.509 | 0.623 |
| | เจาะ | 2.+WEIB(2.29, 1.03) | 0.155 | 0.236 |
| TOP | ตัด | LOGN(0.748, 0.467) | 0.439 | 0.45 |
| | ปิดขอบ | 3.+ERLA(0.625, 2.) | 0.588 | 0.576 |
| | เจาะ | 1.+LOGN(1.54, 0.511) | 0.631 | 0.619 |
| แผ่นหลัง | ตัด | WEIB(3.42, 1.01) | 0.062 | 0.09 |
| | เจาะ | 2.+ERLA(0.78, 6.) | 0.147 | 0.144 |
| บานเปิด/LR | ตัด | WEIB(2.23, 0.795) | 0.176 | 0.144 |
| | ปิดขอบ | TRIA(2., 3.38, 3.54) | 0.252 | 0.56 |
| | เจาะ | 1.+GAMM(2.92, 0.099) | 0.728 | 0.681 |
| ชั้นปรับ | ตัด | WEIB(1.71, 1.02) | 0.477 | 0.536 |
| | ขึ้นรูป | LOGN(0.372, 0.0259) | 0.519 | 0.581 |
| | ปิดขอบ | TRIA(2., 2.57, 3.64) | 0.052 | 0.115 |
| รวม | ประกอบ | 3.+WEIB(1.69, 1.03) | 0.132 | 0.148 |

ตารางที่ 2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตของผู้เอ็กสารถสองคันชัก

| ชั้นส่วน | ขั้นตอน | การกระจายของข้อมูล | P-Value ของ Kolmogorov-Smirnov | P-Value ของ Anderson-Darling |
|------------|---------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| พื้น | ตัด | LOGN(0.677, 0.34) | 0.254 | 0.259 |
| | ปิดขอบ | 2.+ERLA(0.328, 2.) | 0.91 | 0.759 |
| | เจาะ | 3.+WEIB(1.83, 0.462) | 0.212 | 0.309 |
| แผงข้าง/LR | ตัด | LOGN(0.621, 0.289) | 0.309 | 0.312 |
| | ปิดขอบ | 3.+ERLA(0.759, 3.) | 0.296 | 0.364 |
| | เจาะ | 2.+WEIB(2.79, 1.02) | 0.06 | 0.17 |
| TOP | ตัด | WEIB(2.5, 0.826) | 0.095 | 0.136 |
| | ปิดขอบ | 2.+LOGN(0.73, 0.348) | 0.122 | 0.156 |
| | เจาะ | 2.+ERLA(0.524, 2.) | 0.557 | 0.474 |
| แผ่นหลัง | ตัด | WEIB(2.3, 0.783) | 0.165 | 0.122 |
| | เจาะ | 2.+LOGN(0.789, 0.313) | 0.098 | 0.08 |
| บานลิ้นชัก | ตัด | LOGN(0.671, 0.339) | 0.137 | 0.19 |
| | ปิดขอบ | 3.+ERLA(0.826, 4.) | 0.112 | 0.131 |
| | เจาะ | 1.+WEIB(2.69, 0.398) | 0.307 | 0.234 |
| ลิ้นชัก | ตัด | ERLA(0.7, 4.) | 0.165 | 0.202 |
| | ปิดขอบ | 2.+WEIB(5.8, 1.11) | 0.165 | 0.098 |
| | เจาะ | GAMM(228, 0.0016) | 0.342 | 0.548 |
| รวม | ประกอบ | 4.+WEIB(3.22, 0.349) | 0.972 | 0.965 |

จากตารางที่ 1 และ 2 ผลการทดสอบการกระจายของ Kolmogorov-Smirnov และค่า Anderson-Darling ซึ่งทั้งสองการทดสอบการกระจายค่า P-Value > 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้ ดังเช่น การกระจายของข้อมูลในขั้นตอนการตัดของชิ้นส่วนพื้นมีการกระจายเป็นไปตามแบบที่ต้องการทดสอบ

4. ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

4.1 ลำดับขั้นตอนการผลิต

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตของผู้เอ็กสารถสองบานเปิด และ ผู้เอ็กสารถสองคันชัก จึงนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองตามเงื่อนไขของโรงงานตัวอย่าง โดยจะเริ่มดำเนินการตัด ปิดขอบ เจาะ และขึ้นรูป ตามลำดับขั้นตอนที่แสดงไว้ในรูปที่ 1 โดยสินค้าที่เข้ามาจะดำเนินการครบทุกขั้นตอนก่อนจะทำการปล่อยชิ้นงานไปยังแผนกต่อไป

4.2 การกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นในการ ใช้ในการรันโปรแกรมของแบบจำลอง

แผนกตัดมีเครื่องตัด จำนวน 3 เครื่อง

แผนกปิดขอบ มีเครื่องปิดขอบ จำนวน 4 เครื่อง

แผนกขึ้นรูป มีเครื่องเลื่อย จำนวน 2 เครื่อง

แผนกเจาะ มีเครื่องเจาะ จำนวน 3 เครื่อง

แผนกประกอบ มีหน่วยงาน จำนวน 3 หน่วยงาน

รถโฟร์คลิฟต์ มีจำนวน 2 คัน มีความเร็วเฉลี่ย 2.13

เมตรต่อวินาที รถลาก มีจำนวน 4 คัน มีความเร็วเฉลี่ย

0.71 เมตรต่อวินาที รถยกไฟฟ้า มีจำนวน 2 คัน มีความเร็ว

เฉลี่ย 0.95 เมตรต่อวินาที คนงานเดินไปหยิบชิ้นงานที่ขึ้น

รูป มีจำนวน 2 คน มีความเร็วเฉลี่ย 1.12 เมตรต่อวินาที

4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Verification)

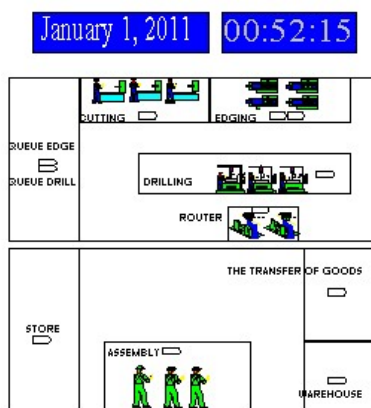
การทดสอบกลไกต่างๆในแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเทียบกับขั้นตอนการดำเนินงานจริง ซึ่งการใช้ Animation จะช่วยให้การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นไปอย่างง่ายขึ้น

ขั้นตอนการผลิตสามารถนำมาทำการเปรียบเทียบกับแบบจำลองได้เป็นลำดับ คือ ทำการรันชิ้นงานตัวแรกถูกจัดประเภทให้เป็นผู้เอ็กสารถสองบานเปิด โปรแกรมเริ่มจากไม้จากโกดังเก็บไม้ถูกเคลื่อนย้ายมาถึงแผนกตัดที่เวลา 1.11 น. เครื่องดำเนินการตัดเสร็จสิ้นในเวลา 6.11 น. ใช้เวลาตัดคือ 5 นาที ต่อจากนั้นชิ้นส่วนจะถูกส่งไปยังแผนกปิดขอบ

โดยขึ้นงานมาถึงเวลา 8.53 น. แล้วดำเนินการปิดขอบเสร็จสิ้นในเวลา 25.53 น. ใช้เวลาปิดขอบ คือ 17 นาที ต่อจากนั้นขึ้นส่วนจะถูกส่งไปยังแผนกเจาะ โดยขึ้นงานมาถึงเวลา 27.58 น. แล้วดำเนินการเจาะเสร็จสิ้นในเวลา 43.58 น. ใช้เวลาเจาะ คือ 16 นาที และขึ้นส่วนจะถูกส่งไปประกอบเป็นกระบวนการสุดท้าย โดยขึ้นงานมาถึงเวลา 47.15 น. แล้วดำเนินการประกอบเสร็จสิ้นในเวลา 52.15 น. ใช้เวลาประกอบ คือ 5 นาที แล้วขึ้นงานจะถูกนำไปเก็บไว้ที่คลังสินค้า ทำให้เขียนเป็นตารางแสดงเวลาของขึ้นงานชุดแรกที่ผ่านเข้าสู่สายกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆ ได้ตามตารางที่ 3 และแสดงผลการรันเวลาหลังประกอบเสร็จตามรูปที่ 2

ตารางที่ 3. เวลาของขึ้นงานชุดแรกที่ผ่านเข้าสู่สายกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆ

| กิจกรรม | เวลามาถึงสถานี (นาฬิกา) | เวลาทำกิจกรรมเสร็จ (นาฬิกา) | เวลาในแบบจำลอง (นาที) |
|------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| ตัด | 1.11 | 6.11 | 5 |
| ปิดขอบ | 8.53 | 25.53 | 17 |
| เจาะ | 27.58 | 43.58 | 16 |
| แผนกประกอบ | 47.15 | 52.15 | 5 |



รูปที่ 2. ผลการรันแบบจำลองขณะที่ทำการประกอบเสร็จ

เมื่อพิจารณากิจกรรมต่างๆ ในแบบจำลองแล้วพบว่าแบบจำลองให้ผลสอดคล้องกับกิจกรรมของการทำงานจริงทุกประการ

4.4 การกำหนดจำนวนการทดลองซ้ำของแบบจำลอง (Number of Replication Run)

การกำหนดจำนวนการทดลองซ้ำของแบบจำลองขึ้นอยู่กับความเชื่อมั่นของผลลัพธ์ โดยในการคำนวณหาจำนวนซ้ำในการรัน (Replication) สามารถทำได้โดยการนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง มาเปรียบเทียบกับระบบจริง ซึ่งสามารถนำผลที่ได้จากแบบจำลองมาคำนวณเพื่อหาความคลาดเคลื่อน (Error : e) ได้จากสมการของ Harrell และคณะ (2003) ดังนี้

$$e = \frac{(t_{\alpha/2, n-1})S}{\sqrt{n}}$$

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบงาน

α คือ ระดับนัยสำคัญ (Significant Level)

n คือ จำนวนครั้งในการรันโปรแกรม

S คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

และเมื่อได้ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบงานแล้วสามารถนำไปคำนวณหาจำนวนครั้งของการรันโปรแกรมที่เหมาะสมได้จากสมการ

$$N = \frac{[(Z_{\alpha/2})S]^2}{e}$$

N คือ Number of Replication run

โดยคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S = 24.227

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่า $t_{\alpha/2, n-1}$ หรือ $t_{0.025, 15}$ มีค่าเท่ากับ 2.131 ดังนั้น $e = 12.9$

เมื่อได้ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบงาน (e) นำมาแทนค่าในสมการ เพื่อหาจำนวนการรันของโปรแกรมในแบบจำลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเมื่อเปิดตาราง Z พบว่า $Z_{\alpha/2}$ เท่ากับ $Z_{0.025}$ เท่ากับ 1.96 หลังจากนั้นจึงแทนค่าในสมการ

$$N = [(1.96)(24.227)/12.9]^2$$

$$N = 13.54 \sim 14 \text{ ครั้ง}$$

ดังนั้นในการกำหนดจำนวนครั้งในการรันโปรแกรมที่ต้องการอย่างน้อย คือ 14 ครั้ง แต่ในงานวิจัยนี้ กำหนดจำนวนครั้งในการรันโปรแกรม เท่ากับ 16 ครั้ง จึงเพียงพอต่อระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

4.5 การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์จากแบบจำลอง (Model Validation)

การทดสอบทางสถิติ เข้ามาช่วยในการคำนวณ ซึ่งใช้ T-Test ที่ทำการกำหนดความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% โดยข้อมูลเฉลี่ยจะใช้ข้อมูลในการรันจำนวน 14 รอบการทดสอบ เพื่อทำการตรวจสอบสมมติฐานว่า ผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองกับระบบจริงมีค่าแตกต่างกันหรือไม่?

$H_0 : \mu_0 = \mu_1$ คือ ผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองกับระบบจริงมีค่าไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_0 \neq \mu_1$ คือ ผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองกับระบบจริงมีค่าแตกต่างกัน

Paired T-Test and CI: ผลผลิตของระบบจริง, ผลผลิตของระบบจำลอง

Paired T for ผลผลิตของระบบจริง - ผลผลิตของระบบจำลอง

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|--------------------|----|---------|-------|---------|
| ผลผลิตของระบบจริง | 14 | 1834.00 | 0.00 | 0.00 |
| ผลผลิตของระบบจำลอง | 14 | 1843.64 | 26.68 | 7.13 |
| Difference | 14 | -9.64 | 26.68 | 7.13 |

95% CI for mean difference: (-25.05, 5.76)

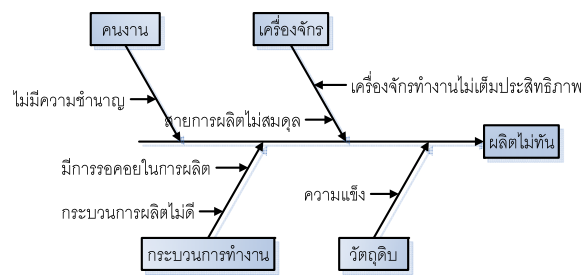
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -1.35 P-Value = 0.199

รูปที่ 3. ผลการทดสอบ Paired – Sample T Test ของโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 3 การทดสอบ Paired – Sample T Test ด้วยโปรแกรม Minitab ค่า P-Value = 0.199 สรุปได้ว่า ไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายความว่า ผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองกับระบบจริงมีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงสามารถนำแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นนำไปใช้แทนระบบจริงได้

5. การดำเนินการทดลอง

ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานตัวอย่างคือ การผลิตไม่ทันตามความต้องการของลูกค้า เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นจะทำการจำกัดขอบเขตไว้ที่สายการผลิตไม่ปาร์ติเกิลบอร์ด เพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิเหตุและผลหรือแผนผังก้างปลาที่ 4



รูปที่ 4. แผนภูมิเหตุและผลของปัญหา

เมื่อวิเคราะห์พบสาเหตุแล้ว กระบวนการผลิตยังมีข้อบกพร่อง จึงปรับปรุงโดยกำหนดเงื่อนไขที่ว่า ชิ้นส่วนที่เป็นชิ้นปรับต้องถูกดำเนินงานพร้อมกับโครงตู้ของตัวเองเท่านั้น ซึ่งถ้าไม่มีเงื่อนไขนี้ จะให้ทำการตีร่องที่แผนกขึ้นรูปแล้วส่งไปเก็บที่คลังสินค้าทันที ซึ่งคาดหวังว่าจะลดเวลาในการรอคอยของแผนกปิดขอบได้ จึงใช้การลดความสูญเสียเปล่า (ECRS) ทำการกำจัดขั้นตอนการรวมชิ้นงานก่อนปิดขอบ ผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการปรับปรุงตามตารางที่ 4, 5 และ 6

ตารางที่ 4. เปรียบเทียบการทำงานของเครื่องจักรก่อนและหลังปรับปรุง

| รายงาน | ผลลัพธ์เดิม | ผลลัพธ์ใหม่ |
|---------------------------|-------------|-------------|
| การทำงานของเครื่องตัด | 13.81% | 13.83% |
| การทำงานของเครื่องปิดขอบ | 22.87% | 25.85% |
| การทำงานของเครื่องขึ้นรูป | 0.02% | 0.19% |
| การทำงานของเครื่องเจาะ | 24.49% | 27.99% |
| การทำงานของประกอบ | 67.44% | 61.93% |

ตารางที่ 5. เปรียบเทียบการรอคอยของเครื่องจักรก่อนและหลังปรับปรุง

| รายงาน | ผลลัพธ์เดิม | ผลลัพธ์ใหม่ |
|--|-------------|-------------|
| การรอคอยของชิ้นงานเพื่อรวมชิ้นงานก่อนปิดขอบ | 15.09 นาที | ยกเลิก |
| การรอคอยของชิ้นงานเพื่อเข้าแผนกปิดขอบที่จุดรอคิว | 14.57 นาที | 19.00 นาที |
| การรอคอยของชิ้นงานเพื่อเข้าแผนกเจาะที่จุดรอคิว | 6.33 นาที | 6.81 นาที |
| การรอคอยของชิ้นงานเพื่อเข้าแผนกประกอบที่จุดรอคิว | 70.05 นาที | 60.98 นาที |

ตารางที่ 6. เปรียบเทียบผลผลิตทั้งหมดก่อนและหลังปรับปรุง

| รายงาน | ผลผลิตเดิม | ผลผลิตใหม่ |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| ผลิตภัณฑ์ตู้สองบานเปิด | 1534.25 ชิ้นงาน | 2414.06 ชิ้นงาน |
| ผลิตภัณฑ์ตู้สองลิ้นชัก | 309.88 ชิ้นงาน | 271.94 ชิ้นงาน |
| ผลิตภัณฑ์อื่น | 1295.56 ชิ้นงาน | 1160.63 ชิ้นงาน |
| ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการทดสอบรวม | 31.75 ชิ้นงาน | 41.18 ชิ้นงาน |
| ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทดสอบรวม | 3139.69 ชิ้นงาน | 3846.63 ชิ้นงาน |

จากตารางที่ 5 เหตุการณ์แรกมีการรอกงาน 2 ครั้ง คือ การรวมชิ้นงานเป็นเวลา 15.09 นาที และการรอกเข้าเครื่องอีก 14.57 นาที ซึ่งรวมเป็นเวลา 30.06 นาที ซึ่งเมื่อปรับปรุงแล้วเหลือการรอกคอยเพียงจุดเดียว คือ การรอกเข้าเครื่องที่เหลือเวลาเพียง 19 นาทีเท่านั้น ซึ่งผลการปรับปรุงกระบวนการแล้วพบว่า เวลาการรอกคอยก็ดีขึ้น ทำให้ผลผลิตโดยรวมเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถกำจัดการรอกคอยในกระบวนการผลิตที่เป็นสาเหตุของปัญหาได้

จากข้างต้นมีการใช้หลักการลดความสูญเปล่า (ECRS) มาใช้ในการแก้ปัญหาด้วยการลดขั้นตอนการรอกชิ้นงานก่อนเข้าแผนกปิดขอบ ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ตามตารางที่ 6

จากตารางที่ 4 พบว่าการทำงานของเครื่องจักรยังต่ำอยู่ จึงคาดว่าหลังการลดขั้นตอนการผลิตแล้วสามารถลดเวลาที่ใช้ในการผลิตได้ ดังนั้น การลดเวลาทำงานล่วงหน้า โดยเปลี่ยนกำหนดเวลาจาก 12 ชั่วโมงทำงานลงเหลือ 8 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลาทำงานปกติ ได้ผลการรันตามตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 7. เปรียบเทียบการทำงานของเครื่องจักรที่ทำงาน 12 ชั่วโมงกับ 8 ชั่วโมง

| รายงาน | ผลผลิต 12 ชั่วโมง | ผลผลิต 8 ชั่วโมง |
|---------------------------|-------------------|------------------|
| การทำงานของเครื่องตัด | 13.83% | 20.69% |
| การทำงานของเครื่องปิดขอบ | 25.85% | 38.62% |
| การทำงานของเครื่องขึ้นรูป | 0.19% | 0.29% |
| การทำงานของเครื่องเจาะ | 27.99% | 41.98% |
| การทำงานของเครื่องประกอบ | 61.93% | 91.62% |

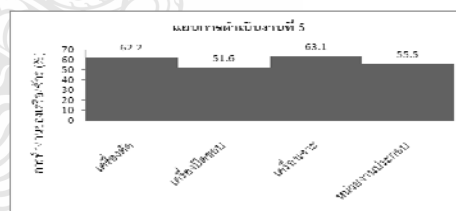
ตารางที่ 8. เปรียบเทียบผลผลิตทั้งหมดจากการทำงาน 12 ชั่วโมงกับ 8 ชั่วโมง

| รายงาน | ผลผลิต 12 ชั่วโมง | ผลผลิต 8 ชั่วโมง |
|--------------------------------|-------------------|------------------|
| ผลิตภัณฑ์ตู้สองบานเปิด | 2414.06 ชิ้นงาน | 2425.56 ชิ้นงาน |
| ผลิตภัณฑ์ตู้สองลิ้นชัก | 271.94 ชิ้นงาน | 274.06 ชิ้นงาน |
| ผลิตภัณฑ์อื่น | 1160.63 ชิ้นงาน | 1144 ชิ้นงาน |
| ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการทดสอบรวม | 41.18 ชิ้นงาน | 37.25 ชิ้นงาน |
| ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทดสอบรวม | 3846.63 ชิ้นงาน | 3843.63 ชิ้นงาน |

จากตารางที่ 7 การทดสอบลดจำนวนเวลาการทำงานให้เหลือเพียง 8 ชั่วโมง พบว่า แผนกเจาะและแผนกประกอบทำงานเริ่มมีการทำงานมากขึ้น ส่วนในทางผลผลิตโดยรวมยังคงผลิตทันเหมือนเดิม ตามตารางที่ 8

นำแบบจำลองที่ปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้วเป็นตัวตั้งต้นในการทำการจัดสายการผลิตให้เกิดความสมดุล

ทำการทดสอบทั้งหมด 5 แผนกดำเนินงานทำให้ได้ผลการทำงานที่ดีที่สุด คือ นำคนจากแผนกตัด 4 คนไปเสริมแผนกประกอบเป็น 4 หน่วยงานและนำคนจากแผนกปิดขอบ 2 คนและคนจากแผนกเจาะ 2 คน ไปเสริมแผนกประกอบเป็น 5 หน่วยงานทำให้ได้กราฟแผนภูมิตามรูปที่ 5



รูปที่ 5. แผนภูมิแสดงการทำงานของเครื่องจักรในแต่ละแผนกของแผนกดำเนินงานที่ 5

ซึ่งเป็นที่น่าสนใจในแผนดำเนินงานที่ 5 เนื่องจากมีการทำงานของเครื่องจักรใกล้เคียงกันทั้งหมด แต่สามารถทำงานให้ผลผลิตเท่าแผนดำเนินงานอื่นๆ ทำให้เป็นปริมาณงานไม่ไปตกที่ใครมากเกินไป และยังทำให้เหลือเครื่องตัดจำนวน 2 เครื่อง เครื่องปิดขอบจำนวน 1 เครื่อง และเครื่องเจาะจำนวน 1 เครื่องที่ยังไม่ได้ใช้งาน แต่จำนวนคนที่ใช้ยังคงเท่าเดิม ซึ่งถ้ามีคำสั่งผลิตมากขึ้นก็ยังสามารถรองรับไว้ได้ โดยการเปิดเครื่องจักรต่างๆ ที่หยุดใช้งานให้ทำงานอย่างเหมาะสมตามคำสั่งผลิตในขณะนั้น

สุดท้ายแสดงการคำนวณผลผลิตโดยปริมาณการผลิตเดิม 1834 ตู้นี้ในเวลา 144วันในการทำงาน 12 ชั่วโมงจะได้

$$\text{ค่าผลิตภาพ} = \text{จำนวนผลผลิต} / \text{ช่วงเวลาทำงาน} \\ = 1834 / (144 \times 12) = 1.061 \text{ ตัวต่อชั่วโมง}$$

การแสดงผลการคำนวณผลผลิตโดยปริมาณการผลิตที่ปรับปรุงใหม่ 2432.5 ตู้นี้ในเวลา 144วัน ในเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงจะได้

$$\text{ค่าผลิตภาพ} = \text{จำนวนผลผลิต} / \text{ช่วงเวลาทำงาน} \\ = 2432.5 / (144 \times 8) = 2.11 \text{ ตัวต่อชั่วโมง}$$

ทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงจะได้ว่า

$$\text{ค่าผลิตภาพที่เพิ่มขึ้น} = (2.11 \times 100) / 1.06 \\ = 198.86 \text{ หรือ เพิ่มขึ้น } 98.86\%$$

เงื่อนไขนี้ต้องมีการตกลงกับฝ่ายผลิตและผู้เกี่ยวข้องก่อนใช้งาน

2. แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์สามารถนำไปใช้กับโรงงานไม่ปาร์ติเคิลบอร์ดด้วยกันได้ถ้าสินค้าหรือผลิตภัณฑ์มีโครงสร้าง กระบวนการผลิตที่คล้ายกัน

3. กระบวนการที่ทำการปรับปรุงไปนั้นยังมีเครื่องจักรที่ว่างอยู่ ถ้าทำการซ่อมบำรุงอย่างดีและมีการหมุนเวียนการใช้จะสามารถยืดอายุของเครื่องจักรได้

4. ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองนี้สามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจในการขยายสายการผลิตในอนาคตได้จริง ถ้าเครื่องจักรในสายการผลิตยังเป็นรุ่นเดียวกับที่ใช้อยู่ปัจจุบัน

5. การที่จะนำรูปแบบที่ได้จากการทดลอง ไปปรับปรุงเพื่อใช้งานในระบบจริง

6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

ทำการรันโปรแกรมเพื่อเก็บค่าเป็นตัวตั้งต้นเพื่อไว้ใช้เปรียบเทียบกับผลของการปรับปรุง โดยใช้หลักการลดความสูญเสียเปล่า (ECRS) กำจัดกระบวนการผลิตเพื่อให้อัตราส่วนเป็นอิสระต่อกัน เพื่อที่โครงตู้จะไม่ต้องมาต่อคิวเพื่อรอรวมกับโครงตู้ ซึ่งสามารถลดเวลาได้จากการรอคอยเฉลี่ยขึ้นละ 15.08 นาที เมื่อดำเนินการปรับปรุงแล้วทำให้ผลิตได้ครบตามจำนวนจึงทำการทดสอบลดเวลาการทำงานลงจาก 12 ชั่วโมงเป็น 8 ชั่วโมง ซึ่งสามารถคำนวณผลจากการปรับปรุงนี้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 98.86% ถ้าทางโรงงานไม่มีนโยบายซื้อเครื่องจักรใหม่ สามารถใช้ประโยชน์จากแบบจำลองนี้คำนวณหา จุดที่สามารถทำให้การผลิตมีความสมดุลได้ ทำให้เกิดรอบเวลาด้านกว่าแผนการดำเนินงานอื่นๆ

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. การทำการปรับปรุงกระบวนการด้วยเงื่อนไขนี้ทำให้เกิดเงื่อนไขใหม่เกิดขึ้น คือ ในการส่งผลิตจากเดิมที่ทำการสั่งว่า ผลิตตู้ใส่เอกสารสองบานเปิด จำนวน 1 ใบ เป็นการสั่งผลิตว่า โครงตู้เอกสาร 1 โครง และชั้นปรับ 1 ชั้น ซึ่ง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ฝ่ายวิชาการศูนย์หนังสือสกายบุ๊กส์. (2545). การเพิ่มผลผลิต. กรุงเทพมหานคร: บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
- [2] วันชัย วิจิรวณิช, วิจิตร ตันทสุทธิ, จุฑามณี มหิตาพองกุล, และ ชูเวช ชาญสง่าเวช. (2547). การศึกษาการทำงาน. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [3] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. (2544). การจำลองแบบปัญหา. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [4] รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ. (2551). คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดดูเคชั่น
- [5] อธิทิพล เนคมานุรักษ์. (2552). การประยุกต์ผังงานสายธารคุณค่าและการจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต กรณีศึกษา : โรงงานผลิตปลานิลแช่แข็ง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. คณะวิศวกรรมศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม.
- [6] อภิชาติ วงศ์สืบสกุล. (2550). การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการลดความสูญเสียของกระบวนการพ่นสี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. คณะวิศวกรรมศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม.

การประยุกต์แนวคิดแบบลีนเพื่อลดความสูญเปล่าในการผลิต

กรณีศึกษา สายการประกอบชุดรับ-ส่งสัญญาณแสง

ณัฐพร ภาสกริรมย์ และ สวัสดิ์ ภาวระราช

สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: pnut000@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ ศึกษาแนวทางการลดความสูญเปล่าในการผลิตและลดชิ้นส่วนระหว่างกระบวนการผลิต (WIP) กรณีศึกษา สายการประกอบชุดรับ-ส่งสัญญาณแสง การศึกษาเริ่มจากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การไหลของวัสดุของสายการประกอบ พบปัญหาความไม่สมดุลของสายการผลิต จึงได้ประยุกต์แนวคิดแบบลีน ในการปรับปรุงกระบวนการทำงานของสถานีย่อยต่างๆ เช่น การปรับเปลี่ยนลำดับงาน วางแผนการผลิต และการจัดสรรทรัพยากรการผลิตด้านแรงงานเป็นรายวัน ผลการดำเนินงานพบว่าสามารถลดเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนลดลงจาก 26.04 เป็น 22 วินาที จำนวนสถานีลดลงจาก 13 เหลือ 11 สถานี จำนวนคนลดลงจาก 15 เป็น 13 คน และชิ้นงานคงค้างในกระบวนการผลิตลดลง 372 เหลือ 222 ชิ้นต่อเดือน หรือลดลง 40% ใน 3 เดือนต่อเนื่อง

คำสำคัญ การศึกษางาน การจัดสมดุลการประกอบชิ้นส่วนระหว่างกระบวนการผลิต ลีน

1. บทนำ

จากสภาวะการเติบโตของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ในปัจจุบันปริมาณความต้องการ และมูลค่าส่งออกอิเล็กทรอนิกส์ที่มีมูลค่าส่งออกมาก การเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตให้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึง

มีความสำคัญ ในขณะที่เดียวกันผู้ผลิตจำเป็นต้องรักษาต้นทุนให้ต่ำไว้ด้วย เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันและสามารถดำรงอยู่ในธุรกิจได้ด้วย

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ยึดหลักแนวคิดแบบลีน มาลดความสูญเปล่า 7 ประการ ในกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มขีดความสามารถให้แก่องค์กร โดยการพิจารณาคุณค่าในการดำเนินงานเพื่อมุ่งตอบสนองความต้องการของลูกค้า มุ่งสร้างคุณค่าในตัวสินค้าและบริการ และกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นตลอดทั้งกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลกำไรและผลลัพธ์ที่ดีทางธุรกิจในที่สุด

โดยความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน ได้แก่ การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น, การรอคอย, กระบวนการที่ขาดประสิทธิผล, การผลิตของเสีย และแก้ไขงานเสีย, การผลิตมากเกินไป, การเก็บวัตถุดิบคงคลังที่ไม่จำเป็น, การขนส่ง (Transportation) [1],[2]

1. การผลิตมากเกินไป (Overproduction) คือ การผลิตที่เร็วกว่า มากกว่า หรือเสร็จก่อนที่กระบวนการต่อไปจะต้องการ เกิดจากการพยากรณ์ที่ไม่เหมาะสม ทำให้มีเวลานำที่ยาวนาน ต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บมากขึ้น และสิ้นเปลืองทรัพยากรในการบริหารจัดการ

2. การรอคอย (Waiting) คือ การรอคอยต่างๆ ในขณะที่ทำการผลิต เช่น การรอ การตั้งเครื่อง รอคอยวัสดุหรือรอชิ้นงาน เป็นต้น แสดงให้เห็นถึงการใช้เวลาอย่างไม่มี

ประสิทธิภาพ ทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิตและส่งมอบ เกิดต้นทุนสูญเปล่า

3. การขนย้าย (Transportation) คือ การเคลื่อนย้ายวัสดุต่างๆ ทั้งในส่วนของพื้นที่ในการเก็บรักษาคลังและระหว่างกระบวนการผลิต อาจเกิดจากการวางผังโรงงานที่ไม่ดี การจัดชิ้นงานไม่เป็นระเบียบ ทำให้สูญเสียแรงงานและเวลาในการขนส่งเพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดต้นทุนที่สูงขึ้น และอาจได้รับความเสียหายระหว่างการเคลื่อนย้ายหลายขั้นตอน

4. กระบวนการที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate Processing) คือ การใช้เครื่องมือที่ไม่ถูกต้อง มาตรฐานในการทำงานไม่เพียงพอ การจัดลำดับงานไม่เหมาะสม การนำเครื่องจักรใหญ่ๆ ที่มีกำลังการผลิตสูงมาผลิตสินค้าจำนวนน้อยทำให้เสียค่าใช้จ่าย ต้นทุน เวลา และแรงงานเกินความจำเป็น

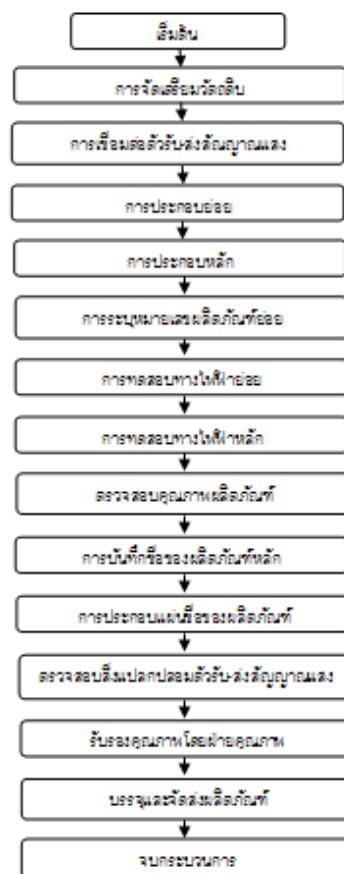
5. การเก็บวัสดุคงคลัง (Unnecessary Inventory) คือ การเก็บคงคลังไว้มากเกินไป ทำให้เกิดเวลานำที่ยาวนาน เสียพื้นที่ในการจัดเก็บ ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บและต้นทุนจม ความเสื่อมสภาพ และล้าสมัยของวัสดุ

6. การเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motions) คือ การเคลื่อนที่เคลื่อนไหวของพนักงานผลิต หลักการเคลื่อนไหว มีท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น การโค้งตัว การเอี้ยวตัว เป็นต้น ทำให้เกิดความเมื่อยล้าและส่งผลกระทบต่อการทำงาน ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย นอกจากนี้การจัดวางผังและการจัดลำดับงานที่ไม่เหมาะสม ทำให้เสียเวลาในการเคลื่อนที่มากขึ้น

7. ของเสีย (Defects) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพ ความเสียหายขณะผลิตหรือขนย้าย ทำให้เสียเวลาและแรงงานในการตรวจสอบแก้ไข เกิดต้นทุนการสูญเปล่า

2. ข้อมูลกระบวนการผลิตและกำลังการผลิตในปัจจุบัน

กระบวนการประกอบชุดรับ-ส่งสัญญาณแสง (Optical transceiver module) ผลิตภัณฑ์หนึ่ง (SW) มีกระบวนการผลิตโดยรวมตามรูปที่ 1



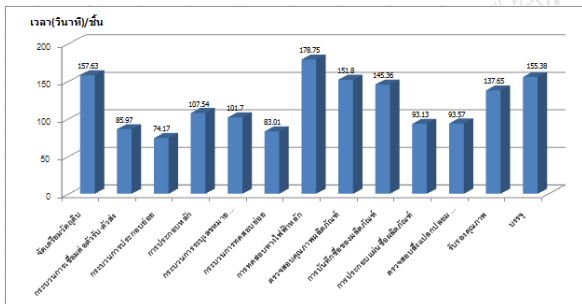
รูปที่ 1 แผนผังการไหลกระบวนการประกอบชุดรับ-ส่งสัญญาณแสง (Optical Transceiver Module)

ข้อมูลเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิต (ตารางที่ 1) จะเห็นว่าการไหลของชิ้นงานไม่ต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลในสายการผลิต มีชิ้นงานระหว่างกระบวนการเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 1. เวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิต SW

| กระบวนการผลิต | เวลาทำงาน (วินาที) | จำนวนชิ้นงาน | การจัดสรรทรัพยากรการผลิต | | | เกณฑ์การตรวจสอบ | UPH | TOTAL UPH | CAP. |
|---------------------------|--------------------|--------------|--------------------------|----|-----------------|-----------------|-----|-----------|------|
| | | | เครื่องจักร | คน | ชั่วโมงการทำงาน | | | | |
| การจัดเตรียมวัสดุ | 315.26 | 1 | - | 2 | 15 | 100% | 11 | 23 | 343 |
| การเชื่อมตัวรับ-ส่งสัญญาณ | 42.34 | 1 | 1 | 1 | 15 | 100% | 85 | 85 | 1275 |
| การประกอบย่อย | 35.29 | 1 | - | 1 | 15 | 100% | 102 | 102 | 1530 |
| การประกอบหลัก | 97.54 | 1 | - | 1 | 15 | 100% | 10 | 19 | 285 |
| การระบุหมายเลขผลิตภัณฑ์ | 94.85 | 1 | 1 | 1 | 15 | 100% | 38 | 38 | 569 |
| การทดสอบทางไฟฟ้า | 37.83 | 1 | 1 | 1 | 15 | 100% | 95 | 95 | 1427 |
| การทดสอบทางไฟฟ้า | 535.38 | 1 | 3 | 1 | 15 | 100% | 7 | 20 | 303 |
| ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ | 171.80 | 1 | - | 1 | 15 | 100% | 21 | 21 | 314 |
| การบันทึกชื่อของผลิตภัณฑ์ | 145.36 | 1 | 1 | 1 | 15 | 100% | 25 | 25 | 371 |
| ตรวจสอบสีและตัวรับ-ส่ง | 93.57 | 1 | 1 | 1 | 15 | 100% | 36 | 36 | 547 |
| รับรองคุณภาพ | 137.65 | 1 | 1 | 1 | 15 | 100% | 38 | 38 | 577 |
| บรรจุและจัดส่งผลิตภัณฑ์ | 230.38 | 5 | 1 | 1 | 15 | 100% | 78 | 78 | 1172 |

รูปที่ 2 แสดงเวลามาตรฐานในแต่ละกระบวนการผลิตของสายการผลิตตัวอย่าง โดยกระบวนการที่เป็นคอขวด คือกระบวนการจัดเตรียมวัสดุ, การประกอบหลัก, การทดสอบทางไฟฟ้าหลักและกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ซึ่งในกระบวนการนี้จะมีชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตค้างอยู่เป็นจำนวนมาก



รูปที่ 3 เปรียบเทียบเวลารวมในแต่ละสถานีงานเทียบกับเส้นมาตรฐานเวลาผลิตต่อตัว

เมื่อพิจารณาถึงภาพรวมของเวลาทำงานในแต่ละสถานีงานนั้น โดยเทียบกับเวลามาตรฐานต่อตัว พบว่ามีความไม่สมดุลเกิดขึ้นในสายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

3. การใช้เทคนิคลินีในการลดความสูญเสียในสายการผลิต

1. ศึกษากระบวนการผลิต และศึกษาความสูญเสียจากการผลิตมากเกินไป โดยทำการเก็บข้อมูลทางด้านเวลาของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิต ตามแนวทางวิธีการของ Process Activity Mapping

2. วิเคราะห์รอบระยะเวลาการผลิต (Cycle Time) กำลังการผลิต (Capacity) และจุดที่เป็นคอขวด (Bottleneck) ของกระบวนการผลิต โดยการสร้างเป็นกราฟแท่งจากข้อมูลทางด้านเวลา

3. ศึกษาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต และทำการแจกแจงงานในแต่ละขั้นตอนออกเป็นงานย่อยๆ

4. ผลการดำเนินการ

4.1 ผลการวิเคราะห์แผนผังการไหลกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ SW ก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 2. แสดงแผนผังการไหลของกระบวนการ (Process Activity Mapping) ของผลิตภัณฑ์ SW ก่อนปรับปรุง

(Process Activity Mapping) ของผลิตภัณฑ์ SW ก่อนปรับปรุง

| ขั้นตอน (Item) | รายละเอียดของรายการ (Step) | ระยะเวลา (M) | เวลาที่ใช้ (sec) | จำนวนคน | สัญญาณ | ประเภทของกิจกรรม (Type of waste) | ความสูญเสีย (Type of waste) |
|----------------|--|--------------|------------------|---------|--------|----------------------------------|-----------------------------|
| 1 | จัดเตรียมวัสดุ | | 167.63 | 2 | ● → □ | NA | Prepare |
| 2 | เป็นสายงาน | 0.2 | 9.94 | 1.4 | ○ → □ | NA | Motion |
| 3 | เชื่อมตัวรับ-ส่งโดยเครื่องจักร | | 25.92 | 1.4 | ○ → □ | VA | Process |
| 4 | รอตัวรับ-ส่งโดยเครื่องจักร | | 45 | 1.4 | ○ → □ | NA | Waiting |
| 5 | รวมแผงวงจรกับตัวรับ-ส่ง | 0.2 | 5.11 | 1.4 | ○ → □ | NA | Motion |
| 6 | วางตัวรับ-ส่งบนตัวรับ-ส่ง | 0.2 | 8.92 | 1.4 | ○ → □ | NA | Motion |
| 7 | ทดสอบสายส่งทางไฟฟ้าของตัวรับ-ส่ง | | 14.55 | 1.4 | ● → □ | NA | Process |
| 8 | ตรวจสอบสายส่งคุณภาพ | | 43.85 | 1.4 | ○ → □ | NA | Process |
| 9 | บันทึกประวัติ | | 6.85 | 1.4 | ● → □ | NA | Process |
| 10 | วางแผ่นกับสายงาน | 0.2 | 15.05 | 2.7 | ○ → □ | VA | Process |
| 11 | ติดตั้งสายงาน | | 12.75 | 2.7 | ● → □ | VA | Process |
| 12 | ใส่ตัวรับ-ส่งสัญญาณและกับแผงวงจรไฟฟ้า | 0.2 | 30.55 | 2.7 | ○ → □ | VA | Process |
| 13 | รวมแผ่นกับสายงานบน 14 ซีพียู | 0.2 | 13.02 | 2.7 | ○ → □ | VA | Process |
| 14 | ใส่แผ่นกับสายงาน | | 8.02 | 2.7 | ● → □ | VA | Process |
| 15 | ใส่สายเคเบิล | | 21.3 | 2.7 | ○ → □ | VA | Process |
| 16 | บันทึกประวัติ | | 6.85 | 2.7 | ● → □ | NA | Process |
| 17 | ใช้สถานีงานเครื่องทดสอบผลิตภัณฑ์ Serial ID | 0.5 | 9.93 | 1.4 | ○ → □ | NA | Motion |
| 18 | รอเครื่องบันทึกประวัติผลิตภัณฑ์ | | 70.82 | 1.4 | ○ → □ | VA | Process |
| 19 | ถอดงานออก | 0.5 | 14.1 | 1.4 | ○ → □ | NA | Motion |
| 20 | บันทึกประวัติ | | 6.85 | 1.4 | ● → □ | NA | Process |
| 21 | ใช้สถานีงานเครื่องทดสอบทางไฟฟ้าของ Pre-Auto Test System | 0.5 | 9.93 | 1.5 | ○ → □ | NA | Motion |
| 22 | ตรวจสอบสายทดสอบ | | 33.87 | 1.5 | ○ → □ | NA | Process |
| 23 | ทดสอบชิ้นงาน | | 18.26 | 1.5 | ○ → □ | VA | Process |
| 24 | ถอดงานออก | 0.5 | 14.1 | 1.5 | ○ → □ | NA | Motion |
| 25 | บันทึกประวัติ | | 6.85 | 1.5 | ● → □ | NA | Process |
| 26 | ใช้สถานีงานเครื่องทดสอบทางไฟฟ้าของ Main Auto Test System | 1 | 9.93 | 1.5 | ○ → □ | NA | Motion |
| 27 | ตรวจสอบสายทดสอบ | | 33.87 | 1.5 | ○ → □ | NA | Process |
| 28 | รอเครื่องทดสอบชิ้นงานเสร็จ | | 114 | 1.5 | ○ → □ | VA | Waiting |
| 29 | ถอดงานออก | 1 | 14.1 | 1.5 | ○ → □ | NA | Motion |
| 30 | บันทึกประวัติ | | 6.85 | 1.5 | ● → □ | NA | Process |
| 31 | ตรวจสอบสายส่งคุณภาพ in-process inspection | | 144.95 | 1.2 | ○ → □ | NA | Process |
| 32 | บันทึกประวัติ | | 6.85 | 1.2 | ● → □ | NA | Process |
| 33 | ใช้สถานีงานเครื่องบันทึกชื่อของผลิตภัณฑ์ Final Configuration | 0.5 | 9.93 | 1.5 | ○ → □ | NA | Motion |
| 34 | คนผู้รับทำงาน | | 2.1 | 1.5 | ● → □ | NA | Motion |
| 35 | รอเครื่องบันทึกชื่อของผลิตภัณฑ์ | | 112.38 | 1.5 | ○ → □ | VA | Waiting |
| 36 | ถอดงานออก | 0.5 | 14.1 | 1.5 | ○ → □ | NA | Motion |
| 37 | บันทึกประวัติ | | 6.85 | 1.5 | ● → □ | NA | Process |
| 38 | ตรวจสอบสายส่งคุณภาพ in-process inspection | | 18.14 | 1.5 | ○ → □ | NA | Motion |
| 39 | เป็นสายงาน | | 8.11 | 1.5 | ● → □ | VA | Process |
| 40 | ตรวจสอบสายส่งคุณภาพ | | 24.92 | 1.5 | ○ → □ | NA | Process |
| 41 | เป็นสายงาน | | 35.11 | 1.5 | ● → □ | VA | Process |
| 42 | บันทึกประวัติ | | 6.85 | 1.5 | ● → □ | NA | Process |
| 43 | วางชิ้นงานบนตัวรับ-ส่ง | 0.3 | 8.05 | 1.4 | ○ → □ | NA | Motion |
| 44 | ตรวจสอบตัวรับ-ส่งสัญญาณและ CSA inspection | | 66.11 | 1.4 | ○ → □ | NA | Process |
| 45 | บันทึกประวัติ | | 12.56 | 1.4 | ● → □ | NA | Process |

| | | | | | | | | | | |
|----|------------------------------------|-------|-----|-----|---|---|---|---|----|----------------|
| 46 | บันทึกประวัติ | 6.85 | 1/4 | ● | ⇐ | □ | □ | ▽ | MA | Process |
| 47 | ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ขึ้นประกอบคุณภาพ | 130.8 | 1/3 | ○ | ⇐ | ■ | □ | ▽ | MA | Process |
| 48 | บันทึกประวัติ | 6.85 | 1/3 | ● | ⇐ | □ | □ | ▽ | MA | Process |
| 49 | บรรจุผลิตภัณฑ์ก่อนประกอบ | 90 | 1/3 | ● | ⇐ | □ | □ | ▽ | MA | Process |
| 50 | บรรจุผลิตภัณฑ์ | 43.53 | 1/3 | ● | ⇐ | □ | □ | ▽ | MA | Process |
| 51 | ขนย้ายกล่องเครื่องส่งกำลัง | 3 | 15 | 1/3 | ○ | ⇐ | □ | ▽ | MA | Transportation |
| 52 | บันทึกประวัติ | 6.85 | 1/3 | ● | ⇐ | □ | □ | ▽ | MA | Process |

(○ = กระบวนการ, ⇐ = การเคลื่อนไหว, □ = ทดสอบ, □ = รอ, ▽ = จัดเก็บ ; VA = Value Added Activity, NVA = Non Value Added Activity, (N)NVA = Necessary Non Value Added)

จากข้อมูลในตารางที่ 2 สามารถจำแนกกิจกรรมที่ไม่เกิดคุณค่าประมาณ 75% ของจำนวนกิจกรรมทั้งหมดซึ่งหากในกระบวนการผลิตมีแนวโน้มของสัดส่วนกิจกรรมที่ไม่เกิดคุณค่าเพิ่มสูงขึ้น ก็จะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตต่ำลง ดังนั้นจึงมุ่งเน้นไปยังการลดกิจกรรมที่ไม่เกิดคุณค่าโดยจะทำการวิเคราะห์กิจกรรมดังกล่าวเพื่อระบุประเภทของความสูญเปล่า และแก้ไขด้วยการใช้เครื่องมือของลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

4.2 แผนผังการไหลของกระบวนการหลังการปรับปรุง หลังจากทำการศึกษาการทำงานย่อยของกระบวนการเชื่อมต่อตัวรับ-ส่งสัญญาณแสง และจัดการวิเคราะห์เพื่อยุบรวมของกระบวนการระบุหมายเลขผลิตภัณฑ์และกระบวนการ ทดสอบทางไฟฟ้าย่อย โดยจัดสรรพนักงานหนึ่งคนประจำสองสถานี, ลดเวลาสูญเสียจากการติดตั้งเครื่อง ปรับแต่งเครื่องในแต่ละวันประจำวัน จัดตารางการใช้งานของเครื่องจักรให้มีการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด, การจัดสรรถึงงานของพนักงานและเครื่องจักรให้สอดคล้องกัน โดยเวลาดำเนินการที่สุดของการทำงานของเครื่องจักรและเวลาเริ่มการใหม่ของพนักงานต้องใกล้เคียงกัน และลดการทำงานซ้ำ การปรับเปลี่ยนลำดับงานเทคโนโลยีการบันทึกผ่านระบบคอมพิวเตอร์ทดแทนการบันทึกโดยเขียนกระดาษของกระบวนการตรวจสอบทางคุณภาพ ส่งผลทำให้ขั้นตอนการผลิต เวลาการผลิต รวมถึงปริมาณของเสียได้มีการ ได้ผลดังนี้ตารางที่ 4

4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุง หลังจากการประยุกต์แนวคิดการผลิตแบบลีนเพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการของผลิตภัณฑ์ SW สามารถสรุปเป็นตัวชี้วัดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุงของผลิตภัณฑ์ SW

| รายการ(ตัววัด) | ก่อนปรับปรุง | หลังปรับปรุง | เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง |
|----------------------------|--------------|--------------|---------------------------|
| เวลาที่ใช้ในการผลิต (นาที) | 26.04 | 22 | 15.51% |
| จำนวนสถานีงาน | 13 | 11 | 15.38% |
| จำนวนพนักงาน | 15 | 13 | 13.33% |
| ชิ้นงานค้างในกระบวนการผลิต | 372 | 222 | 40% |

จะเห็นว่า เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนลดลงจาก 26.04 เป็น 22 วินาที จำนวนสถานีลดลงจาก 13 เหลือ 11 สถานี จำนวนคนลดลงจาก 15 เป็น 13 คน และชิ้นงานค้างในกระบวนการผลิตลดลง 372 เหลือ 222 ชิ้นต่อเดือน หรือลดลง 40%

ตารางที่ 4 แสดงแผนผังการไหลของกระบวนการ (Process Activity Mapping) ของผลิตภัณฑ์ SW โดยทำการพิจารณาตามขั้นตอน (หลังปรับปรุง)

| ขั้นตอน (Item) | รายละเอียดของการทำงาน (Step) | ระยะเวลา (M) | เวลาที่ใช้ (sec) | จำนวนคน | สัญลักษณ์ | ประเภทของกิจกรรม | ความสูญเปล่า (Type of waste) |
|----------------|--|--------------|------------------|---------|-----------|------------------|------------------------------|
| 1 | จัดเตรียมวัสดุ | | 157.63 | 2 | ● | ○ | (N)NVA |
| 2 | เคลื่อนวัสดุเข้า | 0.2 | 9.94 | 1/4 | ○ | ⇐ | (N)NVA |
| 3 | เชื่อมสายรับส่งสัญญาณ | | 25.92 | 1/4 | ○ | ⇐ | VA |
| 4 | รอสายเชื่อมสายรับส่งสัญญาณ | | 5 | 1/4 | ○ | ⇐ | MA |
| 5 | วางสายบนแผงพิมพ์วงจร | 0.2 | 5.11 | 1/4 | ○ | ⇐ | (N)NVA |
| 6 | วางสายบนแผงพิมพ์วงจร | 0.2 | 8.92 | 1/4 | ○ | ⇐ | (N)NVA |
| 7 | ตัดสายเชื่อมสายรับส่งสัญญาณ | | 14.55 | 1/4 | ● | ○ | (N)NVA |
| 8 | ตรวจสอบสายคุณภาพ | | 10.1 | 1/4 | ○ | ⇐ | MA |
| 9 | บันทึกประวัติ | | 3.85 | 1/4 | ● | ○ | MA |
| 10 | วางสายบนแผงพิมพ์วงจร | 0.2 | 15.05 | 2/7 | ○ | ⇐ | VA |
| 11 | ติดตั้งสายรับส่งสัญญาณ | | 12.75 | 2/7 | ● | ○ | VA |
| 12 | ติดตั้งสายสัญญาณบนแผงพิมพ์วงจร | 0.2 | 30.55 | 2/7 | ○ | ⇐ | VA |
| 13 | วางสายบนแผงพิมพ์วงจร 14 สาย | 0.2 | 13.02 | 2/7 | ○ | ⇐ | VA |
| 14 | ใส่สายในกล่อง | | 8.02 | 2/7 | ● | ○ | VA |
| 15 | ยึดสายในกล่อง | | 21.3 | 2/7 | ○ | ⇐ | VA |
| 16 | บันทึกประวัติ | | 3.85 | 2/7 | ● | ○ | MA |
| 17 | ถอดสายเข้าเครื่องควบคุมด้วยตัวรับส่งสัญญาณ Serial ID | 0.5 | 9.93 | 1/4 | ○ | ⇐ | (N)NVA |
| 18 | รอเครื่องบันทึกประวัติ | | 20.5 | 1/4 | ○ | ⇐ | VA |
| 19 | ถอดสายออก | 0.5 | 14.1 | 1/4 | ○ | ⇐ | MA |
| 20 | บันทึกประวัติ | | 3.85 | 1/4 | ● | ○ | MA |
| 21 | ถอดสายเข้าเครื่องทดสอบทางไฟฟ้า Pre-Auto Test System | 0.5 | 9.93 | 1/5 | ○ | ⇐ | (N)NVA |
| 22 | ตรวจสอบสายทดสอบ | | 33.87 | 1/5 | ○ | ⇐ | MA |
| 23 | ทดสอบชิ้นงาน | | 18.26 | 1/5 | ○ | ⇐ | VA |
| 24 | ถอดสายออก | 0.5 | 14.1 | 1/5 | ○ | ⇐ | MA |
| 25 | บันทึกประวัติ | | 3.85 | 1/5 | ● | ○ | MA |
| 26 | ถอดสายเข้าเครื่องทดสอบทางไฟฟ้า Pre-Auto Test System | 1 | 9.93 | 1/5 | ○ | ⇐ | (N)NVA |
| 27 | ตรวจสอบสายทดสอบ | | 33.87 | 1/5 | ○ | ⇐ | MA |
| 28 | รอเครื่องทดสอบชิ้นงานเสร็จ | | 114 | 1/5 | ○ | ⇐ | VA |
| 29 | ถอดสายออก | 1 | 14.1 | 1/5 | ○ | ⇐ | MA |
| 30 | บันทึกประวัติ | | 3.85 | 1/5 | ● | ○ | MA |
| 46 | บันทึกประวัติ | | 3.85 | 1/4 | ● | ○ | MA |
| 47 | ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ขึ้นประกอบคุณภาพ | | 70.8 | 1/3 | ○ | ⇐ | MA |
| 48 | บันทึกประวัติ | | 3.85 | 1/3 | ● | ○ | MA |
| 49 | บรรจุผลิตภัณฑ์ก่อนประกอบ | | 90 | 1/3 | ○ | ⇐ | MA |
| 50 | บรรจุผลิตภัณฑ์ | | 35.53 | 1/3 | ● | ○ | MA |
| 51 | ขนย้ายกล่องเครื่องส่งกำลัง | 3 | 15 | 1/3 | ○ | ⇐ | MA |
| 52 | บันทึกประวัติ | | 3.85 | 1/3 | ● | ○ | MA |

(○ = กระบวนการ, ⇐ = การเคลื่อนไหว, □ = ทดสอบ, □ = รอ, ▽ = จัดเก็บ ; VA = Value Added Activity, NVA = Non Value Added Activity, (N)NVA = Necessary Non Value Added)

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แนวคิดแบบลีน ในการปรับปรุงกระบวนการทำงานของสถานียานยนต์ต่างๆ ในสายการประกอบชุดรับ-ส่งสัญญาณแสง เช่น การปรับเปลี่ยนลำดับงาน วางแผนการผลิตและการจัดสรรทรัพยากรการผลิตด้านแรงงานเป็นรายวัน ผลการดำเนินงานเวลาที่ใช้ในการผลิต จำนวนสถานียานยนต์ พนักงาน และงานระหว่างกระบวนการผลิตลดลง อย่างไรก็ดีตามเพื่อให้มีการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตให้มากขึ้น ควรมีการศึกษาหลักการสถิติ และเทคนิคอื่นๆ เข้ามาร่วมด้วย เช่น วิศวกรรมคุณค่า การออกแบบการทดลอง และโปรแกรมทางสถิติ การนำวิธีการในงานวิจัยนี้ไปปฏิบัติจริงควรมีการจัดตั้งทีมงานเพื่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยแนวคิดแบบลีนไว้โดยเฉพาะ และมีการฝึกอบรมทีมงานให้เข้าใจถึงแนวคิดแบบลีนก่อนดำเนินการปรับปรุงกระบวนการจริง ผู้บริหารจำเป็นต้องเน้นที่บุคลากรเป็นหลัก ให้อำนาจรับผิดชอบ ให้ความอิสระในแนวคิดเพื่อการปรับปรุงและให้การสนับสนุน ควรมีการวิจัยการนำเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) และแนวความคิดการผลิตแบบลีน มาใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอื่นๆ

ของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษา บริษัท ฟาบริเนท จำกัด, วิทยานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2552

เอกสารอ้างอิง

- [1] โกศล ดีศีลธรรม, เพิ่มศักยภาพการแข่งขันด้วยแนวคิดลีน, กรุงเทพฯ: บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด, 2546
- [2] James P. Womack and Daniel T. Jones., Lean Thinking, banish waste and create wealth in your corporation, New York, N.Y. : Simon & Schuster, 1996
- [3] ชิกซ์ชิกม่า ของบริษัทเดลต้าอิเล็กทรอนิกส์ ไทยแลนด์, วิทยานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2552
- [4] สุธาสินี เภาวิวัฒนากุล, การรับรู้และพฤติกรรมในการปรับปรุงงานเพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต

การศึกษาทางด้านการยศาสตร์เกี่ยวกับรูปร่างของด้ามจับและท่าทางการจับมีด สำหรับงานตัดเฉือน

อรรถัย บัวผุด¹ นริศ เจริญพร²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ. ปทุมธานี 12120

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ. ปทุมธานี 12120

E-mail: orrataibie@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางด้านการยศาสตร์เกี่ยวกับรูปร่างของด้ามจับและท่าทางการจับมีดสำหรับงานตัดเฉือน โดยการใช้ผู้เข้ารับการทดลองที่มีสุขภาพดี 8 คน ทำงานตัดเฉือนด้วยท่าทางการจับมีดที่ต่างกัน 2 ท่าทาง รูปร่างของด้ามจับที่แตกต่างกัน 3 แบบ วัดผลโดยใช้ตัวชี้วัด 3 ตัว คือ 1) ค่าสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ วัดกล้ามเนื้อแขนส่วนปลาย 4 มัด คือ (1) กล้ามเนื้อเฟลกเซอร์ คาร์ไพ เรเดียลิส : FCR (2) กล้ามเนื้อเฟลกเซอร์ ดิจิทอรัม ซูเปอร์ฟิเซียลิส : FDS (3) กล้ามเนื้อเอกซ์เทนเซอร์ คาร์ไพ อัลนาริส : ECU และ (4) กล้ามเนื้อเอกซ์เทนเซอร์ ดิจิทอรัม: ED ด้วยเครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyography : EMG) 2) วัดค่ามุมการเคลื่อนไหวของข้อมือ ด้วยเครื่องอิเล็กทรอนิกส์โอมิเตอร์ (Electrogoniometer) และ 3) วัดค่าความพึงพอใจต่อมีดและการใช้มีด โดยใช้แบบประเมินผลการทดลองพบว่า ความนุ่ม รูปร่างของด้ามจับ และท่าทางการจับมีดมีผลต่อการออกแรงของกล้ามเนื้อแขนส่วนปลายและความพึงพอใจของผู้เข้ารับการทดลอง การจับมีดด้วยท่าทางที่ 2 ดีกว่าท่าทางที่ 1 เพราะทำให้ข้อมือมีการเบนน้อยกว่า ส่งผลให้การออกแรงของกล้ามเนื้อ FCR และ ECU มีค่าน้อยกว่าด้วย ส่วนด้ามจับที่มีความแข็ง 70° ShA มีผลทำให้กล้ามเนื้อ FDS ออกแรงน้อยกว่าการจับด้ามจับที่มีความแข็งมากกว่า และมีผลต่อความพึงพอใจมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ มีด , การยศาสตร์, งานตัดเฉือน

1. บทนำ

ถึงแม้ว่าแนวโน้มในการในการเปลี่ยนไปใช้เครื่องจักรและเครื่องมือที่เป็นอัตโนมัติจะเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังมีอีกหลายๆอุตสาหกรรมที่ยังต้องใช้อุปกรณ์ที่ใช้มือจับ (Non-power Hand tool) และเป็นกระบวนการผลิตที่ต้องใช้คนในการทำงาน สิ่งที่เป็นปัญหาที่ต้องเฝ้าระวังในอุตสาหกรรมเหล่านี้ก็คือ การเพิ่มขึ้นของการได้รับบาดเจ็บที่เกี่ยวข้องกับการใช้อุปกรณ์ การบาดเจ็บจากการใช้เครื่องมือในการทำงานอาชีพ เป็นสาเหตุให้ต้องจ่ายค่าทดแทน ถึง 9% ของการจ่ายค่าทดแทนในส่วนของการบาดเจ็บที่เกิดจากการทำงานอาชีพ ปัจจุบันมีแรงงานที่อยู่ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอุตสาหกรรมชำแหละเนื้อและสัตว์ปีก แรงงานเหล่านี้ ต้องทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และ 40 ชั่วโมงหรือมากกว่าต่อสัปดาห์ ต้องอยู่กับมีดซึ่งเป็นอุปกรณ์หลัก และท่าทางการทำงานที่ซ้ำๆ กันตลอดชั่วโมงการทำงาน [1] ถ้ามีดที่ใช้นั้นไม่ได้รับการออกแบบมาให้ถูกต้องตาม หลักการยศาสตร์ หรือไม่เหมาะสมกับการใช้งานก็เป็นสาเหตุให้เกิดการบาดเจ็บสะสมของกระดูกและกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal disorders: MSDs) ในทางตรงกันข้ามการออกแบบเครื่องมือที่มีความเหมาะสมและถูกต้องตามหลัก การยศาสตร์ จะช่วยลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บในงานอาชีพ ในส่วนของแขนและมือรวมถึงไหล่ซึ่งเป็นจุดต่อของแขน (Upper Limb) ซึ่งจะช่วยให้งานทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีความรู้สึกสบายในการทำงาน ส่วนลูกค้ำหรือผู้บริโภคมักจะได้สินค้าที่

มีคุณภาพสูง ในขณะที่เดียวกันเจ้าของกิจการก็จะได้ง่ายขึ้นที่มีประสิทธิภาพจากการทำงานของพนักงาน

2. วิธีการดำเนินงานศึกษาวิจัย

การทดลองนี้ใช้ผู้เข้ารับการทดลองที่เป็นผู้หญิง ที่มีสุขภาพดีไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่ร้ายแรง บริเวณแขนส่วนปลาย จำนวน 8 คน มีรายละเอียดข้อมูลสถิติประชากร ของผู้เข้ารับการทดลอง ดังตารางที่ 1 ท่างานตัดเย็บด้วยท่าทางการจับมัดที่ต่างกัน 2 ท่าทาง คือท่าทางที่ 1 จับโดยใช้นิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ที่ประคองด้านข้างทั้งสองด้านของด้ามจับและใช้นิ้วทั้ง 3 นิ้วที่เหลือกำรอบด้ามจับ ส่วนท่าทางที่ 2 จับโดยใช้นิ้วชี้วางบนสันของใบมีด นิ้วหัวแม่มือประคองด้านข้างด้ามจับ และนิ้วที่เหลือทั้ง 3 นิ้วกำรอบด้ามจับ และทดลองใช้รูปร่างของด้ามจับที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ แบบที่ 1 เป็นด้ามมีดแบบเดิมที่โรงงานใช้มีความยาว 122 มิลลิเมตร พื้นที่หน้าตัดด้ามมีดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามุมโค้ง มีเส้นรอบวงส่วนที่กว้างที่สุดตำแหน่งที่วางนิ้วกลาง ประมาณ 94 มิลลิเมตรความแข็งของด้าม 30° ShD ส่วนด้ามมีดแบบที่ 2 และแบบที่ 3 มีลักษณะรูปร่างของด้ามเหมือนกัน คือมีความยาวส่วนที่เป็นด้ามจับ 105 มิลลิเมตร และส่วนสำหรับวางนิ้วชี้ 55 มิลลิเมตร พื้นที่หน้าตัดด้ามมีดเป็นรูปวงรี มีเส้นรอบวงส่วนที่กว้างที่สุดตำแหน่งที่วางนิ้วกลาง 73 มิลลิเมตร เป็นลักษณะด้ามมีดที่ได้จากการศึกษานำร่อง

ตารางที่ 1 สถิติประชากรของผู้เข้ารับการทดลอง

| | Rang | Mean | SD |
|--------------------------|-------------|--------|------|
| อายุ (ปี) | 22- 31 | 27.38 | 2.61 |
| ส่วนสูง (ซม.) | 152 - 170 | 158.33 | 6.45 |
| น้ำหนัก (กิโลกรัม) | 40 - 63 | 49.38 | 7.69 |
| ความยาวของมือ* (ซม.) | 14.9 - 17.6 | 16.67 | 1.16 |
| ส่วนสูงระดับข้อศอก (ซม.) | 91.6 - 103 | 96.26 | 3.97 |

หมายเหตุ* วัดจากส่วนปลายนิ้วกลางถึงข้อมือ (middle finger tip to distal - crease of the wrist)

2.1 การวัดผลการทดลอง

1) วัดค่าการเคลื่อนไหวของข้อต่อข้อมือ โดยใช้ไคนิโอมิเตอร์ SG65 แบบสองแกนมีแนวแกน Y แสดงค่ามุม

การงอและเหยียดข้อมือ (Flexion-Extension) และแกน X แสดงค่ามุมการเบนของข้อมือ (Ulnar Deviation - Radial Deviation) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หว่าขณะทำงาน ข้อมืออยู่ในท่าทางตามธรรมชาติหรือไม่ หรือเบนออกจากท่าทางตามธรรมชาติมากน้อยเพียงไร ซึ่งท่าทางตามธรรมชาติ นิยามโดยใช้มุมระหว่างเส้นกลางของแขนส่วนปลาย และกระดูกฝ่ามือชิ้นที่ 3 (Third metacarpal) โดยต้องอยู่ในช่วง (15° Flexion - 15° Extension) และ (10° Ulnar Deviation - 5° Radial Deviation) [2] ลักษณะของข้อมือ เป็นข้อต่อที่มีการเคลื่อนที่ได้ หลายทิศทาง คือ การหักงอ (Flexion) การยืดเหยียด (Extension) การเบนเข้าเบนออก (Deviation) การหมุนเป็นวงกลม และการหงายมือ-คว่ำมือ

2) วัดค่าความพึงพอใจเกี่ยวกับมีดและการใช้มีด

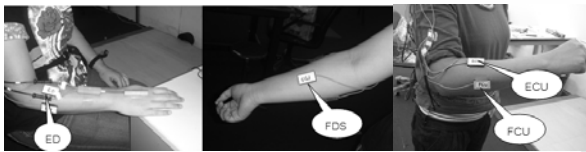
ตารางที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับมีดและการใช้มีด

รหัสมีด ชื่อ.....

| รายการ | ไม่เห็นด้วย | | | | | | เห็นด้วยที่สุด |
|---|-------------|---|---|---|---|---|----------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. มีความรู้สึกพอใจเมื่อได้สัมผัส ครั้งแรก ก่อนการ | | | | | | | |
| 2. ลักษณะของด้ามมีดเหมาะสมและสามารถจับได้ | | | | | | | |
| 3. ความยาวของมีดมีความเหมาะสมดี | | | | | | | |
| 4. น้ำหนักของมีดมีความเหมาะสมดี | | | | | | | |
| 5. รู้สึกใช้งานได้ดี เกิดความเมื่อยล้า น้อย | | | | | | | |
| 6. มีความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างของมีด และการใช้ | | | | | | | |
| 7. มีความรู้สึกพึงพอใจโดยรวมหลังจากทดลองใช้เป็นเวลา | | | | | | | |

3) การวัดค่าสัญญาณทางไฟฟ้ากล้ามเนื้อ การวัดค่าสัญญาณทางไฟฟ้าของกล้ามเนื้อในการศึกษาครั้งนี้ใช้เครื่องวัดสัญญาณกล้ามเนื้อ (Electromyography : EMG) ของบริษัท ไบโอมेटริกซ์ อุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องมือชุดนี้

ประกอบด้วย เซอร์เฟสอิเล็กโทรดรุ่น Surface EMG Pre Amplifier SX230 และดาต้าล็อกเกอร์ (DataLog P3X8) รับส่งข้อมูลโดยบลูทูธ โดยกำหนดค่าความถี่ที่ 1000 Hz การติดอิเล็กโทรดกับมัดกล้ามเนื้อ ดังรูปที่ 2 ประกอบด้วย (1) กล้ามเนื้อ เฟลกเซอร์ คาร์ไพ เรเดียลิส : FCR (2) กล้ามเนื้อเฟลกเซอร์ ดิจิทอรัม ซูเปอร์ฟิเชียลิส: FDS (3) กล้ามเนื้อเอกซ์เทนเซอร์ คาร์ไพ อัลนาริส : ECU (4) กล้ามเนื้อเอกซ์เทนเซอร์ ดิจิทอรัม : ED



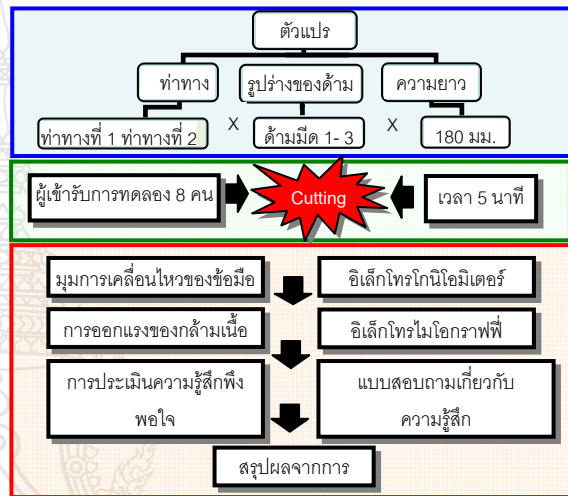
รูปที่ 2 ลักษณะการติดอิเล็กโทรดกับมัดกล้ามเนื้อแขนส่วนปลายทั้ง 4 มัด

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

หลังจากทำความเข้าใจและฝึกปฏิบัติการทดลองจริงกับมีดที่ใช้ในการทดลองตามรูปที่ 3 เป็นระยะเวลาประมาณ 30 นาที จนผู้เข้ารับการทดลองมีความสามารถทำงานได้ถูกต้องตามวิธีการทำงานที่กำหนดและมีอัตราการการทำงาน เทียบเท่ากับ วีดีโอ การฝึกปฏิบัติ รวมทั้งมีความคุ้นเคยกับอุปกรณ์เครื่องมือ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ตรงกับความจริงมากที่สุด จึงเริ่มทำการทดลอง โดยให้ผู้เข้ารับการทดลอง ทำการตัดเฉือนตามขั้นตอนคือ ขั้นที่ 1 จรดบริเวณทิวของมีดลงบนวัสดุที่ใช้ตัด ขั้นที่ 2 ออกแรงกดพร้อมกับดันมีดไปข้างหน้า และขั้นที่ 3 ออกแรงกดและดึงมีดกลับ ทำซ้ำเช่นนี้ด้วยอัตราเร็ว 40 ครั้งต่อนาทีเป็นเวลาติดต่อกัน 5 นาที พร้อมทั้งทำการเปิดเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลองแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 3. มีดที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 แบบ



รูปที่ 4. แผนภาพแสดงขั้นตอนการศึกษาวิจัย

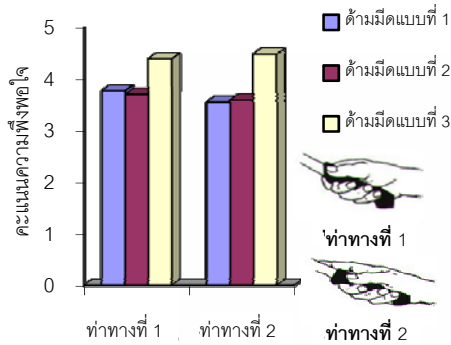
3. ผลการทดลอง

เนื่องจากผู้เข้ารับการทดลองแต่ละคนมีความแข็งแรงของมัดกล้ามเนื้อแต่ละมัดไม่เท่ากัน ดังนั้นเพื่อให้ผลการทดลองที่ได้เป็นบรรทัดฐานเดียวกัน ผลการทดลองครั้งนี้จึงเป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ ของค่าการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximum Voluntary Contraction: MVC) ของผู้เข้ารับการทดลองแต่ละคน

3.1 ผลการประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับมีดและการใช้มีด

ผลการประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับมีดและการใช้มีด แสดงผลให้เห็นว่าท่าทางการจับมีดไม่มีผลต่อความรู้สึกพึงพอใจ แต่รูปร่างของด้ามมีดมีผลต่อระดับความพึงพอใจ โดยด้ามมีดแบบที่ 3 ให้ความรู้สึกพึงพอใจมากกว่าแบบที่ 1 และ 2 สำหรับการจับทั้งสองท่าทาง แสดงให้เห็นผลดังกราฟรูปที่ 5 อย่างไรก็ตาม การวัดความรู้สึก

พึงพอใจของผู้เข้ารับการทดลอง โดยใช้แบบประเมิน (Subjective Measurement) เป็นเพียงการประเมินโดยใช้ความรู้สึกส่วนตัวของผู้เข้ารับการทดลอง ที่เป็นลักษณะของการนิยามความรู้สึกสบายตามธรรมชาติส่วนตัวของแต่ละบุคคลเท่านั้น [3]



รูปที่ 5. กราฟผลการประเมินระดับความพึงพอใจเกี่ยวกับมีดและการใช้มีด

3.2 ผลการศึกษาค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อแขนส่วนปลายขณะทำงานตัดเฉือน

การศึกษาค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อ โดยการวิเคราะห์ค่าแอมพลิจูด (Amplitude) ของสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อศึกษาค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อของแต่ละปัจจัย ได้ผลดังตารางที่ 3 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ทำทางที่ 1 มีแนวโน้มทำให้ค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อทุกมัดสูงกว่า ทำทางที่ 2 ส่วนผลของความสัมพันธ์ระหว่างค่าการออกแรงของมัดกล้ามเนื้อกับลักษณะของด้ามจับพบว่าด้ามจับแบบที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกันมาก แต่ด้ามมีดแบบที่ 3 มีค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อทุกมัดต่ำกว่าแบบที่ 1 และ 2 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเปอร์เซ็นต์ของค่าการออกแรงสูงสุด (% MVC) ของกล้ามเนื้อแขนส่วนปลายทั้ง 4 มัด

| | ทำทางที่ 1 | | | ทำทางที่ 2 | | |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | ด้าม 1 | ด้าม 2 | ด้าม 3 | ด้าม 1 | ด้าม 2 | ด้าม 3 |
| FDS | 21.9 (10.4) | 22.9 (15.0) | 19.9 (9.1) | 22.9 (12.0) | 21.2 (11.8) | 19.2 (8.7) |
| FCU | 30.8 (13.2) | 31.0 (18.0) | 26.9 (10.5) | 31.8 (16.3) | 28.8 (17.4) | 24.8 (13.2) |
| ECU | 25.8 (15.0) | 28.5 (17.4) | 24.9 (16.1) | 24.3 (14.2) | 26.4 (16.2) | 22.4 (13.9) |
| ED | 20.7 (11.4) | 21.5 (8.7) | 19.5 (8.9) | 19.7 (10.4) | 21.5 (11.0) | 18.6 (9.8) |

3.3 การศึกษาค่ามุมของข้อมือทำทางการตัดเฉือน

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่ามุมการเคลื่อนไหวข้อมือขณะทำงานตัดเฉือน (องศา)

| ทำทางการตัดเฉือน | มุมการเหยียดข้อมือ Extension (SD) | | | มุมการเบนข้อมือ Ulnar Deviation (SD) | | |
|------------------|--|---------------|---------------|---|---------------|---------------|
| | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | แบบที่ 1 | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 |
| ทำทางที่ 1 | 14.4 (7.5) | 16.2 (6.0) | 18.6 (5.8) | 27.7 (9.9) | 30.7 (8.4) | 29.9 (8.1) |
| ทำทางที่ 2 | 20.2 (11.9) | 22.2 (8.2) | 22.8 (9.0) | 23.5 (5.3) | 20.2 (6.9) | 22.2 (6.3) |

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ ANOVA สำหรับค่ามุมการเคลื่อนไหวของข้อมือ

| | Extension | Deviation |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|
| ทำทางการตัดเฉือน | $F = 22.16$ $P < .001$ | $F = 83.48$ $P < .001$ |
| รูปร่างของด้ามจับ | $F = .267$ $P = .764$ | $F = 5.24$ $P < .001$ |

จากตารางที่ 6 ทำทางการตัดเฉือนมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่ามุมการยืดเหยียด (Extension) ของข้อมือ โดยทำทางที่ 1 มีค่ามุมการยืดเหยียด 15 องศา น้อยกว่า ทำทางที่ 2 ซึ่งมีค่ามุม 20.4 องศา ส่วนปัจจัยด้านรูปร่างของด้ามจับไม่มีผลต่อค่ามุมการยืดเหยียดของข้อมือ

สำหรับค่ามุมการเบน (Deviation) ของข้อมือ เป็นผลมาจากทุกปัจจัย อย่างมีนัยสำคัญ คือ ปัจจัยทางด้านท่าทางการตัดเฉือน ท่าทางที่ 1 มีค่ามุมการเบนของข้อมือ 31 องศา มากกว่าท่าทางที่ 2 ที่มีค่ามุม 22.3 องศา ปัจจัยทางด้านรูปร่างของด้ามมีด พบว่าด้ามมีดแบบที่ 1 ให้ค่ามุมการเบนของข้อมือน้อยที่สุด คือ 24.5 องศา ส่วนด้ามมีดแบบที่ 2 และ 3 มีค่ามุมไม่ต่างกัน

4. การอภิปรายและสรุปผล

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่า ท่าทางการการตัดเฉือน มีผลต่อค่ามุมของข้อมือและค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อแขนส่วนปลาย ส่วนรูปร่างและความแข็งของด้ามจับก็มีผลต่อค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อเช่นกัน โดยเฉพาะความแข็งของด้ามจับจะส่งผลให้เกิดแรงกดทับบริเวณนิ้วมือ ทำให้กล้ามเนื้อ FDS ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่มีหน้าที่งอกระดูกนิ้วมือส่วนกลาง ทั้ง 5 นิ้ว ต้องออกแรงมากขึ้น ในขณะที่ผลการศึกษาท่าทางการจับ พบว่าการจับแบบที่ 1 ทำให้กล้ามเนื้อต้องออกแรงมากกว่าท่าทางที่ 2 โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ FCU และกล้ามเนื้อ ECU ซึ่งทั้งสองมัดเป็นกล้ามเนื้อที่ควบคุมการเบนของข้อมือไปทางด้านนิ้วก้อย (Ulnar deviation) เมื่อพิจารณาค่ามุมของข้อมือก็พบว่า การเบนของข้อมือไปทางด้านนิ้วก้อยขณะทำงานด้วยท่าทางที่ 2 อยู่ระหว่าง 15.3° - 28.2° Ulnar Deviation น้อยกว่า การทำงานด้วยท่าทางที่ 3 ที่อยู่ระหว่าง 24.2° - 38.7° Ulnar Deviation ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Fagarasanu 2004 [4] ที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างมุมของข้อมือกับค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อแขนส่วนปลาย พบว่าขณะที่ข้อมืออยู่ในท่าทางตามธรรมชาติ คือ 5° - 7° Ulnar Deviation กล้ามเนื้อ ECU และ กล้ามเนื้อ FCU จะออกแรง $7.7 - 9.3 \%MVC$ และ $4.8 - 8.5 \%MVC$ ตามลำดับ แต่เมื่อทดลองให้ข้อมือเบนไปทางด้านนิ้วก้อย 30° Ulnar Deviation พบว่า ECU และ FCU จะออกแรงมากที่สุด โดยมีค่าแรงอยู่ระหว่าง $26.9 - 37.7 \%MVC$ และ $16.5 - 29.1 \%MVC$ ตามลำดับ ขณะที่กล้ามเนื้ออยู่ในภาวะสัทธิการออกแรงในระดับ $8 - 17 \%$

MVC ก็มีความเสี่ยงทำให้เกิดการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal) เพิ่มขึ้น [5] และปัจจัยสำคัญที่ทำให้กล้ามเนื้อต้องออกแรงเพิ่มขึ้นก็คือมุมการเบนของข้อมือที่มากขึ้น (extreme wrist deviation) ในทางตรงกันข้ามกล้ามเนื้อจะออกแรงน้อยและเกือบจะอยู่ในสภาวะคงที่เมื่อมุมของข้อมืออยู่ระหว่าง 5° - 10° Ulnar Deviation และ 7° - 9° Extension [6] ดังนั้นถ้าพิจารณาตามผลการทดลองสามารถบอกได้ว่าการทำงานตัดเฉือนด้วยท่าทางการจับมีดแบบที่ 2 มีผลทำให้ต้องออกแรงน้อยกว่าการทำงานตัดเฉือนด้วยท่าทางการจับมีดแบบที่ 1 และการออกแบบด้ามจับควรจะทำให้มีความแข็งที่พอเหมาะ คือ 70° ShD [7] เพื่อลดแรงกดทับที่เกิดกับนิ้วมือ

เอกสารอ้างอิง

- [1] L. Sperling, S. Dahlman, L. Wikström, ล. Kilbom, and R. Kadefors, "A cube model for the classification of work with hand tools and the formulation of functional requirements," *Applied Ergonomics*, vol. 24, pp. 212-220, 1993.
- [2] J. R. Wilson, "Direct of observation method," in *Evaluation of work*, t. edition, Ed., 2004.
- [3] M. P. d. Looze, L. F. M. Kuijt-Evers, and J. v. Dieen, "Sitting comfort and discomfort and the relationship with the objective measures.," *Ergonomics*, vol. 46, pp. 985-997, 2003.
- [4] M. Fagarasanu, S. Kumar, and Y. Narayan, "Measurement of angular wrist neutral zone and forearm muscle activity," *Clinical Biomechanics*, vol. 19, pp. 671-677, 2004.
- [5] S. Kumar, "Theories of musculoskeletal injury causation.," *Ergonomics*, vol. 44, pp. 17-47, 2001.

- [6] C. G. Drury, K. Begbie, C. Ulate, and J. M. Deeb, "Experiment on wrist deviation in manual material handling.," *Ergonomics*, vol. 28, pp. 577-589, 1985.
- [7] A. F. G.L.Fellows "Ergonomics evaluation of a foam rubber grip for tool handles," *Applied Ergonomics*, vol. 22, pp. 225-230, 1991.



การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำเชื่อมถุง

นันทชัย กานตานันทะ* และ กมลชนก เจียมสินกุล

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

E-mail: nantachai.k@ku.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมถุงของบริษัทกรณีศึกษาซึ่งทำการรับจ้างบรรจุให้กับผู้ประกอบการน้ำตาลทรายรายหนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเสียในการผลิต ปัญหาหลักมาจากการที่ถุงน้ำเชื่อมแตกหรือรั่วจากการผลิต ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียและออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหา อีกทั้งได้ทำการปรับปรุงด้านการลดเวลามาตรฐาน และการลดความเมื่อยล้าแก่พนักงานควบคู่กันไปด้วย ผลการปรับปรุงมีดังนี้ (1) การปรับปรุงเพื่อลดของเสีย ก่อนปรับปรุงมีของเสีย 23.71% เมื่อวิเคราะห์สาเหตุในการเกิดของเสียและทำการปรับปรุง พบว่าของเสียลดลงเหลือเพียง 5.18% (2) การปรับปรุงเพื่อลดเวลามาตรฐาน ได้มีการออกแบบอุปกรณ์เสริมเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงาน ทำให้เวลามาตรฐานในสถานีงานที่ปรับปรุงลดลงเฉลี่ย 58.61% และประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มขึ้น 8.40% รวมทั้งค่าจ้างแรงงานลดลง 53.87% (3) การปรับปรุงเพื่อลดความเมื่อยล้าของพนักงาน ด้วยการออกแบบอุปกรณ์เสริมตามหลักการยศาสตร์ พบว่าอุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้นนี้ช่วยลดจำนวนครั้งในการเคลื่อนไหวของบางสถานีงานลงได้ และลดความเมื่อยล้าบริเวณข้อมือ หลัง หัวเข่า หัวไหล่ และแขน ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพรวมทั้งกำลังใจในการทำงานของพนักงานในระยะยาว

คำสำคัญ ประสิทธิภาพ, การศึกษางาน, เวลามาตรฐาน, ความเมื่อยล้า, เศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหว

1. บทนำ

ธุรกิจการแปรรูปพืชเศรษฐกิจ เช่น อ้อย เป็นน้ำตาลถือเป็นธุรกิจซึ่งเติบโตมาอย่างช้านานและสร้างรายได้อย่างมหาศาลทั้งในประเทศและต่างประเทศ ปัจจุบันจึงมีการผลิตน้ำตาลทรายอย่างแพร่หลายซึ่งก่อให้เกิดการแข่งขันกันค่อนข้างสูง ผู้ประกอบการน้ำตาลทรายแห่งหนึ่งได้ออกผลิตภัณฑ์ตัวใหม่คือ น้ำเชื่อมถุง และได้ว่าจ้างให้ผู้รับจ้างบรรจุซึ่งเป็นบริษัทกรณีศึกษาทำการบรรจุ และพบว่าประสิทธิภาพในการผลิตของบริษัทกรณีศึกษายังไม่บรรลุตามเป้าหมายที่ผู้ประกอบการน้ำตาลทรายต้องการ เช่น พบถุงน้ำเชื่อมแตก รั่ว เสียหายอยู่ภายในกล่อง ซึ่งบางครั้งได้รับการร้องเรียนจากลูกค้า ก่อให้เกิดผลเสียต่อความเชื่อมั่นของลูกค้าที่มีต่อผู้ประกอบการน้ำตาลทรายแห่งนี้ และนำไปสู่การเพิ่มต้นทุนในการผลิต ดังนั้นทางผู้ประกอบการน้ำตาลทรายจึงคาดหวังให้บริษัทกรณีศึกษาแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ รวมถึงต้องการให้เพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตให้ดียิ่งขึ้นเพื่อให้สามารถผลิตได้เพียงพอกับความต้องการของลูกค้า

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษางาน (Work Study)

การศึกษางานเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์และปรับปรุงการทำงานอย่างเป็นระบบ เพื่อพัฒนาวิธีการทำงานและจัดตั้งระบบการทำงานที่เป็นมาตรฐาน [1],[2] โดยการศึกษางาน ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักคือ

1. การศึกษาวิธีการทำงาน (Method Study) เพื่อใช้ในการปรับปรุงวิธีการทำงาน

2. การวัดงาน (Work Measurement) เพื่อใช้ในการหาเวลามาตรฐานของงาน

2.2 เวลามาตรฐาน (Standard Time)

เวลามาตรฐานเป็นหน่วยของการวัดงาน เป็นผลรวมของเวลาปกติ (Normal Time) และค่าเผื่อ (Allowance) [1] โดยเวลาปกติสามารถคำนวณได้จากการนำเวลาเฉลี่ยของงานย่อยที่บันทึกไว้คูณกับค่าปรับอัตราความเร็ว ในขณะที่ค่าเผื่อสามารถแบ่งได้ออกเป็นสามส่วนคือ ค่าเผื่อส่วนบุคคล ค่าเผื่อจากความเครียด และค่าเผื่อของความล่าช้า

2.3 หลักการของเศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหว (Principles of Motion Economy)

หลักการของเศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหว เป็นหลักการของการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยลดความเครียดของคนงานและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ [1]

3. ผลการดำเนินโครงการ

3.1 กระบวนการผลิตน้ำเชื่อมถุง

เมื่อแท็งก์น้ำเชื่อมและบรรจุภัณฑ์จากผู้ประกอบการน้ำตาลทรายมาถึงบริษัทผู้รับจ้างบรรจุและนำเข้าสู่สายการผลิตเรียบร้อยแล้ว จะทำการถ่ายน้ำเชื่อมจากแท็งก์เข้าถังบรรจุน้ำเชื่อม จากนั้นจึงเริ่มทำการผลิตตามลำดับสถานีนงานดังนี้

สถานีงานที่ 1 เติมน้ำเชื่อมลงถุง มีพนักงาน 3 คน ทำหน้าที่เติมน้ำเชื่อมจากถังบรรจุน้ำเชื่อมลงบรรจุภัณฑ์

สถานีงานที่ 2 ชั่งน้ำหนัก มีพนักงาน 3 คน ทำหน้าที่ชั่งน้ำหนักถุงน้ำเชื่อมที่บรรจุแล้ว ถ้าน้ำหนักเกินจะต้องเทออก แต่ถ้าหากน้ำหนักขาด ก็จะเทน้ำเชื่อมจากเหยือกเพื่อเติมให้ได้น้ำหนักที่กำหนดไว้

สถานีงานที่ 3 ปิดผนึกถุง มีพนักงาน 1 คน ทำหน้าที่ปิดผนึกถุงน้ำเชื่อมที่ผ่านการชั่งน้ำหนักแล้วโดยใช้เครื่องซีล

สถานีงานที่ 4 บรรจุลงกล่องและยกขึ้นพาเลท มี

พนักงาน 1 คน ทำหน้าที่บรรจุถุงน้ำเชื่อมลงกล่อง เมื่อครบ 12 ถุง ก็จะปิดเทปกาวและยกกล่องไปไว้บนพาเลท

3.2 คำนวณเวลามาตรฐานก่อนปรับปรุง

จากการสังเกตขั้นตอนการทำงานของพนักงานในแต่ละสถานีงานและแบ่งงานย่อยเพื่อจับเวลาและคำนวณหาค่าเวลามาตรฐานในการทำงาน สามารถสรุปเวลามาตรฐานก่อนการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. เวลามาตรฐานก่อนปรับปรุง

| สถานีงาน | เวลามาตรฐาน |
|----------|------------------------|
| 1 | 26.3956 วินาทีต่อถุง |
| 2 | 19.4591 วินาทีต่อถุง |
| 3 | 8.1167 วินาทีต่อถุง |
| 4 | 55.6713 วินาทีต่อกล่อง |

3.3 การปรับปรุงเพื่อลดของเสีย

เมื่อเข้าไปศึกษาและสังเกตร่องรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมถุงโดยขั้นตอนเริ่มต้นได้รวบรวมถุงน้ำเชื่อมที่เสียหายทั้งหมดมากองรวมกันและหยิบดูทีละถุงเพื่อสังเกตและแยกประเภทของร่องรอยความเสียหายที่คล้ายคลึงกันไว้ด้วยกัน พบว่ามีร่องรอยที่จัดประเภทเข้าไว้ด้วยกันได้ 4 รูปแบบ คือ

1. รอยร้าวจากการทิ่ม
2. รอยร้าวจากการเกี่ยว
3. รอยร้าวจากการกระชาก
4. รอยร้าวจากการปิดผนึกไม่ติด

เมื่อทราบของลักษณะรอยร้าวประเภทต่างๆแล้ว จึงเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดลักษณะรอยร้าวในของเสียประเภทต่างๆจากการคาดคะเนตามประเภทของร่องรอยที่เกิดความเสียหาย โดยใช้ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram) ในการช่วยแยกประเภทของสาเหตุออกเป็นสาเหตุเพื่อช่วยให้การวิเคราะห์นั้นมีระบบระเบียบมากขึ้น และได้ทำการทดสอบเพื่อพิสูจน์ว่าสาเหตุที่คาดคะเนนั้นเป็นไปได้ในการทำให้เกิดของเสียจริงหรือไม่ โดยผลของการทดสอบสาเหตุการร้าวเสียหายของถุง

น้ำเชื่อม แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ผลการทดสอบสาเหตุการรั่วเสียหายของถุงน้ำเชื่อม

| สาเหตุที่คาดคะเน | การทดสอบ | ผลการทดลอง | |
|---|--|------------|--------------|
| | | เป็นสาเหตุ | ไม่ใช่สาเหตุ |
| 1. แรงผลักดันเข้าเครื่องซีลและถุงชงกับแท่นความร้อน | ผลักดันแรงๆ ขณะเข้าเครื่องซีลทำให้ถุงชงแท่นความร้อนจนเป็นรอยขาด | ✓ | |
| 2. อุณหภูมิขณะซีลไม่เหมาะสม | ลดอุณหภูมิในการซีลลงเหลือ 170°C พบว่าไม่พบรอยซีลขาด | ✓ | |
| 3. เกิดจากชุดยิงรอยซีลให้ขาด | ตำแหน่งของชุดยิง Lot No. กระทบตำแหน่งสุดท้าย เวลาซีลแล้วจะทำให้เกิดแรงกระชากให้ถุงขาด | ✓ | |
| 4. น้ำเชื่อมเลอะถุงบริเวณรอยซีล | หากน้ำเชื่อมเลอะบริเวณปากถุงในตำแหน่งที่จะปิดผนึกถุง เมื่อซีลทับจะทำให้รอยซีลคลายตัวออก | ✓ | |
| 5. กระบะที่พักถุงก่อนซีลไม่มีการหุ้มขอบ | นำถุงไปชงกับขอบกระบะที่มีความคม พบว่าถุงเกิดรอยเกี่ยวขาด | ✓ | |
| 6. ตัววัดถุงเวลาแกะฟรอยด์ออกจากถุง (โดนฟรอยด์ที่ม/ชูด) | ใช้ฟรอยด์ที่มที่ถุง ถุงไม่ขาด มีแต่รอย เพราะถุงค่อนข้างหนาและเหนียว | | ✓ |
| 7. มุมของถุงที่มเนื่องจากค่อนข้างคม และเมื่อเกิดการพับ อาจทำให้ที่มถุงจนเกิดการรั่ว | พับถุงเป็นมุมแหลมเพื่อให้มุมของถุงที่มตัวเอง และทำการจัดเก็บกับขนส่ง ซึ่งเมื่อเปิดกล่องดูพบว่าถุงไม่เกิดรอยรั่วมีเพียงรอยยับเท่านั้น | | ✓ |

จากผลการทดสอบที่ได้ จึงได้ทำการแก้ไขปัญหาดังนี้

1. แรงผลักดันเข้าเครื่องซีลและถุงชงกับแท่นความร้อน

เดิมสายพานเครื่องซีลกว้าง 15 มิลลิเมตร แต่ร่องที่ให้สายพานพาดนั้นมีความกว้างสูงสุด 18 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงใช้สายพานใหม่ความกว้าง 18 มิลลิเมตรเพื่อให้สายพานช่วยคลุมถุงน้ำเชื่อมไม่ให้ชนกับแท่นความร้อนได้อย่างเต็มที่

2. อุณหภูมิขณะซีลไม่เหมาะสม

เนื่องจากช่วงการหลอมเหลวของถุงน้ำเชื่อมอยู่ที่ 160°C -180°C ในการทำงานปัจจุบัน พนักงานใช้อุณหภูมิในการซีลที่ระดับ 180°C ซึ่งเป็นระดับสูงสุด แต่เมื่อผลิตไปได้ระยะหนึ่งก็พบว่าที่บริเวณรอยซีลนั้นมีรอยขาดจากความร้อนที่สูงเกินไป จึงเข้าไปแก้ไขโดยลดอุณหภูมิลงที่ระดับ เริ่มที่ลดลงมาที่ระดับ 175°C พบว่าในการทดสอบทั้งหมด 50 ถุง มีรอยขาดเกิดขึ้น จึงลดระดับลงมาที่ 170°C ปรากฏว่าใน 50 ถุงนั้นไม่พบรอยขาดเลย และเมื่อทดลองลดอุณหภูมิลงที่ระดับ 160°C พบว่ามีบางถุงที่ซีลไม่ติด จึงได้สรุปว่าที่อุณหภูมิ 170°C เหมาะสมที่สุด

3. เกิดจากชุดยิง Lot No. กระทบ รอยซีลให้ขาด

ชุดยิง Lot No. เป็นส่วนที่ต่อท้ายเครื่องซีล ในช่วงแรกของการผลิตเคยใช้ยิงแต่พบว่าจุดที่ยิงบนถุงไม่ตรงกับบริเวณที่ทางผู้ประกอบการน้ำตาลทรายต้องการ จึงไม่ได้ใช้งานแต่ยังคงเอาไว้เช่นเดิม แต่จากการทดสอบพบว่าส่วนนี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่กระชากให้ถุงขาดจึงได้ถอดออกไป

4. น้ำเชื่อมเลอะถุงบริเวณรอยซีล

พนักงานขาดความระมัดระวังในขั้นตอนการชั่งน้ำหนักซึ่งต้องมีการเติมน้ำเชื่อมลงถุงและเทน้ำเชื่อมออกจากถุง จนทำให้น้ำเชื่อมเลอะบริเวณขอบถุงบ่อยครั้งและเมื่อนำเข้าเครื่องซีลก็ทำให้ซีลไม่ติด จึงได้ทำการแก้ไขโดยสอนวิธีการทำงานที่ถูกต้องให้แก่พนักงาน รวมทั้งปลูกฝังพนักงานให้คอยตรวจสอบบริเวณปากถุงหลังเทน้ำเชื่อมอยู่เสมอ หากพบว่ามีน้ำเชื่อมเลอะปากถุงก็ให้นำผ้าสะอาดมาเช็ดก่อนส่งให้พนักงานซีลต่อไป

5. กระบะที่พักถุงก่อนซีลไม่มีการหุ้มขอบ

มีการทดลองใช้วัสดุมาทำการหุ้มขอบกระเบาะ โดยใช้ท่อลมยางและฟองน้ำ แต่พบว่าวัสดุเหล่านี้หลุดจากขอบกระเบาะง่าย จึงเปลี่ยนมาใช้แลคซัน ซึ่งจากการทดลองปรากฏว่าไม่พบถุงน้ำเชื่อมถูกขอบกระเบาะที่มหรือชูดแต่อย่างใด และไม่พบปัญหาวัสดุกันคมหลุดจากขอบกระเบาะ

เมื่อทดลองใช้มาตรการแก้ไขปัญหาและได้รับทราบผลการดำเนินงานในเบื้องต้นแล้ว จึงมีการติดตามผลโดยการคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียเทียบกับปริมาณน้ำเชื่อมที่นำเข้าไปใช้ในการผลิตได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3

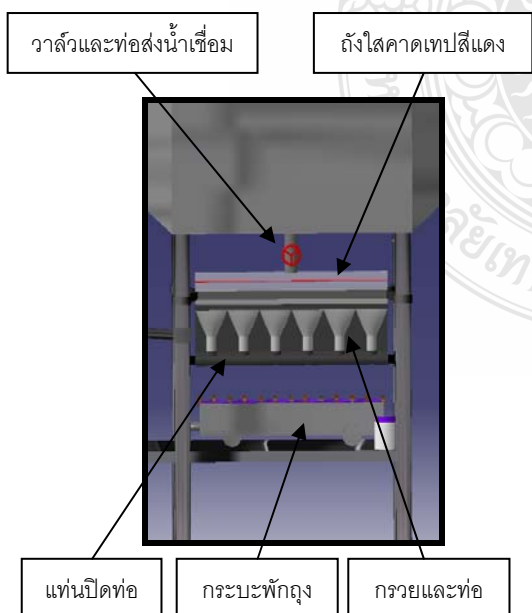
ตารางที่ 3. เปอร์เซนต์ของเสียก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

| | ก่อนปรับปรุง | หลังปรับปรุง |
|-------------------|--------------|--------------|
| เปอร์เซนต์ของเสีย | 23.71% | 5.18% |

3.4 การปรับปรุงเพื่อลดเวลามาตรฐานในการผลิต

จากตารางที่ 1 พบว่าในแต่ละขั้นตอนการผลิตมีการใช้เวลามาตรฐานในการทำงานแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในสถานีงานที่ 4 จึงได้ทำการปรับปรุงโดยการออกแบบอุปกรณ์เสริมเพื่อให้การทำงานรวดเร็วยิ่งขึ้นและลดความแตกต่างด้านเวลาลงดังต่อไปนี้

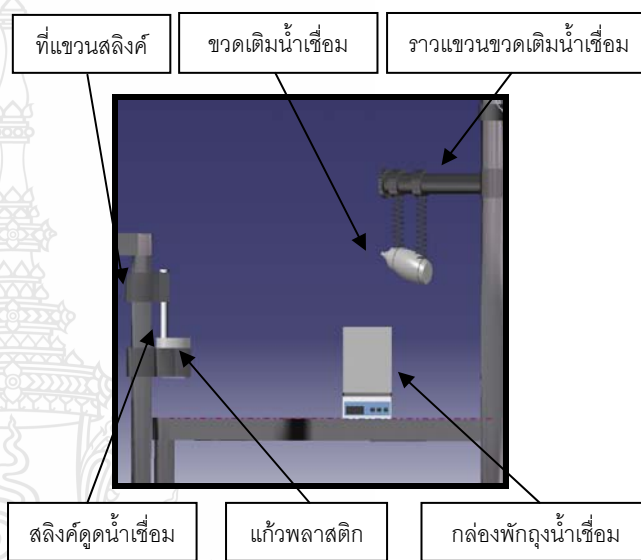
3.4.1 อุปกรณ์เสริมสำหรับสถานีงานที่ 1



รูปที่ 1. อุปกรณ์เสริมสำหรับสถานีงานที่ 1

รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์เสริมสำหรับสถานีงานที่ 1 โดยมีหลักการทำงานคือ เปิดวาล์วให้น้ำเชื่อมสำหรับน้ำเชื่อมถุง 6 ถุง ไหลลงมายังถังใสคาตเทปสีแดง และกรวยที่ต่อกันโดยมีเทปเป็นตัวบอกระดับ จากนั้นให้น้ำเชื่อมไหลลงสู่น้ำเชื่อมในกระเบาะโดยหมุนลูกบิดทั้งสองข้างของแท่นปิดท่อ น้ำเชื่อมจะไหลลงพร้อมกัน 6 ถุง

3.4.2 อุปกรณ์เสริมสำหรับสถานีงานที่ 2



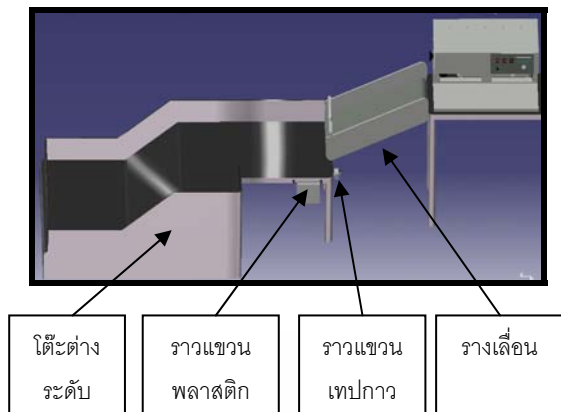
รูปที่ 2. อุปกรณ์เสริมสำหรับสถานีงานที่ 2

รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์เสริมสำหรับสถานีงานที่ 2 โดยมีหลักการทำงานของอุปกรณ์นี้คือ เมื่อคนงานรับถุงน้ำเชื่อมมาจากสถานีงานที่ 1 และชั่งน้ำหนักดู หากพบว่าน้ำหนักขาด ให้ใช้ขวดที่แขวนไว้เติมน้ำเชื่อมโดยการเอียงขวดและบีบน้ำเชื่อมลงถุง แต่ถ้าน้ำหนักเกิน ให้ใช้สลิงค์ดูดน้ำเชื่อมและนำมาถ่ายใส่แก้วพลาสติกต่อไป

3.4.3 อุปกรณ์เสริมสำหรับสถานีงานที่ 3

เนื่องจากสถานีงานที่ 3 มีขั้นตอนการผลิตสั้นและไม่ซับซ้อนอยู่แล้ว จึงไม่ได้ออกแบบอุปกรณ์เสริมเพิ่มเติม

3.4.4 อุปกรณ์เสริมสำหรับสถานีงานที่ 4



รูปที่ 3. อุปกรณ์เสริมสำหรับสถานีงานที่ 4

รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์เสริมสำหรับสถานีงานที่ 4 โดยหลักการทำงานของอุปกรณ์นี้คือ ให้นำเชื่อมที่ผ่านการปิดผนึกมาแล้วจะไหลมาตามรางเลื่อนและตกลงบนโต๊ะ จากนั้นพนักงานจะหยิบพลาสติกเพื่อมารองพื้นกล่องและหยิบถุงน้ำเชื่อม 12 ถุงใส่กล่อง จากนั้นจึงหยิบเทปกาวจากราวแขวนเทปกาวมาปิดกล่องแล้วดันกล่องให้ไหลลงไปยังด้านซ้ายสุดของโต๊ะ ซึ่งสามารถวางกล่องน้ำเชื่อมได้ 4 กล่อง เพื่อให้พนักงานลุกขึ้นไปและยกกล่องขึ้นพาเลทได้ในครั้งเดียว

3.4.5 คำนวณเวลามาตรฐานหลังปรับปรุงโดยใช้ตาราง MTM-1 [1] และเปรียบเทียบกับเวลามาตรฐานก่อนปรับปรุง แสดงดังตารางที่ 4 ทั้งนี้เวลามาตรฐานในสถานีงานที่ 3 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากไม่มีการปรับปรุงสถานีงานนี้

ตารางที่ 4. เวลามาตรฐานก่อนและหลังปรับปรุง

| สถานีงาน | เวลามาตรฐานก่อนปรับปรุง | เวลามาตรฐานหลังปรับปรุง | ลดลงร้อยละ |
|----------|-------------------------|-------------------------|------------|
| 1 | 26.3956 วินาที/ถุง | 5.9775 วินาที/ถุง | 77.35% |
| 2 | 19.4591 วินาที/ถุง | 7.7744 วินาที/ถุง | 60.05% |
| 3 | 8.1167 วินาที/ถุง | 8.1167 วินาที/ถุง | 0.00% |
| 4 | 55.6713 วินาที/กล่อง | 34.2768 วินาที/กล่อง | 38.43% |

3.4.6 คำนวณประสิทธิภาพและค่าจ้างแรงงานหลังปรับปรุง

พบว่าใน 1 วันสามารถผลิตได้เพิ่มขึ้น 275 ถุงและลดพนักงานลงได้เหลือเพียง 4 คน จากเดิม 8 คน คือใช้พนักงานสถานีงานละ 1 คน ทำให้ค่าจ้างแรงงานลดลง 53.87% และประสิทธิภาพจากการผลิตน้ำเชื่อมถุงเพิ่มขึ้น 8.40% โดยพนักงานที่ปรับลด สามารถไปทำงานในหน่วยงานอื่นๆของบริษัทได้

3.4.7 คำนวณระยะเวลาคืนทุนสำหรับการสร้างอุปกรณ์เสริม

ประเมินค่าใช้จ่ายในการสร้างอุปกรณ์ดังนี้

1. แผ่นสแตนเลส 304 ผิว NO.6 หนา 15 มิลลิเมตร กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร ราคาแผ่นละ 1,600 บาท จำนวน 5 แผ่น รวมเป็นมูลค่า 8,000 บาท
2. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น ถังใส กรวยและท่อ ขวดพลาสติก กระบะพักถุง เป็นต้น ราคาไม่เกิน 2,000 บาท
3. ค่าแรงประมาณ 30% ของค่าอุปกรณ์ คือ 3,000 บาท

สรุป ค่าใช้จ่ายในการสร้างอุปกรณ์ประมาณ 13,000 บาท

กำไรที่จะได้เพิ่มขึ้นมาหลังจากใช้อุปกรณ์เสริม มาจากค่าแรงที่ลดลงต่อวันและรายได้จากการรับจ้างบรรจุน้ำเชื่อมถุงที่ผลิตเพิ่มขึ้นได้ต่อวัน รวมเป็นเงิน 1,120.75 บาทต่อวัน ดังนั้น ระยะเวลาคืนทุนจากการลงทุนในอุปกรณ์เสริมคือ $13,000 / 1,120.75 = 12$ วัน

3.5 การปรับปรุงเพื่อลดความเคลื่อนไหวและลดความเมื่อยล้าของพนักงาน

ความเมื่อยล้าของพนักงานในแต่ละสถานีงานมีดังนี้

1. สถานีงานที่ 1 เมื่อยล้าบริเวณข้อมือ หลัง และหัวเข่า เมื่อออกแบบอุปกรณ์เสริมโดยให้มีความสูงของเก้าอี้ นั่งทำงานตามหลักการยศาสตร์จะช่วยลดความเมื่อยล้า และยังลดการเคลื่อนไหวของมือซ้ายและมือขวาได้ 112 ครั้ง

2. สถานีนงานที่ 2 เมื่อยล้าบริเวณข้อมือจากการเกร็ง น้ำหนักมือที่ถือเหยือกเติมน้ำเชื่อม อุปกรณ์เสริมที่ ออกแบบมานั้นจะช่วยให้พนักงานไม่ต้องเกร็งข้อมือมาก นักและลดความเมื่อยล้าได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้เกิด ความแม่นยำในการเติมน้ำเชื่อมมากกว่าการใช้เหยือก จึง อาจทำให้จำนวนครั้งในการทำงานของมือซ้ายและมือขวา ลดลงจากเดิมได้

3. สถานีนงานที่ 4 เมื่อยล้าบริเวณหัวไหล่และแขนจาก การเชื่อมแขนล้งลงไปในถังที่รองน้ำเชื่อมจากเครื่องซีลซึ่ง ค่อนข้างไกลและลึก อีกทั้งเมื่อยล้าบริเวณหลังและหัวเข่า จากการลุกขึ้นยกกล่องไปวางบนพาเลททุกครั้งเมื่อบรรจุ น้ำเชื่อมได้ 1 กล่อง อุปกรณ์เสริมจะช่วยให้พนักงานไม่ต้อง เชื่อมแขนไกลและไม่ต้องลุกนั่งบ่อยครั้ง

4. สรุป

4.1 ด้านการลดของเสีย

แยกประเภทของเสียด้วยการสังเกตจากตาเปล่าและ ใช้ผังก้างปลาระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ในการทำให้เกิดของ เสีย จากนั้นจึงทำการทดลองเพื่อยืนยันสาเหตุที่แท้จริง ก่อนจะออกแบบมาตรการแก้ไข

4.2 ด้านการลดเวลามาตรฐาน

คำนวณเวลามาตรฐานของแต่ละสถานีนงานแล้วจึง ออกแบบอุปกรณ์เสริมเพื่อช่วยลดเวลามาตรฐาน จากนั้น คำนวณเวลามาตรฐานหลังจากที่ใช้อุปกรณ์เสริมจาก ตาราง MTM-1 และนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อคำนวณเวลา มาตรฐานที่ลดลงได้ รวมถึงค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ นอกจากนี้ ยังมีการคำนวณประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นและ ระยะเวลาคืนทุนหลังสร้างอุปกรณ์เสริม

4.3 ด้านการลดความเคลื่อนไหวและลดความเมื่อยล้า ของพนักงาน

สังเกตท่าทางการทำงานของพนักงานในแต่ละสถานีน งานและออกแบบอุปกรณ์เสริมที่จะช่วยให้สรีระเวลา ทำงานของพนักงานดีขึ้นโดยยึดหลักการยศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

[1] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. 2550. การศึกษางาน อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: ท็อป.

[2] วิจิตร ตันทสุทธิ, วันชัย วิจิรวนิช, จุฑม มหิตธาฟองกุล และ ชูเวช ชาญสง่าเวช. 2547. การศึกษาการทำงาน. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

การปรับปรุงกำลังผลิตแกนเพลาล้อรถยนต์โดยวิธีลดความสูญเปล่า

พูนเพิ่ม พูนนาค¹ จิรศิริพงศ์ เจริญภัณฑารักษ์²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จ.ปทุมธานี 12120

E-mail: poonperm_ie4@hotmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อศึกษา แนวความคิด และวิธีการลดความสูญเปล่า (Muda) และ นำมาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงการทำงานในการเพิ่มกำลัง การผลิตในส่วนของกระบวนการเชื่อมแกนเพลาล้อรถยนต์ (Axle Beam) ให้สามารถทำการผลิตได้สอดคล้องกับยอด การผลิต หรือปริมาณความต้องการของลูกค้า ซึ่งจาก การศึกษา พบว่า ในส่วนของกระบวนการเชื่อมแกนเพลาล้อรถยนต์ ใช้เวลาในการผลิตต่อชิ้น (Cycle Time) ที่ 2.4 นาที แต่จากยอดการผลิตตามความต้องการของลูกค้าที่ เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้องทำการผลิตแกนเพลาล้อรถยนต์ต่อ ชิ้น ด้วยเวลา 1.9 นาที จึงมีความจำเป็นต้องทำการลด เวลาในกระบวนการเชื่อมชิ้นส่วนต่อชิ้น (Cycle Time) ที่ 2.4 นาที ให้น้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาในการผลิตต่อชิ้นตาม ความต้องการของลูกค้า (Takt Time) ซึ่งอยู่ที่ 1.9 นาที จากการวิเคราะห์ ค้นหา จำแนกประเภท และกำจัดความ สูญเปล่าในแต่ละกระบวนการ รวมถึงการออกแบบ จัดเรียงขั้นตอนการทำงานใหม่ ปรับปรุงผังการทำงาน (Layout) ติดตั้งอุปกรณ์ขนย้ายเพิ่มเติม และจับเวลาหลัง การแก้ไข เพื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมาย นำเครื่องมือทาง คุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tool) มาตรวจสอบคุณภาพงาน เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถรักษาระดับคุณภาพได้ โดย ประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการทำงานของพนักงานคนที่ 3, 4 และ 5 สามารถลดเวลาในการผลิต (Cycle Time) ที่ 2.4 นาที ให้เหลืออยู่ที่ 1.9 นาทีได้ ทำให้เพิ่มกำลังการผลิตได้ ตามความต้องการ ลดความเมื่อยล้าของพนักงาน และ สามารถรักษาระดับคุณภาพได้

คำสำคัญ ความสูญเปล่า, เครื่องมือคุณภาพ

1. บทนำ

แนวคิดด้านการลดความสูญเปล่าในกระบวนการ ผลิต [1] สามารถนำมาปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่าง เหมาะสม โรงงานที่นำมาเป็นกรณีศึกษาในครั้งนี้ เป็น โรงงานผลิตแกนเพลาล้อรถยนต์ ที่มุ่งปรับปรุงเพิ่มกำลัง ในการผลิต ให้รองรับกับยอดการผลิตที่เพิ่มขึ้น ตามความ ต้องการของลูกค้า โดยทำการปรับปรุงงานเพื่อลดเวลาใน การทำงาน ของกระบวนการเชื่อมแกนเพลาล้อต่อชิ้น (Cycle Time) ซึ่งมากกว่าเวลาในการผลิตต่อชิ้นที่มาจาก ความต้องการของลูกค้า (Takt Time) ได้แก่ กระบวนการ เชื่อมโดยพนักงาน (Manual Welding) กระบวนการเชื่อม ด้วยแขนกล และกระบวนการตรวจสอบ เป้าหมายในการ ปรับปรุง จะต้องสามารถลดเวลาในการเชื่อมแกนเพลาล้อ ต่อชิ้น (Cycle Time) ให้น้อยกว่าหรือเท่ากับ เวลาในการ เชื่อมต่อชิ้นตามความต้องการของลูกค้า (Takt Time) พร้อมทั้งสามารถรักษาระดับคุณภาพไว้ได้

2. วิธีการวิจัย

การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน [2] – [4] ดังนี้

- 2.1 ศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิต ในส่วนของขั้นตอน การเชื่อม เวลาการผลิต และแผนผังการทำงาน
- 2.2 ศึกษาข้อมูลด้านคุณภาพ รวมถึงกระบวนการในการ รับประกันคุณภาพของกระบวนการผลิต
- 2.3 ศึกษาสภาพและปัญหาทั้งในปัจจุบันและอนาคตของ โรงงานกรณีศึกษาทางด้านการวางแผนและกระบวนการ ผลิตเพื่อรองรับกับความต้องการที่เพิ่มขึ้นของลูกค้า
- 2.4 ศึกษาวิเคราะห์ และจำแนกประเภทความสูญเปล่า เป็นการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน เพื่อค้นหาความสูญ

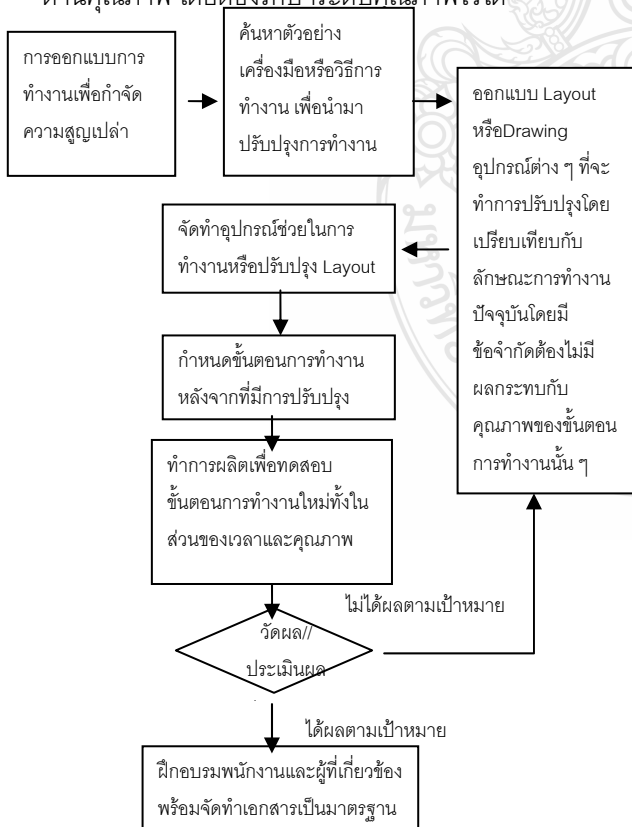
เปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ โดยจัดทำใบรายงานการตรวจสอบการปฏิบัติงาน ในการประเมินขั้นตอนการทำงานเพื่อค้นหาความสูญเปล่า และจำแนกประเภทความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น

2.5 ศึกษาและออกแบบวิธีการทำงาน โดยจัดหาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสม หรือการปรับเปลี่ยนแผนผังการทำงานต่างๆ ในการแก้ไขลักษณะการทำงานให้เหมาะสมกับประเภทของความสูญเปล่า

2.6 นำผลการออกแบบวิธีการทำงานมาใช้ปรับปรุงการทำงาน ตั้งขั้นตอนการปรับปรุงตามรูปที่ 1 เป็นการประยุกต์ใช้กับสภาพการทำงานจริงเพื่อตรวจสอบลักษณะการทำงานและค้นหาปัญหาที่ยังค้นหาไม่พบ

2.7 ตรวจสอบคุณภาพและผลการทำงาน ทำการทดลองทำการผลิตหลังจากการปรับปรุง ตรวจสอบคุณภาพหลังการผลิต และเก็บข้อมูลเวลาในการผลิต

2.8 วัดผลการปรับปรุงการทำงาน เปรียบเทียบผลก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง ทั้งทางด้านเวลาในการผลิตด้านคุณภาพ โดยต้องรักษาระดับคุณภาพไว้ได้

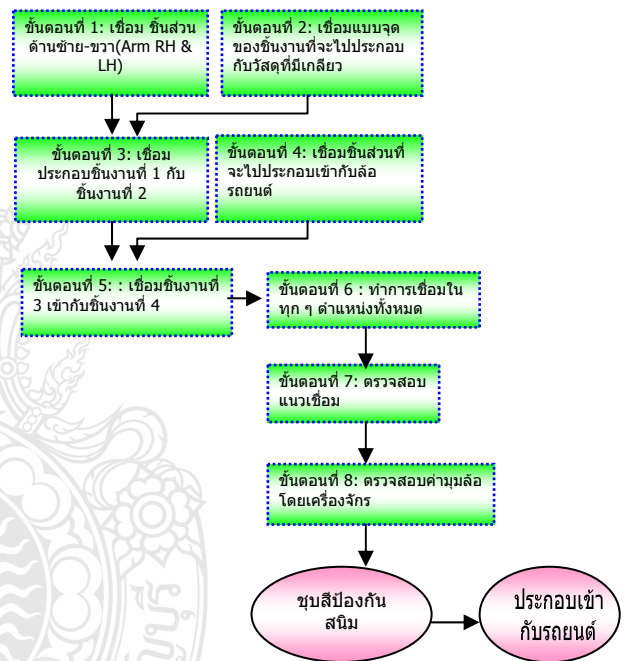


รูปที่ 1 ขั้นตอนการปรับปรุง

3. ผลและการอภิปรายผลการศึกษา

3.1 ผลการศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิต

โรงงานกรณีศึกษานี้ จัดเป็นระบบการผลิตแบบทำตามคำสั่งซื้อ (Make to Order) และมีการจัดวางแผนผังโรงงานแบบ Product Layout คือจะมีการจำแนกสายการผลิตขึ้นส่วนช่วงล่างรถยนต์เป็นของแต่ละรุ่น โดยในสายการผลิตของแต่ละรุ่น จะมีการจัดเรียงกระบวนการเชื่อมเป็น Process Layout โดยชิ้นงานจะผ่านไปยังสถานีงานเชื่อมต่างๆ ตามขั้นตอนตามรูปที่ 2 เพื่อทำการเชื่อมในตำแหน่งที่แตกต่างกันไป



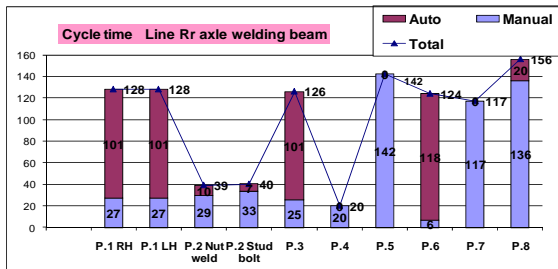
รูปที่ 2 ขั้นตอนในกระบวนการเชื่อม

3.2 ผลการศึกษาข้อมูลด้านคุณภาพ

การตรวจสอบ แบ่งออกเป็น การตรวจสอบ Appearances, Bead Length และ Dimension ซึ่งจะทำให้การตรวจสอบแบบ 100% ส่วนการตรวจสอบชนิดที่ใช้ทดสอบแบบทำลาย เช่น การตัด (Cut Check) จะทำการสุ่มตรวจโดยทดสอบ 1 ชิ้น/กะ ก่อนทำการผลิต ซึ่งจะต้องเหมาะสมกับปริมาณยอดการผลิตในแต่ละชั่วโมง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสะดวกรวดในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ย้อนหลังได้

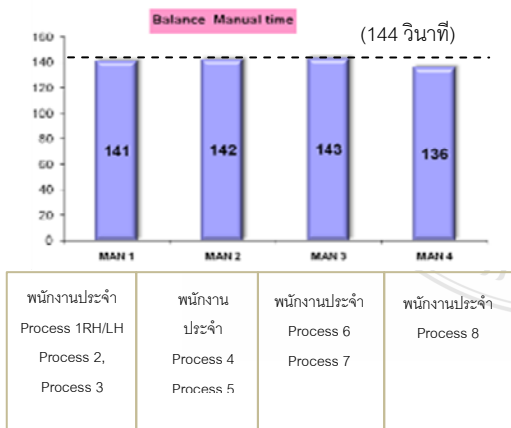
3.3 ศึกษาสภาพและปัญหาในปัจจุบัน

ผลจากการศึกษาเวลาในกระบวนการเชื่อม ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เวลาในการเชื่อมแกนเพลาล้อ

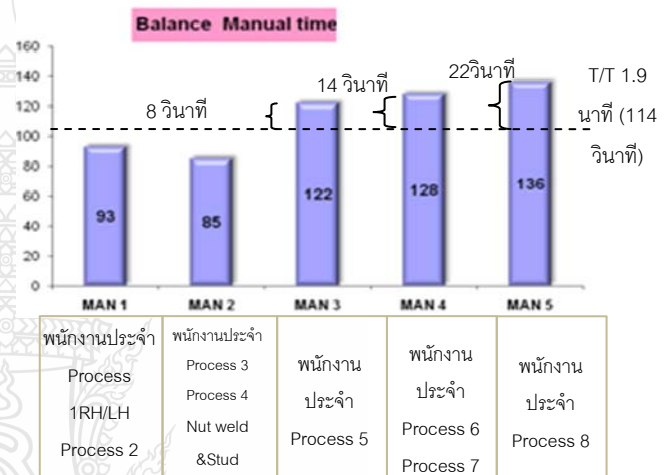
จากกราฟ Cycle Time ในการเชื่อมหรือผลิตในแต่ละกระบวนการ (Process) จะประกอบด้วยเวลาในการทำงานของพนักงาน (Manual Time) และเวลาในการทำงานของเครื่องจักร (Auto Time) โดยจะเป็นการทำงานในลักษณะควบคู่ขนานกันไป ปัจจุบันสามารถดำเนินการผลิตได้ที่ 2.4 นาที (144 วินาที) โดยมีพนักงานทำงานทั้งหมด 4 คน ดังแสดงในรูปที่ 4 พนักงานแต่ละคนสามารถทำงานได้มากกว่าหรือเท่ากับ 1 กระบวนการ เป็นต้นไป เนื่องจากในแต่ละกระบวนการ มี Manual Time และ Auto Time ที่ไม่เท่ากัน จึงได้ทำการจัดสมดุล (Balancing) เวลาการทำงานให้กับพนักงานแต่ละคน โดย



รูปที่ 4 เวลาทำงานพนักงาน ไม่เกิน 2.4 นาที

จากยอดการผลิตตามความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้นในอนาคต ส่งผลให้ต้องทำการผลิตที่ Takt Time (T/T) = 1.9 นาที หรือต้องทำการผลิต ให้เร็วขึ้น จากเวลา

ในการผลิตในปัจจุบันที่ Cycle Time ในการผลิตที่ 2.4 นาที ทำการคำนวณจำนวนพนักงานที่จะต้องทำการผลิตที่ Takt Time (T/T) = 1.9 นาที ได้เท่ากับ $562/119 = 4.93$ คน หรือจะต้องทำการผลิตที่เวลาในการผลิตต่อชิ้นที่มาจากการต้องการของลูกค้า (Takt Time) ที่ 1.9 นาที หรือ 114 วินาที ด้วยจำนวนพนักงาน 5 คน ได้ทำการจัดสมดุลและจัดลำดับขั้นตอนการทำงานของพนักงานในเบื้องต้น และ ตรวจสอบ Auto Time ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 จัดสมดุลเวลาทำงานพนักงานในเบื้องต้น

เวลาการทำงานของพนักงานคนที่ 1 และคนที่ 2 สามารถทำงานไม่เกิน Takt Time ที่ 1.9 นาที ได้ ส่วนเวลาการทำงานของพนักงานคนที่ 3, 4 และ 5 ยังใช้เวลา มากกว่า Takt Time ที่ 1.9 นาที (114 วินาที) จึงทำการวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่าเฉพาะพนักงานคนที่ 3, 4 และ 5 ต่อไป

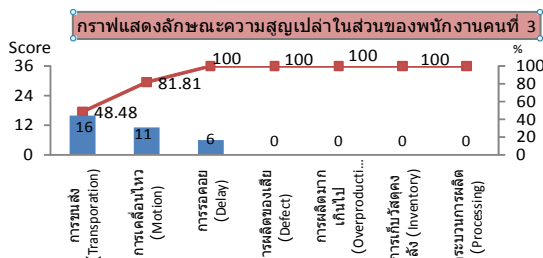
3.4 ศึกษาวิเคราะห์และจำแนกประเภทความสูญเสียเปล่า

ทำการประเมินความสูญเสียเปล่าโดยใช้เอกสารรายงานการตรวจสอบความสูญเสียเปล่า (ตารางที่ 1) ของขั้นตอนการทำงานของพนักงานคน 3 – 5

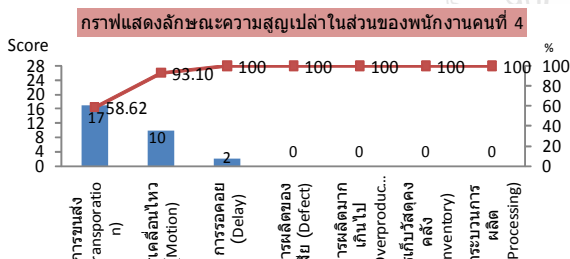
ตารางที่ 1 ตัวอย่างรายงานตรวจสอบความสูญเปล่า

| รายการตรวจสอบสำหรับการปฏิบัติการเพื่อค้นหาความสูญเปล่า | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| พนักงานที่ 4 : Process : No.6 & Process : No.7 | | | | | | | | | |
| Work Element | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนย้ายไป | ความสูญเปล่าเนื่องจากการเกิดของสิ่ง | ความสูญเปล่าเนื่องจากการขนส่ง | ความสูญเปล่าเนื่องจากการเคลื่อนย้าย | ความสูญเปล่าเนื่องจากการรอคอย | ความสูญเปล่าเนื่องจากการตั้ง | ความสูญเปล่าเนื่องจากการเคลื่อนย้าย | ความสูญเปล่าเนื่องจากการเคลื่อนย้าย | ความสูญเปล่าเนื่องจากการเคลื่อนย้าย |
| 3) BEAM ที่เชื่อมแล้วจาก P.6 | | | | | | | | | 1 |
| เริ่ม | | | | | | | | | 2 |
| วาง BEAM ลง STAND SLIDE | | | | | | | | | 1 |
| เริ่ม | | | | | | | | | 1 |
| 3) BEAM จาก STAND SLIDE | | | | | | | | | 1 |
| เริ่ม | | | | | | | | | 1 |
| SET BEAM ลง JIG PROCESS NO.6 | | | | | | | | | 1 |
| เริ่ม | | | | | | | | | 2 |

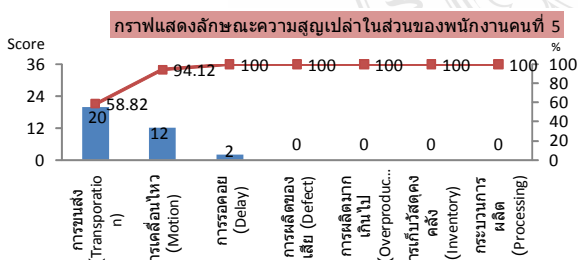
โดยหลังจากทำการประเมินหาความสูญเปล่าของพนักงาน ทั้ง 3 คนแล้ว ได้ผลดังรูปที่ 6 - 8



รูปที่ 6 ประเภท Muda ในการทำงานของพนักงานคนที่ 3



รูปที่ 7 ประเภท Muda ในการทำงานของพนักงานคนที่ 4



รูปที่ 8 ประเภท Muda ในการทำงานของพนักงานคนที่ 5

จากการค้นหาความสูญเปล่า พบว่า เป็นประเภทความสูญเปล่าที่เกิดจากการขนย้ายมากที่สุด และรองลงมาคือความสูญเปล่าที่เกิดจากการเคลื่อนไหว ดังนั้นในการแก้ไข จะดำเนินการลดเวลาในการขนย้ายเป็นส่วนใหญ่

3.5 ศึกษาและออกแบบวิธีการทำงาน

พนักงานคนที่ 3 (ตารางที่ 2) :

- ดำเนินการปรับปรุง Layout ให้มีทิศทางการทำงานที่ไหลไปในทางเดียวกัน
- ลดระยะเวลาในการเดินโดยจัดหาอุปกรณ์ช่วยในการสนับสนุนการทำงาน เพื่อลดระยะทางในการเดิน

ตารางที่ 2 Muda ของพนักงานคนที่ 3 และการปรับปรุง

| Target Reduce time 8 Sec | | | |
|--------------------------|---|---|-----------|
| No | Muda | Detail | Muda time |
| ลำดับที่ 1 | Muda ที่เกิดจากการเดิน กลับไปมาเพื่อหยิบ และ Set part Carrier | ปรับปรุงโดย ลดระยะทาง ในการเดิน หรือปรับ ตำแหน่ง layout | 9 |
| ลำดับที่ 2 | เดิน Slide part ในการ Set Part เข้าที่ process no 5 | ปรับปรุง เรื่องการยก Part, หรือจัดหาเครื่องทุ่นแรง | 4 |
| ลำดับที่ 3 | การ beam ในช่วง Slide part ส่งไปยัง next process | ปรับปรุง การยก Part, เมื่อยล้าจาก น้ำหนัก beam และการเดิน | 2 |
| Total Time (Sec) | | | 15 |

พนักงานคนที่ 4 (ตารางที่ 3) :

- ทำการลดขนาด Dolly ให้เบาขึ้น เพื่อให้สามารถเลื่อน ขึ้นงานได้สะดวกและเร็วมากยิ่งขึ้น
- ลดเวลาในส่วนของ Auto Time เป้าหมายคือ ลดเวลามากกว่า 4 วินาที

ตารางที่ 3 Muda ของพนักงานคนที่ 4 และการปรับปรุง

| Target Reduce time 14 Sec | | | |
|---------------------------|--|---|-----------|
| No | Muda | Detail | Muda time |
| ลำดับที่ 1 | Muda การเดินหยิบ part จาก process no.6 ออก เพื่อนำไป check recess no.7 | ลดระยะทางหรือเพิ่ม อุปกรณ์ในการในส่วนของ เครื่องทุ่นแรง | 7 |
| ลำดับที่ 2 | Muda จากการเดินไป หยิบ part ที่ Stand Stock | ลดระยะทางการเดินหรือ ทำ ราง silde part | 4 |
| ลำดับที่ 3 | การเดินในการนำ Part เข้า Stand Cool Down | ปรับปรุง ลดระยะทางในการเดิน | 3 |
| ลำดับที่ 4 | Muda จากการเดินไป หยิบ part ที่ Dolly | ลดระยะทางการเดินหรือ ทำ ราง silde part | 3 |
| Total Manual Time (Sec) | | | 17 |
| Auto Time of Robot (Sec) | | | 20 |

พนักงานคนที่ 5 (ตารางที่ 4) :

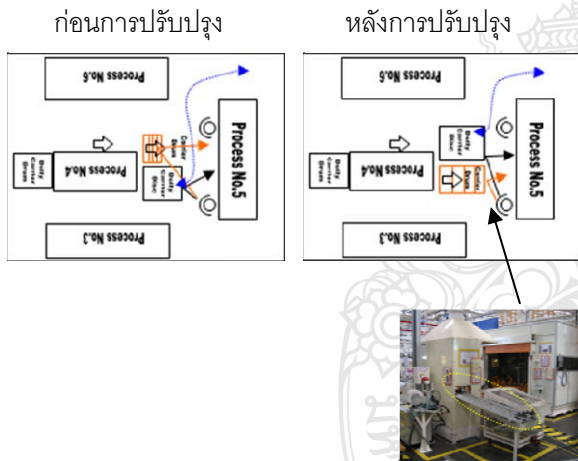
- ดำเนินการปรับปรุง Layout เพื่อทำการลดระยะทางในการเดิน แต่ให้ยังคงมีทิศทางการทำงานที่ไหลไปในทางเดียวกัน
- จัดหาอุปกรณ์ช่วยในการขนย้าย เพื่อลดระยะทางในการเดิน

ตารางที่ 4 Muda ของพนักงานคนที่ 5 และการปรับปรุง

| Muda จากการขนส่ง | | | |
|-------------------------|---|--|-----------|
| No | Muda | Detail | Muda time |
| ลำดับที่ 1 | การเดินทางจากมีระยะทางไกล Part เข้า Stand Cool Down | ปรับปรุง ระยะทางในการยก Part เข้า Stand Cool Down | 13 |
| ลำดับที่ 2 | การเดินทาง supply part เข้า lend supply good part | ปรับปรุง ลดระยะทางการเดิน supply part เข้า lend supply good part | 7 |
| Total Manual Time (Sec) | | | 20 |
| Muda จากการเคลื่อนไหว | | | |
| No | Muda | Detail | Muda time |
| ลำดับที่ 1 | การ Set Part เข้า Stand Cool Down | ปรับปรุง การยก Part เข้า Stand Cool Down | 7 |
| ลำดับที่ 2 | การ Set part เข้า lend supply good part | ปรับปรุง วิธีการ Set part เข้า lend supply good part | 4 |
| Total Manual Time (Sec) | | | 11 |

3.6 นำผลการออกแบบมาปฏิบัติปรับปรุงการทำงานพนักงานคนที่ 3 (รูปที่ 9)

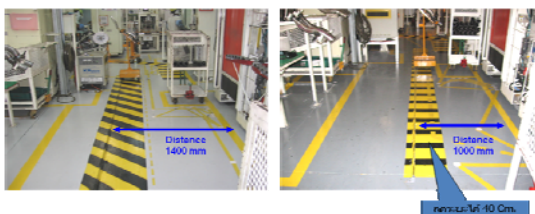
1. ทำการปรับปรุงโดยปรับ Layout การทำงาน และ ติดตั้งราง Slide Part เพื่อลดการเดินของพนักงาน



รูปที่ 9 การปรับปรุงการทำงานของพนักงานคนที่ 3

พนักงานคนที่ 4 (รูปที่ 10)

1. ทำการลดระยะทางการเดินเข้าออกจาก Process ในการทำงาน เพื่อจัดส่งชิ้นงานได้เร็วขึ้น พนักงานเดินใกล้ขึ้น



รูปที่ 10 การปรับปรุงการทำงานของพนักงานคนที่ 4

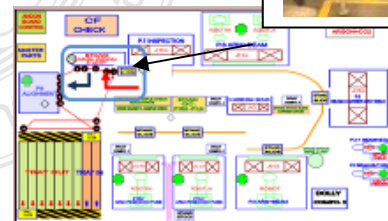
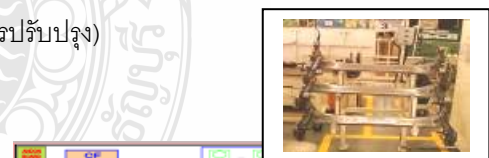
2. ในส่วนของขั้นตอนการทำงานของพนักงานคนที่ 2 จะทำงานในส่วนของ process no.6 หรือการเชื่อม Re- Arc Welding เนื่องจาก เวลาในการทำงานของเครื่องจักร มี Cycle Time อยู่ที่ 118 วินาที โดยมีเวลาเกินกว่า Takt Time ที่ 1.9 นาที หรือ 114 วินาที ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุง ในส่วนของการทำงานของ เครื่องจักรโดยทำการลดเวลาในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกลเชื่อม (Welding Robot) ระหว่างการย้ายตำแหน่งการเชื่อม โดยยังคงรักษาสภาพของปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพการเชื่อมไว้ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการปรับลดความเร็วของแขนกล

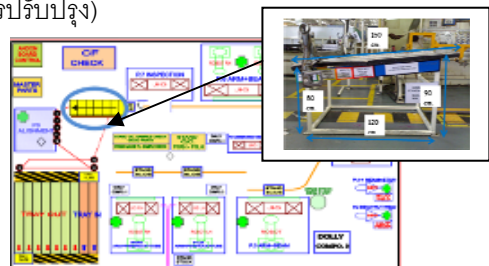
| | Before | After | Reduce |
|---------------------------|---------|---------|---------|
| Current | 325 | 325 | |
| Voltage | 250 | 250 | |
| Speed of arc welding m/s | 25 | 25 | |
| Speed Movement (position) | 4 sec | 2.5 sec | 1.5 sec |
| Total movement | 4 ครั้ง | 4 ครั้ง | |
| Time Movement | 20 | 14 | 6 |

พนักงานคนที่ 5 (รูปที่ 11)

ทำการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยในการส่งผลิตภัณฑ์ระหว่าง Process โดยให้สามารถทำการเลื่อน (Slide) ส่งผลิตภัณฑ์ได้สะดวกขึ้น เป็นการลดระยะทางการเดินของพนักงาน และลดความสูญเปล่าในการหยิบและวางผลิตภัณฑ์ (ก่อนการปรับปรุง)



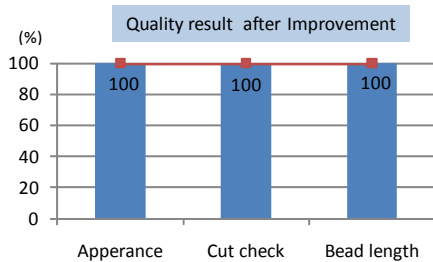
(หลังการปรับปรุง)



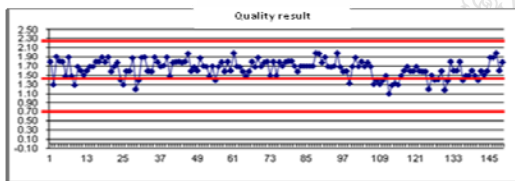
รูปที่ 11 การปรับปรุงการทำงานของพนักงานคนที่ 5

3.7 ตรวจสอบคุณภาพและผลการทำงาน

หลังจากการปรับปรุงการทำงาน ไม่ส่งผลกระทบต่อด้านคุณภาพในส่วนของ Appearance, Cut check และ Bead Length เนื่องจากกิจกรรมที่ทำการปรับปรุงไม่เกี่ยวข้องกับ Welding Condition หรือ parameter ในการเชื่อม ดังแสดงในรูปที่ 12 ส่วนข้อมูลคุณภาพหลังการปรับปรุง อยู่ในเส้น Control Chart ดังแสดงในรูปที่ 13 ข้อมูลก่อนการปรับปรุง ค่า $C_p = 1.79$, $C_{pk} = 1.63$ หลังการปรับปรุง ค่า $C_p = 1.76$, $C_{pk} = 1.61$

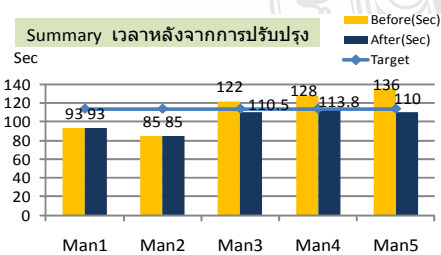


รูปที่ 12 ผลการตรวจสอบคุณภาพ



รูปที่ 13 ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วย Control chart

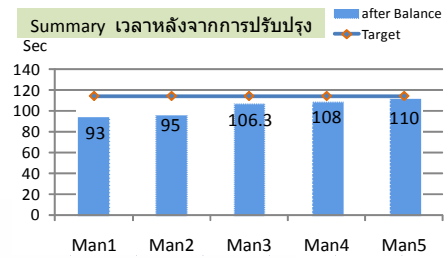
3.8 วัดผลการปรับปรุงการทำงาน



รูปที่ 14 กราฟเวลาการทำงานหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 14 แสดงกราฟเวลาการทำงานหลังการปรับปรุง ของพนักงานทั้ง 5 คน เวลาของพนักงานทุกคน อยู่ภายใต้เส้น Takt Time เมื่อพิจารณางานของพนักงานแต่ละคน สามารถจัดสมดุลงานให้ทำงานด้วยเวลาที่ใกล้เคียงกันมากยิ่งขึ้นได้อีก ตามรูปที่ 15 โดยการแบ่ง

งานย่อยที่เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน ตามการพิจารณาจากพื้นที่ปฏิบัติการจริง ทั้งนี้เพื่อมิให้เกิดการรองาน



รูปที่ 15 ผลการจัดสมดุลเวลาการทำงาน

5. สรุป

หลังจากทำการปรับปรุงและเปรียบเทียบระดับคุณภาพ ได้ผลดังนี้

1. คุณภาพในส่วนการเชื่อมหลังจากที่มีการปรับปรุงการดำเนินงานต่างๆ ผลการตรวจสอบคุณภาพอยู่ในมาตรฐานข้อกำหนดเช่นเดียวกับก่อนการปรับปรุง
2. หลังจากการปรับปรุง ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพในกระบวนการผลิต และไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพในส่วนของกระบวนการที่ส่งผลิตภัณฑ์ไปทำการผลิตถัดไป
3. สามารถลดเวลาในกระบวนการเชื่อมผลิตภัณฑ์ต่อชิ้น (Cycle Time) จาก 2.4 นาที ให้สอดคล้องกับเวลาในการผลิตต่อชิ้นตามความต้องการของลูกค้า (Takt Time) ที่ 1.9 นาที ได้
4. นอกจากรักษาระดับคุณภาพงานหลังจากที่มีการพัฒนาปรับปรุงไว้ได้แล้ว ยังสามารถลดความเมื่อยล้า ทำให้พนักงานทำงานสบายมากยิ่งขึ้น และลดต้นทุนในการผลิตโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดจ้างหน่วยงานภายนอกมาทำการปรับปรุงการทำงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] วิทยา สุหฤตดำรง, และ ยุพา กลองกลาง. การบ่งชี้ "ความสูญเปล่า" Identifying Waste on the Shop floor: กรุงเทพฯ, 2549.

[2] วิชาชาติ สุวรรณราช, มนูญ แก้วแสนเมือง, คมกฤษ วงษ์ภพ และ วรวิทย์ ตงศิริ, การพัฒนางานด้วยระบบคุณภาพและเพิ่มผลผลิต, น. 119-132, 2546.

[3] บรรจง จันทมาศ, การบริหารงานคุณภาพและเพิ่มผลผลิต, สำนักพิมพ์ สสท, น:1-31,133-151 2545.

[4] อภิชาติ สุขประเสริฐ การปรับปรุงคุณภาพของโรงงานผลิตโลหะ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จ.ปทุมธานี 2553.



การประยุกต์การศึกษาการทำงานเพื่อลดความสูญเสียเปล่า กรณีศึกษา โรงงานผลิตเลนส์

นาย รัฐพล เอกลักษณ์านันท์, ดร. วิชัย รุ่งเรืองอนันต์*

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

E-mail: ekalaksananan@hotmail.com*, r_vichai@yahoo.com**

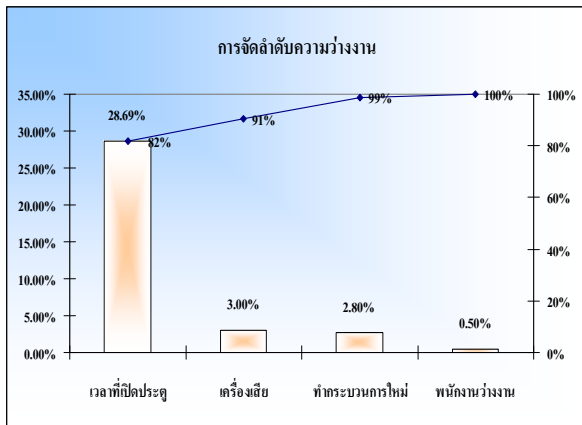
บทนำ

เนื่องจากมีความต้องการของตลาดเลนส์มัลติโคตที่สูงขึ้นเฉลี่ย 12.5% ต่อปี ซึ่งทำให้ไม่สามารถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้า ทำให้เกิดการสูญเสียโอกาสในการขาย ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงทำการศึกษา เพื่อปรับปรุงผลผลิตด้วยการลดความสูญเสียเปล่าเวลาทำงานของการศึกษาเริ่มจากการจัดทำแผนภูมิการไหล เก็บข้อมูลเวลามาตรฐานในการทำงานในแต่ละขั้นตอน วิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน ที่ก่อให้เกิดความสูญเสียเปล่า พร้อมเสนอแนวทางการแก้ไขโดยใช้กิจกรรมกลุ่มคุณภาพ ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าการทำงานระหว่างคนกับเครื่องจักรนั้นทำให้เกิดการรอคอยที่ไม่เกิดคุณค่า โดยมีสาเหตุมาจาก 1) ไม่มีพนักงานคอยช่วยยกเลนส์เข้าเครื่อง 2) เครื่องที่มีเบ้าเผามากจึงทำให้เติมสารเข้าและสวิตช์กดยาก 3) วิธีการทำงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยไม่จำเป็น ทำให้เกิดเวลารอคอยเท่ากับ 1,234 วินาที หรือ 28.69% จากนั้นได้ทำการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานใหม่โดย 1) เพิ่มพนักงานเข้ามาช่วยดูแลการยกเลนส์ 2) ออกแบบฝาครอบสารเคมี (Crucible) ให้มีหลายรูเพื่อลดเวลาการหมุนของหลุม 3) ออกแบบสวิตช์จากที่ใช้มีกด (Push Switch) เป็นแบบใช้เท้า (Foot Switch) 4) ออกแบบพื้นที่การทำงานให้สะดวกต่อการยกเลนส์ ซึ่งพบว่าจากแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถลดเวลาการรอคอยได้เหลือ 516 วินาที หรือ 12.97 % ลดลงถึง 718 วินาที ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตได้จากเดิม 87 เลนส์ เป็น 100 เลนส์ ต่อ ชั่วโมง โดยที่ไม่

ต้องลงทุนติดตั้งเครื่องจักรใหม่ และ ลดการสูญเสียโอกาสในการขาย

1. ศึกษาข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานผลิตเลนส์ตัวอย่างตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง เขตสงออกโซน 3 มีพนักงานทั้งหมดประมาณ 2,000 คน มีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง โดยแบ่งออกเป็น 2 กะ และบริษัทแม่อยู่ในประเทศฝรั่งเศส นอกจากนี้โรงงานผลิตเลนส์ยังมีบริษัทในเครือ ซึ่งตั้งอยู่ในประเทศต่างๆ เช่น ฟิลิปปินส์ จีน เม็กซิโก บราซิล เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีอยู่ 3 รูปแบบ คือเลนส์อันโคต(Uncoat) เลนส์ฮาร์ดโคต(Hard coat) และเลนส์มัลติโคต(Multi coat) โดยการศึกษาในครั้งนี้จะเน้นไปที่กระบวนการผลิตเลนส์มัลติโคตเท่านั้น จากการศึกษาสภาพงานปัจจุบันพบว่าการผลิตเลนส์มัลติโคตนั้นเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างคนกับเครื่องจักร ซึ่งเกิดความสูญเสียเปล่าจากการทำงานที่เกิดจากคนเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต ในขณะที่เครื่องจักรหยุดผลิต[1] เพื่อที่จะทำการเปลี่ยนถ่ายเลนส์ที่ทำการเคลือบเสร็จแล้วกับเลนส์ที่ยังเคลือบไม่เสร็จ ซึ่งมี 4 การทำงานหลัก โดยการทำงานประกอบเลนส์กับการกลับเลนส์นั้นสามารถทำพร้อมๆกับเครื่องจักรได้ ส่วนการทำงานหลักยกเลนส์กับการเติมสารจะต้องทำงานระหว่างที่เครื่องจักรหยุดทำงาน ซึ่งทำให้เกิดการรอคอยที่ไม่เกิดมูลค่าในแต่ละงาน ซึ่งการหยุดเครื่องจักรดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อการผลิตทำให้ลดลงดังภาพที่ 1



รูปที่ 1 แสดงลำดับการสูญเสียเวลาการผลิต

จะเห็นได้ว่าเวลาที่เปิดประตูทำให้เกิดการสูญเสียเวลาในขบวนการผลิตมากที่สุด สาเหตุเกิดจากคนเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตซ้ำ ในขณะที่เครื่องจักรหยุดผลิตเพื่อที่จะทำการเปลี่ยนถ่ายเลนส์ที่ทำการเคลือบเสร็จแล้วกับเลนส์ที่ยังเคลือบไม่เสร็จด้วยเหตุนี้ จึงเข้าไปวิเคราะห์ปัญหาการสูญเสียเวลา โดยทำการหาเวลามาตรฐานแต่ละงานย่อยจำนวน 10 ครั้งดังตารางที่ 1 มาคำนวณหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมพร้อมกับบันทึกเวลาของแต่ละกิจกรรมการทำงานเมื่อมีระดับความเชื่อมั่นที่ 95.5% โดยสูตรการคำนวณหาจำนวนครั้งของการบันทึกเวลาคือ [2]

$$N = \left(\frac{k / s \sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (1)$$

เมื่อ N = จำนวนครั้งที่ต้องบันทึกเวลา
 k = ระดับความเชื่อมั่นซึ่งมีค่าที่นิยมใช้

ดังต่อไปนี้

| ระดับความเชื่อมั่น | k |
|--------------------|---|
| 68.3% | 1 |
| 95.5% | 2 |
| 99.7% | 3 |

s = ความแม่นยำในที่นี้ให้เท่ากับ 5%

n = จำนวนข้อมูลที่มีอยู่

x = ข้อมูล

โดยได้ยกตัวอย่างการทำงานหลักการประกอบเลนส์ โดยเลือกงานย่อยหยิบแหวนหยิบเลนส์มาแสดงวิธีการคำนวณหาจำนวนครั้งของการบันทึกเวลาได้ดังนี้

$$N = \left(\frac{40 \sqrt{10 * 18 .11 - (13 .43)^2}}{13 .43} \right)^2$$

$$N = \left(\frac{40 \sqrt{0.7351}}{13 .43} \right)^2$$

$$N = \left(\frac{34 .2952}{13 .43} \right)^2$$

$$N = 6.521 \approx 7$$

ตารางที่ 1 เวลาการทำงานของงานย่อย ในการประกอบเลนส์ หน่วยเป็นวินาที

| งานย่อยครั้งที่ (n) | การประกอบเลนส์ | | | | | | | |
|---------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|--------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | หยิบแหวนหยิบเลนส์ | | ทำความสะอาดด้วยลม | | ประกอบแหวนกับเลนส์ | | วางเลนส์กับแหวนลงบนถาด | |
| | X | X ² | X | X ² | X | X ² | X | X ² |
| 1 | 1.34 | 1.80 | 2.72 | 7.40 | 0.95 | 0.90 | 1.32 | 1.74 |
| 2 | 1.50 | 2.25 | 3.05 | 9.30 | 1.14 | 1.30 | 1.50 | 2.25 |
| 3 | 1.39 | 1.93 | 2.89 | 8.33 | 1.12 | 1.25 | 1.45 | 2.10 |
| 4 | 1.30 | 1.69 | 3.11 | 9.67 | 0.98 | 0.96 | 1.33 | 1.77 |
| 5 | 1.27 | 1.61 | 2.79 | 7.78 | 1.01 | 1.02 | 1.37 | 1.88 |
| 6 | 1.22 | 1.49 | 2.71 | 7.34 | 0.92 | 0.85 | 1.43 | 2.04 |
| 7 | 1.44 | 2.07 | 2.74 | 7.51 | 0.93 | 0.86 | 1.36 | 1.85 |
| 8 | 1.32 | 1.74 | 2.65 | 7.02 | 0.97 | 0.94 | 1.20 | 1.44 |
| 9 | 1.25 | 1.56 | 2.75 | 7.56 | 1.07 | 1.14 | 1.25 | 1.56 |
| 10 | 1.40 | 1.96 | 2.83 | 8.01 | 0.98 | 0.96 | 1.31 | 1.72 |
| รวม | 13.43 | 18.11 | 28.24 | 79.94 | 10.07 | 10.19 | 13.52 | 18.35 |
| N | 7 | | 5 | | 7 | | 7 | |

เมื่อได้ข้อมูลจากการคำนวณแล้วต้องนำไปรวมกับค่าความเผื่อความเผื่อยล้าจากการทำงานดังตารางที่ 2 โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

เวลามาตรฐาน = เวลาเลือก X อัตราการทำงาน X ค่าความเผื่อ

ตารางที่ 2 การคำนวณเวลามาตรฐานของงานหลัก หน่วยเป็นวินาที

| งานหลัก | งานย่อย | เวลาเลือก | อัตราการทำงาน | ค่าความเผื่อ | เวลามาตรฐาน |
|----------------|----------------------|-----------|---------------|--------------|-------------|
| การประกอบเลนส์ | หยิบแหวนหยิบเลนส์ | 1.34 | 100% | 14% | 1.53 |
| | ทำความสะอาดด้วยลม | 2.82 | 100% | 14% | 3.21 |
| | ประกอบแหวนกับเลนส์ | 1.01 | 100% | 14% | 1.15 |
| | วางเลนส์บนเลนส์บนถาด | 1.35 | 100% | 14% | 1.54 |
| การยกเลนส์ | หมุนถาดที่เครื่อง | 13 | 100% | 14% | 14.82 |
| | ย้ายถาดไปที่โต๊ะ | 12.7 | 100% | 14% | 14.48 |
| | เดินยกถาดที่โต๊ะ | 4.5 | 100% | 14% | 5.13 |
| | ถือถาดวางถาดบนโต๊ะ | 1.25 | 100% | 14% | 1.43 |
| | ย้ายถาดไปที่เครื่อง | 16 | 100% | 14% | 18.24 |
| การเติมสาร | ทำความสะอาดปากหลุม | 30 | 100% | 14% | 34.20 |
| | ทำความสะอาดเบ้า | 5 | 100% | 14% | 5.70 |
| | เติมสาร | 11 | 100% | 14% | 12.54 |
| | หมุนหลุม | 3.75 | 100% | 14% | 4.28 |
| การกลับเลนส์ | หมุนเลนส์ทำความสะอาด | 2.03 | 100% | 14% | 2.31 |
| | ทำความสะอาดด้วยลม | 1.83 | 100% | 14% | 2.09 |
| | วางเลนส์บนถาด | 1.39 | 100% | 14% | 1.58 |

จากนั้นนำค่าที่ได้ไปทำแผนภูมิการไหลของแต่ละงานดังตารางที่ 3 โดยลำดับการทำงานของคน-เครื่องจักรและเวลามาตรฐานของงานย่อยสามารถนำมาเรียงเป็นอัตราการผลิตของเครื่องได้ตามแผนภูมิคนและเครื่องจักรดังตารางที่ 4 [3] จากสภาพปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการระดมสมองในการแก้ปัญหาการรอคอยการทำงาน เพื่อเพิ่มผลผลิตโดยใช้แผนภูมิแก๊งปลา (Ishikawa Diagram) ดังภาพที่ 2 มีการจัดตั้งกลุ่มคุณภาพเพื่อเข้ามาค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยพบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดการรอคอยมาจากความสูญเปล่ามาจากคนเครื่องจักรและวิธีการทำงานโดยปัญหาได้ถูกแบ่งออกได้ดังนี้

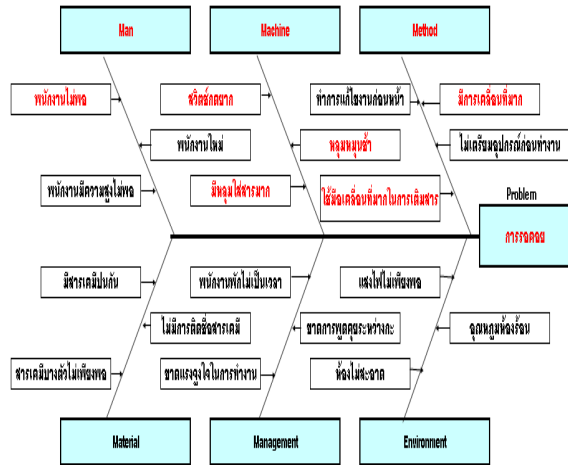
ตารางที่ 3 แผนภูมิการไหลของงานหลักประกอบเลนส์

| แผนภูมิการไหล | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------------|------------------|-------------|--------------|-------|-------|----------------|--------------|--------------|-------------------|--|
| แผนภูมิ | ประกอบเลนส์ | จัดทำโดย | รัฐพล | สัญลักษณ์ | | | | | | | |
| ผลิตภัณฑ์ | มัลติโค๊ด | ตำแหน่ง | วิศวกร | การทำงาน | | | | | | | |
| หน่วยงาน | 1.67 | ปรับปรุงครั้งที่ | 0 | เคลื่อนย้าย | | | | | | | |
| แผนก | 1.67 มัลติโค๊ด | เริ่มวันที่ | - | ตรวจสอบ | | | | | | | |
| สถานที่ | เครื่อง 9 | สถานประกอบการ | ปัจจุบัน | รอคอย | | | | | | | |
| อื่นๆ | | | | สต็อก | | | | | | | |
| เวลาการทำงาน | 2080.4 | ระยะทาง (เมตร) | 504 | น้ำหนัก (กก) | 336 | | | | | | |
| ประเภทผลิตภัณฑ์ | รายละเอียดกระบวนการ | การไหล | | | | | | | | | |
| | | การทำงาน | เคลื่อนย้าย | ตรวจสอบ | รอคอย | สต็อก | ระยะทาง (เมตร) | น้ำหนัก (กก) | น้ำหนัก (กก) | เบ็ดต่อม (วินาที) | |
| 1 | 1 หยิบแหวนหยิบเลนส์ | ○ | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.3 | 1 | 0.3 | 1.53 | |
| | 2 ทำความสะอาดด้วยลม | ● | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.3 | 1 | 0.3 | 3.21 | |
| | 3 ประกอบแหวนกับเลนส์ | ● | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.6 | 1 | 0.3 | 1.15 | |
| | 4 วางเลนส์กับแหวนบนถาด | ○ | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.6 | 1 | 0.3 | 1.54 | |
| 2 | 5 หยิบแหวนหยิบเลนส์ | ○ | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.3 | 1 | 0.3 | 1.53 | |
| | 6 ทำความสะอาดด้วยลม | ● | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.3 | 1 | 0.3 | 3.21 | |
| | 7 ประกอบแหวนกับเลนส์ | ● | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.6 | 1 | 0.3 | 1.15 | |
| | 8 วางเลนส์กับแหวนบนถาด | ○ | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.6 | 1 | 0.3 | 1.54 | |
| 3 | 9 หยิบแหวนหยิบเลนส์ | ○ | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.3 | 1 | 0.3 | 1.53 | |
| | 10 ทำความสะอาดด้วยลม | ● | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.3 | 1 | 0.3 | 3.21 | |
| | 11 ประกอบแหวนกับเลนส์ | ● | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.6 | 1 | 0.3 | 1.15 | |
| | 12 วางเลนส์กับแหวนบนถาด | ○ | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.6 | 1 | 0.3 | 1.54 | |
| 280 | 1117 หยิบแหวนหยิบเลนส์ | ○ | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.3 | 1 | 0.3 | 1.53 | |
| | 1118 ทำความสะอาดด้วยลม | ● | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.3 | 1 | 0.3 | 3.21 | |
| | 1119 ประกอบแหวนกับเลนส์ | ● | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.6 | 1 | 0.3 | 1.15 | |
| | 1120 วางเลนส์กับแหวนบนถาด | ○ | → | ◇ | ▷ | ▽ | 0.6 | 1 | 0.3 | 1.54 | |

ตารางที่ 4 แสดงเวลารวมของการทำงานย่อยสายงานมัลติโค๊ด (วินาที)

| แผนภูมิคน-เครื่องจักร | | | | | |
|-----------------------|----------------|----------------------|-------------------|------------------|----------|
| ชื่อกระบวนการ | มัลติโค๊ด | | เวลาค้นทำงาน | เวลาเครื่องทำงาน | |
| ผลิตภัณฑ์ | 1.67 มัลติโค๊ด | เวลาที่ทำงาน | 4,990 | 4,300 | |
| เครื่อง | No# 9 | เวลาที่ว่าง | 544 | 1,234 | |
| วันที่ | 30/ Jun / 10 | เวลาที่ว่างกระบวนการ | 5,534 | 5,534 | |
| ทำโดย | รัฐพล | เปอร์เซ็นต์ | 90.17% | 77.70% | |
| กิจกรรมของคน | เวลา | ส่วนขยาย | กิจกรรมของเครื่อง | เวลา | ส่วนขยาย |
| ประกอบเลนส์ | 2,081 | | เคลือบเลนส์ | 2,150 | |
| เวลาว่าง | 69 | | | | |
| ยกเลนส์ | 163 | | | | |
| เติมสาร | 454 | | เวลาว่าง | 617 | |
| กลับเลนส์ | 1675 | | เคลือบเลนส์ | 2,150 | |
| เวลาว่าง | 475 | | | | |
| ยกเลนส์ | 163 | | เวลาว่าง | 617 | |
| เติมสาร | 454 | | | | |

- 1) ไม่มีพนักงานคอยช่วยยกเลนส์เข้าเครื่อง
 - 2) เครื่องที่มีเบ้าเผามากจึงทำให้เต็มสารช้าและ
- สวิตช์กดยาก
- 3) วิธีการทำงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยไม่จำเป็น



รูปที่ 2 แผนภูมิแก๊งปลาการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

3.แนวทางการแก้ปัญหา

จากการระดมสมองประกอบกับหลักแนวคิดของเส้นการรอคอยและการเคลื่อนที่โดยไม่จำเป็นคือความสูญเสียเปล่าชนิดหนึ่ง การที่เครื่องจักรต้องรอคอยจึงเปรียบเสมือนการสูญเสียโอกาสในการทำรายได้เนื่องมาจากกรณีที่ไม่มีพนักงานคอยยกเลนส์ เครื่องมีเบ้าเผา มากจึงทำให้เต็มสารช้า สวิตช์กดยากและการเคลื่อนที่โดยไม่จำเป็นในการเต็มสารดังนั้นจึงมีแนวทางการแก้ไขดังต่อไปนี้[4]

- 1) เพิ่มพนักงานผู้ขายเข้ามาช่วยดูแลการยกเลนส์ จากเดิมพนักงานที่นั่งประจำเครื่อง (Flow box) จะเป็นคนที่ทำหน้าที่เต็มสารและยกเลนส์เอง เมื่อเพิ่มพนักงานผู้ขายเข้ามาช่วยยกเลนส์ พนักงาน Flow box สามารถเต็มสารควบคู่กับการยกเลนส์ของผู้ขายได้โดยไม่ต้องรอให้ยกเลนส์เสร็จแล้วทำการเต็มสาร
- 2) ออกแบบฝาครอบสารเคมี (Crucible) ให้มีหลายรู เพื่อลดข้อจำกัดของเครื่องจักรที่ทำให้การเต็มสารเกิดการ

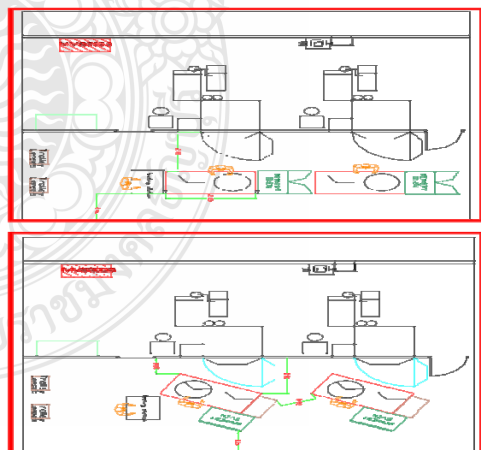
รอคอยจากการหมุนที่ละหนึ่งหลุมจึงได้ออกแบบตัวฝาครอบเพื่อลดเวลาการเต็มสารที่เร็วขึ้นดังภาพที่ 3



รูปที่ 3 เลนส์ฝาครอบสารก่อนและหลังปรับปรุง

3) ออกแบบสวิตช์จากที่ใช้มีกด (Push Switch) เป็นแบบใช้เท้า (Foot Switch) เนื่องจากเครื่องจักรถูกใช้งานมานานทำให้ปุ่มกดชำรุดใช้งานยากอีกทั้งยังสูญเสียเวลาการทำงานในการโยกมือไปกดขณะเต็มสารจึงออกแบบสวิตช์ที่ใช้เท้ากดเพื่อลดเวลาการเคลื่อนที่

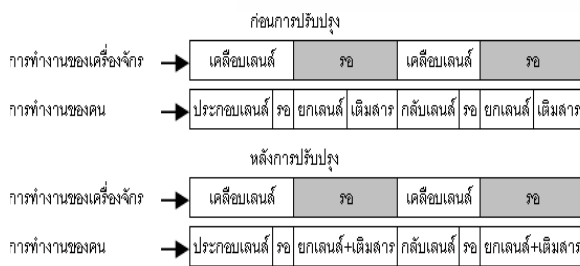
4) ออกแบบพื้นที่การทำงานให้สะดวกต่อการยกเลนส์ เนื่องจากระยะห่างระหว่างเครื่องจักรกับจุดกลับเลนส์นั้นอยู่ไกลยังมีช่องว่างในการเคลื่อนที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น ดังนั้นจึงเลื่อนจุดการกลับเลนส์ให้เข้ามาใกล้เครื่องจักรมากขึ้นเพื่อลดเวลาการเคลื่อนที่ตามภาพที่ 4



รูปที่ 4 แสดงพื้นที่การทำงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับโต๊ะวางงานให้มีมุมพอดีกับประตูเครื่องจักรเพื่อลดเวลาการเคลื่อนที่เปรียบเทียบกับแบบเดิมที่ปรับปรุงโต๊ะวางงานตั้งขนานกับเครื่องจักรโดยจัดการเคลื่อนที่ไปได้ 1.2 เมตร จากเดิม คือ 2 เมตร

4. ผลการปรับปรุง

เมื่อได้มีการออกแบบการแก้ไขปัญหาแล้วจึงได้ทำการเริ่มการทดลองเพื่อที่จะหาเวลามาตรฐานของแต่ละกิจกรรมที่มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงาน ดังนั้นจึงทำการหาเวลามาตรฐานของ 2 กิจกรรมหลัก คือการยกเลนส์และการเติมสารเนื่องจากได้ปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานให้ทำงานไปพร้อมกันดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงการทำงานของงานของคนและเครื่องจักรระหว่าง

ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

จากการบันทึกเวลาในการผลิต ทำแผนภูมิการไหลเวลามาตรฐานใหม่และแผนภูมิคนและเครื่องจักรหลังการปรับปรุง เวลาการทำงานต่อรอบนั้นลดลงคือเวลาต่อรอบของคนเท่ากับ 4,272 วินาที และเวลาต่อรอบของเครื่องจักรเท่ากับ 4,300 วินาที เวลาว่างของเครื่องเท่ากับ 516 วินาทีหรือเท่ากับ 12.00 % สรุปได้ดังตารางที่ 5 โดยมีอัตราผลิตต่อพนักงานน้อยกว่าเท่ากับ 22.98% นั่นคือต้องเพิ่มพนักงาน 2 คนโดยทำให้เครื่องจักรเพิ่มอัตราการผลิตได้ถึง 12.97% ซึ่งมีค่า โดยประมาณเท่ากับ 4.65 ล้านบาท จากเครื่องจักร 4 เครื่อง ราคาเครื่องละ 1.16 ล้านบาท (ไม่รวมดอกเบี้ย) ดังนั้นจึงไม่มีข้อสงสัยว่าการเพิ่มพนักงาน 2 คนกับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น ด้วยค่าแรงต่อคนวันละประมาณ 300 บาท จึงคุ้มค่ากว่าการซื้อเครื่องจักรเพิ่มอย่างแน่นอน การคำนวณทั้งหมดแสดงในตารางที่ 6 [5]

ตารางที่ 5 สรุปข้อมูลการเปรียบเทียบแนวทางปรับปรุง

| สถานะ | เวลาต่อ | เครื่องจักร | อัตราการ | อัตรา |
|--------------|----------|-------------|------------|--------|
| | รอบ | ว่าง | ผลิต(ชิ้น/ | คุณภาพ |
| | (วินาที) | (วินาที) | ชั่วโมง) | (%) |
| ก่อนปรับปรุง | 5,534 | 1,234 | 87 | 99.52 |
| หลังปรับปรุง | 4,816 | 516 | 100 | 99.53 |

ตารางที่ 6 ข้อมูลการเปรียบเทียบสภาวะการเปลี่ยนแปลงพนักงาน

| สถานะ | จำนวน | จำนวน | ผลผลิต | ผลผลิต |
|--------------|---------|---------|------------|------------|
| | เครื่อง | พนักงาน | ต่อชั่วโมง | ต่อเครื่อง |
| ก่อนปรับปรุง | 4 | 4 | 348 | 87 |
| หลังปรับปรุง | 4 | 6 | 400 | 100 |

5 สรุปผลการดำเนินการศึกษา

สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการทำงานครั้งนี้ไม่ได้ทำให้อัตราคุณภาพลดลงเมื่อเทียบกับอัตราคุณภาพก่อนการปรับปรุงและยังสามารถเพิ่มอัตราการผลิตได้จาก 87 ขึ้นเป็น 100 ขึ้น อีกทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรและลดเวลาการทำงานจาก 1,234 วินาทีเป็น 516 วินาที โดยที่สามารถเพิ่มอัตราการผลิตของเครื่องจักรได้ 12.97 % หรือคิดเป็นมูลค่าประมาณ 1.16 ล้านบาทต่อเครื่องและมีอัตราการผลิตต่อพนักงานน้อยกว่าเท่ากับ 22.98% หรือประมาณ 300 บาทต่อวันต่อคน

เอกสารอ้างอิง

- [1] ภาวิณี อัจบุ และสุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน. การลดเวลาสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เบรคเกอร์. วารสารรวมคำแห่ง ฉบับวิศวกรรมศาสตร์ ปีที่ 2 (พฤศจิกายน 2551), หน้า 1-10
- [2] วันชัย จิวิจิตรนิช. การศึกษาการทำงาน: หลักการและกรณีศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545, หน้า 15-120
- [3] ชัยพร วงศ์พิศาล. การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2540, หน้า 28-137

[4] วิลลาสินี เลี้ยววาริณ, อภิรัตน์ สกฤตไทย และสโรจน์ เขียวสอนทอง. การปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มผลผลิต: กรณีศึกษา การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. การประชุมวิชาการ หน่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 50 (ตุลาคม 2550), หน้า 775-779

[5] โกศล ดีศีลธรรม. ผลิตภาพ: ปัจจัยพัฒนาสู่การแข่งขันยุคใหม่. สำนักพิมพ์ผู้จัดการ, 2550, หน้า 20-35



การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสีย ทอส่งน้ำมันไปยังเพลาลูกเบี้ยว

จิรวรรณ คล้อยภยันต์ และ พุทธพงษ์ ชันดีสีจจพงษ์*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: Puttaponng.s@asico.co.th

บทคัดย่อ

เนื่องจากผู้ผลิตยานยนต์ ต้องแข่งขันทั้งด้านต้นทุน และคุณภาพ เพื่อรักษารฐานลูกค้าเดิมให้เชื่อมั่นในคุณภาพ และพอใจในราคาของสินค้า งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ ในการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิตทอส่งน้ำมันไปยัง เพลาลูกเบี้ยว ของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาอัตราและลักษณะ ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยนำเครื่องมือ คุณภาพ 7 อย่างมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดของ เสียในกระบวนการผลิต ของเสียที่เกิดขึ้นเป็นอันดับแรกคือ ชิ้นงานผิดรูปทรง และอันดับสองคือการเกิดรอยบนผิวทอ เมื่อทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้วพบว่าสามารถลด ของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต จาก 8 เปอร์เซ็นต์ให้เหลือน้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ได้

คำสำคัญ อัตราของเสีย, เครื่องมือคุณภาพ, ชิ้นส่วนยาน ยนต์

1. บทนำ

สิ่งสำคัญสำหรับบริษัทต่างๆ คือการรักษาฐานลูกค้า เดิมให้เชื่อมั่นในคุณภาพและพึงพอใจราคาสินค้า โรงงาน กรณีศึกษา เป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ให้กับผู้ผลิต ยานยนต์หลายๆบริษัท โดยในงานวิจัยได้เลือกผลิตภัณฑ์ “ทอส่งน้ำมันไปยังเพลาลูกเบี้ยว” เป็นกรณีศึกษา ซึ่งเป็น ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในกลุ่มของท่อที่อยู่ในเครื่องยนต์



รูปที่ 1 ท่อส่งน้ำมันไปยังเพลาลูกเบี้ยว

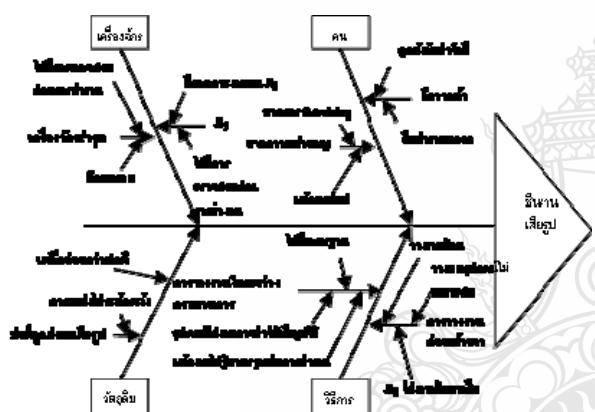
2. วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการลดของเสีย “ทอส่งน้ำมันไปยัง เพลาลูกเบี้ยว” ที่ทำหน้าที่นำน้ำมันหล่อลื่น “เพลาลูกเบี้ยว” ให้สามารถหมุนได้สะดวก เมื่อนำเครื่องมือคิวซี (QC 7 tool) มาศึกษาพบว่าเครื่องมือบางตัวเช่นผังพาเรโต ผัง แสดงเหตุและผล สามารถนำมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล และจำแนกให้เห็นถึง ความสำคัญของแต่ละปัญหาได้ [1,2,3] จากนั้นทำการแก้ไขปัญหโดยใช้วิธีคิวซี(QC) ซึ่งมี ขั้นตอนที่เกี่ยวข้อง 8 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 ระบุตัวปัญหา ขั้นตอนที่ 2 ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ขั้นตอนที่ 3 วางแผนกิจกรรม ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนที่ 5 พิจารณามาตรการแก้ปัญหาและนำไป ปฏิบัติการ ขั้นตอนที่ 6 ประเมินผลการแก้ปัญหา ขั้นตอนที่ 7 จัดทำเป็นมาตรฐานการปฏิบัติและจัดทำวิธีการควบคุม หรือ ย้อนกลับไปขั้นตอนที่3 หรือ ขั้นตอนี่4 และขั้นตอนที่ 8 สรุปผล ทบทวนขั้นตอนการแก้ปัญหาและวางแผนงาน ต่อไป [1,4] ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลของเสียพบว่า เปอร์เซ็นต์ของเสียเกิดมากที่สุดจากเสียรูปทรงจนซ่อมแซม ไม่ได้ 5.56 เปอร์เซ็นต์ อันดับ 2 คือรอยบนผิวท่อ 1.46

เปอร์เซ็นต์ อันดับ 3 คือทองแดงโลหะผิวท่อ 0.36 เปอร์เซ็นต์ และอันดับ 4 เกิดคาร์บอนที่ผิวงาน 0.28 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุการเกิดของเสีย เนื่องจากการเสียรูปทรงจนซ่อมแซมงานไม่ได้และของเสียจากรอยบนผิวท่อก่อนเพราะมีจำนวนของเสียจำนวนมาก และหลังการปรับปรุงสามารถบรรลุเป้าหมายคือของเสียในกระบวนการผลิตต้องน้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์

2.1 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาชิ้นงานเสียรูป

จากการวิเคราะห์โดยแผนภูมิแกงปลาแสดงในรูปที่ 2 สามารถสรุปสาเหตุหลักของปัญหาชิ้นงานเสียรูปได้เป็น 2 สาเหตุดังนี้



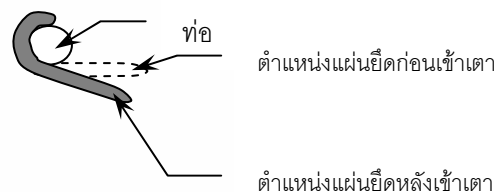
รูปที่ 2 แผนภูมิแกงปลาวิเคราะห์สาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อทำให้เกิดปัญหาชิ้นงานเสียรูป

2.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้วางงานก่อนเข้าเตาทำให้ชิ้นงานเสียรูปมากจนไม่สามารถซ่อมแซมได้

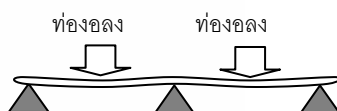
เมื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้ Why-Why analysis ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าสาเหตุหลักได้รับความร้อนในขณะไหลเข้าเตาก็จะเกิดการอ่อนตัวและการขยายตัว ทำให้รูปร่างของชิ้นงานเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม รวมถึงตำแหน่งการวางตัวของแผ่นยึดที่ง่ายต่อการเสียรูปดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5

| ปัญหา | หัวข้อตรวจสอบ | ผล |
|---|--------------------------------|---------|
| การวางงานก่อนเข้าเตาไม่เหมาะสมทำให้งานเสียรูป | วางงานซ้อนกันเข้าเตา | ผ่าน |
| | อุปกรณ์วางงานเข้าเตาไม่เหมาะสม | ไม่ผ่าน |
| | อุปกรณ์วางงานเสียรูป | ผ่าน |

รูปที่ 3 วิธีการหาสาเหตุปัญหาการวางงานก่อนเข้าเตาไม่เหมาะสมทำให้งานเสียรูป



รูปที่ 4 ลักษณะแผ่นยึดก่อนและหลังเข้าเตาของแผ่นยึด

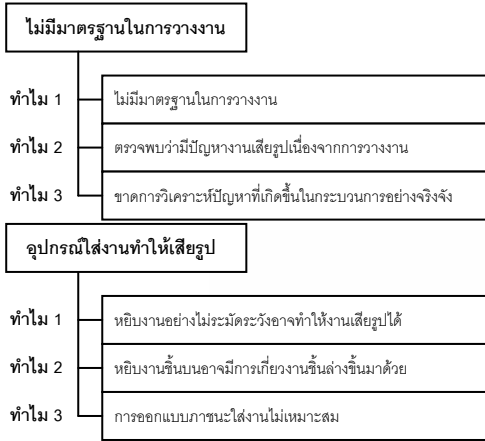
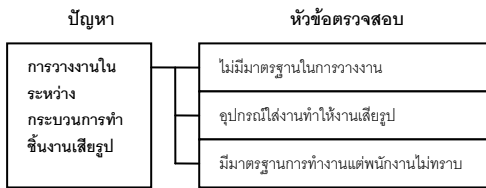


รูปที่ 5 ลักษณะแผ่นยึดก่อนและหลังเข้าเตาของท่อ

2.1.2 ขาดอุปกรณ์วางงานที่ดีในระหว่างกระบวนการแบ่งปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเกิดจาก 2 สาเหตุคือ

2.1.2.1.การวางงานในกล่องระหว่างกระบวนการ
เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Why-Why analysis [4] พบว่าของเสียเกิดจากกล่องที่ใส่งานในกระบวนการถูกออกแบบให้วางงานไม่เหมาะสม ทำให้งานสามารถเกี่ยวกันจนเกิดการเสียรูปได้

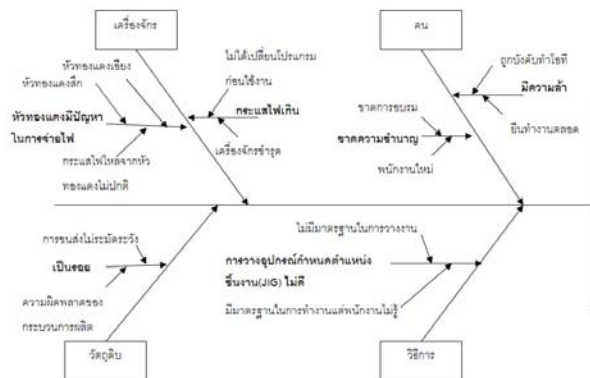
2.1.2.2.การวางงานในกระบวนการเป็นกรวางงานซ้อนกันบนโต๊ะ เวลาหยิบชิ้นงานอาจทำให้เกิดการเกี่ยวกันหรือร่วงหล่นลงพื้น จนทำให้ชิ้นงานเกิดการเสียหายได้



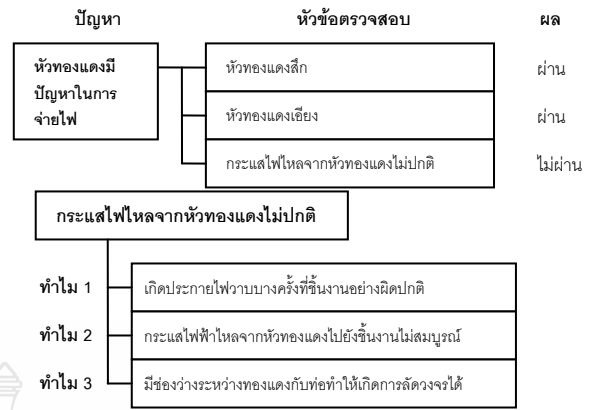
รูปที่ 6 การหาสาเหตุปัญหาจากการวางงานในระหว่างกระบวนการทำให้เกิดการเสียรูป

2.2 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาชิ้นงานเกิดรอยบนผิวท่อ

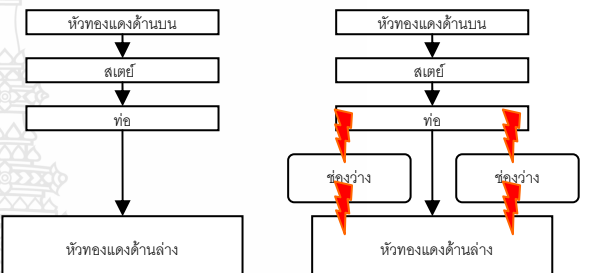
จากการวิเคราะห์ดังรูปที่ 7 และ 8 เพื่อสาเหตุหลัก



รูปที่ 7 แผนภูมิแก๊งปลาวิเคราะห์สาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดแผลหรือรอยที่เกิดบนผิวท่อ



รูปที่ 8 วิธีการหาสาเหตุหัวทองแดงมีปัญหาในการจ่ายไฟ



ก. วงจรที่ไหลอย่างสมบูรณ์
ข. วงจรที่ไหลไม่สมบูรณ์

รูปที่ 9 วงจรที่ไหลอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์

รอยบนผิวท่อ เกิดจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร พบว่ามีกระแสไฟบางส่วน ที่ไหลจากหัวทองแดงด้านบนไปยังท่อแล้วเกิดมีช่องว่าง ทำให้เกิดการลัดวงจรก่อนไฟฟ้าจะไหลไปหัวทองแดงด้านล่างตามรูปที่ 9 การลัดวงจรดังกล่าวทำให้เกิดรอยบนผิวท่อ

3. ผลการดำเนินการ

3.1 อุปกรณ์กำหนดตำแหน่งชิ้นงานในการวางงานก่อนนำเข้าเตา

การเสียรูปของชิ้นงานเกิดจากการเคลื่อนตำแหน่งของแผ่นยึดและการเปลี่ยนรูปของท่อทำให้ชิ้นงานเปลี่ยนรูปร่างจากเดิม เมื่อวิเคราะห์ปัญหาแล้วจึงทำการแก้ไขปรับปรุงโดยสร้างอุปกรณ์กำหนดตำแหน่งชิ้นงาน ที่ไม่ทำให้แผ่นยึดมีการเคลื่อนตัวมากและท่อไม่เกิดการแอ่นตัว โดยทำอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานขึ้นมาทดลองใช้ดังรูปที่ 10



ก.ก่อนการปรับปรุง ข.หลังการปรับปรุง

รูปที่ 10 อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานใช้วางงานก่อนเข้าเตา

ข้อมูลการใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน สำหรับวางงานเข้าเตาเดือนตุลาคม 2553 – เดือนมกราคม 2554 พบว่างานทั้งหมด 47,756 ชิ้น พบของเสีย 9 ชิ้น ซึ่งถือเป็นร้อยละ 0.02 เทียบกับข้อมูลเก่าเดือนมกราคม – เดือนสิงหาคม 2553 ซึ่งมีของเสียร้อยละ 5.56 จะเห็นของเสียลดลง ดังนั้นการปรับปรุงนี้สามารถช่วยให้จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นลดลง

3.2 การวางงานในระหว่างกระบวนการ

การวางงานในกระบวนการทำให้ชิ้นงานเกิดการเสียรูปได้ แบ่งสาเหตุได้เป็น 2 ส่วน คือการวางงานในกล่อง และการวางงานในกระบวนการ จึงออกแบบและสร้างกล่องสำหรับวางงานใหม่ รวมทั้งอุปกรณ์สำหรับวางงานในกระบวนการด้วย ดังแสดงในรูปที่ 9 และ 10 ตามลำดับ

3.2.1 การวางงานในกล่องระหว่างกระบวนการ



ก.ก่อนการปรับปรุง ข.หลังการปรับปรุง

รูปที่ 11 กล่องสำหรับใส่งานที่อยู่ในระหว่างกระบวนการก่อนและหลังปรับปรุง

จากการเก็บข้อมูลการใช้กล่องที่ออกแบบใหม่ ในช่วงเดือนตุลาคม 2553 – เดือนมกราคม 2554 พบว่าจำนวนงานที่ผลิต 47,756 ชิ้น พบของเสีย 0 ชิ้น เป็นร้อยละ 0 จะเห็นได้ว่าจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นมีปริมาณลดลง เมื่อเทียบกับข้อมูลที่เคยสำรวจเดือนมกราคม – เดือนสิงหาคม 2553 ที่มีของเสียร้อยละ 0.1

3.2.2 การวางงานในกระบวนการ



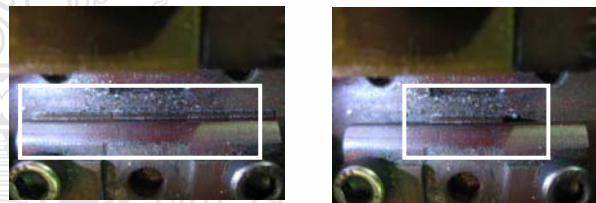
ก.ก่อนการปรับปรุง ข.หลังการปรับปรุง

รูปที่ 12 อุปกรณ์แขวนงานที่อยู่ในกระบวนการ

จากข้อมูลการใช้ที่แขวนงานในกระบวนการช่วงเดือนตุลาคม 2553 – เดือนมกราคม 2554 พบว่างานทั้งหมดที่ผลิต 47,756 ชิ้น พบของเสีย 0 ชิ้น เป็นร้อยละ 0 จะเห็นว่าการปรับปรุงที่เกิดขึ้นมีปริมาณลดลง เมื่อเทียบกับข้อมูลเดือนมกราคม – เดือนสิงหาคม 2553 ซึ่งมีของเสียร้อยละ 0.17

3.3 รอยแผลที่เกิดขึ้นบนผิวท่อ

หลังจากทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดรอยแผลขึ้นดังได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 2.2 จึงได้แก้ไขสาเหตุนี้โดยลดขนาดของทองแดงให้สั้นลง ดังแสดงในรูปที่ 11



ก.ก่อนการปรับปรุง ข.หลังการปรับปรุง

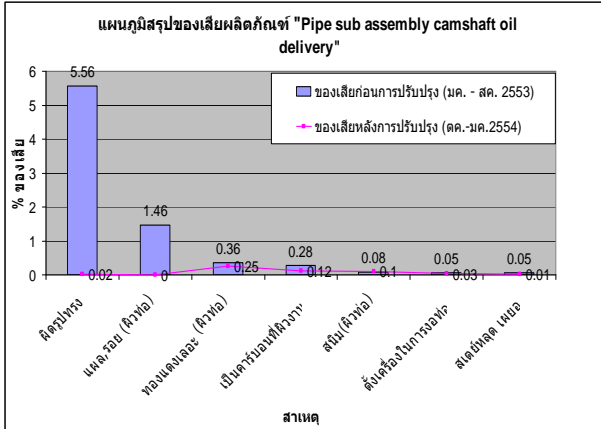
รูปที่ 13. ทองแดงที่อยู่บนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานหลังจากที่ได้ลดขนาดทองแดงลง

จากข้อมูลการใช้อุปกรณ์จับยึดสำหรับการเชื่อมแบบจุดช่วงเดือนตุลาคม 2553 – เดือนมกราคม 2554 พบว่างานทั้งหมดที่ผลิต 47,756 ชิ้น พบของเสีย 0 ชิ้น เป็นร้อยละ 0 จะพบว่าของเสียมีปริมาณลดลง เมื่อเทียบกับข้อมูลเดือนมกราคม – สิงหาคม 2553 ที่มีของเสียร้อยละ 1.46

3.4 ผลสรุปหลังการดำเนินการวิจัย

หลังการดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553 – เดือนมกราคม 2554 ทั้งการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานสำหรับวางงานเข้าเตา การใช้กล่องที่ออกแบบใหม่สำหรับวางงานในระหว่างกระบวนการ การใช้ที่แขวนงานใน

กระบวนการและการปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดสำหรับการเชื่อมแบบจุด พบว่าของเสียหลังการปรับปรุงลดลง ดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 16 ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของ “ท่อส่งน้ำมันไปยังเพลาลูกเบี้ยว” เปรียบเทียบเดือนมกราคม – สิงหาคม 2553 (ก่อนปรับปรุง) และ ตุลาคม 2553 – มกราคม 2554 (หลังปรับปรุง) โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

เมื่อนำเครื่องมือทางคุณภาพ 7 อย่าง มาหาสาเหตุของปัญหาพบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากชิ้นงานผิดรูปเกิดจาก 2 สาเหตุใหญ่ๆคือ

1. อุปกรณ์วางงานก่อนนำเข้าไปไม่เหมาะสม ในส่วนนี้ได้ทำการออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานใหม่ ซึ่งหลังการทดลองปรากฏว่า ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการลดลง
2. การวางงานในกระบวนการทำให้เสียรูปแบบเป็น 2 ส่วนคือ การวางงานในกล่องระหว่างกระบวนการและการวางงานในกระบวนการ ซึ่งการวางงานในกล่องระหว่างกระบวนการได้ออกแบบกล่องใหม่ ให้ยึดจับชิ้นงานโดยไม่ทำให้งานเกี่ยวกัน และการแก้ปัญหาการวางงานที่อยู่ในกระบวนการ โดยออกแบบที่แขวนงานไว้แทนที่การวางงานบนโต๊ะ จากการปรับปรุงพบว่า ไม่พบของเสีย

ส่วนปัญหาที่เกิดขึ้นจากรอยแผลที่เกิดขึ้นที่ผิวท่อ เกิดขึ้นจากการลัดวงจรของกระแสไฟที่ไหลผ่านทองแดงไปยังสเตย์ผ่านท่อ มีบางส่วนที่ลัดวงจรจากท่อผ่านช่องว่างเล็กๆที่เกิดขึ้นไปยังทองแดงด้านล่าง การลัดวงจรนี้ทำให้เกิดรอยแผลที่ผิวท่อ จึงออกแบบทองแดงที่อยู่ด้านล่าง ให้

มีขนาดเล็กลงเหลือเฉพาะทองแดงที่ใช้งานเท่านั้น หลังการปรับปรุงไม่พบของเสียเกิดขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบของเสีย หลังการปรับปรุงและก่อนการปรับปรุงพบว่า ของเสียหลังการปรับปรุงทั้งหมดร้อยละ 0.53 ของเสียก่อนการปรับปรุงทั้งหมดร้อยละ 7.84 ซึ่งถือว่าจำนวนของเสียหลังการปรับปรุง ลดลงต่ำกว่าเป้าหมายคือของเสียน้อยกว่าร้อยละ 4

4.2 อุปสรรคในงานวิจัย

1. การปรับปรุงอุปกรณ์กำหนดตำแหน่งชิ้นงาน ต้องอาศัยความร่วมมือจากแผนกอื่น ลำบากบ้าง ต้องติดตามเป็นระยะๆ

2. การขอความร่วมมือในการปรับปรุง ไม่สะดวกนัก เนื่องจากสายการผลิตเร่งผลิตงานตลอดเวลา ต้องขอความร่วมมือในการทำวิจัยในวันที่หยุดการผลิตไม่สูง

4.3 ข้อเสนอแนะ

1. วิธีการแก้ปัญหา เพียงแต่วิธีการหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาต้องทำอย่างมีขั้นตอน หากไม่แก้ที่สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาก็จะทำให้ปัญหาลับมาเกิดขึ้นใหม่ได้
2. ปัญหาที่แก้ไขแล้ว ต้องตรวจสอบต่อเนื่องว่าใช้งานจริงอยู่หรือไม่ อุปกรณ์มีความพร้อมในการใช้งานหรือไม่ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำ
3. การปรับปรุงทุกครั้ง ต้องมีการจับเวลารอบของการผลิตใหม่ หากเวลาการผลิตงานหลังการปรับปรุงมากกว่า ต้องทำการปรับปรุงวิธีการทำงานในกระบวนการ เพื่อลดเวลารอบการผลิตงานลง ไม่ให้กระทบการผลิตในแต่ละวัน

เอกสารอ้างอิง

หนังสือภาษาไทย

[1] คะทียะ โฮโซตานิ, วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. (2545). การแก้ปัญหาแบบคิวซี, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สมาคมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[2] โยชิโนบุ นายาทานิ, วิฑูรย์ สิมะโชคดีและคณะ. (2545). เครื่องมือสู่คุณภาพยุคใหม่, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สมาคมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[3] ธาณี อ่วมอ้อ. (2544). เครื่องมือ 7 อย่างสำหรับ QC. กรุงเทพฯ: สถาบันพีซีผลแห่งชาติ.

การประยุกต์และเปรียบเทียบการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการไซนิน กับวิธีการแฟคทอเรียล

ยศวัจน์ ศิริกมลชัย¹ ทศพล เกียรติเจริญผล²

¹การจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นครนายก 26120

²วิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นครนายก 26120

E-mail: yossawai@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองวิธีการไซนินและเปรียบเทียบกับวิธีวิธีการออกแบบการทดลองแบบมาตรฐาน (แฟคทอเรียล) โดยวิเคราะห์จากกรณีศึกษา 3 กรณีศึกษา ซึ่งผลการทดลองพบว่าหลักการค้นหาตัวแปรของไซนินสามารถวิเคราะห์ได้ผลลัพธ์เหมือนกับวิธีการออกแบบการทดลองแบบมาตรฐาน (แฟคทอเรียล) และใช้จำนวนครั้งของการทดลองที่น้อยกว่ามาก ซึ่งมีประโยชน์ในเรื่องการประหยัดต้นทุนในการทำการทดลองและเป็นทางเลือกหนึ่งของการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง ในกรณีที่มีตัวแปรที่ศึกษาจำนวนมาก

คำสำคัญ การออกแบบการทดลอง, วิธีการไซนิน

วิธีการทดสอบเรื่องความแกร่ง (Robustness) วิธี General Full Factorial ซึ่งนอกเหนือจากวิธีที่กล่าวมาแล้วยังมีเทคนิคที่เรียกว่าหลักการค้นหาตัวแปรซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งในการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการของไซนินโดยวิธีนี้นี้ถูกพัฒนาโดย โดเรียน ไซนิน เทคนิคนี้เป็นเทคนิคในการเก็บข้อมูลอย่างง่ายแต่ให้ประสิทธิภาพสูง และไม่จำเป็นต้องพึ่งหลักการทางสถิติที่ซับซ้อนมาก ทั้งยังเป็นวิธีการที่มีกระบวนการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบเป็นขั้นเป็นตอน และได้รับการพิสูจน์ว่าสามารถประยุกต์ใช้ได้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี[1] โดยงานวิจัยนี้จะทำการสร้างกรณีศึกษา การออกแบบการทดลองแบบเต็มรูป (Full Factorial) และนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการของไซนิน , วิธีการ 2^k และ 2^{k-1} และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

1. บทนำ

การออกแบบการทดลองมี 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน การคัดเลือก การหาค่าที่ดีที่สุด และการทวนสอบ ซึ่งงานด้านพัฒนากระบวนการและงานด้านการผลิตส่วนใหญ่มักจะมีตัวแปรจำนวนมากที่มีแนวโน้มว่าจะมีส่วนในการปรับปรุง การคัดเลือกเป็นการลดจำนวนตัวแปรเหล่านี้ให้มีจำนวนน้อยลง ซึ่งจะทำให้เราสามารถที่จะพิจารณาเฉพาะที่ตัวแปรที่มีความสำคัญต่อกระบวนการเท่านั้นได้ โดยมีอยู่หลายวิธีที่มักจะใช้ในการคัดเลือก เช่น วิธีTwo-Level Full วิธีFractional Factorial วิธีPlackett-Burman

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการค้นหาตัวแปร(Variables Search Method)

หลักการค้นหาตัวแปรที่มีประโยชน์เมื่อมีจำนวนตัวแปร ≥ 4 ตัวขึ้นไปซึ่งไซนินให้คำนิยามของตัวแปรที่มีความสำคัญมากที่สุดว่า Red X และตัวแปรที่มีความสำคัญอันดับที่ 2 ว่า Pink X และถัดมาเป็น Pale Pink X และเรียกตัวแปรตอบสนองว่า Green Y [2] หลักการค้นหาตัวแปรแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้
ขั้นตอนที่ 1 Ball Park มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดตัวแปรและค่าที่ถูกต้องในแต่ละการทดลองโดยเริ่มจากเลือก Green Y ที่ใช้ในการวัดคุณภาพและกำหนดตัวแปรที่คาด

ว่าจะมีผลต่อคุณภาพสินค้าจากนั้นกำหนดค่าให้ตัวแปร เพื่อการทดลอง โดยแบ่งเป็นค่าที่ดีที่สุดและค่าที่แย่ที่สุด และประเมินหาแนวโน้มอย่างคร่าวๆ โดยการทดลอง 2 ครั้ง ในครั้งแรกจะปรับค่าของตัวแปรที่ค่าที่ดีที่สุด ครั้งที่สองจะปรับค่าของตัวแปรที่ค่าที่แย่ที่สุดและในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 จะทำซ้ำในการทดลองนั้นอย่างละ 2 ซ้ำ จากนั้นทำการทดสอบนัยสำคัญโดยคำนวณอัตราส่วน $D : \bar{d}$ ซึ่งต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 1.25:1 (D คือ ผลต่างระหว่างค่ามัธยฐานของผลการทดลองทั้ง 3 ครั้ง จากการปรับตัวแปรไว้ที่ค่าที่ดีที่สุดและค่ามัธยฐานของผลการทดลองทั้ง 3 ครั้ง จากการปรับตัวแปรไว้ที่ค่าที่แย่ที่สุดในขณะที่ \bar{d} คือ ค่าเฉลี่ยของผลรวมของผลต่างของพิสัยของผลการทดลองทั้ง 3 ครั้งจากการปรับตัวแปรไว้ที่ค่าที่ดีที่สุดและผลต่างของพิสัยของผลการทดลองทั้ง 3 ครั้งจากการปรับตัวแปรไว้ที่ค่าที่แย่ที่สุด) จึงถือว่า ขั้นตอนที่ 1 เสร็จสิ้น แสดงว่าตัวแปรที่เลือกไว้ถูกต้องแล้ว

ขั้นตอนที่ 2 Separation of Important and Unimportant Factors มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกตัวแปรที่สำคัญออกจากตัวแปรที่ไม่สำคัญ โดยเริ่มจากการทดลองโดยการสลับค่าตัวแปรทีละคู่ แล้วคำนวณค่าสูงสุด,ต่ำสุดของขอบเขตการตัดสินใจ (Decision Limits (High sides) และ Decision Limits (Low sides)) โดยใช้สูตร $\text{median} \pm 2.776 \bar{d} / 1.81$

ขั้นตอนที่ 3 Capping Run มีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันตัวแปรที่สำคัญโดยทดสอบยืนยันผลของตัวแปรและ Interaction ด้วยการสลับค่าของตัวแปร เช่น $A_B B_B R_M$ และ $A_M B_M R_B$ แล้ววัดค่า Green Y ออกมา

ขั้นตอนที่ 4 Factorial Analysis มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาค่าของปัจจัยสำคัญที่จะทำให้คุณภาพสินค้าดีที่สุด โดยการหา Main และ Interaction Effect [3]

2.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล

การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลที่ใช้มากที่สุดคือ กรณีที่มีตัวแปร k ตัวซึ่งแต่ละตัวแปรประกอบด้วย 2 ระดับ เราเรียกการออกแบบลักษณะนี้ว่า การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k (Full Factorial Designs at Two

Levels) โดย $k =$ จำนวนตัวแปรที่สนใจศึกษาและ 2 คือ ระดับของตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

3.กรณีศึกษา

3.1 กรณีศึกษาที่ 1

เป็นการศึกษาตัวแปรของเครื่องปั๊มแม่เหล็กสูงในกระบวนการการผลิตชิ้นส่วนหน้าจอมือถือเพื่อทำให้ของเสียน้อยที่สุด ซึ่งค่าตอบสนอง (Y) คือจำนวนเสีย:100 หน่วย โดยมีตัวแปร 6 ตัวแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือค่าระดับที่ต่ำและสูง ตามตารางที่ 1 [4]

ตารางที่ 1. ระดับของตัวแปรทั้ง 6 ตัว

| พารามิเตอร์ | ระดับ | | หน่วย |
|------------------|---------|----------|---------|
| | Low (-) | High (+) | |
| A:ความสูงใบมีด 1 | 1002 | 1006 | mm |
| B:ความเร็วส่ง 1 | 15 | 30 | M./Min. |
| C:ค่า Inverter 1 | 115 | 150 | n/a |
| D:ความสูงใบมีด 2 | 990 | 995 | mm |
| E:ความเร็วส่ง 2 | 30 | 35 | M./Min. |
| F:ค่า Inverter 2 | 115 | 150 | n/a |

3.1.1 ดำเนินการทดลองตามหลักการค้นหาตัวแปร

ขั้นตอนที่ 1 Ball Park จากการทดลอง 3 ครั้งเมื่อปรับตัวแปรเป็นค่าที่ดีที่สุด(ปรับพารามิเตอร์ทุกตัวไว้ที่ระดับ High(+)) และ 3 ครั้งเมื่อปรับตัวแปรเป็นค่าที่แย่ที่สุด(ปรับพารามิเตอร์ทุกตัวไว้ที่ระดับ Low(-))แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. Ball Park

| Stage | ค่าของตัวแปรที่ดีที่สุด | ค่าของตัวแปรที่แย่ที่สุด |
|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| เริ่มต้น | 4 | 25 |
| ทำซ้ำครั้งที่ 1 | 9 | 16 |
| ทำซ้ำครั้งที่ 2 | 2 | 17 |

คำนวณหาค่า D และ \bar{d} โดย $D = 17 - 4 = 13$ และ $\bar{d} = ((9-2) + (25-16))/2 = 8$ ดังนั้น $D : \bar{d} = 13 : 8 = 1.63 : 1$ จึงสรุปได้ว่าตัวแปรที่เลือกไว้อย่างน้อย 1 ตัวแปรมีนัยสำคัญ ขั้นตอนที่ 2 Separation of Important and Unimportant Factors ทำการทดลองสลับค่าตัวแปรทีละคู่ เริ่มจากการกำหนดให้ตัวแปร A เป็นค่า Marginal (ค่าที่แย่ที่สุด, ระดับ Low(-)) และตัวแปรที่เหลือเป็น Best (ค่าที่ดีที่สุด

ระดับHigh(+) ทั้งหมดแล้วเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้น จากนั้นกำหนดให้ตัวแปร A เป็นค่า Best และตัวแปรที่เหลือเป็น Marginal ทั้งหมดแล้วเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้น หลังจากนั้นทำแบบนี้กับตัวแปรที่เหลือไปจนครบแล้วนำข้อมูลของเสียมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ Decision Limit โดยคำนวณขอบเขตการตัดสินใจ คือ Decision Limits (Low sides) = median(marginal) \pm 2.776 \bar{d} / 1.81 = 4.73 ถึง 29.27 และ Decision Limits (High sides) = median(best) \pm 2.776 \bar{d} / 1.81 = -8.27 ถึง 16.37 ซึ่งจากผลการทดลองตัวแปร B,C,D,F มีผลลัพธ์ที่อยู่ภายใน Decision Limits หมายความว่า เป็นตัวแปรที่ไม่มีนัยสำคัญ ส่วนตัวแปร A และ E มีผลลัพธ์อยู่นอกเหนือจาก Decision Limits จึงหมายความว่าตัวแปร A และ E มีนัยสำคัญ

ขั้นตอนที่ 3 Capping Run ทำการสลับค่าของตัวแปรซึ่งกรณีศึกษาตัวแปร A และ E มีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงกำหนดให้ตัวแปร A และ E เป็นค่า Best และตัวแปรที่เหลือเป็น Marginal ทั้งหมดแล้วจึงเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นซึ่งแสดงผลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. Capping Run

| Combination | Results | Median | Decision Limits | สรุป |
|--|---------|--------|-----------------|----------------|
| A _B E _B R _M | 1 | 4 | -8.27to16.27 | AE Interaction |
| A _M E _M R _B | 24 | 17 | 4.73to29.27 | มีความสำคัญ |

จากการทำ Capping Run พบว่าตัวแปร A และ E เป็นตัวแปรที่มีนัยสำคัญและอาจมีความสัมพันธ์ร่วม (Interaction effect)

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ตัวแปร นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองบันทึกลงในตารางแล้วคำนวณค่ามัธยฐานจากนั้นคำนวณหาค่าอิทธิพลหลัก (Main Effect) และอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4. การวิเคราะห์ตัวแปร

| | A Best | | A Marginal | |
|------------|---------------|----|---------------|--------------|
| E Best | 9 | 13 | 19 | 11+9.5=20.5 |
| | 4 | 14 | 0 | |
| | 2 | 13 | | |
| | 1 | 16 | | |
| | Medain = 11 | | Medain = 9.5 | |
| E Marginal | 4 | | 25 | 13.5+16.5=20 |
| | 23 | | 17 | |
| | | | 16 | |
| | | | 24 | |
| | Medain = 13.5 | | Medain = 16.5 | |

$$9.5+13.5=23 \quad 11+13.5=24.5 \quad 9.5+16.5=26 \quad 11+16.5=27.5$$

$$\text{Main Effect A} = (26-24.5)/2 = 0.75$$

$$\text{Main Effect E} = (30-20.5)/2 = 4.75$$

$$\text{AE Interaction} = (27.5-23)/2 = 2.25$$

จากตารางสรุปได้ว่าตัวแปร E มีความสำคัญมากที่สุด (Red X) ซึ่งดูผลลัพธ์จากการคำนวณได้คือ 4.75 และตัวแปรที่มีความสำคัญอันดับ 2 คือการเกิดอิทธิพลร่วมกันระหว่างตัวแปร A และ E (Pink X) โดยมีผลลัพธ์จากการคำนวณเท่ากับ 2.25 และตัวแปรที่มีความสำคัญเป็นอันดับสุดท้ายคือ ตัวแปร A (Pale Pink X) โดยมีผลลัพธ์จากการคำนวณเท่ากับ 0.75

3.1.2 ดำเนินการทดลองโดยใช้ 2^k Full Factorial Design และ 2^{k-1} Fractional Factorial Design

รูปแบบการทดลองเป็นแบบ 2⁶ แต่แต่ละครั้งของการทดลองมีการทำซ้ำ 3 ซ้ำ และทำการออกแบบการทดลองแบบเศษส่วนของแฟคทอเรียล (2^{k-1}) ได้รูปแบบการทดลองเป็น 2⁶⁻¹ แต่แต่ละครั้งของการทดลอง มีการทำซ้ำ 3 ซ้ำดำเนินการวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยโปรแกรม Minitab และทดสอบที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 พบว่าตัวแปรหลักที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตขึ้นส่วนหน้าจอมือถือมี 2 ตัวแปรคือความสูงใบมีด 1 (A) และความเร็วส่ง 2 (E)

3.2 กรณีศึกษาที่ 2

เป็นการปรับปริมาณธาตุที่เป็นส่วนผสมทางเคมีของน้ำเหล็กที่ใช้ในการผลิตแท่งเหล็กดิบ ซึ่งค่าตอบสนอง (Y) คือค่าความแข็งแรงของเหล็กถวด โดยมีตัวแปร 5 ตัว แบ่งออกเป็น 2 ระดับคือค่าระดับที่ต่ำและสูง ตามตารางที่ 5 [5]

ตารางที่ 5. ระดับของตัวแปรทั้ง 5 ตัว

| พารามิเตอร์ | ระดับ | | หน่วย |
|---------------------|---------|----------|-------|
| | Low (-) | High (+) | |
| A:ธาตุคาร์บอน (C) | 0.15 | 0.2 | %/kg |
| B:ธาตุแมงกานีส (Mn) | 0.3 | 0.6 | %/kg |
| C:ธาตุฟอสฟอรัส (P) | 0.01 | 0.04 | %/kg |
| D:ธาตุกำมะถัน (S) | 0.01 | 0.05 | %/kg |
| E:ธาตุซิลิกอน (Si) | 0.04 | 0.5 | %/kg |

3.2.1 ดำเนินการทดลองตามหลักการค้นหาตัวแปร

ขั้นตอนที่ 1 Ball Park จากการทดลอง 3 ครั้งเมื่อปรับตัวแปรเป็นค่าที่ดีที่สุด (ปรับพารามิเตอร์ทุกตัวไว้ที่ระดับ High(+)) และ 3 ครั้งเมื่อปรับตัวแปรเป็นค่าที่แย่ที่สุด (ปรับพารามิเตอร์ทุกตัวไว้ที่ระดับ Low(-)) แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6. Ball Park

| Stage | ค่าของตัวแปรที่ดีที่สุด | ค่าของตัวแปรที่แย่ที่สุด |
|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| เริ่มต้น | 51.21 | 51.95 |
| ทำซ้ำครั้งที่ 1 | 49.85 | 52.27 |
| ทำซ้ำครั้งที่ 2 | 50.41 | 51.86 |

คำนวณหาค่า \bar{D} และ \bar{d} โดย $\bar{D} = 51.95 - 50.41 = 1.54$ และ $\bar{d} = ((51.21 - 49.85) + (52.27 - 51.86)) / 2 = 0.885$ ดังนั้น $\bar{D} : \bar{d} = 1.54 : 0.885 = 1.74 : 1$ สรุปได้ว่าตัวแปรที่เลือกไว้อย่างน้อย 1 ตัวแปรมีนัยสำคัญ

ขั้นตอนที่ 2 Separation of Important and Unimportant Factors ทำการสลับค่าตัวแปรทีละคู่ เริ่มจากกำหนดให้ตัวแปร A เป็นค่า Marginal (ค่าที่แย่ที่สุด, ระดับ Low(-)) และตัวแปรที่เหลือเป็น Best (ค่าที่ดีที่สุด, ระดับ High(+)) แล้วเก็บข้อมูลค่าความแข็งแรงของเหล็กกลวดจากนั้นกำหนดให้ตัวแปร A เป็นค่า Best และตัวแปรที่เหลือเป็น Marginal ทั้งหมดแล้วเก็บข้อมูลค่าความแข็งแรงของเหล็กกลวดแล้วทำแบบนี้กับตัวแปรที่เหลือไปจนครบแล้วนำข้อมูลค่าความแข็งแรงของเหล็กกลวดมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ Decision Limit โดยคำนวณขอบเขตการตัดสินใจ คือ Decision Limits (Low sides) = median(marginal) \pm 2.776 \bar{d} / 1.81 = 50.59 ถึง 53.31 และ Decision Limits (High sides) = median(best) \pm 2.776 \bar{d} / 1.81 = 49.05 ถึง 51.77 ซึ่งจากผลการทดลองตัวแปร C มีผลลัพธ์ที่อยู่ใน

Decision Limits หมายความว่า เป็นตัวแปรที่ไม่มีนัยสำคัญ ส่วนตัวแปร A, B, D และ E มีผลลัพธ์อยู่นอกเหนือจาก Decision Limits จึงหมายความว่า ตัวแปร A, B, D และ E มีนัยสำคัญ

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ด้วยวิธี ANOVA ของตัวแปรที่เหลือ A, B, D และ E เพื่อหาว่าตัวแปรทั้ง 4 ตัวแปรใดที่เป็น Red X, Pink X และ Pale Pink X โดยจากกรณีศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ตัวแปรที่เป็น Red X คือ A ตัวแปรที่เป็น Pink X คือ B และตัวแปรที่เป็น Pale Pink X คือ ABD

3.2.2 ดำเนินการทดลองโดยใช้ 2^k Full Factorial Design รูปแบบการทดลองเป็นแบบ 2^5 การทดลองมีการทำซ้ำ 4 ซ้ำ ดำเนินการวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยโปรแกรม Minitab และทดสอบที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 พบว่าตัวแปรหลักที่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งแรงของเหล็กกลวด มี 2 ตัวแปรคือธาตุคาร์บอน C (A) และธาตุแมงกานีส Mn (B)

3.3 กรณีศึกษาที่ 3

เป็นการศึกษาการตั้งค่าของเครื่องพ่นงานหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนการเปลี่ยนสีของแผ่นอลูมินาซึบสเทรท ซึ่งค่าตอบสนอง (Y) จะเป็นค่าจำนวนแผ่นงานแตกร้าว โดยมีตัวแปร 5 ตัว แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ค่าระดับที่ต่ำและสูง ตามตารางที่ 7 [6]

ตารางที่ 7. ระดับของตัวแปรทั้ง 5 ตัว

| พารามิเตอร์ | ระดับ | | หน่วย |
|--|---------|----------|--------------|
| | Low (-) | High (+) | |
| A: ความเร็วของสายพาน | 40 | 60 | เฮิร์ตซ์ |
| B: ความแรงของลมร้อน | 20 | 60 | เฮิร์ตซ์ |
| C: อุณหภูมิ | 50 | 80 | องศาเซลเซียส |
| D: ระดับความโค้งของแผ่นอลูมินาซึบสเทรท | 80 | 220 | ไมครอน |
| E: จำนวนของการวางงานใส่ในแมกกาซีน | 100 | 300 | แผ่น |

3.3.1 ดำเนินการทดลองตามหลักการค้นหาตัวแปร
ขั้นตอนที่ 1 Ball Park จากการทดลอง 3 ครั้งเมื่อปรับตัวแปรเป็นค่าที่ดีที่สุด (ปรับพารามิเตอร์ทุกตัวไว้ที่ระดับ High(+)) และ 3 ครั้งเมื่อปรับตัวแปรเป็นค่าที่แย่ที่สุด (ปรับพารามิเตอร์ทุกตัวไว้ที่ระดับ Low(-)) แสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8. Ball Park

| Stage | ค่าของตัวแปรที่ดีที่สุด | ค่าของตัวแปรที่แย่ที่สุด |
|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| เริ่มต้น | 26 | 32 |
| ทำซ้ำครั้งที่ 1 | 29 | 35 |
| ทำซ้ำครั้งที่ 2 | 28 | 33 |

คำนวณค่า \bar{d} และ \bar{d} โดย $D = 33 - 28 = 5$ และ $\bar{d} = ((29 - 26) + (35 - 32)) / 2 = 3$ ดังนั้น $D : \bar{d} = 5 : 3 = 1.67 : 1$ จึงสรุปได้ว่าตัวแปรที่เลือกไว้อย่างน้อย 1 ตัวแปร มีนัยสำคัญ

ขั้นตอนที่ 2 Separation of Important and Unimportant Factors ทำการสลบค่าตัวแปรทีละคู่ เริ่มจากให้ตัวแปร A เป็นค่า Marginal (ค่าที่แย่ที่สุด, ระดับ Low(-)) และตัวแปรที่เหลือเป็น Best (ค่าที่ดีที่สุด, ระดับ High(+)) ทั้งหมดแล้วเก็บข้อมูลจำนวนแผนงานแต่กร้าวจากนั้นกำหนดให้ตัวแปร A เป็นค่า Best และตัวแปรที่เหลือเป็น Marginal ทั้งหมดแล้วเก็บข้อมูลจำนวนแผนงานแต่กร้าวแล้วทำแบบนี่ยกกับตัวแปรที่เหลือไปจนครบแล้วนำข้อมูลจำนวนแผนงานแต่กร้าวมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ Decision Limit โดยคำนวณขอบเขตการตัดสินใจ คือ Decision Limits (Low sides) = median(marginal) \pm 2.776 $\bar{d} / 1.81 = 28.4$ ถึง 37.6 และ Decision Limits (High sides) = median(best) \pm 2.776 $\bar{d} / 1.81 = 23.4$ ถึง 32.6 ซึ่งผลการทดลองตัวแปร A, B, C มีผลลัพธ์ที่อยู่ใน Decision Limits หมายความว่า เป็นตัวแปรที่ไม่มีนัยสำคัญ ส่วนตัวแปร D และ E มีผลลัพธ์อยู่นอกเหนือจาก Decision Limits หมายความว่า ตัวแปร D และ E มีนัยสำคัญ

ขั้นตอนที่ 3 Capping Run ทำการสลบค่าของตัวแปรซึ่งกรณีศึกษาในตัวแปร D และ E มีนัยสำคัญ จึงกำหนดให้ตัวแปร D และ E เป็นค่า Best และตัวแปรที่เหลือเป็น Marginal ทั้งหมดแล้วเก็บข้อมูลจำนวนแผนงานแต่กร้าวจากนั้นจึงให้ตัวแปร D และ E เป็นค่า Marginal และตัวแปรที่เหลือเป็น Best ทั้งหมดแล้วเก็บข้อมูลจำนวนแผนงานแต่กร้าวที่เกิดขึ้นซึ่งแสดงผลในตารางที่ 9

ตารางที่ 9. Capping Run

| Combination | Results | Median | Decision Limits | สรุป |
|---------------|---------|--------|-----------------|----------------|
| $D_B E_B R_M$ | 30 | 28 | 23.40 to 32.60 | DE Interaction |
| $D_M E_M R_B$ | 29 | 33 | 28.40 to 37.60 | มีความสำคัญ |

จากการทำ Capping Run พบว่าตัวแปร D และ E เป็นตัวแปรที่มีนัยสำคัญและอาจมีความสัมพันธ์ร่วม (Interaction effect)

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ตัวแปร นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองบันทึกลงในตารางแล้วคำนวณค่ามัธยฐานจากนั้นคำนวณค่าอิทธิพลหลัก (Main Effect) และอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10. การวิเคราะห์ตัวแปร

| | D Best | D Marginal | | |
|------------|--------------|---------------|----------------|----------|
| E Best | 29 24 | 14 | → 28+14.5=42.5 | |
| | 28 24 | 15 | | |
| | 26 30 | | | |
| | 29 | | | |
| | Medain = 28 | Medain = 14.5 | | |
| E Marginal | 36 35 | 35 | → 34+33=67 | |
| | 32 33 | 37 | | |
| | 32 25 | | | |
| | 31 | | | |
| | Medain = 34 | Medain = 33 | | |
| | 14.5+34=48.5 | 28+34=62 | 14.5+33=47.5 | 28+33=61 |

$$\text{Main Effect D} = (62 - 47.5) / 2 = 7.25$$

$$\text{Main Effect E} = (67 - 42.5) / 2 = 12.25$$

$$\text{DE Interaction} = (61 - 48.5) / 2 = 6.25$$

จากตารางสรุปว่าตัวแปร E มีความสำคัญมากที่สุด (Red X) ซึ่งผลลัพธ์จากการคำนวณคือ 12.25 และตัวแปรที่มีความสำคัญอันดับ 2 คือตัวแปร D (Pink X) โดยมีผลลัพธ์จากการคำนวณเท่ากับ 7.25 และตัวแปรที่มีความสำคัญเป็นอันดับสุดท้ายคือการเกิดอิทธิพลร่วมกันระหว่างตัวแปร D และ E (Pale Pink X) โดยมีผลลัพธ์จากการคำนวณเท่ากับ 6.25

3.3.2 ดำเนินการทดลองโดยใช้ 2^k Full Factorial Design

รูปแบบการทดลองเป็นแบบ 2^5 มีการทำซ้ำ 2 ซ้ำ ดำเนินการวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยโปรแกรม Minitab และทดสอบที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 พบว่าตัวแปรหลักที่มีอิทธิพลต่อจำนวนแผนงานแต่กร้าว มี 2 ตัวแปรคือ

ระดับความโค้งงอของแผ่นอลูมิเนียมซับสเทรท(D) และ จำนวนของการวางงานใส่ในแมกกาซีน (E)

4. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยฉบับนี้อธิบายการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองวิธีการของไชนินโดยอาศัยกรณีศึกษาและได้เปรียบเทียบกับกรอกแบบการทดลองมาตรฐาน(แฟคทอเรียล) ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ที่เหมือนกันในทั้ง 3 กรณีศึกษาสรุปได้ ดังตารางที่ 11 และทำการเปรียบเทียบให้เห็นจำนวนครั้งของการทดลองดังตารางที่ 12

ตารางที่ 11 สรุปผลของตัวแปรที่มีอิทธิพลกับค่าตอบสนอง อย่างมีนัยสำคัญเปรียบเทียบกันทั้ง 2 วิธีของการออกแบบการทดลองทั้ง 3 กรณีศึกษา

| กรณีศึกษา | ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าตอบสนอง อย่างมีนัยสำคัญ | |
|----------------|---|-------------------------|
| | วิธีการไชนิน | วิธีมาตรฐาน(แฟคทอเรียล) |
| กรณีศึกษาที่ 1 | A,E,AE | A,E |
| กรณีศึกษาที่ 2 | A,B,ABD | A,B |
| กรณีศึกษาที่ 3 | D,E,DE | D,E |

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบจำนวนครั้งของการทดลองด้วยวิธีการของไชนินกับวิธีการออกแบบการทดลองแบบมาตรฐาน(แฟคทอเรียล) จากกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณีศึกษา

| กรณีศึกษา | จำนวนครั้งในการทดลอง | |
|----------------|----------------------|-------------------------|
| | วิธีการไชนิน | วิธีมาตรฐาน(แฟคทอเรียล) |
| กรณีศึกษาที่ 1 | 17 ครั้ง | 192 ครั้ง |
| กรณีศึกษาที่ 2 | 32 ครั้ง | 128 ครั้ง |
| กรณีศึกษาที่ 3 | 15 ครั้ง | 64 ครั้ง |

จากตารางที่ 12 เมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 3 กรณีศึกษาจะพบว่าการออกแบบการทดลองแบบวิธีการของไชนินมีประโยชน์ที่เห็นเด่นชัดคือใช้จำนวนครั้งของการทดลองที่น้อยกว่าการออกแบบการทดลองมาตรฐาน(แฟคทอเรียล) มาก ซึ่งทำให้ต้นทุนจากการทำการทดลองน้อยกว่าด้วยอีกทั้งยังมีความยุ่งยากซับซ้อนทางการคำนวณสถิติน้อยเมื่อเทียบกับวิธีการออกแบบการทดลองมาตรฐาน (แฟคทอเรียล) แต่ทั้งนี้ยังมีข้อเสียอยู่คือไม่สามารถคำนวณหาสมการถดถอยได้ ดังนั้นการออกแบบการ

ทดลองแบบวิธีการของไชนินจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาตัวแปรในกรณีการดำเนินการทดลอง ไม่สามารถทำการทดลองได้จำนวนมาก และมีจำนวนตัวแปรที่ศึกษาจำนวนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทดลองแบบคัดเลือก (Screening)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Bhote K. 2000. World Class Quality: Using Design of Experiments to Make It Happen: Amacom New York.
- [2] Andrew T. and Jiju A. 2004. Applying Shainin's variables search methodology in Aerospace applications at Assembly Automation, 24: 184-191.
- [3] พิษิต สุขเจริญพงษ์. 2550. Shainin DOE: เทคนิคของไชนินสำหรับการออกแบบการทดลองเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- [4] บุญชัย อารยสนองกุล, การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปั๊มแม่เหล็กด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง, สารนิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2550.
- [5] วีรเทพ เฉลิมสมิทธิชัย, การศึกษาปริมาณธาตุที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กดิบโดยวิธีการออกแบบการทดลอง, สารนิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2550.
- [6] นवलลลิต พรหมเรืองรอง, การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อลดการแตกร้าวของแผ่นอลูมิเนียมซับสเทรทโดยเทคนิคการออกแบบการทดลอง, การค้นคว้าอิสระปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2551.

การออกแบบการทดลองเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก

วรุฒิ หวังวัชรกุล¹, พิสิฐ เตวารานนท์²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 10902

E-mail : fengwww@ku.ac.th*

บทคัดย่อ

จากการที่ได้เข้าไปศึกษากระบวนการฉีดพลาสติกลงบนแม่พิมพ์ของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานที่ทำการผลิตชิ้นส่วนของรถจักรยานยนต์ โดยใช้กระบวนการฉีดพลาสติกลงบนแม่พิมพ์ ซึ่งพบปัญหาของเสียจากชิ้นงาน Cover Side ของรถจักรยานยนต์ที่ผลิตจากพลาสติกชนิด ABS จากการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิพาราดิโอมที่มีปัญหาที่พบบ่อยคือ การเกิดสลายบนชิ้นงาน จึงได้มีการออกแบบการทดลองเพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยมุ่งสู่การศึกษาและหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการเกิดสลายบนชิ้นงาน โดยใช้การทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ โดยกำหนดปัจจัยในการศึกษา คือ อุณหภูมิในการอบ เวลาในการอบ ความเร็วในการฉีดพลาสติก และจากการศึกษาพบว่าระดับปัจจัยที่มีผลให้เกิดปัญหาการเกิดสลายบนชิ้นงานน้อยที่สุด คือ เวลาในการอบที่ 4 ชั่วโมงและความเร็วในการฉีดที่ 3% **คำสำคัญ** ลดของเสีย , การเกิดสลายบนชิ้นงาน , การทดลองแฟคทอเรียล

1. บทนำ

โรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้เป็นโรงงานที่ทำการผลิตชิ้นส่วนของรถจักรยานยนต์โดยวัตถุดิบหลักคือ พลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก โดยใช้กระบวนการฉีดพลาสติกลงบนแม่พิมพ์เป็นกระบวนการหลักในการผลิต ซึ่งพบปัญหาของเสียจากชิ้นงาน ถ้าพบปัญหาในขั้นตอนการตรวจสอบก็สามารถนำชิ้นงานมาแก้ไขปรับปรุงแล้วนำกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตซึ่งข้อเสียที่เกิดขึ้นก็คือเสียค่าใช้จ่าย ใน

การปรับปรุงชิ้นงาน แต่ถ้าหลุดพ้นขั้นตอนการตรวจสอบแล้วส่งถึงมือลูกค้าก็อาจจะเกิดข้อตำหนิและความเชื่อมั่นที่ลดลงจากลูกค้าได้ จึงมีการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติกเพื่อลดการเกิดของเสียจากชิ้นงานลง ซึ่งทางโรงงานมีความประสงค์ที่จะหาสาเหตุที่ทำให้เกิดสลายบนชิ้นงาน โดยได้เลือกชิ้นงาน Cover Side ของรถจักรยานยนต์ ซึ่งเป็นพลาสติกชนิด ABS ประเภทเทอร์โมพลาสติกมาใช้เป็นกรณีศึกษา เพราะเป็นชิ้นงานที่มีปัญหาของเสียประเภทการเกิดสลายบนชิ้นงานมาก

2. การออกแบบการทดลอง และวิเคราะห์ผล

จากการศึกษากระบวนการฉีดพลาสติกลงบนแม่พิมพ์ของสายการผลิตชิ้นงาน Cover Side ของรถจักรยานยนต์ โดยอาศัยข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับจำนวนของเสียที่พบบนชิ้นงาน มาทำการหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าตอบสนอง พบว่าของเสียประเภทการเกิดสลายบนชิ้นงานมาจากกระบวนการอบพลาสติก และกระบวนการฉีดพลาสติกลงบนแม่พิมพ์ ซึ่งทั้งสองกระบวนการต่อเนื่องกัน ดังนั้น การทดลองจึงเป็นการกระทำที่ร่วมกัน จึงได้ใช้ เครื่องมือออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบสุ่มตลอด ซึ่งใช้ศึกษาผลกระทบของวิธีปฏิบัติต่อค่าตอบสนองในกรณีที่มีหลายปัจจัย โดยสามารถศึกษาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยได้ ในการทดลองนี้แต่ละปัจจัยกำหนดให้มี 2 ระดับ โดยไม่มีการทำซ้ำ (single replicate 2^k factorial design) เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการทำการทดลอง โดย

ใช้ขนาดตัวอย่าง 200 ชิ้น ค่าตอบสนอง ของกระบวนการ คือ สัดส่วนของเสียที่เกิดสลายบนชิ้นงาน แต่เนื่องจากไม่มีการทำซ้ำจึงได้ทำการใช้ค่าผลกระทบ ในการวิเคราะห์หาค่าปัจจัยที่เหมาะสม

2.1 ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเบื้องต้นทำให้ทราบถึงวิธีปฏิบัติ ที่อาจก่อให้เกิดของเสียประเภทการเกิดสลายบนชิ้นงานจึงนำมาออกแบบการทดลอง ซึ่งสามารถแบ่งปัจจัยต่างๆ ที่อยู่ภายใต้กระบวนการอบพลาสติกและกระบวนการฉีดพลาสติกลงบนแม่พิมพ์ ที่มีความต่อเนื่องกันได้ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิในการอบพลาสติก โดยปกติแล้วทางโรงงานมีช่วงอุณหภูมิการอบพลาสติกอยู่ที่ 85-95 องศาเซลเซียส แต่ในช่วงเวลาก่อนปรับปรุงนี้ทางโรงงานเลือกใช้อุณหภูมิในการอบที่ 85 องศาเซลเซียส เพื่อให้สอดคล้องกับเวลาในการอบ จึงแบ่งระดับของอุณหภูมิในการอบพลาสติก ที่เหมาะสมเป็น 2 ระดับคือ

ระดับการทดลองที่ 1 คือ 85 องศาเซลเซียส

ระดับการทดลองที่ 2 คือ 95 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ 2 เวลาในการอบพลาสติก โดยปกติแล้วทางโรงงานมีช่วงเวลากการอบพลาสติกอยู่ที่ 3-4 ชั่วโมง แต่ในช่วงเวลาก่อนปรับปรุงนี้ ทางโรงงานเลือกใช้ เวลาในการอบพลาสติกที่ 3 ชั่วโมง เพื่อให้สอดคล้องกับอุณหภูมิในการอบและลดเวลาการผลิตให้รวดเร็วขึ้น จึงมีการแบ่งระดับเวลาในการอบพลาสติกที่เหมาะสมเป็น 2 ระดับคือ

ระดับการทดลองที่ 1 คือ 3 ชั่วโมง

ระดับการทดลองที่ 2 คือ 4 ชั่วโมง

ปัจจัยที่ 3 ความเร็วในการฉีดพลาสติก โดยปกติแล้วทางโรงงาน มีข้อกำหนด ที่ช่วยใช้ในการฉีดพลาสติกให้ได้ตามรูปร่างผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม คือความเร็วที่ 15 เปอร์เซ็นต์โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ ± 10 เปอร์เซ็นต์ แต่เนื่องจากการที่ได้เก็บสถิติรวมทั้งสอบถามไปยังผู้ปฏิบัติงาน พบว่า ปัจจัยความเร็วในการฉีดพลาสติก นั้นยังมีค่าปัจจัยที่ไม่เหมาะสมอยู่จึงทำการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมใหม่

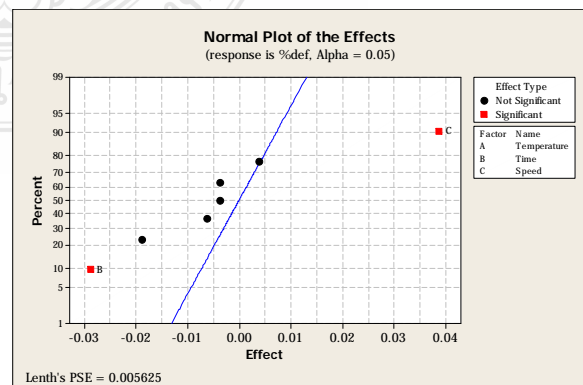
ระดับการทดลองที่ 1 คือ 3 เปอร์เซ็นต์

ระดับการทดลองที่ 2 คือ 5 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 ค่าผลกระทบปัจจัยต่างๆในการทดลอง

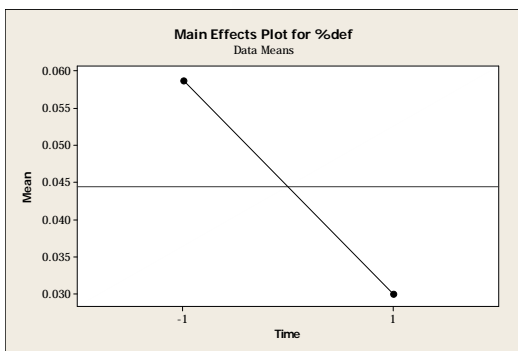
| Term Constant | Effect |
|------------------------|----------|
| Temperature | 0.00375 |
| Time | - |
| Speed | 0.03875 |
| Temperature*Time | - |
| Temperature*Speed | -0.00625 |
| Time*Speed | -0.01875 |
| Temperature*Time*Speed | -0.00375 |

หลังจากทำการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ ซึ่งใช้หน่วยทดลองจำนวน $2^3 \times 200 = 1,600$ ชิ้น ได้ผลการวิเคราะห์ค่าผลกระทบจากปัจจัยต่างๆดังใน ตารางที่ 1 พบว่า มี 2 ปัจจัย ที่มีค่าผลกระทบที่มีผลต่อการเกิดของเสียประเภทสลายบนชิ้นงาน คือ เวลาในการอบพลาสติก จากค่าผลกระทบของเวลาในการอบพลาสติก แสดงเป็นค่าลบ ซึ่งได้ว่า หากระดับปัจจัยสูง จะได้ค่าตอบสนองต่ำ คือจะพบของเสียน้อยลงและความเร็วในการฉีดพลาสติก จากค่าผลกระทบของเวลาในการอบพลาสติก แสดงเป็นค่าบวก ซึ่งได้ว่า หากระดับปัจจัยต่ำ จะได้ค่าตอบสนองต่ำ คือจะพบของเสียน้อยลง

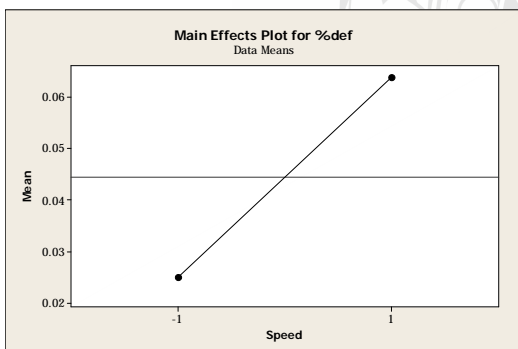


รูปที่ 1 กราฟแสดงการแจกแจงปกติของค่าผลกระทบ

จากรูปที่ 1 แสดงการแจกแจงของค่าผลกระทบบน จะเห็นได้ว่าจุดบนกราฟการแจกแจงปกติคือ ค่าผลกระทบบนของปัจจัยต่างๆจากภาพเห็นได้ว่ามี ปัจจัยหลัก B คือ เวลาในการอบพลาสติกและปัจจัยหลัก C คือความเร็วในการฉีดพลาสติกที่อยู่ออกมาเหนือเส้นตรงอย่างชัดเจนแสดงถึงการที่ปัจจัยทั้งสองมีผลต่อการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียประเภทสีลายบนชิ้นงาน คือ เวลาในการอบพลาสติกและความเร็วในการฉีดพลาสติกโดยผลกระทบบนร่วม (Interaction Effect) ไม่มีนัยสำคัญต่อค่าตอบสนอง การพิจารณาเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดของเสียน้อยที่สุดในกระบวนการทำได้โดยการดูจากกราฟผลกระทบบนของปัจจัยหลัก (Main Effect Plots)



รูปที่ 2 กราฟผลกระทบบนของปัจจัยหลักของเวลา



ภาพที่ 3 กราฟผลกระทบบนของปัจจัยหลักของความเร็ว

ในภาพที่ 2 และ 3 ซึ่งเวลาที่ใช้ ในการอบพลาสติก ควรอยู่ที่ระดับสูงจากการทดลองคือใช้ เวลาที่ 4 ชั่วโมง และความเร็วในการฉีดพลาสติก ควรอยู่ที่ระดับต่ำจากการทดลองคือใช้ความเร็วที่ 3 เปอร์เซ็นต์ จึงจะทำให้อัตราเกิดของเสีย ในปริมาณที่น้อยที่สุด

2.2 ผลการทดลองเพื่อยืนยันผล

เนื่องจากการทดลองในเบื้องต้นนั้น ไม่มีการทำซ้ำสาเหตุจากข้อจำกัดในการทดลองในด้านเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน จึงมีการนำสมการเส้นถดถอยมาใช้เพื่อยืนยันผลของระดับปัจจัยที่ได้ยืนยันไว้ในการทดลองที่ผ่านมา โดยนำปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียคือ เวลาในการอบพลาสติกและความเร็วในการฉีดพลาสติกหาสมการถดถอย ของการทดลอง ซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงค่าต่างๆในสมการถดถอย

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|-----------|---------|---------|-------|-------|
| Constant | 0.0443 | 0.0046 | 9.54 | 0.000 |
| Time | -0.0143 | 0.0046 | -3.09 | 0.027 |
| Speed | 0.0193 | 0.0046 | 4.16 | 0.006 |

S = 0.0131577 R-Sq = 84.3% R-Sq(adj) = 78.1%

จากตารางที่ 2 นี้สามารถนำค่าสัมประสิทธิ์ ของสมการถดถอยเชิงเส้นมาสร้างเป็นสมการถดถอยได้ โดยพิจารณาจากค่า R-Sq_(adj) ที่สามารถอธิบายสมการถดถอยได้ 78.1 เปอร์เซ็นต์ โดยนำมาสร้างเป็นสมการถดถอยได้ดังนี้

$$\% \text{ def} = 0.0444 - 0.0144 \text{ Time} + 0.0194 \text{ Speed} \quad (1)$$

จากสมการที่ (1) นี้เป็นสมการที่สามารถอธิบายการเกิดของเสียประเภทสีลายบนชิ้นงานได้ แต่เนื่องจากข้อจำกัดในด้านการทดลองนั้น จึงนำเอาสมการนี้มาหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดของเสียประเภทสีลายบนชิ้นงานซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3 แสดง Final Model

| B | C | Time | Speed | %def |
|----|----|------|-------|--------|
| -1 | -1 | 3 | 3 | 0.0594 |
| 0 | -1 | 3.5 | 3 | 0.0522 |
| 1 | -1 | 4 | 3 | 0.0450 |
| -1 | 0 | 3 | 4 | 0.0788 |
| 0 | 0 | 3.5 | 4 | 0.0716 |
| 1 | 0 | 4 | 4 | 0.0644 |
| -1 | 1 | 3 | 5 | 0.0982 |
| 0 | 1 | 3.5 | 5 | 0.0910 |
| 1 | 1 | 4 | 5 | 0.0838 |

จากตารางที่ 3 จะพบได้ว่า ค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม ที่ทำให้พบของเสียประเภทสีลายบนชิ้นงานน้อยที่สุดคือการใช้เวลาในการอบที่ 4 ชั่วโมงและการใช้ความเร็ว ในการฉีดที่ 3 เปอร์เซ็นต์ซึ่งนำระดับที่เหมาะสมนี้มาทดลองยืนยันผลโดยให้ทางโรงงานทำการผลิตโดยใช้ระดับปัจจัย จากผลการทดลองดังกล่าวเป็นเวลา 1 เดือน โดยใช้เวลา ในช่วงเดือน มกราคม 2554

5. สรุป

จากผลการทดลองที่ได้ทางโรงงานได้ทำการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ระดับของปัจจัยตามที่ได้ทำการศึกษาคือ การใช้เวลาในการอบที่ 4 ชั่วโมงและการใช้ความเร็วในการฉีดที่ 3 เปอร์เซ็นต์และทำการผลิตชิ้นงาน Cover Side ของรถจักรยานยนต์ เป็นระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งจากข้อมูลในอดีตของการผลิตชิ้นงานนี้ปรากฏว่ามีของเสียประเภทสีลายบนชิ้นงานที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน โดยเฉลี่ยประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังจากโรงงานได้มีการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงาน โดยอ้างอิงจากผลการทดลองนี้ ทำให้ของเสียประเภทสีลายบนชิ้นงานที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติกลงบนแม่พิมพ์มีปริมาณลดลงเหลือเพียง 9 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประไพศรี สุทัศน์ ณ. อยุธยา, รศ.ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. 2551. การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง (Design and analysis of experiment). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด.
- [2] วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม.2553. วิศวกรรมการฉีดพลาสติก. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)

การจัดกลุ่มคุณลักษณะของกล้องถ่ายภาพตามหลักการของคาโนโมเดล

วิรุพท์ ผลวัฒน์ และจิรรัตน์ วีระวราพฤกษ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

E-mail : wcxii@hotmail.com

บทคัดย่อ

หลักการของคาโนโมเดลเป็นหลักการที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการแบ่งกลุ่มคุณลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษการแบ่งกลุ่มคุณลักษณะทางคุณภาพของกล้องถ่ายภาพ โดยเริ่มจากการศึกษาคุณลักษณะทางคุณภาพของกล้องถ่ายภาพ ในแต่ละยุค แต่ละสมัย เพื่อจะได้คุณลักษณะทางคุณภาพของกล้องถ่ายภาพที่จะใช้ในการวิเคราะห์ตามหลักการของคาโนโมเดล ซึ่งจากการศึกษาได้คุณลักษณะที่พิจารณาจำนวน 24 คุณลักษณะ หลังจากนั้นจึงได้ออกแบบสอบถาม และดำเนินการสอบถามจำนวน 400 คน ซึ่งผลของการสอบถาม พบว่า คุณลักษณะประเภทน่าดึงดูด (Attractive) มีจำนวน 12 คุณลักษณะ คุณลักษณะประเภทยิ่งยวด (One-Dimensional) มีจำนวน 3 คุณลักษณะ คุณลักษณะประเภทต้องมี (Must-be) มีจำนวน 1 คุณลักษณะ และคุณลักษณะประเภทไม่แตกต่าง (Indifferent) มีจำนวน 8 คุณลักษณะ

บทนำ

ในปัจจุบัน กล้องถ่ายภาพกลายเป็นสินค้าที่มีความจำเป็น โดยเกือบทุกครัวเรือนจะมีกล้องถ่ายภาพอย่างน้อย 1 อัน กล้องถ่ายภาพเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุกว่า 400 ปี ซึ่งการถ่ายภาพจากอดีตถึงปัจจุบันได้มีการ พัฒนามาอย่างต่อเนื่อง การถ่ายภาพเป็นการบันทึกความทรงจำและการสื่อความหมายซึ่งในสมัยโบราณ อาจใช้วิธีการวาดภาพเพื่อบันทึกความทรงจำ เพื่อถ่ายทอดเรื่องราวและสื่อความหมาย ต่อมาได้มีการคิดค้นวิธีการสร้างภาพให้

เหมือนจริงโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยคิดค้นกระบวนการสร้างภาพในเรื่องของแสงและกล้องถ่ายภาพนั้น ต้องย้อนไปถึง 400 ปีก่อนคริสต์ศักราช อริสโตเติล (Aristotle) นักวิทยาศาสตร์ชาวกรีกได้บันทึกหลักการของแสงไว้ว่า ถ้าเราปล่อยให้ลำแสงผ่านเข้าไปทางช่องเล็ก ๆ ในห้องมืด โดยที่มีกระดาษขาวอยู่ด้านหลัง ห่างจากช่องรับแสงประมาณ 15 เซนติเมตร จะปรากฏภาพบนกระดาษ มีลักษณะเป็นภาพหัวกลับจากหลักการนี้เองได้มีการพัฒนาประดิษฐ์คิดค้นจนเกิดกล้องรูเข็มขึ้น ซึ่งต่อมาได้ถูกพัฒนาเป็นกล้องออบสคูรา (Obscura Camera) จิตรกรรมสมัยนั้นได้มีการใช้ประโยชน์จากกล้องลักษณะนี้เพื่อช่วยในการลอกแบบและวาดภาพ รูปแบบของกล้องในระยะต่อมาได้มีการพัฒนารูปแบบและคุณภาพเพื่อให้สะดวกในการใช้งาน เช่น การนำเลนส์มาเป็นส่วนประกอบ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นภาพได้อย่างชัดเจน ตัวกล้องที่มีขนาดเล็กลง ในปี ค.ศ. 1676 โยฮัน สเตอร์ (Johann Sturm) ได้ประดิษฐ์กล้อง โดยใช้ชื่อว่า กล้องรีเฟล็กซ์ (Reflex Camera) เป็นกล้องแรกของโลก โดยใช้กระจกเงาวางตั้งเป็นมุม 45 องศา ภายในกล้องเพื่อการรับแสงสะท้อนจากวัตถุที่ต้องการถ่ายไปยังฉากรับภาพ ซึ่งจะได้ภาพจริงหัวตั้งเป็นภาพเสมือนจริง จนกระทั่งศตวรรษที่ 17 ได้มีการคิดค้นพัฒนาเกี่ยวกับเทคโนโลยีการบันทึกภาพให้คงทนถาวร จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1888 ยอร์จ อีสต์แมน (George Eastman) เริ่มผลิตฟิล์มม้วนขึ้น นับเป็นก้าวสำคัญในการบันทึกภาพ ผลจากการคิดค้นของนักวิทยาศาสตร์ทำให้เทคโนโลยีถ่ายภาพได้พัฒนาอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายภาพมี

ประสิทธิภาพ กล้องถ่ายภาพใช้เทคโนโลยีสูงขึ้น มีการประดิษฐ์กล้องถ่ายภาพระบบดิจิทัล (Digital Camera) โดยใช้ ซีซีดี (CCD) เป็นตัวรับภาพและพัฒนาเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

โดยคุณลักษณะทางคุณภาพของกล้องถ่ายภาพจะเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันไปในแต่ละรุ่น แต่ละแบบ และแต่ละช่วงเวลา ผู้ศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางคุณภาพของกล้องถ่ายภาพนี้ น่าจะมีความสอดคล้องกับหลักการของคาโนโมเดล (Kano's Model) จึงจะทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะทางคุณภาพตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน รวมถึงแนวโน้มของคุณลักษณะทางคุณภาพในสายตาของลูกค้า อาทิการออกแบบรูปร่าง เทคโนโลยีการจับภาพที่ละเอียดและรวดเร็วมากขึ้น และพัฒนาถึงขั้นบันทึกวิดีโอความละเอียดสูงได้ในกล้องถ่ายภาพ เป็นต้น รวมถึงประเมินความเป็นไปของคุณลักษณะทางคุณภาพของกล้องถ่ายภาพในอนาคต

โมเดลของคาโนกับงานวิจัย

ในการศึกษาความต้องการของลูกค้า นั้น โมเดลของคาโน (Kano's model) ได้ถูกหยิบยกมาอ้างถึงในการศึกษาในงานวิจัยต่างๆ ซึ่งโมเดลสร้างโดย ดร.โนริอากิคาโน ที่ปรึกษาด้านคุณภาพชาวญี่ปุ่น โดยโมเดลนี้ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจของลูกค้า กับคุณลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยโมเดลนี้แบ่งคุณลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็น 3 ประเภท ได้แก่ คุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ คุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าพอใจ และคุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าเบิกบาน สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.1

1. คุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ (Dissatisfiers, Must-be Attribute) เป็นลักษณะทางคุณภาพที่ลูกค้าไม่ให้ความสนใจ แต่ถ้าลักษณะดังกล่าวขาดหายไปลูกค้าจะเกิดความไม่พอใจทันที ลักษณะทางคุณภาพประเภทนี้เป็นสิ่งที่ลูกค้ามักไม่เอ่ยถึง แต่คาดหวังจะต้องมีในตัวผลิตภัณฑ์ คุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ จึงเป็นพื้นฐานที่ต้องมีในตัวผลิตภัณฑ์ และอยู่ในความคาดหวังของลูกค้าโดย

ไม่ต้องกล่าวถึง ซึ่งสามารถพบได้จากคำร้องเรียนของลูกค้าเนื่องด้วยสิ่งเหล่านี้ขาดหายไปจึงทำการร้องเรียนขึ้น

2. คุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าพอใจ (Satisfiers, One-Dimensional Attribute) เป็นสิ่งที่ลูกค้าต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์ ถ้าคุณลักษณะเหล่านี้มีมากขึ้นจะทำให้ลูกค้าเกิดความพอใจมากขึ้น สิ่งที่ทำให้ลูกค้ารู้สึกพอใจเป็นคุณลักษณะที่วัดได้ง่ายจึงนิยมมาเปรียบเทียบกับสินค้าของคู่แข่ง

3. คุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าเบิกบาน (Delighters, Attractive Quality Attribute) เป็นคุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้ายินดีด้วยความประหลาดใจ คุณลักษณะทางคุณภาพเหล่านี้เป็นสิ่งที่ลูกค้าไม่สามารถเอ่ยถึงได้เพราะเป็นสิ่งที่อยู่นอกเหนือความคาดหมาย ฉะนั้นเมื่อคุณสมบัติประเภทนี้ขาดหายไปลูกค้าจะไม่รู้สึกในทางลบแต่อย่างใด เพราะเป็นความต้องการแฝงนั่นเอง ซึ่งต้องตระหนักเสมอว่า คุณสมบัติที่ทำให้ลูกค้าเบิกบานนั้นเป็นคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา กล่าวคือเมื่อตอบสนองความต้องการแฝงได้แล้ว คุณลักษณะนั้นจะเปลี่ยนจากสิ่งที่ทำให้ลูกค้าเบิกบานเป็นสิ่งที่ทำให้ลูกค้าพอใจ หรือกลายเป็นสิ่งที่ลูกค้าไม่พอใจได้ ดังนั้นการทำให้ลูกค้าเบิกบานด้วยความประหลาดใจจึงเป็นเรื่องที่ยากขึ้น และการตอบสนองความต้องการพื้นฐานก็ยากขึ้นด้วยเช่นกัน

4. คุณลักษณะเฉยเมย (Indifferent Attributes) เป็นคุณลักษณะที่ลูกค้าไม่ให้ความสนใจว่าจะมีหรือไม่มีในผลิตภัณฑ์ การมีอยู่หรือขาดหายไปจึงไม่เป็นผลต่อลูกค้า

5. คุณลักษณะต้องสงสัย (Questionable Attributes, Skeptical Attributes) เป็นสิ่งที่ผู้ผลิตไม่ทราบว่าเป็นสิ่งที่ลูกค้าต้องการหรือไม่

6. คุณลักษณะตรงข้าม (Reverse Attributes) คือคุณสมบัติตรงข้ามกับที่กล่าวไว้ในข้อ 1., ข้อ 2. และ ข้อ 3 อย่างไรก็ตามขั้นตอนการดำเนินงานตามโมเดลของคาโนนั้นสามารถทำได้ดังนี้

1. ศึกษาคุณลักษณะที่สำคัญ คือ การศึกษาแต่ละคุณลักษณะที่สำคัญที่สามารถพบได้ในผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้

ในการศึกษาความต้องการของลูกค้าและใช้ในการสร้างแบบสอบถามต่อไป

2. สร้างแบบสอบถาม คือ การสร้างแบบสอบถามโดยมีจุดประสงค์ในการสร้างความเข้าใจว่าลูกค้ารู้สึกอย่างไรในการพบหรือไม่พบคุณลักษณะนั้น ได้แก่ คำถามว่าพบคุณลักษณะนั้น (Functional Question) และคำถามว่าไม่พบคุณลักษณะนั้น (Dysfunctional Question) โดยคำถามนั้นๆ มักมีคำตอบให้เลือก ได้แก่ พอใจ (Like), จำเป็นต้องมี (Expect), เฉยๆ (Neutral), สามารถยอมรับได้ (Tolerate) และไม่พอใจ (Dislike) ซึ่งได้รวบรวมคำถามคุณลักษณะทางคุณภาพจำนวน 24 คุณลักษณะ

3. แจกและรวบรวมแบบสอบถาม คือ การแจกแบบสอบถามให้กับกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการในจำนวนที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์แบบสอบถามตามหลักการทางสถิติซึ่งในที่นี้คือกลุ่มผู้ใช้กล้อง DSLR จำนวน 400 คน จากนั้นจึงเก็บรวบรวมเพื่อมาทำการวิเคราะห์ต่อไป

4. ระบุกลุ่มของคุณลักษณะแต่ละแบบ คือ การใช้ตารางวิเคราะห์คุณลักษณะของคานโน (Kano's Chart) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ตารางวิเคราะห์คุณลักษณะ

| ความต้องการ ของลูกค้า | | ไม่พบคุณลักษณะนั้น | | | | |
|--------------------------|---------------|--------------------|--------|------|---------------|-------------|
| | | พอใจ | ต้องมี | เฉยๆ | ยอมรับ ได้ | ไม่ พอใจ |
| พบคุณลักษณะนั้น | พอใจ | Q | A | A | A | O |
| | ต้องมี | R | I | I | I | M |
| | เฉยๆ | R | I | I | I | M |
| | ยอมรับ ได้ | R | I | I | I | M |
| | ไม่ พอใจ | R | R | R | R | Q |

โดยที่แต่ละตัวแปรมีค่าดังนี้

A คือ คุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าเบิกบาน

O คือ คุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าพอใจ

M คือ คุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ

I คือ คุณลักษณะเฉยเมย

Q คือ คุณลักษณะต้องสงสัย

R คือ คุณลักษณะตรงข้าม

ตารางที่ 2. ตารางสรุปคุณลักษณะ

| คุณลักษณะ | ประเภท |
|---|--------|
| 1. เปลี่ยนเลนส์ได้ | A |
| 2. อัตราส่วนของช่องมองภาพกับภาพที่ได้ ถูกต้องร้อยละร้อย (Full coverage area) | A |
| 3. จุดโฟกัสในช่องมองภาพ (Target Mark) | I |
| 4. ถ่ายภาพได้ต่อเนื่อง (Continuous mode) | A |
| 5. ระบบชดเชยแสงอัตโนมัติ (Auto Exposure) | I |
| 6. ปรับความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed) | M |
| 7. ปรึบการถ่ายภาพอัตโนมัติ (Auto mode) | I |
| 8. โฟกัสวัตถุอัตโนมัติ (Auto Focus) | A |
| 9. ความละเอียดของภาพ (Pixel) | A |
| 10. ปรับโทนสีของภาพ (Color tone) | I |
| 11. บันทึกภาพเคลื่อนไหว (VDO record) | I |
| 12. บันทึกภาพเคลื่อนไหวความละเอียดสูง (High Definition) | A |
| 13. โฟกัสใบหน้าอัตโนมัติ (Face detection) | I |
| 14. แฟลชในตัวกล้อง (Build in flash) | I |
| 15. มีจอภาพ (LCD monitor) | O |
| 16. เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ทันที | A |
| 17. ระบบทำความสะอาดจากรับภาพอัตโนมัติ (Image Sensor Cleaning) | A |
| 18. ระบบจำลองภาพเสมือนจริง (Live view) | A |
| 19. ชนิดของภาพที่บันทึก (File format) | A |
| 20. ความไวแสง (ISO) | O |
| 21. โปรแกรมคำสั่งใช้งานง่าย | A |
| 22. สมดุลแสงขาว (White balance) | A |
| 23. โหมดเงียบ (Silent mode) | I |
| 24. โทนสีของภาพที่หน้าจอแอลซีดีตรงกับภาพ ที่ถ่ายได้จริง | O |

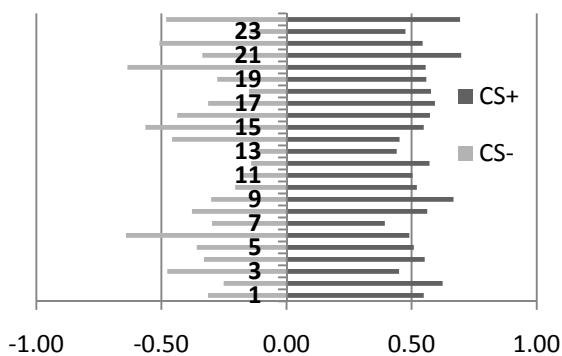
เมื่อได้ตัวแปรจากตารางวิเคราะห์คุณลักษณะแล้วจึงนำมาหาค่าความถี่ตั้งตารางวิเคราะห์เพื่อจัดประเภทของคุณลักษณะความถี่สูงสุดตั้งตารางที่ 2

นอกจากนี้สามารถนำค่าที่ได้จากตารางวิเคราะห์ความถี่ไปหาค่าสัมประสิทธิ์ความพอใจของลูกค้า (Customer Satisfaction Coefficient) ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์ของความพอใจ (CS+)} = \frac{A+O}{A+O+M+I}$$

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์ความไม่พอใจ (CS-)} = -\frac{O+M}{A+O+M+I}$$

ซึ่งถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของความพอใจ (CS+) เข้าใกล้ 1 มากๆ แสดงว่าคุณลักษณะทางคุณภาพนั้นๆ มีผลต่อความพอใจมาก และ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ความไม่พอใจ (CS-) มีค่าเข้าใกล้ -1 มากๆ แสดงว่าคุณลักษณะทางคุณภาพนั้นๆ มีผลต่อความไม่พอใจมาก



รูปที่ 1. อิทธิพลของประเด็นคุณภาพที่ทำให้เกิดความพึงพอใจ และความไม่พึงพอใจ

สรุปผลการศึกษา

หลังจากที่ได้ทำการศึกษานั้นพบว่าคุณลักษณะทางคุณภาพทั้ง 24 คุณลักษณะนั้นสามารถแบ่งเป็นคุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าเบิกบาน (Attractive) จำนวน 12 คุณลักษณะ ได้แก่ เปลี่ยนเลนส์ได้, อัตราส่วนของช่องมองภาพกับภาพที่ได้ถูกต้องร้อยละร้อย, ถ่ายภาพได้ต่อเนื่อง, ไฟล์สวิตช์อัตโนมัติ, ความละเอียดของภาพ, บันทึกภาพเคลื่อนไหวความละเอียดสูง, เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ทันที, ระบบทำความสะอาดจากรับภาพอัตโนมัติ, ระบบ

จำลองภาพเสมือนจริง, ชนิดของภาพที่บันทึก, โปรแกรมคำสั่งใช้งานง่าย และ สมดุลแสงขาว คุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าพอใจ (One-Dimension) จำนวน 3 คุณลักษณะ ได้แก่ จอภาพ, ความไวแสง และ โทนสีของภาพที่หน้าจอลดซีดีตรงกับภาพที่ถ่ายได้จริง คุณลักษณะที่ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ (Must be) จำนวน 1 คุณลักษณะ คือ ปรับความเร็วชัตเตอร์ และ คุณลักษณะเฉยเมย (Indifferent) จำนวน 8 คุณลักษณะ ได้แก่ จุดโฟกัสในช่องมองภาพ, ระบบชดเชยแสงอัตโนมัติ, ปรับการถ่ายภาพอัตโนมัติ, ปรับโทนสีของภาพ, บันทึกภาพเคลื่อนไหว, ไฟล์สโอบหน้าอัตโนมัติ, แฟลชในตัวกล้อง และ โหมดเงียบ

เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วพบว่าคุณลักษณะที่มีผลต่อความพอใจมากเป็น 3 อันดับแรก คือ โปรแกรมคำสั่งใช้งานง่าย, โทนสีของภาพที่หน้าจอลดซีดีตรงกับภาพที่ถ่ายได้จริง และความละเอียดของภาพ ตามลำดับ สำหรับคุณลักษณะที่มีผลต่อความไม่พอใจมากเป็น 3 อันดับแรก คือ ปรับความเร็วชัตเตอร์, ความไวแสง และมีจอภาพ

เอกสารอ้างอิง

หนังสือภาษาไทย

[1] สุภาณี กอสุวรรณศิริ, สุमितรา ชันตยาलगต. 2531. จากอดีต...ถึงปัจจุบัน การถ่ายภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: บริษัท สารมวลชน จำกัด.

English Journal

[2] Elmar Sauerwein, Franz Bailom, Kurt Matzler, Hans H. Hinterhuber. 1996. The Kano Model: How to Delight Your Customers. International Working Seminar on Production Economics, 313-327.

[3] Kurt Matzler, Hans H. Hinterhuber. 1998. How to Make Product Development Project More Successful by Integrating Kano's Model of Customer Satisfaction into Quality Function Deployment. Great Britain: Elsevier Science Ltd, 25-38.

[4] Anthony Hand. 2004. Applying the Kano Model to User Experience Design. UPA Boston Mini-Conference.

[5] Ching -Chow Yang. 2005. The Refined Kano's Model and its Application. Total Quality Management and Business Excellence, 1127-1137.

[6] Yu-Cheng Lee, Hsiu-Yuan Hu, Tieh-Min Yen, Chih-Hung Tsai, Department of Industrial Engineering and Management Ta-Hwa Institute of technology. 2008. Kano's Model and Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Applied to Order Winners and Qualifiers Improvement: A Study of Computer Industry. Information Technology Journal 7 (5), 702-714.

วิทยานิพนธ์

[7] นฤภัทร เดชอมรวัณ, ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อกล้องถ่ายภาพดิจิทัลในจังหวัดกรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2545.

[8] สงวน กาญจนนราวดี, การจัดทำระบบวัดความพึงพอใจของลูกค้าของบริษัทผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์หล่อขึ้นแข็งหนึ่ง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2546.

[9] ต่อสิติ กลีบบัว, ทัศนคติและความคาดหวังของผู้ใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลในเขตกรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2547.

[10] พรรณวดี อภิศุภะโชค, การปรับปรุงคุณภาพงานบริการห้องสมุดสถาบันอุดมศึกษาโดยการบูรณาการ LiIQUAL⁺™ และแบบจำลองของคานอ (Kano's Model) ไปยัง QFD} วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2549.

[10] ปิยไชย เขี่ยมศิริรักษ์, การใช้ข้อมูลจากกระดานสนทนาออนไลน์เว็บไซต์ไทยดีโฟโต้ดอทคอมในกระบวนการตัดสินใจซื้อกล้องดิจิทัลเอสแอลอาร์และอุปกรณ์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[11] ดวงกลม ลากยี่นง, 2551, ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้กล้อง Digital Single Lens Reflex (D-SLR), วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ, 2550.

ศึกษาปัจจัยในกระบวนการผลิต ที่ทำให้หัวหมอนของเบาะรถยนต์เป็นโพรงอากาศ

มณฑล ศาสตราจารย์ และ ธานันพัฒน์ หงวนไธสง

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

E-mail: promise_phat@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการแก้ปัญหาโพรงอากาศในหัวหมอนรองศีรษะของเบาะรถยนต์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิต โดยใช้เครื่องมือด้านคุณภาพ QC Tools และการออกแบบการทดลองของทาคุชิ (Taguchi Methodology) มาช่วยในการทดลองหาปัจจัยที่มีผลต่อการฉีดหัวหมอนทำให้เกิดโพรงอากาศ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ปัจจัยที่สงสัยว่าทำให้เกิดปัญหามีด้วยกัน 4 ปัจจัย แต่ละปัจจัยจะทำการทดลอง 3 ระดับ ได้แก่ เวลาในการฟุ้งตัวของหัวหมอน ที่ 55,60,65 วินาที ตามลำดับ, อุณหภูมิความร้อนสะสมในแม่พิมพ์หัวฉีดทำการควบคุมน้ำหล่อเย็นที่อุณหภูมิที่ 20,25,30 °C ตามลำดับ, ทิศทางการไหลของน้ำยาโฟม (ลักษณะของปลายหลอดฉีดควบคุมทิศทางการไหลของน้ำยา) การไหล 1 ทิศทาง, การไหลการไหล 2 ทิศทางการไหล 3 ทิศทาง, และความดันของการฉีดน้ำยาโฟมที่ระดับ 12,14,16 MPA ตามลำดับ จากการทดลองสรุปว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหานี้คือ ทิศทางการไหลของน้ำยาโฟม (ลักษณะของปลายหลอดฉีดควบคุมทิศทางการไหลของน้ำยา) จากการใช้ปลายหลอดฉีดน้ำยาโฟมไหลออกทิศทางเดียว ทำให้เกิดโพรงอากาศ ทิศทางการไหลที่เหมาะสมและไม่ทำให้เกิดปัญหานี้คือ การใช้ปลายหลอดฉีดน้ำยาโฟมไหลออก 2 ทิศทางเดียว, มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 25 °C และความดันของการฉีดน้ำยาโฟมที่ระดับ 14 MPA

คำสำคัญ เครื่องมือคุณภาพ (QC tools), การออกแบบการทดลองของทาคุชิ (Taguchi Methodology)

1. บทนำ

ผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างๆได้ให้ความสำคัญในเรื่องการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยอาศัยหลักทางวิศวกรรมคุณภาพ เพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆไม่ให้หลุดรอดไปยังลูกค้า ปัญหาดังกล่าวจึงเป็นปัญหาคุณภาพที่สำคัญอย่างยิ่งด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการที่จะแก้ไขปัญหาการเกิดโพรงอากาศในหัวหมอนของเบาะรถยนต์ งานวิจัยนี้จะใช้หลักการของเครื่องมือคุณภาพ (QC Tools) ในการค้นหาสาเหตุ แก้ไขปัญหา และการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) ทาคุชิ (Taguchi Methodology) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถเก็บข้อมูลเพื่อหาปัจจัย (Factor) ที่จะส่งผลไปยังผลลัพธ์ (Output) ของการแก้ไขปัญหาคือดีที่สุด

2. วิธีดำเนินการ

วิธีดำเนินการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาหาข้อมูลสำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหาหัวหมอนของเบาะรถยนต์เป็นโพรงอากาศโดยหลักการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม

2. ทำการวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อหาปัจจัยและส่วนประกอบที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตหัวหมอนของเบาะรถยนต์ที่มีผลต่อการเกิดโพรงอากาศ โดยใช้ QC Tools แล้วจึงนำปัจจัยนั้นมาใช้ในการออกแบบการทดลองในข้อต่อไป

3. ออกแบบการทดลองโดยใช้วิธีการทางสถิติ
วิศวกรรม DOE การทดลองแบบทากูชิ เพื่อหาวิธีการที่ดี
ที่สุดในการแก้ไข้ปัญหา

4. รวบรวมอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง

5. ทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบกระบวนการ
ทดลองไว้

6. นำตัวอย่างที่ได้จากการทดลองมาทดสอบ
คุณสมบัติต่างๆ เพื่อตรวจสอบว่า หลังจากการทดลองแล้ว
สิ่งที่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงในการผลิตนั้น ไม่ได้ส่งผลกับ
คุณสมบัติที่กำหนดไว้

7. หาวิธีการแก้ไข้ปัญหาที่ดีที่สุด

8. วิเคราะห์และสรุปผล

2.1 การพิจารณาปัจจัยในการทดลอง

ในการทดลองนี้จะมีการศึกษาตามหัวข้อที่กำหนดใน
เบื้องต้นไว้ 4 ปัจจัยแต่ละปัจจัยแบ่งเป็น 3 ระดับที่มีผลต่อ
การเกิดปัญหาขึ้นงานของหัวหมอนเบาะรถยนต์เป็นโพรง
อากาศ ดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้ง 4 ปัจจัยนี้เป็นปัจจัยที่ใช้
ในการฉีดหัวหมอนทุกรุ่นในการผลิต ตามตารางที่ 1

1. เวลาในการคลายตัว ของหัวหมอนขณะฉีดไม่
เหมาะสม

2. อุณหภูมิความร้อนสะสมในแม่พิมพ์หัวฉีด

3. ทิศทางการไหลของน้ำยาโฟม (ปลายหลอดฉีด)

4. ความดันของการฉีดน้ำยาโฟม

2.2 การออกแบบการทดลอง

การทดลองมีผลตอบสนอง (Response) 3 อย่างโดย
ผลการตอบสนองที่เป็นตัวชี้บ่งการวัดการเกิดปัญหาหัว
หมอนเป็นโพรงอากาศและเป็นการควบคุมมาตรฐานด้าน
คุณภาพตามที่กำหนดเอาไว้ ซึ่งมีผลตอบสนองดังต่อไปนี้




1. น้ำหนักของหัวหมอน 536.00 ± 20 g. (ทั้งหัว
หมอน)

2. ค่าความแข็งของโฟม (Hardness) คือ 90 ± 15 N

3. ค่าความยาวของโพรงอากาศของหัวหมอน (mm.)

ในการทดลองจะใช้การออกแบบการทดลองของ
ทากูชิ (Taguchi Designs) ชนิด $L_9(3^4)$ ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง (4 ปัจจัย 3 ระดับ)

| ปัจจัย | ช่วงระดับ LEVER | ช่วงระดับ LEVER | | |
|--------|------------------------------|--|---|---|
| | | LOW (1) | MEDIUM (2) | HIGH (3) |
| A | เวลาในการ ตัวพองตัว | 55 SEC | 60 SEC | 65 SEC |
| B | อุณหภูมิของ น้ำหล่อเย็น | 20 C | 25 C | 30 C |
| C | ลักษณะ ปลายท่อ หลอดฉีด |  |  |  |
| D | ความดัน | 12 MPA | 14 MPA | 16 MPA |

ตารางที่ 2 การออกแบบการทดลองชนิด $L_9(3^4)$

| Run | Factors | | | |
|-----|---------|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 3 |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 |

3. ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบ ใช้ค่า Signal to
Noise Ratio (S/N Ratio) ชนิด Static S/N Ratio ใน
การประมาณอิทธิพลของแต่ละปัจจัยโดยใช้กรณีค่าตรง
เป้าหมายที่ดีที่สุด (Target the Better) ตามสมการ
ดังต่อไปนี้

$$S/N = 10 \log \left[\frac{\bar{y}^2}{s^2} \right] \quad (1)$$

โดยพิจารณาที่ Rank ที่มีค่าน้อยที่สุดและพิจารณา
กราฟเพื่อดูค่าความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยประกอบ

3.1 ผลตอบสนองของการทดลองด้านค่าน้ำหนักของ หัวหมอน

ในที่นี้ค่าเป้าหมายของน้ำหนักหัวหมอนอยู่ที่ 536.00 ± 20 g. โดยชิ้นงานที่เป็นโพรงอากาศจะมีค่าน้ำหนักที่
น้อยกว่าชิ้นงานที่ไม่เป็นโพรงอากาศ ผลการวิเคราะห์
แสดงในรูปที่ 1

Taguchi Analysis: Average versus A, B, C, D

Response Table for Signal to Noise Ratios

Nominal is best ($10 \cdot \log(\bar{y} / s^2)$)

Response Table for Means

| Level | A | B | C | D |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 526.3 | 529.3 | 512.0 | 534.7 |
| 2 | 535.3 | 531.0 | 531.0 | 531.0 |
| 3 | 532.7 | 534.0 | 551.3 | 528.7 |
| Delta | 9.0 | 4.7 | 39.3 | 6.0 |
| Rank | 2 | 4 | 1 | 3 |

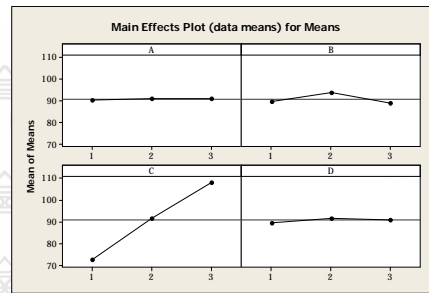
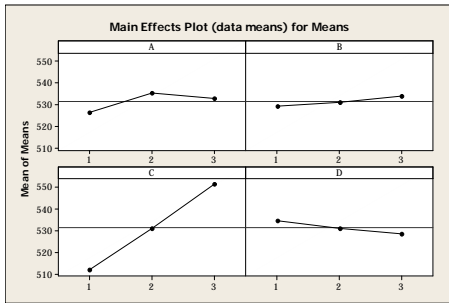
Taguchi Analysis: Average versus A, B, C, D

Response Table for Signal to Noise Ratios

Nominal is best ($10 \cdot \log(\bar{y} / s^2)$)

Response Table for Means

| Level | A | B | C | D |
|-------|-------|-------|--------|-------|
| 1 | 90.33 | 89.67 | 72.67 | 89.67 |
| 2 | 91.00 | 93.67 | 91.67 | 91.67 |
| 3 | 91.00 | 89.00 | 108.00 | 91.00 |
| Delta | 0.67 | 4.67 | 35.33 | 2.00 |
| Rank | 4 | 2 | 1 | 3 |



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย 3 ระดับของผลตอบสนองที่เป็นค่าน้ำหนักหัวหมอน

รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย 3 ระดับของผลตอบสนองที่เป็นค่าความแข็ง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดค่าของน้ำหนักของหัวหมอนมีน้ำหนักแตกต่างจากปัจจัยอื่นที่มีค่า Rank 1 จึงสรุปได้ว่า ปัจจัย C เป็นปัจจัยของการใช้ปลายหลอดฉีดช่วงระดับ Low (1) จากตารางที่ 1 ที่ควบคุมทิศทางการไหลของน้ำยาโฟมในลักษณะที่มีปล่อยออกของน้ำยาโฟมทิศทางเดียว เมื่อพิจารณารูปที่ 1 จะพบว่าค่าที่ทำให้น้ำหนักของชิ้นหัวหมอนมีค่าน้ำหนักที่น้อยกว่ามาตรฐาน จึงเป็นไปได้ว่าปัจจัย C ที่ช่วงระดับ Low (1) เป็นปัจจัยและระดับที่น่าสนใจนำมาพิจารณา ร่วมกับผลตอบสนองอื่นต่อไป

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าปัจจัยที่ทำให้ค่าความแข็งของหัวหมอน แตกต่างจากปัจจัยอื่นคือ ค่าอยู่ที่ Rank 1 จึงสรุปได้ว่า ปัจจัย C เป็นปัจจัยของการใช้ปลายหลอดฉีดช่วงระดับ Low (1) จากตารางที่ 1 ที่ควบคุมทิศทางการไหลของน้ำยาโฟมในลักษณะที่มีปล่อยไหลของน้ำยาโฟมทิศทางเดียว พิจารณารูปที่ 2 จะพบว่าค่าที่ทำให้ความแข็งของชิ้นหัวหมอนน้อยกว่ามาตรฐานซึ่งเป็นไปได้ว่าปัจจัย C ที่ช่วงระดับ Low (1) เป็นปัจจัยและระดับที่น่าสนใจนำมาพิจารณา ร่วมกับผลตอบสนองอื่นต่อไป

3.2 ผลตอบสนองของการทดลองด้านค่าความแข็งของโฟม

ในระดับ Medium (2) ทำให้ค่าความแข็งของหัวหมอนอยู่ในค่ามาตรฐานตามที่ได้กำหนดไว้ในระดับ High (3) พบว่าค่าของความแข็ง มีค่าเกินกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ และในส่วนของปัจจัยที่เหลือทั้ง 3 ปัจจัยพบว่าไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความแข็งของหัวหมอน

ค่าเป้าหมายของค่าความแข็งของหัวหมอนอยู่ที่ 90 ± 15 ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 2

3.3 ผลตอบสนองของการทดลองด้านค่าความยาวของโพรงอากาศของหัวหมอน

ในส่วนนี้จะใช้สูตรการคำนวณแบบ Larger the Better เนื่องจากต้องการค่าที่เหมาะสมที่สุดเป็นค่ามากที่สุดที่มีผลทำให้เกิดปัญหาการเป็นโพรงอากาศในหัวหมอน โดย

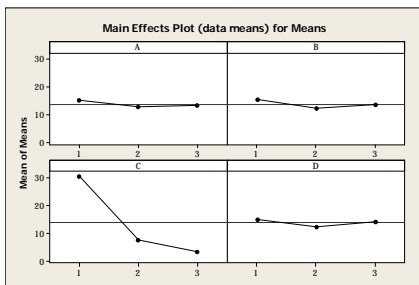
พิจารณาจากผลของการทดลองที่มีค่าความยาวของโพรงอากาศที่เกิดขึ้นในหัวหมอนยิ่งมีความยาวมากยิ่งขึ้นของผลตอบสนอง ตามสมการ

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2)$$

ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 3

Taguchi Analysis: Average versus A, B, C, D

| Level | A | B | C | D |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 15.333 | 15.667 | 30.667 | 15.000 |
| 2 | 13.000 | 12.333 | 7.667 | 12.333 |
| 3 | 13.333 | 13.667 | 3.333 | 14.333 |
| Delta | 2.333 | 3.333 | 27.333 | 2.667 |
| Rank | 4 | 2 | 1 | 3 |



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย 3 ระดับของผลตอบสนองที่เป็นค่าความยาวของโพรงอากาศ

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดเป็นโพรงอากาศมากที่สุด ที่ผลตอบสนองเป็นค่าของความยาวของหัวหมอน ที่มีค่าแตกต่างกันมากที่สุดของปัจจัยที่ Rank 1 จึงสรุปได้ว่า ปัจจัย C เป็นปัจจัยของการใช้ปลายหลอดฉีดช่วงระดับ Low (1) จากตารางที่ 1. ที่ควบคุมทิศทางการไหลของน้ำยาโฟมในลักษณะที่มีปล่อยออกของน้ำยาโฟมทิศทางเดียว พิจารณารูปที่ 3 พบว่ามีค่าที่ทำให้ของความยาวของโพรงอากาศของขึ้นหัวหมอนมีค่าที่มากที่สุด ซึ่งเป็นไปได้ว่าปัจจัย C ที่ช่วงระดับ Low (1) เป็นปัจจัยและระดับที่น่าสนใจนำมาพิจารณา ร่วมกับผลตอบสนองอื่นต่อไป นอกจากนี้พบว่าระดับ Medium (2) ระดับ High (3) ทำให้ค่าของหัวหมอนที่เป็นโพรงอากาศมี

ค่าน้อยมากตามลำดับ โดยในผลตอบสนองนี้พบว่าปัจจัยอื่นๆ ไม่มีค่าที่แตกต่างกัน

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การทดลองพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนองมีอยู่ เพียง 1 ปัจจัย คือทิศทางการไหลของน้ำยาโฟมที่ควบคุมด้วยหลอดฉีดมีทิศทางไหลทิศทางเดียวที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดเป็นโพรงอากาศ ปัจจัยอื่นๆไม่เป็นสาเหตุของการเกิดปัญหานี้ ผลของการทดลองได้ทราบแนวทางการแก้ไขปัญหาคือการใช้ปลายหลอดฉีดที่มีทิศทางไหล 2 ทิศทาง (คือปัจจัยที่ 2 ระดับ Level Medium (2) ตารางที่ 1) และถ้านำมาใช้สามารถลดมูลค่าการฉีดหัวหมอนทดแทนงานที่เสียลงได้ประมาณ 284,976 บาท ต่อปี

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

(1) รศ.ดร.ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา, รศ.ดร.พงษ์ชนัน เหลืองไพบุลย์ "การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง", บริษัทสำนักพิมพ์ท็อป จำกัด, 2551

ปราเมศ ชูติมา, "การทดลองแบบการทางวิศวกรรม" สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545

(2) กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, "ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างาน คิวซีเซอร์เคิล", บริษัท เทคนิคคอล แอปไพเรช เคาน์เซลลิ่ง แอน เทรนนิ่ง จำกัด, 2541

ภาษาอังกฤษ

(3) Ron Herrington, Dow Polyurethanes Flexible Flexible Forms, 1997.

วิทยานิพนธ์

(4) อธิษฏา ยุธ หนูเกื้อ, "การปรับปรุงคุณภาพงานฉีดพลาสติกโดยวิธีการทากูชิ" วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2550

การศึกษาปัจจัยเสี่ยงสำหรับการติดเชื้อโดยใช้ตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป กรณีศึกษา : โรงพยาบาลตัวอย่าง

จันทร์เพ็ญ อนุรักษ์นานนท์ , ดวงพร บุญญาภิบาลวงศ์, ภาวินี ใจซื่อสมบุญณ์ และ วรณศิริ ไตรวิลาศ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร อำเภอเมือง จ.นครปฐม 73000

โทร. (034) 219362 E-mail: chanpen@su.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยเสี่ยงและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงและการติดเชื้อของผู้ป่วยในแผนกอายุรกรรม ปัจจัยเสี่ยงที่ใช้ศึกษา คือ เพศ (x_1), โรคประจำตัว (x_2), การใส่ท่อช่วยหายใจ (x_3) และการใช้เครื่องช่วยหายใจ (x_4) มุ่งเน้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนองกับปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการติดเชื้อในโรงพยาบาลเพื่อประเมินความเสี่ยงการติดเชื้อของผู้ป่วยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษา คือ ผู้ป่วยที่ได้รับการติดเชื้อและไม่ติดเชื้อจากการเข้ามารับการรักษาในแผนกอายุรกรรมจากโรงพยาบาลตัวอย่าง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 จำนวน 693 คน ผลที่ได้พบว่าปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการติดเชื้อของผู้ป่วยในแผนกอายุรกรรมจากโรงพยาบาลตัวอย่าง มีผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อน้อยกว่าผู้ป่วยที่ไม่มีการติดเชื้อ ซึ่งเป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง มีอายุตั้งแต่ 51 ปีขึ้นไป ผู้ป่วยที่ไม่มีโรคประจำตัวมีมากกว่าผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัว การใช้ท่อช่วยหายใจและเครื่องช่วยหายใจ พบว่าผู้ป่วยส่วนมากไม่มีการใส่ท่อช่วยหายใจและการใช้เครื่องช่วยหายใจ และเมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัยเสี่ยงพบว่า โรคประจำตัว และการใช้เครื่องช่วยหายใจมีผลต่อการติดเชื้อในโรงพยาบาล

คำสำคัญ : ปัจจัยเสี่ยง, การติดเชื้อ, ตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป

บทนำ

ในปัจจุบันการติดเชื้อภายในโรงพยาบาลเป็นปัญหาที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่งในระบบสาธารณสุขของทุกประเทศ ทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและในประเทศที่กำลังพัฒนา ที่มีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ทำให้ผู้ป่วยเกิดการติดเชื้อเพิ่มขณะรับการรักษาภายในโรงพยาบาล เช่น การติดเชื้อจากระบบทางเดินหายใจ การติดเชื้อจากแผลผ่าตัด และการติดเชื้อจากทางเดินปัสสาวะ ซึ่งจะเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตได้ นอกจากนี้ยังอาจก่อให้เกิดโรคแทรกซ้อนของผู้ป่วยได้ เช่น การเกิดโรคไข้หวัด โรคปอดบวม โรคไซนัสอักเสบ และโรคปอดอักเสบจากการเป็นหวัด เป็นต้น อาการของโรคติดเชื้อนั้นอาจจะปรากฏขณะที่ผู้ป่วยอยู่ในโรงพยาบาลหรือออกจากโรงพยาบาลแล้วก็ได้

สาเหตุของการติดเชื้อส่วนมาก มาจากเชื้อไวรัสต่างๆ ซึ่งเชื้อไวรัสเหล่านี้เป็นโรคที่เกิดขึ้นได้ง่ายและเกิดขึ้นบ่อยครั้ง โดยลักษณะอาการโดยทั่วไปจะเกิดในระยะพักตัวของโรคก่อนที่จะมีอาการของโรคอื่น ซึ่งถ้าไม่ได้รับการดูแลรักษาหรือไปรับการรักษาล่าช้าเกินไป จะส่งผลให้อาการรุนแรงมากขึ้นและเสียชีวิตได้ในที่สุด โดยผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อได้ง่ายส่วนใหญ่จะเป็นผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ เช่น ในเด็กเล็กที่มีภูมิคุ้มกันยังไม่พัฒนาอย่างเต็มที่หรือผู้ป่วยสูงอายุที่มีภูมิคุ้มกันโรคลดลงเนื่องจากมีโรค

ดังนั้นการศึกษาปัจจัยเสี่ยงสำหรับการติดเชื้อโดยใช้ตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป จะศึกษาเฉพาะแผนกอายุรกรรมเท่านั้น เนื่องจากมีความเสี่ยงสูงสุด และต้องมีการวิเคราะห์หาปัจจัยเสี่ยงทั้ง 4 ปัจจัย ซึ่งได้แก่ เพศ โรคประจำตัว การใส่ท่อช่วยหายใจ และการใช้เครื่องช่วยหายใจ ซึ่งปัจจัยเสี่ยงทั้ง 4 ปัจจัยนี้มีผลอย่างมากต่อการติดเชื้อของผู้ป่วยทั้งสิ้น

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการติดเชื้อของผู้ป่วยในแผนกอายุรกรรมจากโรงพยาบาลตัวอย่าง
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงกับการติดเชื้อของผู้ป่วยในแผนกอายุรกรรมจากโรงพยาบาลตัวอย่าง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

กำหนดปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการติดเชื้อ ได้แก่ เพศ (Sex), โรคประจำตัว (Congenital Disease), การใส่ท่อช่วยหายใจ (Intubation) และการใช้เครื่องช่วยหายใจ (Respirator) ทำการเก็บข้อมูลจากแบบเฝ้าระวังการติดเชื้อในโรงพยาบาลตัวอย่าง (Surveillance Form) ของแผนกอายุรกรรม และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนองที่เป็นตัวแปรตอบสนอง 2 ค่า (Binary Response) ซึ่งมีค่าเป็นการติดเชื้อ ($Y = 1$) และการไม่ติดเชื้อ ($Y = 0$) กับปัจจัยด้านเพศของผู้ป่วย (x_1) โรคประจำตัวผู้ป่วย (x_2) การใส่ท่อช่วยหายใจ (x_3) และการใช้เครื่องช่วยหายใจ (x_4) โดยทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยระดับนัยสำคัญ 5 % และนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ตามทฤษฎีตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป (Generalized Linear Models)

ตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) คือ กลุ่มของผู้ป่วยในแผนกอายุรกรรมจากโรงพยาบาลตัวอย่าง ที่ได้รับการยืนยันผล โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1 = การติดเชื้อ

0 = การไม่ติดเชื้อ

ตัวแปรอิสระ หรือ ตัวแปรต้น (Independent Variables) ที่นำมาศึกษามีจำนวน 4 ตัว ได้แก่

1. เพศ (Sex) : x_1

1 = เพศชาย

0 = เพศหญิง

2. โรคประจำตัว (Congenital Disease) : x_2

1 = มีโรคประจำตัว

0 = ไม่มีโรคประจำตัว

3. การใส่ท่อช่วยหายใจ (Intubation) : x_3

1 = ใส่ท่อช่วยหายใจ

0 = ไม่ใส่ท่อช่วยหายใจ

4. การใช้เครื่องช่วยหายใจ (Respirator) : x_4

1 = ใช้เครื่องช่วยหายใจ

0 = ไม่ใช้เครื่องช่วยหายใจ

4. ผลการวิจัย

ข้อมูลที่ทำกรเก็บจากแบบเฝ้าระวังการติดเชื้อในโรงพยาบาลตัวอย่าง (Surveillance Form) ของกลุ่มประชากรตัวอย่างจำนวน 693 คน โดยสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และการวิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรมทางสถิติ สามารถสรุปได้ดังนี้

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนก

ตามเพศ อายุ โรคประจำตัว การใส่ท่อช่วยหายใจ และการใช้เครื่องช่วยหายใจ

| ลำดับที่ | ข้อมูลทั่วไป | กลุ่มตัวอย่าง (693 คน) | |
|----------|---------------------------|---------------------------|--------|
| | | จำนวน | ร้อยละ |
| 1. | เพศ | | |
| | ชาย | 352 | 50.79 |
| | หญิง | 341 | 49.21 |
| 2. | อายุ | | |
| | ต่ำกว่า 30 ปี | 100 | 14.43 |
| | 31 – 50 ปี | 155 | 22.37 |
| | 51 – 70 ปี | 222 | 32.03 |
| | มากกว่า 70 ปี | 216 | 31.17 |
| 3. | โรคประจำตัว | | |
| | มี | 209 | 30.16 |
| | ไม่มี | 484 | 69.84 |
| 4. | การใส่ท่อช่วยหายใจ | | |
| | ใส่ | 93 | 13.42 |
| | ไม่ใส่ | 600 | 86.58 |
| 5. | การใช้เครื่องช่วย | | |
| | หายใจ | | |
| | ใช้ | 101 | 14.57 |
| | ไม่ใช้ | 592 | 85.43 |

P-value = 0.851 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 สรุปได้ว่าเพศไม่มีผลต่อการติดเชื้อในโรงพยาบาล

2). โรคประจำตัว (Congenital Disease) มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยหน้าตัวแปร = 1.3421 มีค่าความคลาดเคลื่อน = 0.2689 และมีค่า P-value = 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 สรุปได้ว่าการมีโรคประจำตัวมีผลต่อการติดเชื้อในโรงพยาบาล โดยมีค่า Odds Ratio = 3.83 หมายความว่า ความน่าจะเป็นของการติดเชื้อเป็น 3.83 เท่าของการไม่ติดเชื้อ เมื่อมีโรคประจำตัว มีค่าช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ในช่วง 2.26 ถึง 6.48

3). การใส่ท่อช่วยหายใจ (Intubation) มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยหน้าตัวแปร = - 0.7261 มีค่าความคลาดเคลื่อน = 0.6552 และมีค่า P-value = 0.268 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 สรุปได้ว่าการใส่ท่อช่วยหายใจไม่มีผลต่อการติดเชื้อในโรงพยาบาล

4). การใช้เครื่องช่วยหายใจ (Respirator) มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยหน้าตัวแปร = 3.4682 มีค่าความคลาดเคลื่อน = 0.6415 และมีค่า P-value = 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 สรุปได้ว่าการใช้เครื่องช่วยหายใจมีผลต่อการติดเชื้อในโรงพยาบาล โดยมีค่า Odds Ratio = 32.08 หมายความว่า ความน่าจะเป็นของการติดเชื้อเป็น 32.08 เท่าของการไม่ติดเชื้อ เมื่อมีการใช้เครื่องช่วยหายใจ มีค่าช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ในช่วง 9.12 ถึง 112.80 และเมื่อทำการทดสอบสารูปสนิทธิไคสแควร์ (The Chi-Square Goodness of Fit Test) โดยทำการทดสอบสำหรับข้อมูลกลุ่มตัวอย่างของผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อภายในโรงพยาบาล (Y = 1) และข้อมูลกลุ่มตัวอย่างของผู้ป่วยที่ไม่มีการติดเชื้อภายในโรงพยาบาล (Y = 0) พบว่าตัวสถิติการทดสอบด้วยวิธีเพียร์สัน (Pearson) มีค่า P-value = 0.021 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 หมายความว่ากลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยในแผนกอายุรกรรมที่ทำการสุ่มมาจากประชานั้นสะท้อนลักษณะของประชากรของผู้ป่วยในแผนกอายุรกรรมได้ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงในการติดเชื้อและอัตรา

การวิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรมทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนองกับปัจจัยเสี่ยงเป็นรูปแบบสมการรูปแบบโลจิท (Logit Model) คือ

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = -3.2656 + 0.0508x_1 + 1.3421x_2 - 0.7261x_3 + 3.4682x_4$$

ซึ่ง P คือ ความน่าจะเป็นของการติดเชื้อ และ 1 - P คือ ความน่าจะเป็นของการไม่ติดเชื้อ เมื่อพิจารณาแต่ละปัจจัยเสี่ยงจะได้ว่า

1). เพศ (Sex) มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยหน้าตัวแปร = 0.0508 และมีค่าความคลาดเคลื่อน = 0.2697 โดยมีค่า

การติดเชื้อของกลุ่มตัวอย่างใช้ได้กับประชากรของผู้ป่วยในแผนกอายุรกรรม

5. สรุปผลการวิจัย

สามารถสรุปแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

จากข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 693 คน พบว่ามีผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อเป็นจำนวน 93 คนและผู้ป่วยไม่มีการติดเชื้อเป็นจำนวน 600 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง และมีช่วงอายุตั้งแต่ 51 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 32.03 สำหรับผู้ที่มีอายุ 51 – 70 ปี และร้อยละ 31.17 สำหรับผู้ที่มีอายุมากกว่า 70 ปีขึ้นไป) โดยพบว่าผู้ป่วยที่ไม่มีโรคประจำตัวมีมากกว่าผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัว ส่วนการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ได้ทำการวิเคราะห์เฉพาะด้านทางเดินหายใจ คือ ท่อช่วยหายใจและเครื่องช่วยหายใจ พบว่าผู้ป่วยส่วนมากไม่มีการใส่ท่อช่วยหายใจและการใช้เครื่องช่วยหายใจ

2) ข้อมูลจากโปรแกรมทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติ ได้ตัวแบบโลจิสติก (Logit Model) คือ

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = -3.2656 + 0.0508x_1 + 1.3421x_2 - 0.7261x_3 + 3.4682x_4$$

จากสมการรูปแบบโลจิสติก (Logit Model) ปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการติดเชื้อคือ โรคประจำตัว (x_2 = Congenital Disease) และการใช้เครื่องช่วยหายใจ (x_4 = Respirator) จากค่า P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้คือ 0.05 จากค่าสถิติ ค่าดีเวียนซ์ (deviance) = ค่าอัตราส่วนสถิติของลอกลิเคิลฮูด (log-likelihood statistic ratio) = 19.4880 ค่าสารรูปสนิที (Goodness of fit) = 157.764 เมื่อพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบสมการ จากค่า P-value แสดงว่ารูปแบบสมการมีความเหมาะสมโดยมีค่า P-value = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 และเมื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างตัวแปรตอบสนองกับปัจจัย แสดงว่ามีความสอดคล้องดี (Concordant) โดยมีความสอดคล้องเท่ากับ 74.8% และมีค่าตัววัดความ

สอดคล้อง (Somers' D) เท่ากับ 0.65 และจากการทดสอบสารรูปสนิทีไคสแควร์กำลังสอง (The Chi-Square Goodness of fit test) พบว่าตัวสถิติการทดสอบด้วยวิธีเพียร์สัน (Pearson) มีค่า P-value = 0.021 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 สรุปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงในการติดเชื้อและอัตราการติดเชื้อของกลุ่มตัวอย่างใช้ได้กับประชากรของผู้ป่วยในแผนกอายุรกรรม โดยมีค่าอัตราส่วนระหว่างความน่าจะเป็นของการติดเชื้อต่อการไม่ติดเชื้อเป็น $\left(\frac{P}{1-P}\right)$ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าอัตราส่วนระหว่างความน่าจะเป็นของการติดเชื้อต่อการไม่ติดเชื้อ

| เพศ (x_1) | โรคประจำตัว (x_2) | การใส่ท่อช่วยหายใจ (x_3) | การใช้เครื่องช่วยหายใจ (x_4) | อัตราส่วนระหว่างความน่าจะเป็นของการติดเชื้อ $\left(\frac{P}{1-P}\right)$ |
|---------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------------|--|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0.04 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1.22 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0.02 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0.59 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0.15 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 4.69 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0.07 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 2.27 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0.04 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1.29 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0.02 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0.62 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0.15 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 4.93 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0.07 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 2.39 |

จากตารางที่ 2 พบว่าเพศหญิงมีค่าอัตราส่วนระหว่างความน่าจะเป็นของการติดเชื้อต่อการไม่ติดเชื้ออยู่ที่ 0.04 เท่า เมื่อไม่มีปัจจัยเสี่ยงในการติดเชื้อเลย ซึ่งมีค่าเท่ากับในเพศชายที่ไม่มีปัจจัยเสี่ยงในการติดเชื้อเช่นกัน และเมื่อผู้ป่วยที่มีปัจจัยเสี่ยงในการติดเชื้อครบทั้งหมด (มีโรคประจำตัว และมีการใช้เครื่องช่วยหายใจและการใส่ท่อช่วยหายใจ) ในเพศชายจะมีค่าอัตราส่วนระหว่างความน่าจะเป็นคือ 2.39 เท่า ซึ่งมากกว่าเพศหญิงที่มีค่าอยู่ที่ 2.27 เท่า

ค่าอัตราส่วนระหว่างความน่าจะเป็นของการติดเชื้อต่อการไม่ติดเชื่อนั้นจะมีค่าสูงสุดเมื่อผู้ป่วยมีโรคประจำตัว และมีการใช้เครื่องช่วยหายใจ โดยเพศชายจะมีค่าอยู่ที่ 4.93 เท่าและเพศหญิงอยู่ที่ 4.69 เท่า

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สมจิตร์ ศรีสุภร,ปวีร์วรรณ แสงพิทักษ์ และดรุณี โพธิ์ศรี. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงต่อโรคติดเชื้อเฉียบพลันระบบหายใจในเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี จังหวัดนครปฐม. กรมควบคุมโรคติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข; 2544.
- [2] สมหวัง ด่านชัยวิจิตร และคณะ. โรคติดเชื้อในโรงพยาบาล. โครงการตำราศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ; 2529.
- [3] นันทิยา สุขพันธ์. การพัฒนาระบบเฝ้าระวังการติดเชื้อในโรงพยาบาลด้วยวิธีการพัฒนาคุณภาพโดยความร่วมมือของโรงพยาบาลชุมชน จังหวัดเชียงราย. [ปฏิญานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลด้านการควบคุมการติดเชื้อ]. เชียงใหม่: คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2550.
- [4] ศรีมาลา อุ่นแสงจันทร์. ปัจจัยที่มีผลต่อการเป็นโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนของนักศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์. หน่วยอนามัยงานกิจการนักศึกษา กองกิจการนักศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์; 2545.

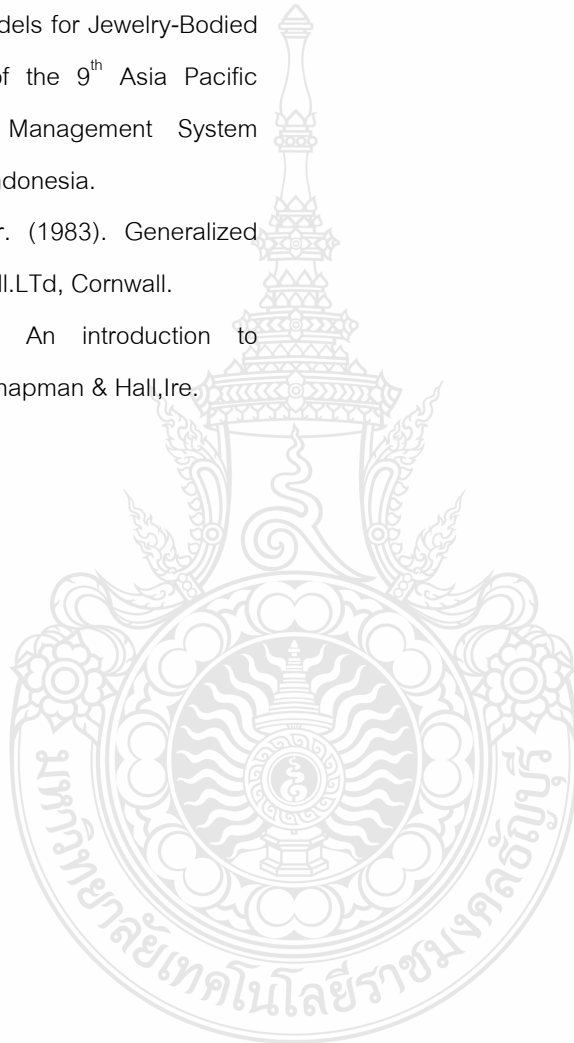
- [5] สุชาดา วงษ์สะอาด. การติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะระหว่างการยืดสายสวนปัสสาวะด้วย micropore กับพลาสติกเหนียวคล้องหนังยางในผู้ป่วยที่คาสายสวนปัสสาวะในโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า. [ปฏิญานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาโรคติดเชื้อ]. มหาวิทยาลัยมหิดล; 2545.
- [6] นลินี อัครโกศล, สุรณี เทียนกริม, ศศิธร ลิขิตนุกูล และ อัญญา วิชากุล. ประสบการณ์ด้านโรคติดเชื้อในประเทศไทย. สมาคมโรคติดเชื้อในประเทศไทย; 2537.
- [7] กานดา พูนลาภทวี. สถิติเพื่อการวิจัย. ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ; 2530.
- [8] บุญจวรรณ ช้างพึ้ง และ ปานจิต วัฒนสารวัช. การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระดับพลาสมาเบต้าแคโรทีนและระดับพลาสมาเรตินอลด้วยตัวแบบโลจิสติก. [ปฏิญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาสถิติ]. นครปฐม: คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2549.
- [9] เกษศิริพันธ์ มัชฌิมา และเมษิยา แยม์เจริญกิจ. การวิเคราะห์เป้าหมายทางการศึกษาของนักเรียนโดยใช้ตัวแบบโลจิสติกที่มีตัวแปรตอบสนอง 3 กลุ่ม แบบมีลำดับและไม่มีลำดับ. [ปฏิญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาสถิติ]. นครปฐม: คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2551.
- [10] กันยาพร หาญกล้า. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระดับค่าจ้าง ภายใต้ตัวแบบโลจิสติกเทียบกลุ่มฐานตัวแบบ Proportional odds model และตัวแบบโลจิสติกสองกลุ่ม. [ปฏิญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาสถิติ]. นครปฐม: คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2552.
- [11] วิสูตร สาลี และ ปิยะ บุษชา. การใช้ตัวแบบโลจิสติก ตัวแบบไพโรบิตและตัวแบบคอมพลีเมนต์ทารีลือก-ลือกในการจำแนกกลุ่มผู้ป่วยไข้เลือดออก: กรณีศึกษาผู้ป่วยอายุต่ำกว่า 16 ปี โรงพยาบาลศูนย์นครปฐม. [ปฏิญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาสถิติ]. นครปฐม: คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2549.

[12] รัชชนก พันธุ์รุ่งจิตติ และวรายา อมรวิภาดา. การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ PEARSON, SPEARMAN และ KENDALL สำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบต่างๆ.[ปริญญาณีพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิตภาควิชาสถิติ].นครปฐม:คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2534.

[13] Anurattananon, C and Sudasna-na-Ayudhya, 2008. Generalized Linear Models for Jewelry-Bodied Casting The Proceedings of the 9th Asia Pacific Industried Engineering & Management System Conference (APIEMS 2008) Indonesia.

[14] McCullagh and Nelder. (1983). Generalized linear models.Chapman & Hall.LTd, Cornwall.

[15] Dobson, J.A., 1990. An introduction to Generalized Linear Models.Chapman & Hall,Ire.



การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบ โดยการพัฒนากระบวนการวัด กรณีศึกษาโรงงานตัดเย็บกางเกงบ็อกเซอร์

ภีม พรประเสริฐ^{1*} วิไล น้อยวงศ์² วุฒิไกร การสุวรรณ³ และ วรจักร สุ่มมาตย์⁴
^{1*,2,3,4}สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
2 ถนนราชธานี ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

E-mail: peema2000@yahoo.com

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของกางเกงบ็อกเซอร์โดยใช้วิธีการพัฒนาระบบการวัดในบริษัทอุตสาหกรรมตัวอย่าง การดำเนินการวิจัยใช้วิธีการดำเนินงานตามแบบ พี ดี ซี เอ เริ่มจากการเก็บข้อมูลจากใบตรวจสอบและการสนทนากลุ่มผู้เกี่ยวข้องแล้วนำประเด็นปัญหาด้านประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบคุณภาพมาวิเคราะห์คะแนนความสำคัญหลังจากนั้นใช้แผนภาพพาเรโตแสดงลำดับและปริมาณความสำคัญของปัญหา จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยพบว่าปัญหาหลักที่ด้านประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบคือ การส่งสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพสู่ลูกค้า และการปฏิเสธสินค้าที่ได้คุณภาพออกสู่ลูกค้า จึงทำการวิเคราะห์ระบบการวัดก่อนการปรับปรุง เพื่อทราบถึงแหล่งความแปรผันและหาวิธีการกำจัดความแปรผันโดยใช้แผนภาพก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุได้ผลลัพธ์คือ พนักงานไม่มีวิธีการตรวจสอบที่เป็นมาตรฐาน พนักงานไม่ทราบลักษณะความบกพร่องที่แน่นอน และ พนักงานขาดทักษะการตรวจสอบ จึงดำเนินการแก้ไขโดยการจัดทำมาตรฐานการทำงานของกางเกงบ็อกเซอร์ทุกรุ่น จัดทำเอกสารบ่งชี้จุดบกพร่องแสดงในบริเวณจุดตรวจสอบ จัดทำตัวอย่างขอบเขตดี เสีย ในจุดที่จำเป็น หลังจากนั้นแผนการอบรมพนักงานควบคุมคุณภาพทั้งหมดให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน โดยมุ่งเน้นที่พนักงานที่เป็นแหล่งความแปรผันเป็นพิเศษ จากผลการวิจัยพบว่าค่าระบบการวัดที่ดีขึ้น ส่งผลให้ค่า

ประสิทธิภาพด้านความถูกต้องในการตรวจสอบกางเกง

บ็อกเซอร์เพิ่มมากขึ้น และรอบเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบกางเกงบ็อกเซอร์ลดน้อยลง

คำสำคัญ กางเกงบ็อกเซอร์ , ประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบ และ การวิเคราะห์ระบบการวัด

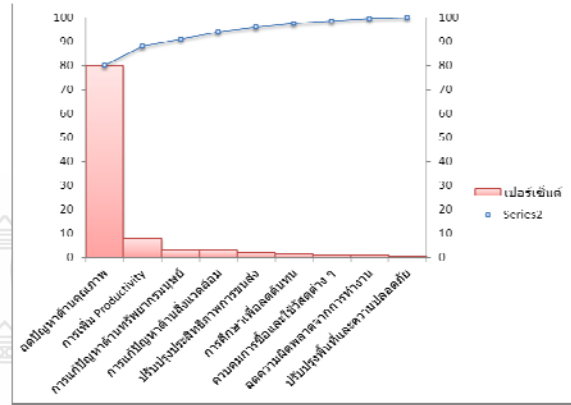
1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การวิเคราะห์ระบบการวัดเป็นกระบวนการสำคัญที่มักจะถูกมองข้ามอยู่เสมอ มีองค์การอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมากที่ส่งมอบสินค้าด้วยคุณภาพให้แก่ลูกค้า ทั้งที่แน่ใจว่าได้ผ่านการตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว หรือในทางกลับกันก็นำสินค้าคุณภาพดีกลับไปทำการแก้ไขหรือจัดเก็บจนต้องถูกกำจัดทิ้งไปเพราะเข้าใจว่าเป็นของเสียสาเหตุก็เนื่องมาจากกระบวนการตรวจวัดที่ด้วยความสามารถนั่นเอง ซึ่งความผันแปรนี้อาจเกิดขึ้นได้จากอุปกรณ์การวัด ทักษะของผู้ทำการวัด วิธีการวัด และสภาพแวดล้อมต่างๆ ประกอบเข้าด้วยกัน ดังนั้นระบบการวัดที่ดีจึงมีความสำคัญต่อการยืนยันผลการตรวจสอบคุณภาพ แต่องค์การอุตสาหกรรมที่เห็นความสำคัญของการวิเคราะห์ระบบการวัดส่วนใหญ่มักเป็นองค์การอุตสาหกรรมซึ่งถูกกำหนดให้จัดทำมาตรฐานการวิเคราะห์ระบบการวัดโดยลูกค้าเช่น มาตรฐาน TS16949 ในอุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นต้น ซึ่งในความเป็นจริงการวิเคราะห์ระบบการวัดมีความสำคัญต่อทุกองค์การอุตสาหกรรม เพราะเปรียบเสมือนห้องทดลองห้องหนึ่งซึ่ง

สามารถค้นหาต้นเหตุนั้นของความผันแปรในกระบวนการตรวจสอบได้ อุตสาหกรรมเย็บผ้าสำเร็จรูปเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งซึ่งมีการแข่งขันทางการตลาดสูง ส่งผลให้เกิดการแข่งขันด้านคุณภาพตามมาด้วย การตรวจสอบชิ้นงานเย็บผ้าสำเร็จรูปมักใช้การวัดด้วยสายตาและตัดสินคุณภาพจากทักษะความชำนาญเฉพาะตัวของพนักงานแต่ละคน ทำให้สินค้าที่ผ่านการตรวจสอบอาจมีเกณฑ์แตกต่างกันและไม่แน่นอน ทำให้เกิดการปฏิเสธของดี (Type I Error) และการยอมรับของเสีย (Type II Error) ขึ้นจากเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยเห็นว่า องค์การอุตสาหกรรมตัวอย่าง ควรมีการพัฒนากระบวนการวัดของผลิตภัณฑ์กางเกงบ็อกเซอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบให้ดียิ่งขึ้นโดยที่มาของปัญหาผู้วิจัย ค้นหาประเด็นปัญหาโดยใช้ตารางคะแนนความสำคัญเป็นเครื่องมือดังรูปที่ 1

จากข้อมูลในรูปที่ 1 นำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้หลักการของพาเรโต ได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. แผนภูมิพาเรโตแสดงลำดับความสำคัญของปัญหา [1]

จากรูปที่ 1 ทำให้ทราบถึงลำดับความสำคัญในการค้นหาประเด็นปัญหาที่เหมาะสมซึ่งประเด็นปัญหาด้านคุณภาพมีเปอร์เซ็นต์สะสมในลำดับหนึ่ง จึงเลือกปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบโดยการพัฒนาระบบการวัดมาทำการวิจัย

1.2 วัดอุปสงค์การศึกษา

1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบการวัดในกระบวนการตรวจสอบตรวจสอบกางเกงบ็อกเซอร์

1.2.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบกางเกงบ็อกเซอร์

1.2.3 เพื่อลดรอบเวลาในการตรวจสอบกางเกงบ็อกเซอร์

1.3 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานการศึกษา

องค์การอุตสาหกรรมตัวอย่างที่เป็นกรณีศึกษานี้ดำเนินธุรกิจตัดเย็บเป็นธุรกิจขนาดกลาง มีพนักงานประมาณ 240 คน โดยมีผลิตภัณฑ์หลักคือกางเกง JJ CLUB จำนวน 3 สายการผลิต กำลังการผลิต 2,000 ตัวต่อวัน และ กางเกง Boxer จำนวน 3 สายการผลิต กำลังการผลิต 4,800 ตัวต่อวัน

| เกณฑ์หลัก | ความเหมาะสมกับกลุ่มผู้ตัดเย็บ | | | ความเหมาะสมกับบริษัท | | | ความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ | | | คะแนนที่ได้อัตโนมัติ | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|---------------|----------|----------------------|----------|----------|-------------------------|----------|-----------------|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | ความยากในการแก้ไข | ความถี่ของงาน | งบประมาณ | ระดับความจำเป็น | โอกาสได้ | สอดคล้อง | สัมพันธ์ | ระยะเวลา | ระดับการเข้าถึง | | | | | | | | |
| คะแนน ประเมิน | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| ระดับที่ซับซ้อน | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| การเพิ่ม Productivity | 3 | | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ควบคุมการซื้อและใช้วัสดุต่าง ๆ | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ปรับปรุงพื้นที่และความปลอดภัย | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ลดความคิดพลาด | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| จากการทำงาน | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ลดปัญหาด้านคุณภาพ | 3 | | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต | 3 | | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| การศึกษาคือลดต้นทุน | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| การแก้ปัญหาด้านทรัพยากรมนุษย์ | 3 | | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| การแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

รูปที่ 1. ตารางคะแนนความสำคัญของปัญหา

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้มุ่งการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบโดยการพัฒนากระบวนการวัดแบบนับ (Attribute) ในกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์กางเกงบ็อกเซอร์ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งขายยังต่างประเทศและมีคำสั่งการผลิตเป็นสัดส่วนที่มากที่สุด

1.5 ทฤษฎีที่ใช้ในการดำเนินการ

- 1.5.1 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด(7 QC Tools) [1]
- 1.5.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด(MSA) [2], [3]
- 1.5.3 การศึกษาเวลา(Time Study) [4]

2. การวิเคราะห์สภาพเบื้องต้นของปัญหา

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์สภาพเบื้องต้นของปัญหาแต่ละประเด็นดังต่อไปนี้

2.1 สถิติการปฏิเสธผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพออกสู่ลูกค้า

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์สถิติการปฏิเสธผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพออกสู่ลูกค้า หรือความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error) โดยศึกษาข้อมูลจากใบตรวจสอบจำนวนงานมีคุณภาพที่ถูกคัดแยกไว้โดยพนักงานตรวจสอบ โดยให้หัวหน้างานเป็นผู้ตรวจสอบซึ่งทำการตรวจสอบเป็นเวลา 4 เดือน ผลการตรวจสอบพบว่าม้งานดีที่ถูกคัดแยกไว้ 116 ตัวจากจำนวน 480,000 ตัวคิดเป็น 242 ppm.

2.2 สถิติการส่งคืนสินค้าจากลูกค้า

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์สถิติการส่งคืนสินค้าจากลูกค้า หรือความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II Error) โดยรวบรวมจากใบตรวจสอบการเคลมจากลูกค้า ซึ่งทำการตรวจสอบเป็นเวลา 4 เดือน ผลการตรวจสอบพบว่าม้งานถูกส่งคืนทั้งหมด 849 ตัวจากจำนวน 480,000 ตัวคิดเป็น 1,769 ppm.

2.3 ประสิทธิภาพด้านความถูกต้องของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของแผนกตรวจสอบ

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านความถูกต้องของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของแผนกตรวจสอบโดยทำการศึกษาสัดส่วนระหว่างจำนวนงานที่ตรวจสอบและปล่อย

ผ่านสู่ลูกค้าอย่างถูกต้อง กับจำนวนงานที่ตรวจสอบทั้งหมด ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพด้านความถูกต้อง (\%)} = (\text{จำนวนงานที่ตรวจสอบทั้งหมด} - \text{Type I Error} - \text{Type II Error}) \times 100 / \text{จำนวนงานที่ตรวจสอบทั้งหมด}$$

จากการศึกษาเป็นเวลา 4 เดือน ได้ผลดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพด้านความถูกต้อง(\%)} = (480,000 - 849 - 116) \times 100 / 480,000 = 99.80 \%$$

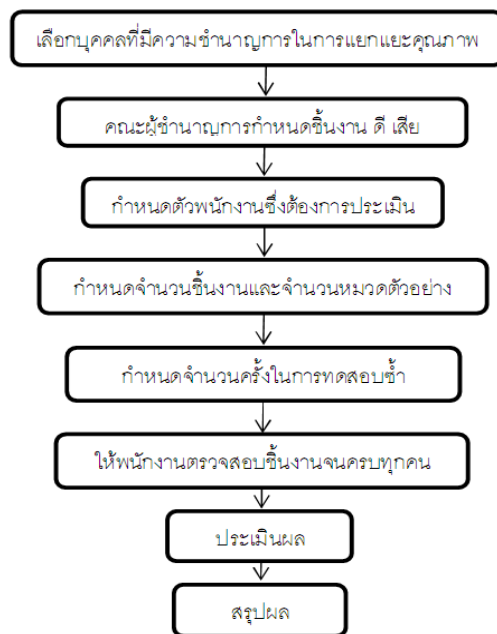
2.4 รอบเวลาในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของแผนกตรวจสอบ [4]

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์รอบเวลาในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของแผนกตรวจสอบโดยทำการจับเวลาในการตรวจสอบกางเกงบ็อกเซอร์ของพนักงานตรวจสอบ 3 คน คนละ 20 ครั้ง จะได้รอบเวลาในการตรวจสอบเฉลี่ย 5.03 วินาทีต่อหนึ่งตัว

3. การดำเนินการพัฒนาระบบการวัด

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบการวัดแบบนับ (Attribute) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 วิเคราะห์ระบบการวัดในสภาพเริ่มต้น



รูปที่ 3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัด [2]

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดในสภาพเริ่มต้นของกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทางแกงบ็อกเซอร์ตามลำดับขั้นตอนดังรูปที่ 3 อ้างใน [2]

โดยผู้วิจัยได้ออกแบบขนาดตัวอย่างการทดลอง ตามคำแนะนำของ [3] อ้างถึงใน [2] ซึ่งได้แนะนำขนาดสิ่งตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ตารางการออกแบบขนาดตัวอย่าง[2]

| จำนวนพนักงานตรวจสอบ | จำนวนชิ้นงานตัวอย่างที่ต่ำที่สุด | จำนวนทดลองซ้ำที่ต่ำที่สุด |
|---------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 1 | 24 | 5 |
| 2 | 18 | 4 |
| 3 คนขึ้นไป | 12 | 3 |

โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้คือ

- 1) ค่าความมีประสิทธิภาพมากกว่า 90% ยอมรับ 80-89.9% พอใช้ได้ น้อยกว่า 80% ไม่ยอมรับ
- 2) ค่าความลำเอียงเข้าข้างลูกค้า น้อยกว่า 5% ยอมรับ 5.1-10% พอใช้ได้ มากกว่า 10% ไม่ยอมรับ
- 3) ค่าความลำเอียงเข้าข้างผู้ผลิต น้อยกว่า 2% ยอมรับ 2.1-5% พอใช้ได้ มากกว่า 5% ไม่ยอมรับ
- 4) ค่าความเห็นพ้องระหว่างกันของพนักงานมากกว่า 0.75% ยอมรับ 0.4-0.75% พอใช้ได้ น้อยกว่า 0.4% ไม่ยอมรับ

ซึ่งผู้วิจัยทำการจัดชิ้นงานตัวอย่าง 3 หมวดๆ ละ 12 ชิ้น โดยสลับตำแหน่ง ชิ้นงานดี (G) และชิ้นงานเสีย (NG) แบบสุ่ม กำหนดจำนวนครั้งที่ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ใช้พนักงานในการตรวจสอบ 3 คนที่มีอายุงานน้อยที่สุด มาทำการวิเคราะห์ระบบการวัดในสภาพเริ่มต้นโดยใช้ Microsoft Excel ได้ผลดังนี้

3.1.1 ค่าความมีประสิทธิภาพเฉลี่ยทั้งหมดได้ผลลัพธ์ 62.40% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ไม่ยอมรับ

3.1.2 ค่าความลำเอียงเข้าข้างลูกค้าเฉลี่ยทั้งหมดได้ผลลัพธ์ 33.52% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ไม่ยอมรับ

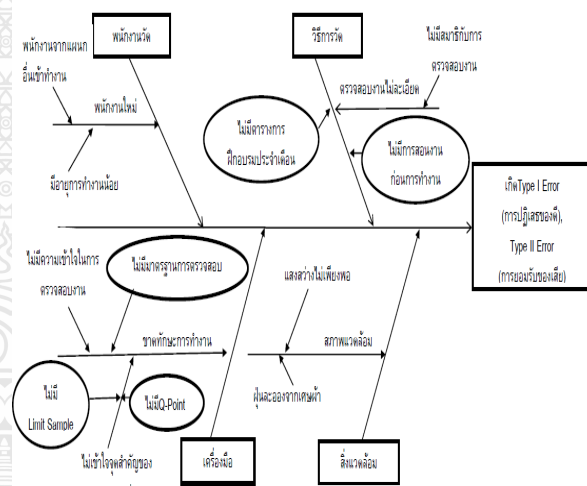
3.1.3 ค่าความลำเอียงเข้าข้างผู้ผลิตเฉลี่ยทั้งหมดได้ผลลัพธ์ 3.39% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้

3.1.4 ค่าความเห็นพ้องระหว่างกันของพนักงานเฉลี่ยทั้งหมดได้ผลลัพธ์ 0.547% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้

3.1.5 ค่าความสามารถในการวัดซ้ำ เฉลี่ยทั้งหมดได้ผลลัพธ์ 74.78%

3.2 ค้นหาสาเหตุของความผิดพลาด

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุของความผิดพลาดในกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทางแกงบ็อกเซอร์ (Type I Error, Type II Error) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. ผังก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุ [1]

จากรูปที่ 4 สามารถสรุปสาเหตุได้ดังนี้คือ ในกระบวนการตรวจสอบไม่มีมาตรฐานการตรวจสอบที่แน่นอน พนักงานไม่เข้าใจจุดสำคัญของความบกพร่อง และไม่มีการฝึกอบรมที่เป็นระบบ

3.3 ค้นหามาตรการและปฏิบัติการแก้ไข

จากสาเหตุของความผิดพลาดในกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทางแกงบ็อกเซอร์ ผู้วิจัยและผู้ควบคุมงานได้ระดมสมองค้นหาและจัดทำมาตรการและการปฏิบัติการแก้ไขดังต่อไปนี้

- 1) ปัญหาไม่มีมาตรฐานการตรวจสอบที่แน่นอนแก้ไขโดยจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบ (Inspection Standard) ของแกงบ็อกเซอร์ทุกรุ่น ซึ่งมีขั้นตอนที่เป็น

มาตรฐานหลัก 14 ขั้นตอน โดยจัดทำบอร์ดที่มีของแสดง เอกสารซึ่งสามารถเปลี่ยนมาตรฐานการตรวจสอบได้แสดง ไว้ในบริเวณพื้นที่ทำงาน

2) ปัญหาพนักงานไม่เข้าใจจุดสำคัญของความบกพร่องแก้ไขโดยจัดทำเอกสารบ่งชี้จุดคุณภาพ (Quality Point) เพื่อบ่งชี้ถึงจุดในตัวชิ้นงานที่กำหนดให้เป็นจุดตรวจสอบคุณภาพพิเศษและเป็นเอกสารที่ต้องใช้ควบคู่กับการตรวจสอบ ซึ่งในกระบวนการตรวจสอบกางเกงบ็อกเซอร์มี 7 จุดตรวจสอบหลักที่สำคัญ และจัดทำเอกสารแสดงขอบเขตที่ยอมรับได้ (Limit Sample) อีก 2 จุดตรวจสอบ แสดงไว้ในบริเวณพื้นที่ทำงาน

3) ปัญหาการไม่มีการฝึกอบรมที่เป็นระบบแก้ไขโดยทำการฝึกอบรมลักษณะการตรวจสอบรอยตำหนิบนเสื้อผ้าให้แก่พนักงานตรวจสอบทั้งหมดเพื่อความเข้าใจในทางเดียวกัน จัดฝึกอบรมการใช้เอกสารซึ่งถูกทำขึ้นใหม่ และเสนอฝ่ายบุคคลให้ระบุความจำเป็นในการฝึกอบรม กรณีรับพนักงานใหม่ ผลิตสินค้านำใหม่ เกิดปัญหาคุณภาพได้รับการร้องเรียนจากลูกค้าหรือถึงระยะเวลาที่เหมาะสม

3.4 วิเคราะห์ระบบการวัดหลังการปฏิบัติการแก้ไข

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดหลังการปฏิบัติการแก้ไขปัญหาโดยใช้ Microsoft Excel ได้ผลดังต่อไปนี้

3.4.1 ค่าความมีประสิทธิภาพเฉลี่ยทั้งหมดได้ผลลัพท์ 90.52% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ

3.4.2 ค่าความล่าช้าเข้าข้างลูกค้าเฉลี่ยทั้งหมดได้ผลลัพท์ 16.02% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ไม่ยอมรับ

3.4.3 ค่าความล่าช้าเข้าข้างผู้ผลิตเฉลี่ยทั้งหมดได้ผลลัพท์ 4.84% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้

3.4.4 ค่าความเห็นพ้องระหว่างกันของพนักงานเฉลี่ยทั้งหมดได้ผลลัพท์ 0.618% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้

3.4.5 ค่าความสามารถในการวัดซ้ำ เฉลี่ยทั้งหมดได้ผลลัพท์ 88%

จากผลการพัฒนาระบบการวัดจะเห็นว่า ค่าความมีประสิทธิภาพ ค่าความล่าช้าเข้าข้างลูกค้า ค่าความเห็นพ้องระหว่างกันของพนักงาน และ ค่าความสามารถในการ

วัดซ้ำ มีค่าดีขึ้นกว่าเดิม ยกเว้นค่าความล่าช้าเข้าข้างผู้ผลิตเพียงค่าเดียวซึ่งค่ายังไม่ดีขึ้น

4. การวิเคราะห์ผลที่ได้หลังการพัฒนาระบบการวัด

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลที่ได้หลังการพัฒนาระบบการวัดโดยเปรียบเทียบกับสภาพเบื้องต้นในแต่ละประเด็นดังต่อไปนี้

4.1 สถิติการปฏิเสธผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพออกสู่ลูกค้า

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์สถิติการปฏิเสธผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพออกสู่ลูกค้า หรือความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error) โดยศึกษาข้อมูลจากใบตรวจสอบจำนวนงานมีคุณภาพที่ถูกคัดแยกไว้โดยพนักงานตรวจสอบ โดยให้หัวหน้างานเป็นผู้ตรวจสอบซึ่งทำการตรวจสอบเป็นเวลา 1 เดือน ผลการตรวจสอบพบว่าม้งานดีที่ถูกคัดแยกไว้ 23 ตัวจากจำนวน 120,000 ตัว คิดเป็น 192 ppm. ลดลงจากเดิม 50 ppm.

4.2 สถิติการส่งคืนสินค้าจากลูกค้า

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์สถิติการส่งคืนสินค้าจากลูกค้าหรือความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II Error) โดยรวบรวมจากใบตรวจสอบการเคลมจากลูกค้า ซึ่งทำการตรวจสอบเป็นเวลา 1 เดือน ผลการตรวจสอบพบว่าม้งานถูกส่งคืนทั้งหมด 44 ตัวจากจำนวน 120,000 ตัวคิดเป็น 367 ppm. ลดลงจากเดิม 1402 ppm.

4.3 ประสิทธิภาพด้านความถูกต้องของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของแผนกตรวจสอบ

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านความถูกต้องของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของแผนกตรวจสอบ ซึ่งจากการศึกษาเป็นเวลา 1 เดือน ได้ผลคือ

$$\begin{aligned} \text{ประสิทธิภาพด้านความถูกต้อง}(\%) &= (120,000 - 44 - 23) \times 100 / 120,000 \\ &= 99.94\% \text{ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิม } 0.14\% \end{aligned}$$

4.4 ระยะเวลาในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของแผนก

ตรวจสอบ[4]

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์หรือระยะเวลาในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของแผนกตรวจสอบ โดยทำการจับเวลาในการตรวจสอบทางแกงบ็อกเซอร์ของพนักงานตรวจสอบ 3 คน คนละ 20 ครั้ง ได้ระยะเวลาในการตรวจสอบเฉลี่ย 4.90 วินาทีต่อหนึ่งตัวลดลง 0.13 วินาทีต่อหนึ่งตัว

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ระบบการวัดสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดในการพัฒนากระบวนการตรวจสอบคุณภาพของแกงบ็อกเซอร์ ซึ่งค่าระบบการวัดที่ดีขึ้นนั้นส่งผลให้ประสิทธิภาพกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของแกงบ็อกเซอร์ดีขึ้นด้วย เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานซึ่งเป็นแหล่งความผันแปรได้รับการอบรมซ้ำ ตลอดจนมีการใช้เอกสารมาตรฐานการทำงาน และ บังชี้คุณภาพ ทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบลดน้อยลง

เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ.2553. การวิเคราะห์ระบบการวัด(MSA) Minitab 15 (ฉบับปรับปรุง). พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [2] Yefim Fasser and Donald Brettner 1992. Management for Quality in High Technology Enterprises. ISBN 0471209589.P 204
- [3] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ.2543. ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างาน: คิวซีเซอร์เคิล (QC Circle). กรุงเทพฯ.ส.เอเชียเพรส.
- [4] Benjamin W.Niebel and Andris Freivalds. 2003. Methods Standards and Work Design. McGraw-Hill, 11th Ed.

การศึกษาบทบาทของตัวกลางในโซ่อุปทานพริกในประเทศไทย

ปิยวรา พรหมอักษร¹ และ พรธิภา องค์คุณารักษ์¹

¹ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail: peewara.p@gmail.com

บทคัดย่อ

พริกที่ผลิตในประเทศไทยมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการในประเทศ จึงต้องนำเข้าจากหลายประเทศ เช่น จีน และอินเดีย และราคาพริกมีความแปรปรวนสูงจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น พบว่า ในประเทศไทยมีตัวกลาง หรือผู้รวบรวมพริกจำนวนมาก ทำให้การควบคุมคุณภาพ เช่น ความชื้น ความสะอาด และการปลอมปนทำได้ยาก ส่งผลต่อสุขภาพ และความปลอดภัยของผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของตัวกลางในการวางแผนรวบรวมผลผลิต การจัดหาผลผลิต การรวบรวมผลผลิต การส่งมอบ และการส่งคืนผลผลิตของพริกสดและพริกแห้ง และปัญหาที่พบในการดำเนินงานของตัวกลางในโซ่อุปทานพริก โดยใช้ข้อมูลจากงานวิจัยในอดีตร่วมกับการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องด้วยแบบสอบถามตามแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงาน ผลการศึกษาพบว่า ตัวกลางแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ ผู้รวบรวมท้องถิ่น สหกรณ์การเกษตร ผู้ประกอบการห้องเย็น แผงลอยข้างทาง ผู้ค้าในตลาดระดับต่าง ๆ และตลาดกลาง โดยใช้แบบจำลอง SCOR-Model วิเคราะห์กิจกรรมและเสนอแนะดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ ผลการศึกษาพบปัญหาการตัดราคาระหว่างตัวกลางด้วยกัน และราคาวัตถุดิบแปรปรวน และเพิ่มสูงขึ้น เป็นต้น ดังนั้นหากมีจำนวนตัวกลางไม่มากและมีการจัดการที่เหมาะสม จะสามารถควบคุมคุณภาพ และความปลอดภัยได้ดีขึ้น และควรจัดให้มีการพัฒนาพันธมิตรทางการค้าด้วยการรวมกลุ่มกัน ซึ่งทำให้โซ่อุปทานพริกมีความยั่งยืนขึ้น

คำสำคัญ : พริก; โซ่อุปทาน; ตัวกลาง; SCOR-Model

1. บทนำ

สภาพการตลาดพริก แบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ คือ ตลาดในแหล่งผลิต ตลาดกลาง และตลาดปลายทาง โดยผลผลิตพริกจะถูกกระจายผ่านจุดศูนย์กลางรวบรวมพริกออกไปยังตลาดต่าง ๆ ในจังหวัดนั้น หรือต่างจังหวัด โดยผ่านตัวกลาง หรือพ่อค้าคนกลาง เนื่องจากจำนวนตัวกลางที่ต่างกันในตลาดแต่ละระดับส่งผลให้ราคาพริกซึ่งถูกกำหนดโดยตัวกลางมีความไม่แน่นอน และมีความแปรปรวนสูง อีกทั้งมีตัวกลางจำนวนมาก ทำให้การควบคุมคุณภาพผลผลิตทำได้ยาก และการจัดการผลผลิตที่แตกต่างกันออกไปในตัวกลางแต่ละประเภท ส่งผลให้คุณภาพของผลผลิตแตกต่างกันออกไปเช่นกัน ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาบทบาทของตัวกลางในการวางแผนรวบรวมผลผลิต การจัดหาผลผลิต การรวบรวมผลผลิต การส่งมอบ และการส่งคืนผลผลิต และปัญหาที่พบในการดำเนินงานของตัวกลางในโซ่อุปทานพริก เพื่อแก้ไขปัญหา และหาแนวทางในการจัดการโซ่อุปทานพริกให้มีความยั่งยืนมากยิ่งขึ้น

2. วิธีการวิจัย

1. การศึกษาภาพรวม และการจัดการผลผลิตพริกทั้งพริกสด และพริกแห้ง ของตัวกลางโดยใช้แบบจำลอง SCOR-Model ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

ก. สร้างแบบสอบถามโดยยึดตามแบบจำลองอ้างอิงกระบวนการโซ่อุปทาน (SCOR-Model) ได้แก่ การวางแผนรวบรวมผลผลิตพริก (Plan) ระบบการจัดหาพริก (Source) การเก็บรักษาพริกและสินค้าคงคลัง (Make) การ

ส่งมอบพริก (Deliver) และการคืนผลผลิตพริก (Return)

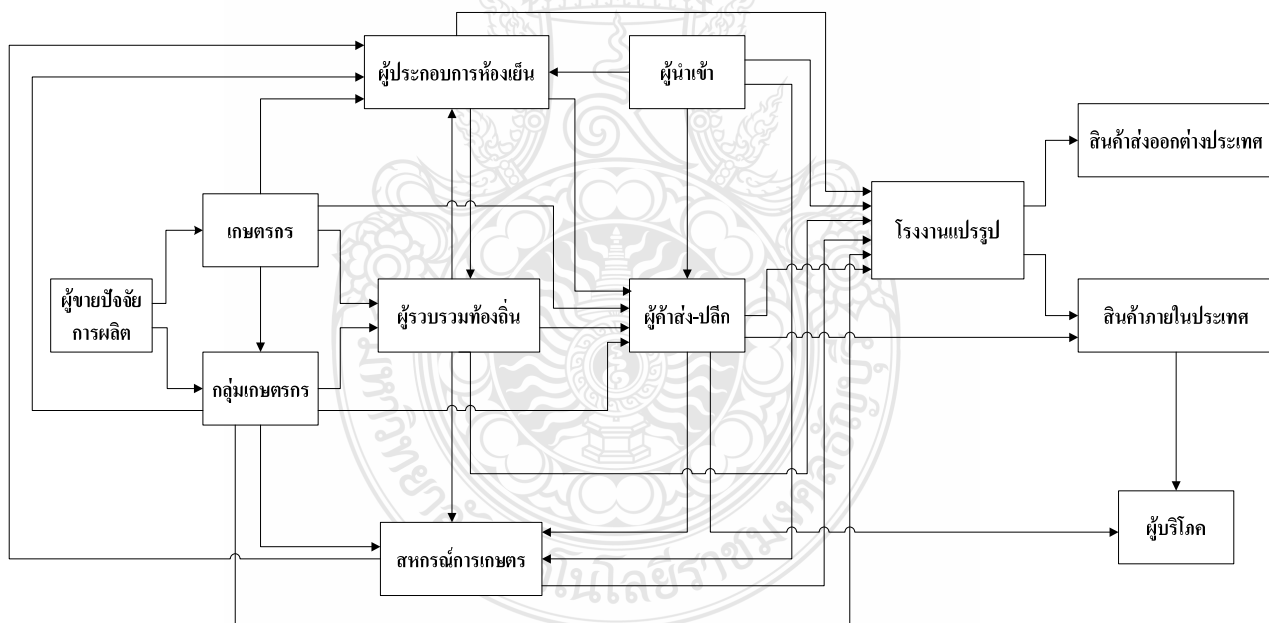
ข. เก็บรวบรวมข้อมูล โดยการเก็บตัวอย่างตัวกลางแบบตามสะดวก (Convenient Sampling) ในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคใต้ โดยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และยอมรับค่าความคลาดเคลื่อนที่ 0.37 ของคะแนนเฉลี่ย พบว่าจำนวนตัวอย่างขั้นต่ำ คือ 30 ราย^[1] ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เก็บตัวอย่างทั้งหมด 53 ราย

2. การวิเคราะห์ปัญหาของตัวกลาง และเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหา

3. การเสนอแนะดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ (KPIs) ของกระบวนการโซ่อุปทานตามแบบจำลอง SCOR-Model

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. ภาพรวมโครงสร้างโซ่อุปทานพริก



รูปที่ 1 โครงสร้างโซ่อุปทานพริก

2. การจัดการผลผลิตพริกของตัวกลาง โดยใช้แบบจำลอง SCOR-Model จากการศึกษาโดยการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างจำนวน 53 ราย ผลการศึกษาพบว่าสามารถแบ่งประเภทตัวกลางที่มีบทบาทสำคัญในการรวบรวมผลผลิตพริกออกได้ทั้งหมด 6 ประเภท อันได้แก่

จากการศึกษาข้อมูล และการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างตัวกลางในโซ่อุปทานพริกจำนวน 53 ราย ในจังหวัดลำพูน เชียงใหม่ นครราชสีมา ขอนแก่น อุบลราชธานี ศรีสะเกษ ชัยภูมิ ราชบุรี ปทุมธานี และกรุงเทพฯ โดยสุ่มตัวอย่างจากพื้นที่ที่มีการซื้อขายพริก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) โดยมีการติดต่อกับผู้รวบรวมในพื้นที่ และขอความร่วมมือจากเจ้าของตลาด โดยสุ่มสัมภาษณ์แบบสะดวก ผลการศึกษาพบว่า ในโซ่อุปทานพริกมีผู้ที่เกี่ยวข้องในส่วนของต้นน้ำ ได้แก่ ผู้ขายปัจจัยการผลิต เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร และในส่วนของปลายน้ำ ได้แก่ ผู้รวบรวมท้องถิ่น สหกรณ์การเกษตร ผู้ประกอบการห้องเย็น ผู้ค้าส่ง-ปลีกในตลาดระดับต่าง ๆ ตลาดกลาง ผู้นำเข้า โรงงานแปรรูป ตลาดในประเทศ และตลาดต่างประเทศ ซึ่งสามารถสรุปโครงสร้างโซ่อุปทานได้ดังภาพที่ 1

ผู้รวบรวมท้องถิ่น สหกรณ์การเกษตร แผงลอยข้างทาง ผู้ประกอบการห้องเย็น ผู้ค้าในตลาดระดับต่าง ๆ และตลาดกลาง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวน และร้อยละของตัวกลางประเภทต่าง ๆ

| ประเภทตัวกลาง | จำนวน | ร้อยละ |
|----------------------------|-----------|------------|
| 1. ผู้ค้าในตลาดระดับต่าง ๆ | 16 | 30.2 |
| 2. ตลาดกลาง | 14 | 26.4 |
| 3. ผู้รวบรวมท้องถิ่น | 11 | 20.8 |
| 4. แผงลอยข้างทาง | 9 | 17.0 |
| 5. ผู้ประกอบการห้องเย็น | 2 | 3.8 |
| 6. สหกรณ์การเกษตร | 1 | 1.9 |
| รวม | 53 | 100 |

นอกจากนี้ ผลการศึกษาการจัดการผลผลิตพริกของตัวกลางประเภทต่าง ๆ โดยยึดตามแบบจำลองอ้างอิงกระบวนการโซ่อุปทาน (SCOR-Model) สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1) Plan ได้แก่ การวางแผนรวบรวมผลผลิตพริกพบว่าตัวกลางจะวางแผนก่อนรวบรวมผลผลิตพริก โดยมีการติดต่อเกษตรกรหรือผู้ขายล่วงหน้า เพื่อรวบรวมผลผลิตประมาณ 1 วันโดยเฉลี่ย และรับซื้อปริมาณผลผลิตพริกตั้งแต่ 500 กิโลกรัม เป็นต้นไป ซึ่งจะรับซื้อพริกทุกประเภท

2) Source ได้แก่ ระบบการจัดการและรวบรวมพริกพบว่า ตัวกลางที่เป็นผู้รวบรวมท้องถิ่นจะรวบรวมผลผลิตจากเกษตรกร และส่งขายต่อให้ตัวกลางอื่น ๆ ต่อไป โดยตัวกลางทุกประเภทจะมีการคัดเกรดจากต้นทาง และก่อนการซื้อผลผลิต ตามเกณฑ์ที่ตัวกลางกำหนดไว้ แต่ส่วนใหญ่ไม่มีการทำสัญญาในการซื้อขายผลผลิต

3) Make ไม่กล่าวถึงในที่นี้ เนื่องจากตัวกลางไม่มีการผลิต ยกเว้นตัวกลางที่มีการนำผลผลิตมาคัดเกรด และบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ใหม่เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิต

4) Deliver ได้แก่ การส่งมอบพริก การเก็บรักษาพริกและสินค้าคงคลัง พบว่า รถที่ใช้ในการส่งมอบเป็นรถ 4-6 ล้อ โดยไม่มีการปรับอุณหภูมิ (Cold Chain) โดยตัวกลางที่เป็นผู้รวบรวมท้องถิ่นจะรวบรวมผลผลิตพริกจากเกษตรกรโดยตรง โดยวนรับผลผลิตในแต่ละหมู่บ้านจนเต็มคัน และ

ขายผลผลิตที่รวบรวมได้ให้กับตัวกลางรายอื่น ๆ ต่อไป ซึ่งใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการส่งมอบผลผลิตพริกในประเทศประมาณ 1-3 วัน และประมาณ 5-7 วัน สำหรับการนำเข้าพริก และตัวกลางส่วนใหญ่จะบรรจุผลผลิตลงถุงพลาสติกนำไปเก็บรักษาในพื้นที่ปิดมิดชิดเพื่อป้องกันสัตว์พาหะและปรับอุณหภูมิ (ยกเว้น ผู้รวบรวมท้องถิ่นสถานที่เก็บรักษาไม่มีการปรับอุณหภูมิ)

5) Return ได้แก่ การคืนผลผลิตพริก พบว่าหากผลผลิตไม่เป็นไปตามข้อตกลง มีการจัดการ 2 รูปแบบ คือตัวกลางตกเดือนผู้ขาย และรับซื้อผลผลิตไว้แต่หักราคาหรือ ส่งคืน เพื่อให้ผู้ขายจัดหาผลผลิตใหม่ที่ได้คุณภาพและเป็นไปตามข้อตกลงมาให้กับผู้ซื้อใหม่ โดยผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการจัดหา และการขนส่งผลผลิตทั้งหมด

รายละเอียดการจัดการผลผลิตของตัวกลางประเภทต่าง ๆ ตามหลัก SCOR-Model แสดงในตารางที่ 2

3. การวิเคราะห์ปัญหาของตัวกลาง และเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหา พบว่า พริกมีคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้ามากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ย 4.17 รองลงมา คือ คุณภาพพริกไม่สม่ำเสมอมีค่าเฉลี่ย 4.11 พริกขาดความสะอาดมีค่าเฉลี่ย 3.98 ขาดความปลอดภัย เช่น มีการปนเปื้อนยาฆ่าแมลง และพริกมีราคาสูง โดยมีค่าเฉลี่ย 3.91 (5 = ระดับความสำคัญอย่างยิ่ง) และเพื่อเพิ่มความสามารถของตัวกลาง ในการสนองความต้องการของลูกค้า กรณีที่ปริมาณพริกไม่เพียงพอต่อความต้องการหรือขาดตลาด จึงมีการเก็บรักษาพริกไว้ในห้องเย็น แต่ก็เป็นการเพิ่มต้นทุนการเก็บรักษาให้กับตัวกลางเช่นกัน นอกจากนี้ ยังพบปัญหาการตัดราคาตนเองระหว่างตัวกลางด้วยกัน เช่น ตลาดกลาง หรือผู้ค้าในตลาดระดับต่าง ๆ ที่รับซื้อผลผลิตพริกในราคาที่สูงกว่าสหกรณ์ ส่งผลให้สหกรณ์ไม่สามารถสู้ราคาได้ เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งสาเหตุของปัญหา และแนวทางแก้ไขปัญหาโดยใช้แบบจำลอง SCOR-Model ได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การจัดการผลผลิตของตัวกลางประเภทต่าง ๆ ตามหลัก SCOR-Model

| ประเด็นการศึกษา | | ประเภทตัวกลาง | | | | | |
|-----------------|--|--------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| | | ผู้รวบรวม ท้องถิ่น | สหกรณ์ การเกษตร | ผู้ประกอบการ ท้องถิ่น | แผงลอย ข้างทาง | ผู้ค้าในตลาด ระดับต่าง ๆ | ตลาด กลาง |
| 1. การวางแผน | ติดต่อผู้ขายล่วงหน้าเพื่อรวบรวมผลผลิต | 1-3 วัน (100%) | 1-3 วัน (100%) | 1-3 วัน (100%) | 1-3 วัน (85.7%) | 1-3 วัน (76.9%) | 1-3 วัน (71.4%) |
| | ปริมาณผลผลิตที่รับซื้อเฉลี่ยต่อวัน | 0.5-1 ตัน (36.4%) | > 2 ตัน (100%) | > 2 ตัน (50%) | 1-2 ตัน (33.3%) | > 2 ตัน (43.8%) | > 2 ตัน (35.7%) |
| 2. การจัดหา | มีการคัดเกรดจากต้นทาง | มี (81.8%) | มี (100%) | มี (50%) | มี (88.9%) | มี (75%) | มี (71.4%) |
| | มีการคัดเกรดก่อนการซื้อ | มี (90.4%) | มี (100%) | มี (100%) | มี (88.9%) | มี (68.8%) | มี (64.3%) |
| | มีการทำสัญญาซื้อขาย | ไม่มี (100%) | ไม่มี (100%) | ไม่มี (100%) | ไม่มี (100%) | มี (12.5%) | มี (7.1%) |
| | การตรวจสอบผลผลิต | มี (100%) | มี (100%) | มี (100%) | มี (100%) | มี (81.2%) | มี (92.9%) |
| 3. การส่งมอบ | รถที่ใช้ในการขนส่งเป็นของตัวกลางเอง | ใช่ (81.8%) | ไม่ใช่ (100%) | ใช่ (100%) | ไม่ใช่ (66.7%) | ไม่ใช่ (50%) | ไม่ใช่ (50%) |
| | สถานที่เก็บรักษา มีการปรับอุณหภูมิ | ไม่มี (90.9%) | มี (100%) | มี (100%) | ไม่มี (55.6%) | ไม่มี (75%) | มี (50%) |
| | การจัดการกับพริกที่ไม่เป็นไปตามข้อตกลง | ขายให้กับ โรงงาน (54.5%) | ขายให้กับ โรงงาน (100%) | ขายให้กับตลาด ค้าส่ง-ปลีก (100%) | ขายให้กับ โรงงาน (66.7%) | นำไป แปรรูป (50%) | ขายให้กับ ตลาดอื่น ๆ (35.7%) |
| 4. การคืนผลผลิต | ผู้รับผิดชอบในการส่งคืนผลผลิต | ผู้ขาย (45.5%) | บริษัทขนส่ง (100%) | ผู้ขาย (50%) | ผู้ขาย (44.4%) | ผู้ขาย (50%) | ผู้ขาย (71.4%) |

ตารางที่ 3 ปัญหาของตัวกลางประเภทต่าง ๆ และแนวทางแก้ไขปัญหา ตามหลัก SCOR-Model

| กิจกรรม | ปัญหา | แนวทางแก้ไขปัญหา |
|--|---|---|
| 1. การวางแผนจัดหาผลผลิต (P2) | ไม่มีการแบ่งปันข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้าก่อนรวบรวมผลผลิต | ควรจัดบันทึกคำสั่งซื้อของลูกค้า และดูแนวโน้มความต้องการในอนาคต เพื่อพยากรณ์ความต้องการผลผลิตของลูกค้า |
| 2. การจัดหาผลผลิตเพื่อรอขาย (S1) | ปริมาณ และคุณภาพไม่เป็นไปตามความต้องการ | แบ่งปันข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้าย้อนหลังให้กับเกษตรกร เพื่อให้เกษตรกรวางแผนการเพาะปลูกให้เพียงพอกับความต้องการของลูกค้า |
| | การตัดราคากันเองระหว่างตัวกลาง | จัดให้มีการพัฒนาพันธมิตรทางการค้าด้วยการรวมกลุ่ม |
| 3. การส่งมอบผลผลิตเพื่อรอขาย (D1) | ต้นทุนการขนส่งสูง | การจัดการขนส่ง โดยลดการขนส่งเที่ยวเปล่า (Back Hauling) |
| | ต้นทุนการเก็บรักษาสูง | ลดปริมาณสินค้าคงคลัง โดยจัดบันทึกสถิติยอดขายสินค้า และราคาในแต่ละช่วงเวลา เพื่อเก็บรักษาพริกในระดับที่เพียงพอกับความต้องการ |
| 4. การคืนผลผลิตที่มีตำหนิให้ผู้ชาย (SR1) | - คุณภาพไม่ตรงตามความต้องการ - คุณภาพ/สี ที่ไม่สม่ำเสมอ | ควรมีการประกันคุณภาพโดยเริ่มตั้งแต่ผู้ผลิต ไปจนถึงตัวกลางที่รวบรวมผลผลิต ก่อนทำการซื้อขายผลผลิต |
| | ขาดความสะอาด และความปลอดภัย เช่น มีการปนเปื้อนยาฆ่าแมลง เป็นต้น | ให้ความรู้ในการเพาะปลูก และส่งเสริมให้เกษตรกรมีการปลูกพริกระบบปลอดภัยที่ได้มาตรฐานการเกษตรที่เหมาะสม (GAP) |

4. การเสนอแนะดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ (KPIs) ด้านต้นทุนการดำเนินงาน เป็นต้น โดยใช้การดำเนินงานของตัวกลางในการรวบรวมผลผลิต ควรมีการประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงานของโซ่อุปทาน เพื่อประเมินในหลายมิติ เช่น ด้านความน่าเชื่อถือในการส่งมอบสินค้า ด้านความเร็วหรือเวลาในการ

ตารางที่ 4 ตัวอย่างดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ (KPIs) ตามหลัก SCOR-Model ของตัวกลางในโซ่อุปทานพริก

| กิจกรรม | คำอธิบาย | สูตร |
|-----------------|---|---|
| 1. การวางแผน | P2: ความถูกต้องในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า | (ปริมาณผลผลิตที่ขายได้จริงต่อปี/ปริมาณความต้องการผลผลิตที่พยากรณ์ไว้ต่อปี) x100 |
| 2. การจัดหา | S1: เวลาในการจัดหาผลผลิต | เวลาเฉลี่ยในการจัดหาผลผลิตตั้งแต่ทราบความต้องการของลูกค้าจนกระทั่งส่งมอบผลผลิต |
| 3. การส่งมอบ | D1.6: การจัดส่งเส้นทางส่งมอบ | ค่าขนส่ง/ปริมาณผลผลิตที่ขนส่งต่อเที่ยว |
| | ED.4: การจัดการสินค้าคงคลัง | มูลค่าผลผลิตที่ขายได้ต่อปี/มูลค่าสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อปี |
| 4. การคืนผลผลิต | SR1: สัดส่วนการคืนผลผลิตที่ไม่เป็นไปตามข้อตกลง | มูลค่าผลผลิตที่ถูกส่งคืนต่อปี/มูลค่าผลผลิตที่จัดหาต่อปี |

หมายเหตุ ใช้มูลค่าผลผลิตเนื่องจากราคาผลผลิตไม่แน่นอน

4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเห็นได้ว่าในโซ่อุปทานพริก ประกอบด้วย ตัวกลางจำนวนมาก เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกพริกส่วนใหญ่เป็นรายย่อย และอยู่รวมกันเป็นหมู่บ้าน ซึ่งตัวกลางเหล่านี้ล้วนมีบทบาทสำคัญในการรวบรวม และกระจายผลผลิตจากเกษตรกรไปยังผู้บริโภค แต่การมีตัวกลางหลายระดับทำให้ยากต่อการควบคุมคุณภาพ และทำให้ราคาขายพริกสูงขึ้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเสนอแนะแนวทางการดำเนินงานของตัวกลางประเภทต่าง ๆ เพื่อให้มีการจัดการผลผลิตที่ดีโดยอ้างอิงแบบจำลอง SCOR-Model เพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพ และความปลอดภัยของผลผลิตได้ดียิ่งขึ้นตลอดทั้งโซ่อุปทาน โดยเสนอแนะให้ตัวกลางพัฒนาพันธมิตรทางการค้าระหว่างเกษตรกร หรือผู้ขาย และตัวกลางด้วยกันผ่านความร่วมมือ และแบ่งปันข้อมูลความต้องการของลูกค้า และเสนอแนะ

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ (KPIs) ที่เหมาะสมเพื่อประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงานของตัวกลางในโซ่อุปทาน เพื่อเป็นการพัฒนาโซ่อุปทานพริกให้มีความยั่งยืนมากยิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] กัลยา วาณิชย์บัญชา. 2548. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: บริษัท ธรรมสาร จำกัด
- [2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. ข้อมูลเนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตพริก. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งที่มา: www.oae.go.th, 2552
- [3] Supply-Chain Council. 2004. Supply-Chain Operations Reference Model: SCOR Version 9.0. Supply-Chain council: Pittsburgh.

การประเมินและปรับปรุงพื้นที่จัดเก็บด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น ในโรงงานผลิตคาร์บอน

วารางคณา พุ่มดีเยี่ยม¹ ประจวบ กล่อมจิตร²

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยศิลปากร

²คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

E-mail: warangkana_oui@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการขนส่งเพื่อจัดเก็บ รวมถึงประเมินและปรับปรุงการทำงานของแผนกคลังสินค้า โดยหาแนวทางลดค่าใช้จ่ายด้านการจัดเก็บด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น และเพื่อหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานในพื้นที่จัดเก็บจากการศึกษาการทำงาน โดยใช้หลักการการศึกษาคำสั่งการทำงานมาใช้ในการเก็บข้อมูลที่เป็นค่านวนค่าใช้จ่ายซึ่งประกอบด้วยแผนผังพื้นที่จัดเก็บ กระบวนการทำงานระยะทางการเคลื่อนย้าย ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงทรัพยากรที่ใช้ในการทำงาน ปริมาณสินค้าที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ คำนวนค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด ทดลองนำข้อมูลจำนวนปริมาณสินค้าจำนวน 5 เดือน ของสินค้า 5 ชนิด จาก 15 ชนิด มาประมวลเปรียบเทียบผลของค่าใช้จ่ายที่ได้จากการขนส่งต่ำที่สุดจากการทดลองกับวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน การพิจารณาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการขนส่งแบบปัจจุบันกับแบบที่ได้จากการทดลอง พบว่าระยะทางและเชื้อเพลิงลดลง 34.10% ค่าเชื้อเพลิงลดลงคิดเป็นเงิน 46,238.04 บาท

คำสำคัญ การจัดเก็บ, คลังสินค้า, โปรแกรมเชิงเส้น

1. บทนำ

ปัจจุบันความต้องการของลูกค้าทั้งภายในและภายนอกประเทศในอุตสาหกรรมคาร์บอนแบล็คมีเพิ่มมากขึ้นจากเดิมหลายเท่า ทำให้มีการผลิตเพิ่มมากขึ้น รวมไปถึง

ถึงการบรรจุสินค้า การจัดเก็บสินค้าสำเร็จรูปและการขนส่งสินค้าภายในบริษัทจนถึงลูกค้า โดยจะทำการผลิตสินค้าในแต่ละชนิดตามที่ลูกค้าต้องการ ส่วนของคลังสินค้าที่มีอยู่ในปัจจุบันจะเป็นแบบหมุนเวียน ในการเก็บสินค้าสำเร็จรูปไว้ภายในคลังสินค้านั้นต้องมีการถูกกำหนดด้วยอุณหภูมิก่อนจะส่งให้ถึงลูกค้าเนื่องมาจากการบรรจุสินค้าที่เสร็จสิ้นภายใต้อุณหภูมิที่สูงต้องปล่อยสินค้าทิ้งไว้เพื่อให้สินค้ามีอุณหภูมิตามที่กำหนดจึงส่งมอบให้แก่ลูกค้าได้สำหรับบริษัทหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ศึกษาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตผงคาร์บอนแบล็ค ด้านการปฏิบัติงานในแผนกคลังสินค้าจะมีการบรรจุสินค้าเพื่อนำไปไว้ยังสถานที่จัดเก็บ การบรรจุสินค้าแต่ละวันใน 1 สายการผลิตสามารถบรรจุได้เฉลี่ย 135 ตัน ศึกษาจำนวน 3 สายการผลิต ระยะเวลา 5 เดือน สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ขนย้ายคือรถโฟล์คลิฟท์ที่บรรทุกเที่ยวละไม่เกิน 1 ตัน มีรถโฟล์คลิฟท์ประจำอยู่ 1 คันต่อหนึ่งเครื่องบรรจุในแต่ละสายการผลิต ระยะทางจากจุดที่บรรจุสินค้าไปยังคลังสินค้ามีระยะทางไกล เมื่อนำข้อมูลการจัดเก็บแบบปัจจุบันมาคำนวณหาราคาน้ำมัน 1 วันคิดเป็นมูลค่า 2,774.47 บาทต่อวัน หนึ่งเดือนคิดเป็น 82,234.1 บาท จากสินค้าทั้ง 15 ชนิด

งานวิจัยที่ได้สำรวจมาเป็นการนำเอาโปรแกรมเชิงเส้นมาช่วยเพื่อแก้ปัญหาทางด้านการขนส่ง การวางแผนการผลิตเป็นส่วนใหญ่ งานวิจัยของภักคณา[3] ได้นำเอาโปรแกรม Excel Premium Solver และสมการโปรแกรม

เชิงเส้น มาช่วยในการตำแหน่งที่ดีที่สุดในการจัดวางพื้นที่จัดเก็บชิ้นส่วนในคลังสินค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเคลื่อนย้ายชิ้นส่วน ด้านงานวิจัยกรณี[1] นำการใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงและระบบแถวคอยมาใช้ในการจัดรูปแบบการขนส่งหินปูนในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ โดยพัฒนาโปรแกรมภาษา MATLAB ใช้ในการประมวลผลในงานวิจัยปริษา[2] ได้ใช้การสร้างแบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาต้นทุนต่ำสุดในการหลอมอลูมิเนียมเพื่อประยุกต์หาคำตอบ เพื่อให้ได้ต้นทุนวัตถุดิบต่ำสุดพร้อมกันนี้ได้พัฒนาโปรแกรม Lindo นำคำตอบเหล่านั้นมาเปรียบเทียบกับต้นทุนระหว่างรูปแบบทั่วไป กับคำตอบที่ได้จากโปรแกรม Lindo ด้านงานวิจัยของสุวิภา[4] นำหลักการของ Optimization มาประยุกต์ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ภัณฑ์ระหว่างที่ทำการไปรษณีย์รับจ่ายที่เป็นลูกข่ายกับที่ทำการไปรษณีย์รับจ่ายศูนย์แลกเปลี่ยนเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุด โดยใช้โปรแกรม Excel Solver

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 กลุ่มประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

การทำวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแผนกคลังสินค้า กระบวนการทำงาน ระยะทาง การจัดเก็บสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตผงคาร์บอนแบล็คตัวอย่าง ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการผลิตเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยาง หมึกพิมพ์ รองเท้า เป็นต้น

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยครั้งนี้ คือ สินค้าสำเร็จรูปที่ผลิตเสร็จเรียบร้อยแล้ว กระบวนการบรรจุสินค้าแผนผังพื้นที่จัดเก็บ ระยะทาง ปริมาณสินค้าและความถี่ในการขนถ่ายสินค้าเพื่อจัดเก็บ

การเก็บรวบรวมข้อมูล ขั้นตอนการเก็บข้อมูลภายในพื้นที่จัดส่งสินค้าของโรงงานเป็นดังนี้

1. เก็บข้อมูลสภาพพื้นที่ภายในแผนกคลังสินค้า
2. เก็บข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า

3. เก็บข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการปฏิบัติงานภายในแผนกคลังสินค้า

4. เก็บข้อมูลของอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ขนส่งสินค้าเพื่อจัดเก็บ

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือ การศึกษาการทำงาน (Work Study) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ขั้นตอนของการปฏิบัติงานเพื่อขจัดงานที่ไม่จำเป็นออก และหาวิธีการทำงาน ซึ่งดีที่สุดในขั้นตอนการปฏิบัติงานนั้นๆ รวมถึงการปรับปรุงมาตรฐานของวิธีการทำงานและการหาเวลามาตรฐานของงาน [6]

การหาคำตอบโดยใช้วิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นเทคนิคในการแก้ไขปัญหาทางการจัดสรรปัจจัยและทรัพยากรที่มีลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นเชิงเส้นตรงทั้งสิ้น โดยมีจุดหมายเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจให้เกิดผลตามแนวทางการดำเนินงานที่ดีที่สุด เช่น กำไรสูงสุด ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดและแนวทางการดำเนินงานอื่นๆ ที่ให้ผลประโยชน์มากที่สุดต่อระบบนั้นๆ [7]

วิจัยนี้ใช้วิธีการหาค่าขนส่งต่ำสุดในการจัดเก็บ เขียนสมการเชิงเส้นตรงหาระยะทางสั้นที่สุด เพื่อลดค่าพลังงานด้านเชื้อเพลิงในบริษัทตัวอย่าง นำข้อมูลที่ได้แทนค่าข้อมูลต่างๆ ลงในโปรแกรม Lindo(Student version)

2.3 การวิเคราะห์

วิเคราะห์ผลที่ได้จากการจัดเก็บแบบปัจจุบันกับการจัดเก็บที่ได้จากการทดลองโดยใช้โปรแกรม SPSS (Student Version) เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลสองชุดในการหาค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

3. การประมวลผล

3.1 ข้อมูลที่ใช้

ข้อมูลที่ใช้ทดสอบเก็บรวบรวมกำลังการผลิตตั้งแต่วันที่เดือนมกราคม 2553- พฤษภาคม 2553 ระยะเวลา 5 เดือน ชนิดของสินค้าที่มีกำลังการผลิตสูงสุด 5 อันดับแรกจาก 15 ชนิด นำปริมาณการผลิตที่ส่งไปบรรจุยังเครื่องบรรจุสินค้า

และปริมาณการขายภายนอกมาใช้ในการคิดวิเคราะห์ เมื่อทำการบรรจุเสร็จเรียบร้อยแล้วไปเก็บยังคลังสินค้า รอให้อยู่ในคลังสินค้าเป็นเวลา 2 วัน จึงขายออกภายนอก สำหรับสินค้า 5 อันดับแรกคือ N220, N660, N550, N330 และ N326 ตามลำดับ

กำหนดให้

W4 คือ คลังสินค้าที่ 4

W5 คือ คลังสินค้าที่ 5

W6 คือ คลังสินค้าที่ 6

W7 คือ คลังสินค้าที่ 7

P3 คือ สถานที่บรรจุสินค้า L#3

P4 คือ สถานที่บรรจุสินค้า L#4

P5 คือ สถานที่บรรจุสินค้า L#5

ตารางที่ 1 แผนภูมิจากไปของระยะทางระหว่างสถานที่บรรจุสินค้ากับคลังสินค้า(เมตร)

| | P3 | P4 | P5 | W4 | W5 | W6 | W7 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| P3 | | | | 384 | 194 | 434 | 191 |
| P4 | | | | 384 | 194 | 434 | 191 |
| P5 | | | | 370 | 180 | 420 | 177 |
| W4 | 384 | 384 | 370 | | | | |
| W5 | 194 | 194 | 180 | | | | |
| W6 | 434 | 434 | 420 | | | | |
| W7 | 191 | 191 | 177 | | | | |

3.2 วิธีการทดลอง

การคำนวณด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น กำหนดค่าตั้งต้นคงคลังยกยอดมาจากเดือนก่อนหน้า กำหนดให้การจัดเก็บถูกตัดสินใจด้วยระยะทางกับความจุของคลังสินค้านำข้อมูลสินค้าและสมการเป้าหมายเขียนลงในโปรแกรม Lindo จากนั้นทำการรันโปรแกรมในแต่ละเดือน กำหนดให้ค่าใช้จ่ายสัมพันธ์กับระยะทาง

3.3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

กำหนดให้

Z = ระยะทางรวมทั้งหมดในการจัดเก็บ

i = คือวันที่ โดยที่ i=1,2,3, ...,31

j = คือชนิดของสินค้า โดยที่ j = 1,2,3,4,5

k = คือสถานที่บรรจุสินค้า โดยที่ k = 1,2,3

n = คือคลังสินค้า โดยที่ n=1,2,3,4

พารามิเตอร์ (Parameter)

D คือระยะทางจากสถานที่บรรจุสินค้า k ไปยังคลังสินค้า n ในวันที่ i ของสินค้า j

A = คือความจุของคลังสินค้า n ในวันที่ i ของชนิดสินค้า j

x = ปริมาณสินค้าชนิด j จากสถานที่บรรจุสินค้า k ไปยังคลัง n ในวันที่ i

V = กำลังการบรรจุของวันที่ i แต่ละชนิดสินค้า j ในแต่ละวันที่ i ไปยังคลัง n

R = 1 เมื่อสินค้าชนิด j บรรจุจากสถานที่บรรจุ k
= 0 กรณีอื่นๆ

ตัวแปรตัดสินใจ

x = ปริมาณสินค้าชนิด j จากสถานที่บรรจุสินค้า k ไปยังคลัง n ในวันที่ i

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

จุดประสงค์ของปัญหานี้คือต้องการระยะทางต่ำสุด

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^3 \sum_{n=1}^4 D_{ijkn} X_{ijkn} R_{jk} \quad (1)$$

สมการข้อจำกัด

ในแต่ละวันที่ i มีปริมาณสินค้า x ของชนิดสินค้า j ซึ่งบรรจุจากสถานที่บรรจุ k ไปเก็บในคลัง n ต้องมีปริมาณไม่เกินความจุคลัง A

$$\sum_{j=1}^5 X_{ijkn} R_{jk} \forall i \forall n \leq \sum_{j=1}^5 A_{ijn} R_{jk} \forall i \forall n \quad (2)$$

ในแต่ละวันที่ i มีปริมาณสินค้า x ของชนิดสินค้า j ซึ่งบรรจุจากสถานที่บรรจุ k ไปเก็บในคลัง n ต้องมีปริมาณสินค้าเท่ากับกำลังการบรรจุสินค้าแต่ละชนิด j ในแต่ละวันที่ i

$$\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N X_{ijk} R_{jn} \forall i, j = V_{ij} \quad (3)$$

All Variable ≥ 0 ; integer

4. ผลการวิจัย

จากแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นข้างต้น ไปหาคำตอบด้วยโปรแกรม Lindo ยกตัวอย่างเดือนมกราคม 2553

```
LINDO Model - JAN_Finish_NEW
Min 384X1111+384X1221+384X1321+370X1431+370X1531+194X1112+194X1222+194X1322+180X1432+180X1532+434X21113+
434X2223+434X2323+420X2433+420X2533+191X3114+191X3224+191X3324+177X434+177X534 +
384X2111+384X2221+384X2321+370X2431+370X2531+194X2112+194X2222+194X2322+180X2432+180X2532+434X3113+
434X3223+434X3323+420X3433+420X3533+191X3114+191X3224+191X3324+177X434+177X534 +
384X3111+384X3221+384X3321+370X3431+370X3531+194X3112+194X3222+194X3322+180X3432+180X3532+434X4113+
434X4223+434X4323+420X4433+420X4533+191X4114+191X4224+191X4324+177X4434+177X544 +
384X4111+384X4221+384X4321+370X4431+370X4531+194X4112+194X4222+194X4322+180X4432+180X4532+434X5113+
434X5223+434X5323+420X5433+420X5533+191X5114+191X5224+191X5324+177X5434+177X554 +
384X5111+384X5221+384X5321+370X5431+370X5531+194X5112+194X5222+194X5322+180X5432+180X5532+434X6113+
434X6223+434X6323+420X6433+420X6533+191X6114+191X6224+191X6324+177X6434+177X654 +
384X7111+384X7221+384X7321+370X7431+370X7531+194X7112+194X7222+194X7322+180X7432+180X7532+434X7113+
434X7223+434X7323+420X7433+420X7533+191X7114+191X7224+191X7324+177X7434+177X754 +
384X8111+384X8221+384X8321+370X8431+370X8531+194X8112+194X8222+194X8322+180X8432+180X8532+434X8113+
434X8223+434X8323+420X8433+420X8533+191X8114+191X8224+191X8324+177X8434+177X854 +
```

รูปที่ 1 การนำแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้น ไปหาคำตอบด้วยโปรแกรม Lindo

```
Solution Report - JAN_Finish_NEW
Global optimal solution found.
Objective value: 1655386.
Total solver iterations: 182

Variable Value Reduced Cost
X1111 14.00000 0.000000
X1221 11.00000 0.000000
X1321 0.000000 384.0000
X1431 0.000000 0.000000
X1531 0.000000 370.0000
X1112 61.00000 0.000000
X1222 0.000000 0.000000
X1322 0.000000 384.0000
X1432 0.000000 0.000000
X1532 0.000000 370.0000
X1113 0.000000 50.000000
X1223 0.000000 50.000000
X1323 0.000000 434.0000
X1433 0.000000 50.000000
X1533 0.000000 420.0000
X1114 0.000000 0.000000
X1224 74.00000 0.000000
```

รูปที่ 2 ผลการหาคำตอบด้วยโปรแกรม Lindo

จากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ยกตัวอย่างการหาคำตอบโปรแกรม Lindo ในการหาระยะทางต่ำสุดของเดือนมกราคม 2553

สรุปได้ดังนี้

1. จำนวนรอบในการแก้ปัญหาจนได้คำตอบ เท่ากับ 182
2. ระยะทางต่ำสุดเท่ากับ 1,655,386 เมตร
3. ปริมาณสินค้าที่จัดเก็บในคลัง เท่ากับ

ปริมาณสินค้า X_{1111} เท่ากับ 14.00000 ตัน

ปริมาณสินค้า X_{1221} เท่ากับ 11.00000 ตัน

ปริมาณสินค้า X_{1321} เท่ากับ 0.000000 ตัน

ปริมาณสินค้า X_{1431} เท่ากับ 0.000000 ตัน

ปริมาณสินค้า X_{1531} เท่ากับ 74.00000 ตัน

4. หากมีการจัดเก็บ X_{1112} จะทำให้ระยะทางเพิ่มขึ้นเท่ากับ 384 เมตร/ตัน

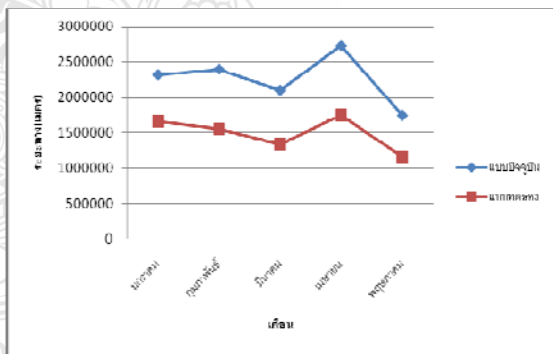
หากมีการจัดเก็บ X_{1222} จะทำให้ระยะทางเพิ่มขึ้นเท่ากับ 384 เมตร/ตัน

5. ปริมาณสินค้า X_{1113} ไม่ถูกจัดเก็บ

ปริมาณสินค้า X_{1223} ไม่ถูกจัดเก็บ

6. X_{1112} คือ สินค้าของวันที่ 1 ชนิด N220 จากสถานที่บรรจุสินค้า L#3 ในคลังสินค้าที่ 4

X_{1222} คือ สินค้าของวันที่ 1 ชนิด N550 จากสถานที่บรรจุสินค้าที่ L#4 ในคลังสินค้าที่ 4



รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบระยะทางขนส่งแบบปัจจุบันกับแบบที่ได้จากการทดลอง

4.1 สรุปผล

จากกราฟเปรียบเทียบระยะทางขนส่งแสดงให้เห็นว่าการขนส่งจากแบบทดลองมีค่าระยะทางขนส่งลดลงจากแบบปัจจุบัน ในแต่ละเดือนดังนี้เดือนมกราคมลดลง 662,196 เมตร กุมภาพันธ์ลดลง 847,175 เมตร มีนาคม

ลดลง 766,860 เมตร เมษายนลดลง 980,731 เมตรและเดือนพฤษภาคมลดลง 592,999 เมตร คำนวณเฉพาะขนส่งเพียงแค่นี้ก็ไปเที่ยวเดียว อุปกรณ์ที่ใช้คือ รถไฟร์คลิฟท์ของเดิมที่ใช้อยู่กับทางบริษัทมีอัตราสิ้นเปลืองเท่ากับ 3 กิโลเมตรต่อน้ำมัน 1 ลิตร เชื้อเพลิงคือน้ำมันดีเซล ปี 5 ราคาดีเซลละ 36.03 บาท (คิดรวมค่าเสื่อมราคาและค่าซ่อมบำรุงของรถไฟร์คลิฟท์)

4.2 การทดสอบสถิติข้อมูลผลการเปรียบเทียบ

ตารางที่ 2 ผลจากการทดสอบโดยใช้ Paired T-Test

| Paired Difference | | t | df | Sig. (2-tailed) |
|-------------------|----------|--------|----|-----------------|
| Lower | Upper | | | |
| 580333.9 | 959650.5 | 11.272 | 4 | .000 |

จากการทดสอบโดยใช้ Paired T-Test เปรียบเทียบข้อมูลทั้งสองชุดคือแบบปัจจุบันและแบบทดลอง พบว่าค่า P-Value มีค่า 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $\frac{\alpha}{2} = 0.025$ ทำให้ข้อมูลทั้งสองชุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกัน

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า การขนส่งสินค้าเพื่อจัดเก็บระหว่างสถานที่ที่บรรจุสินค้าในสายการผลิตไปยังคลังสินค้าสามารถนำวิธีการ Optimization มาใช้หาระยะทางและค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดได้โดยใช้ข้อมูลจริงของทางบริษัท

การพิจารณาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการขนส่งแบบปัจจุบันกับแบบที่ได้จากการทดลองทั้งสองวิธี เมื่อเปรียบเทียบแบบปัจจุบันกับแบบทดลอง ระยะทางและเชื้อเพลิงลดลง 34.10% ค่าเชื้อเพลิงลดลงคิดเป็นเงิน 46,238.04 บาท ในการขนส่งเที่ยวไปเที่ยวเดียว

เอกสารอ้างอิง

วิทยานิพนธ์

[1] การ์ดีย์ กันพันภัย, การจัดรูปแบบของการขนส่งหินปูนในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์โดยใช้การโปรแกรมเชิงเส้นตรงและระบบแถวคอย, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2547.

[2] ปรีชา หล้ากัน, การสร้างแบบจำลองการโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาต้นทุนต่ำสุดในการหลอมอลูมิเนียม, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2550.

[3] ภัคนาท ศรีมหาทรัพย์, การหาตำแหน่งที่ดีที่สุดในการจัดวางพื้นที่จัดเก็บชิ้นส่วนในคลังสินค้าเพื่อให้เกิดระยะทางรวมในการเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนทั้งระบบต่ำที่สุดด้วยโปรแกรม Excel Solver, การศึกษาอิสระ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2552.

[4] สุวัลภา แสงประกาย, การนำ Optimization มาประยุกต์ใช้ในการหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งไปรษณีย์ภัณฑ์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2542.

หนังสือภาษาไทย

[5] จรัญ จันทลักษณ์, สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ

[6] วิจิตร ตันทสุทธิ และคณะ, การศึกษาการทำงาน (Work Study). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ.

[7] วิจิตร ตันทสุทธิ และคณะ, การวิจัยดำเนินงาน. กรุงเทพฯ.

Book

[8] Wayne L. Winston. 1997. User's Guide for LINDO and LINGO, Windows Versions. Duxbury Press.

การศึกษารูปแบบการดำเนินงานของเกษตรกรผู้ปลูกผัก สำหรับการจัดหาผักสดของร้านอาหาร

วันเพ็ญ สุมนานุสรณ์¹ และ พรธิภา องค์คุณรักษ์¹

¹ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail: wanpen.ku64@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันร้านอาหารส่วนใหญ่มีความต้องการผักที่สดและปลอดภัยจากสารพิษตกค้าง ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกผักมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง โดยในโซ่อุปทานผักสดของร้านอาหาร มีเกษตรกรผู้ปลูกผักส่วนใหญ่เป็นรายย่อยและมีตัวกลางจำนวนมาก เช่น ผู้รวบรวมท้องถิ่น ผู้ค้าในตลาดกลาง ผู้ค้าส่ง-ปลีกในจังหวัด งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันของเกษตรกรผู้ปลูกผักด้วยการสัมภาษณ์และวิเคราะห์ตามแบบจำลองอ้างอิงการดำเนินงานโซ่อุปทาน ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรมีมาตรฐาน GAP และตราสินค้ามีผลต่อการดำเนินงานของเกษตรกรและคุณภาพผักสด โดยเกษตรกรที่มี GAP จะมีการบันทึกข้อมูล และรวมกลุ่มกันซื้อปัจจัยการผลิตเพื่อเพิ่มอำนาจการต่อรอง และมีการใช้สารเคมีอย่างถูกต้อง มีสัดส่วนผลผลิตเน่าเสียน้อยกว่าเกษตรกรที่ไม่มี GAP ทำให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น แต่ราคาผักที่มีและไม่มี GAP ไม่แตกต่างกัน เกษตรกรที่มีตราสินค้ามักเป็นรายใหญ่ ส่งมอบสินค้าไปยังร้านอาหารโดยตรงด้วยรถบรรทุกที่ควบคุมอุณหภูมิและรับคืนผลผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน โดยราคาผักจะสูงกว่าราคาตลาดทั่วไป ดังนั้นภาครัฐควรส่งเสริมให้ผักที่มีคุณภาพดีมีราคาแตกต่างเพื่อเพิ่มมูลค่าผักสดในโซ่อุปทานสำหรับร้านอาหารที่เน้นผู้บริโภคที่ใส่ใจด้านสุขภาพและความปลอดภัย และสามารถเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรด้วย

คำสำคัญ: เกษตรกร; ผักสด; GAP; SCOR Model; ร้านอาหาร

1. บทนำ

เนื่องจากผักสดมีลักษณะเน่าเสียง่าย และมีผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการจัดหาผักสดของร้านอาหารในประเทศไทย ซึ่งในงานวิจัยนี้เน้นการจัดหาวัตถุดิบของเกษตรกรโดยเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นรายย่อย ยังขาดความรู้ความเข้าใจด้านการใช้ปุ๋ยและสารเคมีที่ถูกต้อง การขนส่งที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ ไม่มีการคัดเกรด เป็นต้น โดยเฉพาะธุรกิจประเภทร้านอาหารที่ต้องการผักที่สด สะอาด และปลอดภัย รวมถึงสร้างความน่าเชื่อถือด้วยใบรับรองคุณภาพ โดยการศึกษาครั้งนี้ได้นำหลักการของ SCOR Model มาประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายลักษณะการดำเนินงานการจัดการโซ่อุปทานของเกษตรกรสำหรับการจัดหาผักสดของร้านอาหาร และหาแนวทางในการพัฒนาเกษตรกร

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการโซ่อุปทานของสินค้าเกษตร [1] เป็นแนวทางสำคัญในการลดความแปรปรวนของโซ่อุปทานลง เนื่องจากสินค้าเกษตรมีความแปรปรวนสูง โดยเฉพาะเกษตรกรที่ต้องใช้เวลาในการเพาะปลูกและดูแลรักษานานกว่าสินค้าประเภทอื่น ๆ อีกทั้งต้องพึ่งปัจจัยทางธรรมชาติหรือสภาพดินฟ้าอากาศ และเป็นสินค้าที่มีความเสี่ยงสูงแต่ผลตอบแทนที่ได้รับค่อนข้างต่ำ ซึ่งสามารถนำโครงสร้างของ SCOR Model [2] ประกอบด้วยการวางแผน การจัดหาแหล่งวัตถุดิบ การผลิต การส่งมอบ และการส่งคืนสินค้า มาอธิบายความสัมพันธ์ภายในโซ่อุปทาน และ

เชื่อมต่อแต่ละองค์กรในโวลุ่มทาน เช่น ผู้รวบรวม และร้านอาหาร และนำแบบจำลองโวลุ่มทานนี้มาพัฒนาและปรับปรุง โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบการผลิตของเกษตรกร ดังนี้ ชีวีและคณะ [3] พบว่า เกษตรกรมีปัญหาราคาผลผลิตตกต่ำและไม่สามารถเข้าถึงตลาด ทำให้จัดตั้งกลุ่มเกษตรกรเพื่อผลิตผักคุณภาพด้วยการถ่ายทอดความรู้ เทคโนโลยีการผลิตเพื่อเข้าสู่ระบบ GAP โดยสมบูรณ์ [4] มีงานวิจัยที่บ่งชี้ว่า เกษตรกรที่ได้รับ GAP มีกำไรสุทธิมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้รับ GAP แต่ปริมาณผลผลิตของเกษตรกรที่ได้รับมาตรฐาน GAP จะมีปริมาณน้อยกว่า เนื่องจากต้องคัดผลผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน และมีปัญหาด้านปัจจัยการผลิตที่มีราคาสูง

3. วิธีการวิจัย

3.1 การศึกษาภาพรวมโวลุ่มทานประเภทผักสดของร้านอาหาร

เป็นการศึกษารูปแบบของโวลุ่มทานผักสด โดยเริ่มตั้งแต่เกษตรกร ผู้รวบรวม และร้านอาหาร

3.2 การเปรียบเทียบสถานการณ์ปัจจุบันของเกษตรกร 3 ประเภท

ได้แก่ (1) เกษตรกรที่ไม่ได้รับมาตรฐาน GAP กรณีไม่มีตราสินค้า (2) เกษตรกรที่ได้รับมาตรฐาน GAP กรณีไม่มีตราสินค้า และ (3) เกษตรกรผู้เพาะปลูกผักสดที่มีตราสินค้า โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

(1) การศึกษาสถานการณ์ปัจจุบันของเกษตรกรประเภทที่ 1 และ 2

ก. สร้างแบบสอบถามซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา 3 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ระบบการจัดการโวลุ่มทานตามหลักการของ SCOR Model ได้แก่ การวางแผนเพาะปลูก (Plan) การจัดหาปัจจัยการผลิต (Source) การผลิตและเก็บเกี่ยวผลผลิต (Make) การส่งมอบ (Deliver) การส่งคืนผลผลิต (Return) และการได้รับใบรับรองมาตรฐาน GAP

ข. เก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรด้วยแบบสอบถามที่สร้างขึ้น โดยเก็บตัวอย่างเป็นแบบตามสะดวก

(Convenient Sampling) ในภาคกลางและภาคตะวันตก โดยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และยอมรับค่าความคลาดเคลื่อนที่ 0.30 พบว่า จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำคือ 84 ราย [5] ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เก็บตัวอย่างทั้งหมด 128 ราย

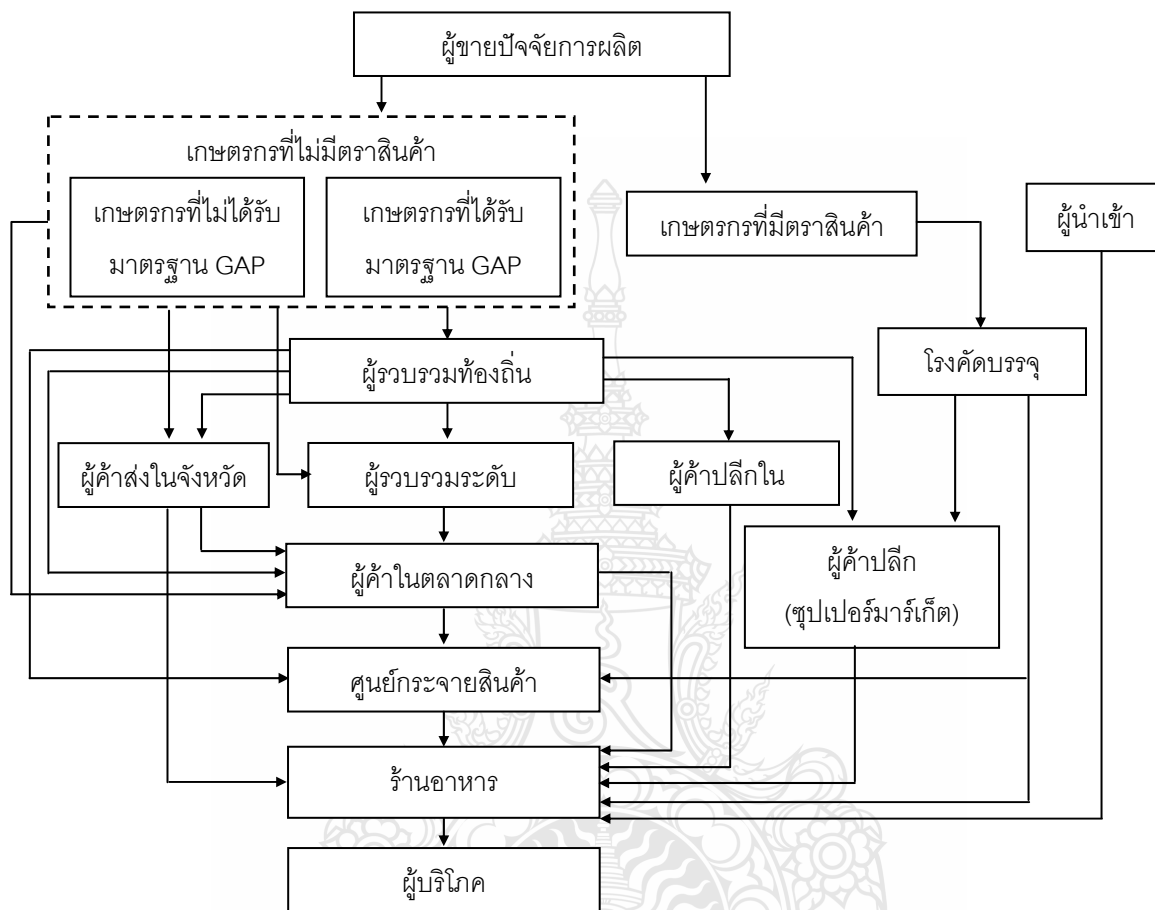
(2) ศึกษาสถานการณ์ปัจจุบันของเกษตรกรประเภทที่ 3 เป็นการสัมภาษณ์เชิงลึกเกษตรกรที่มีตราสินค้าจำนวน 2 ราย คือ เกษตรกรผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ที่ได้รับมาตรฐาน GAP และเกษตรกรอินทรีย์ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคที่พบ

4. ผลการวิจัย

4.1 ภาพรวมโวลุ่มทานประเภทผักสดของร้านอาหาร

จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้ที่เกี่ยวข้องในโวลุ่มทานผักสดของร้านอาหารมีผู้ที่เกี่ยวข้องได้แก่ ผู้ขายปัจจัยการผลิต เกษตรกรที่ไม่มีตราสินค้า (เกษตรกรที่ไม่ได้รับและได้รับมาตรฐาน GAP) และเกษตรกรที่มีตราสินค้า ผู้รวบรวมท้องถิ่น ผู้รวบรวมระดับภูมิภาค ผู้ค้าส่ง-ปลีกในจังหวัด ผู้ค้าในตลาดกลาง โรงคัดบรรจุสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า ซูเปอร์มาร์เก็ต ผู้นำเข้า และร้านอาหาร โครงสร้างโวลุ่มทานสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 1 โดยเริ่มจากผู้ขายปัจจัยการผลิต เกษตรกรส่วนใหญ่จะซื้อปัจจัยการผลิตเมื่อต้องการใช้และยังไม่มีกรรวมกลุ่มกันซื้อ สำหรับเกษตรกรที่ไม่ได้รับใบรับรอง GAP จะขายให้ผู้รวบรวมท้องถิ่น แต่เกษตรกรที่ได้รับใบรับรอง GAP จะขายให้ผู้ค้าส่งในจังหวัดและตลาดกลาง และกระจายผลผลิตไปยังผู้ค้าระดับอื่นต่อไป เช่น ผู้ค้าส่ง-ปลีกในจังหวัด ผู้ค้าในตลาดกลาง จนกระทั่งถึงร้านอาหาร โดยมีการคัดเกรดและใส่บรรจุภัณฑ์ที่เรียบร้อย ในขณะที่เกษตรกรที่มีตราสินค้าพบว่า มีการเพาะปลูกตามหลักการที่ถูกต้อง โดยมีใบรับรองมาตรฐาน GAP และ Organic และบันทึกทุกขั้นตอนของการผลิต และมีโรงคัดบรรจุสินค้าของตนเองที่ได้มาตรฐานก่อนส่งมอบผลผลิต การส่งมอบผลผลิตจะดำเนินการส่งเองทั้งหมดโดยไม่ผ่านพ่อค้าคนกลาง คือ จัดส่งไปยังศูนย์กระจายสินค้า ร้านอาหาร หรือซูเปอร์

มาร์เก็ตทิงที่ควบคุมคุณภาพ นอกจากนั้นยังมีผู้นำเข้า ผักจากต่างประเทศ เนื่องจากประเทศไทยเป็นเมืองร้อน ทำให้ไม่สามารถเพาะปลูกได้



รูปที่ 1. โซ่อุปทานผักสดของร้านอาหาร

4.2 การเปรียบเทียบสถานการณ์ปัจจุบันของเกษตรกรทั้ง 3 ประเภท

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกผักจากภาคกลาง และภาคตะวันตก สามารถแบ่งออกเป็น 6 หัวข้อ ดังนี้ 1. การวางแผนการเพาะปลูก 2. การจัดหาปัจจัยการผลิต 3. ด้านการผลิตและการเก็บเกี่ยวผลผลิต 4. การส่งมอบ 5. การส่งคืน และ 6. ปัญหาและอุปสรรคที่พบจากการศึกษา พบว่าเกษตรกรที่มีตราสินค้ามีการควบคุมทุกขั้นตอน ตั้งแต่การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ การเพาะปลูก การ

เก็บเกี่ยว จนกระทั่งส่งมอบถึงลูกค้า ทำให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับถึงแหล่งที่มาได้ รวมทั้งมีการตรวจสอบคุณภาพอย่างเข้มงวดทำให้ผู้บริโภคมั่นใจในกระบวนการผลิตที่ปลอดภัย ในขณะที่เกษตรกรทั่วไปยังขาดการจัดการที่ดี ไม่มีระบบการบันทึกข้อมูลที่จำเป็น เช่น วันที่เพาะปลูก วันที่เก็บเกี่ยว การใช้สารเคมี ทำให้เมื่อสินค้าปลายทางมีปัญหาไม่สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. รูปแบบการดำเนินงานของเกษตรกรทั้ง 3 ประเภท ตามแบบจำลอง SCOR Model

| ประเด็นการศึกษา | | ประเภทของเกษตรกร | | |
|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1. การวางแผน (Plan) | การวางแผนการเพาะปลูก | 32.40% วางแผนการเพาะปลูกจากประสบการณ์ | 85.19% วางแผนการเพาะปลูกจากประสบการณ์ | พยากรณ์ความต้องการผลผลิตในปี/เดือนที่แล้ว |
| 2. การจัดหา (Source) | แหล่งเมล็ดพันธุ์ | 85.14% ซื้อจากร้านค้าทั่วไป | 59.26% ซื้อจากร้านค้าทั่วไป | ตามข้อกำหนด GAP และเกษตรอินทรีย์ |
| 2. การจัดหา (Source) (ต่อ) | การจัดหาปัจจัยการผลิต | 93.24% ซื้อเมื่อต้องการใช้ | 79.63% ซื้อเมื่อต้องการใช้ | ให้สอดคล้องกับการจัดหาตามแผนการเพาะปลูก |
| 3. การผลิต (Make) | พื้นที่ปลูกผัก | 58.11% ใช้สารเคมี | 59.26% ใช้สารเคมีและชีวภาพ | ไม่ใช้สารเคมี |
| | การเก็บบันทึกข้อมูลการเพาะปลูก | 31.08% มีการจดบันทึกข้อมูล | 90.74% มีการจดบันทึกตามข้อกำหนด GAP | มีการเพาะปลูกตามหลักการที่ถูกต้องและบันทึกทุกขั้นตอน |
| | การตรวจสอบคุณภาพผัก | 98.25% ตรวจสอบทางสายตา | 79.55% ตรวจสอบทางสายตาและ 20.45% ตรวจสอบทั้งทางสายตาและห้องปฏิบัติการ | ส่วนใหญ่มีชุดทดสอบสารเคมี (Test kit) |
| | การจัดการผลผลิตที่ไม่เป็นที่ต้องการ | 31.08% ปรับปรุงพื้นที่ในการเพาะปลูก | 48.15% ปรับปรุงพื้นที่ในการเพาะปลูกและ 48.15% เพิ่มปุ๋ย/ยาฆ่าแมลง | ถอนทิ้ง/คัดออกสำหรับผลผลิตที่ไม่ได้คุณภาพ |
| | การเน่าเสียของผลผลิต | 72.97% มีสัดส่วนผลผลิตเน่าเสีย | 44.44% มีสัดส่วนผลผลิตเน่าเสียน้อยกว่าเกษตรกรประเภทที่ 1 เนื่องจากเน้นการป้องกันแมลงศัตรูพืชโดยใช้สมุนไพร | ผลผลิตมีสัดส่วนเน่าเสีย น้อยมากเนื่องจากใช้แรงงานคนเป็นหลักทำให้มีการดูแลเอาใจใส่มากขึ้น |

| ประเด็นการศึกษา | | ประเภทของเกษตรกร | | |
|---------------------------------------|---|---|--|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| | ผู้คัดเกรด ผลผลิต | 77.03% คัดเกรดโดย เกษตรกรและ 6.76% โดยผู้ซื้อ | 87.04% คัดเกรดโดย เกษตรกรและ 11.11% คัดเกรดโดยผู้ซื้อ | มีโรงคัดบรรจุสินค้า ที่ได้มาตรฐาน |
| | ประเภทบรรจุ ภัณฑ์สำหรับ บรรจุผัก | 74.03% ใช้ถุงพลาสติก 14.86% ใช้ตะกร้า พลาสติก | 51.26% ใช้ถุงพลาสติก 29.63% ใช้ตะกร้า พลาสติก | บรรจุผักใส่ถุงพลาสติก และนำใส่ตะกร้า |
| 4. การส่งมอบ วัตถุดิบ (Deliver) | การซื้อขาย | 37.84% แบบคละเกรด 35.14% แบบคัดคุณภาพ | 51.85% แบบคละเกรด 31.48% แบบคัดคุณภาพ | แบบคัดคุณภาพ |
| | การขายผลผลิต | 48.65% ขายให้ผู้รวบรวม ท้องถิ่น และ 25.68% ขายให้ผู้ค้าส่งในจังหวัด | 33.33% ขายให้ผู้ค้าส่ง ในจังหวัด และ 27.78% ขายให้ตลาดกลาง | ขายให้ซูเปอร์มาร์เก็ต และร้านอาหารโดยตรง |
| | ระบบใช้ความ เย็น | ไม่มี | ไม่มี | มี |
| 5. การส่งคืน (Return) | ปัญหาการคืน ผลผลิต | 100% ไม่มีการส่งคืน แต่ ผู้รับซื้อจะรับไว้โดยหัก ราคา | 7.41% มีการส่งคืน ผลผลิต และ 92.59 % ผู้รับซื้อจะรับไว้โดยหัก ราคา | บริษัทรับผิดชอบผลผลิต กรณีมีปัญหา |
| 6. ปัญหาที่พบ* | คะแนนความ คิดเห็นปัญหาที่ เกษตรกรพบ | - ปัจจัยการผลิตมีราคา แพง (4.11) - ราคาผลผลิตไม่แน่นอน (3.88) | - ความผันผวนของสภาพ อากาศ/ภัยธรรมชาติ (4.37) - ราคาขายไม่แตกต่าง จากราคาผักทั่วไป (3.74) | - ผู้บริโภคขาดความรู้ เกี่ยวกับผักปลอดสารพิษ - ขาดแคลนแรงงานที่ใช้ ในการเพาะปลูก |

หมายเหตุ: *ระดับความสำคัญ: 1 = ไม่สำคัญอย่างยิ่ง 5 = สำคัญอย่างยิ่ง (สเกลที่ใช้ในแบบสอบถาม จำนวน 5 ระดับ)

5. บทวิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรที่ไม่มีตราสินค้ามีการกระจายผลผลิตไปยังผู้ค้าระดับต่าง ๆ ก่อนกระจายไปยังร้านอาหาร ในขณะที่เกษตรกรที่มีตราสินค้า มีการบันทึกทุกขั้นตอนของการผลิต มีการจัดส่งที่ควบคุมคุณภาพไปยังร้านอาหาร โดยร้านอาหารยังมีความต้องการผักที่สดและปลอดภัย ซึ่งเกษตรกรมีบทบาทสำคัญ

อย่างยิ่ง โดยเกษตรกรที่ได้รับ GAP มีปัญหาการตลาดคือ ราคาส่งไม่แตกต่างจากราคาผักทั่วไป ทำให้เกษตรกรไม่มีแรงจูงใจในการผลิต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอแนวทางการแก้ไข ดังนี้ (1) ภาครัฐควรให้ความรู้ด้านการเพาะปลูก และส่งเสริมให้ผักที่มีคุณภาพดีมีราคาแตกต่าง (2) การทำระบบเกษตรพันธะสัญญา ทำให้ลดความเสี่ยงด้านราคาและเป็นการประกันรายได้ (3) ส่งเสริมให้มีการ

ปลูกผักที่ได้ใบรับรอง GAP หรือเกษตรอินทรีย์ ทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี และพบว่ายังมีจุดอ่อน คือ ผู้บริโภคยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับผักปลอดสารพิษ โดยให้ความสำคัญกับรูปร่าง แต่ไม่ได้คำนึงถึงความปลอดภัยรวมทั้งอุปสรรค คือ ผู้บริโภคเข้าใจว่าผักเกษตรอินทรีย์มีราคาที่สูง เนื่องจากมีต้นทุนแรงงานและกฎระเบียบที่มากกว่า [6] และการยอมรับมาตรฐานไทยยังไม่กว้างขวางและมีตรารับรองหลายแบบ ผู้บริโภคจึงมีทางเลือกที่หลากหลาย ดังนั้นควรสนับสนุนเกษตรกรที่มีตราสินค้าด้วยการลดจุดอ่อนและอุปสรรค ดังนี้ (1) การให้ความสำคัญในการพัฒนาความรู้ของผู้บริโภคภายในประเทศเพื่อให้ผู้บริโภคเข้าใจถึงความแตกต่างจากผักทั่วไป (2) ให้ผู้ที่สนใจเข้ามาเรียนรู้การเพาะปลูกด้วยตนเอง รวมทั้งหน่วยงานรัฐและเอกชนให้การสนับสนุน ซึ่งทำให้สามารถพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกรให้เกิดความยั่งยืนด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศุภชัย ปทุมนากุล และคณะ. 2552. ไขอุปทานสินค้าเกษตร: การจัดการซัพพลายเออร์. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.
- [2] Supply-Chain Council. 2004. Supply-Chain Operations Reference Model: SCOR Version 9.0. Supply-Chain council: Pittsburgh.
- [3] ชัชวีร์ นฤทุม และคณะ. 2549. โครงการพัฒนาทางเลือกใหม่ในภาคเกษตร: การผลิตผักคุณภาพเพื่อการค้าสำหรับกลุ่มเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดนครปฐม. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 44 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, น. 412 - 419.
- [4] สมปอง พงษ์ยี่ห่อ, การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตโหระพาที่ได้และไม่ได้รับรองมาตรฐานการจัดการคุณภาพเกษตรที่ดีที่เหมาะสมในจังหวัดนครปฐม, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2550.

[5] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2548. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: บริษัท ธรรมสาร จำกัด.

[6] สหกรณ์กรีนเนท จำกัดและมูลนิธิสายใยแผ่นดิน. แหล่งที่มา: www.greennetorganic.com, 2551.

การพัฒนาเครื่องมือสร้างแบบจำลองเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานอย่างรวดเร็ว

อลงกรณ์ จรัสสุริยา¹ และ พรเทพ อนุสรณินิศ¹

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail: g521450268@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ในธุรกิจปัจจุบันห่วงโซ่อุปทานได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก โดยการจัดการห่วงโซ่อุปทานที่มีประสิทธิภาพจะมองภาพรวมของระบบตั้งแต่ ผู้จัดหาวัตถุดิบ โรงงานผลิต ศูนย์กระจายสินค้า จนกระทั่งถึงร้านค้าปลีก ซึ่งในแต่ละส่วนต้องมีการสั่งสินค้า, การจัดเก็บสินค้าและการขนส่ง ดังนั้นการจัดการให้มีต้นทุนต่ำที่สุดและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ด้วยเป็นสิ่งจำเป็น แต่เนื่องจากห่วงโซ่อุปทานเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน อีกทั้งความต้องการของลูกค้ามีความไม่แน่นอน ที่ผ่านมามีการนำระบบการจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยวิเคราะห์และประเมินภายใต้ห่วงโซ่อุปทานต่างๆ อย่างไรก็ตามแม้ว่าการใช้ระบบการจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วย การพัฒนาแบบจำลองก็ยังคงต้องใช้เวลานาน รวมทั้งผู้ใช้จะต้องมีความรู้ในการสร้างแบบจำลองและระบบต่างๆ ภายในห่วงโซ่อุปทานด้วย งานวิจัยฉบับนี้ได้พัฒนาเทมเพลตขึ้นเพื่อปรับปรุงให้ผู้ใช้สามารถสร้างแบบจำลองระบบห่วงโซ่อุปทานได้ง่ายและรวดเร็ว โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องใช้ความเชี่ยวชาญในการสร้างแบบจำลองมากนัก ซึ่งภายในเทมเพลตจะแบ่งเป็นโมดูลต่างๆ ดังนี้ ผู้จัดหาวัตถุดิบ โรงงานผลิต ศูนย์กระจายสินค้า ร้านค้าปลีก และการขนส่ง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำไปสร้างเป็นระบบห่วงโซ่อุปทานได้ทันที

คำสำคัญ การจำลองสถานการณ์, สินค้าคงคลัง, ห่วงโซ่อุปทาน, การขนส่ง

1. บทนำ

ห่วงโซ่อุปทานเป็นโครงข่ายที่เชื่อมต่อกันระหว่างผู้ส่งมอบวัตถุดิบ โรงงานผู้ผลิต คลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า และร้านค้าปลีก ซึ่งในแต่ละส่วนที่นั่นจะต้องมีการเก็บสินค้าไว้ในรูปแบบต่างๆ เพื่อเตรียมผลิตออกมาขายให้ลูกค้า ทำให้ทุกขั้นตอนต้องมีการจัดการด้านคงคลังและสินค้าคงคลังไว้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าซึ่งจะมีผลต่อนโยบายห่วงโซ่อุปทานขององค์กร ดังนั้นสินค้าคงคลังจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งขององค์กรธุรกิจเพราะสินค้าคงคลังไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบใดๆ ต่างก็ช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างราบรื่น แต่การมีระดับสินค้าคงคลังต้องมีความเหมาะสม สินค้าคงคลังที่มากเกินไปความต้องการจะทำให้ค่าใช้จ่ายด้านการจัดการสูง แต่หากสินค้าคงคลังมีน้อยเกินไปก็จะทำให้เกิดภาวะขาดแคลนสินค้าหรือวัตถุดิบ และไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าหรือการผลิตได้ และส่งผลให้องค์กรสูญเสียโอกาสในการขายสินค้า ซึ่งในความเป็นจริงความต้องการสินค้าของลูกค้ามีความไม่แน่นอนทำให้ยากต่อการจัดการ จึงมีการนำเอาการจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยวิเคราะห์ความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นและช่วยให้สามารถวางแผนและกำหนดนโยบายของแต่ละส่วนของห่วงโซ่อุปทานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โปรแกรม Arena เป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในการจำลองสถานการณ์เนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้งานได้ง่าย มีความยืดหยุ่นต่อระบบ สามารถทำให้ผู้ใช้เข้าใจระบบเป็นรูปธรรมมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแบบสมการทางคณิตศาสตร์ ในสร้างแบบจำลองของห่วงโซ่อุปทานนั้นจำเป็นต้องสร้างส่วนย่อยๆ หรือกระบวนการใน

ระบบที่ซ้ำๆ กัน ทำให้เสียเวลา แก้ไขปรับเปลี่ยนได้ยาก และเกิดการผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงพัฒนาเทมเพลตในแต่ละส่วนของระบบโซ่อุปทาน เพื่อให้สร้างได้ง่ายและรวดเร็ว ผู้ใช้สามารถเห็นภาพรวมได้ชัดเจน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 กลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์

กลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ และเวลาจัดส่งที่ลูกค้าสามารถรอคอยได้ ความต้องการของสินค้าคงคลังจะขึ้นอยู่กับกลยุทธ์การวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์ ซึ่งโดยทั่วไปมีอยู่ด้วยกัน 4 ประเภท คือ

Make-to-Stock (MTS) การผลิตสินค้าเพื่อเก็บไว้เป็นสินค้าคงคลังเพื่อรอคำสั่งซื้อ เมื่อสินค้าคงคลังลดลง ก็จะมีการผลิตสินค้าใหม่เข้ามาแทนที่

Make-to-Order (MTO) การผลิตสินค้าตามคำสั่งซื้อของลูกค้า และลูกค้าจะต้องรอจนกว่าจะผลิตครบตามจำนวนที่สั่งซื้อ จะไม่มีการผลิตจัดเก็บไว้เป็นสินค้าคงคลัง

Assemble-to-Order (ATO) การผลิตส่วนประกอบมาตรฐานเก็บไว้ในสินค้าคงคลังและเมื่อได้รับคำสั่งซื้อก็นำมาประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ตามรูปแบบที่ลูกค้าต้องการ

Engineer-to-Order (ETO) การผลิตที่มีความจำเป็นต้องมีการออกแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าเฉพาะราย ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย แต่ก็ต้องใช้เวลามากขึ้น [1]

2.2 ระบบจัดการสินค้าคงคลังในโซ่อุปทาน

มีหลายวิธีที่แตกต่างกันในการจัดการการเติมสินค้าในคลังสินค้า ที่เรียกว่า “นโยบายการควบคุมสินค้าคงคลัง” นโยบายการควบคุมสินค้าคงคลังจำเป็นจะต้องกำหนดอย่างน้อยสองอย่าง คือ ควรเติมสินค้าเมื่อไรและปริมาณเท่าไร เช่น นโยบาย (r, Q) จะสั่งซื้อเมื่อสินค้าลดลงถึงจุดสั่งซื้อ (r) และซื้อปริมาณการสั่งซื้อ (Q) ซึ่งเป็นนโยบายขั้นพื้นฐานที่สามารถขยายไปถึงระบบห่วงโซ่

อุปทานได้ [2]

2.2.1 ระบบการกำหนดปริมาณสั่งซื้อคงที่

เมื่อทราบความต้องการสินค้าที่แน่นอนและความต้องการเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจำนวนสินค้าที่สั่งและรอบเวลาในการสั่งจะไม่มีเปลี่ยนแปลง และเมื่อระดับสินค้าคงคลังลดลงถึงระดับที่กำหนดจะมีการเติมสินค้าด้วยปริมาณที่เท่าเดิม เพราะฉะนั้นสิ่งที่ต้องกำหนดสำหรับระบบนี้ก็คือ จุดที่จะต้องทำการสั่งซื้อ (r) และปริมาณการสั่งซื้อ (Q) โดยปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) และคำนวณจุดสั่งซื้อ (กรณีที่มีเวลานำส่งมีค่าคงที่) ได้จากสมการที่ (2)

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H}} \quad (1)$$

$$r = \bar{M} + z\sigma \quad (2)$$

โดยที่ Q^* คือปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด D คือปริมาณความต้องการสินค้าต่อปี S คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสั่งซื้อสินค้า H คือค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อปี r คือ จุดสั่งซื้อ \bar{M} คือ ความปริมาณความต้องการในช่วงเวลานำส่ง z คือ ค่าสถิติมาตรฐานจากการแจกแจงแบบปกติ ภายใต้ระดับการให้บริการที่กำหนด เมื่อความต้องการสินค้าในช่วงเวลานำส่งมีการแจกแจงแบบปกติ σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการสินค้าของช่วงเวลานำส่ง [1]

2.2.2 ระบบการกำหนดปริมาณสั่งซื้อผลิตคงที่

ในการผลิตสินค้านั้นสินค้าจะค่อยๆ ถูกเพิ่มเข้าไปในคลังสินค้าอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในสมมติฐานของ EOQ นั้นคลังสินค้าจะถูกเติมเต็มภายในที่เดียว ดังนั้นเพื่อให้ตัวแบบเหมาะสมกับการผลิตจึงปรับปรุงโดยใช้ ปริมาณการผลิตที่ประหยัด (Economic Production Quantity: EPQ) โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{H(1-\rho)}} \quad (3)$$

โดยที่ Q^* คือ ปริมาณการสั่งซื้อผลิตที่ประหยัดที่สุด D คือปริมาณความต้องการสินค้าต่อปี S คือ ค่าใช้จ่ายในการสั่ง

ผลิต H คือ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อปี p คือ อัตราส่วนความต้องการสินค้าต่ออัตราการผลิต [1]

2.3 บัญชีรายการวัสดุ

บัญชีรายการวัสดุ (Bill of Materials) จะบรรจุข้อมูลโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ รายละเอียดภายในโครงสร้างผลิตภัณฑ์จะแสดงให้เห็นถึงรายการวัสดุทุกรายการ พร้อมทั้งปริมาณความต้องการวัสดุแต่ละรายการที่จำเป็นต่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแต่ละรายการหนึ่งหน่วย นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของวัสดุแต่ละรายการตามลำดับขั้นในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป นับตั้งแต่ วัตถุดิบ ขึ้นส่วนประกอบย่อยและขึ้นส่วนประกอบ ผลิตภัณฑ์แต่ละรายการจะต้องมีหนึ่งโครงสร้างผลิตภัณฑ์ หรือ หนึ่งบัญชีรายการวัสดุ [1]

2.4 การขนส่งในห่วงโซ่อุปทาน

การขนส่งมีหลายวิธี แต่จะต้องตัดสินใจในการลงทุนและการการตั้งนโยบายเพื่อให้ได้รับประโยชน์สูงสุดซึ่งจะต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายต่อไปนี้ ค่าใช้จ่ายเกี่ยวข้องกับยานพาหนะ คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ซื้อหรือเช่าพาหนะสำหรับใช้ในการขนส่งสินค้า, ค่าใช้จ่ายคงที่ในการปฏิบัติการ เช่น ค่าแรงงาน ค่าเช่าสถานีหรือค่าจอดในศูนย์การบิน เป็นต้น, ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในการเดินทาง เช่น ค่าเชื้อเพลิง ค่าแรงงาน เป็นต้น, ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับปริมาณ คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าขึ้นและลง สัดส่วนค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณที่ถูกส่งไป เป็นค่าใช้จ่ายแปรผัน และค่าเสียหายต่างๆ [3]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Longo and Mirabelli (2008) พัฒนาตัวแบบจำลองที่ช่วยในการตัดสินใจสำหรับระบบโซ่อุปทานโดยใช้โปรแกรม Em-Plant และ Anylogic ซึ่งสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ของโซ่อุปทานที่ต่างกันได้ เช่น ผลกระทบของนโยบายสินค้าคงคลัง, เวลารนำส่ง, ความต้องการของลูกค้าที่ไม่แน่นอน สามารถใช้เครื่องมือช่วยประเมินประสิทธิภาพประสิทธิภาพ เช่น DOE และ ANOVA [4]

Helo (2005) ศึกษาการพัฒนาโปรแกรม ASDN (Agile Supply Demand Networks) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้

ในการวิเคราะห์พัฒนาเครือข่ายโลจิสติกส์ ซิมูเลชันทำการคำนวณแบบ dynamics เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการสร้างเครือข่ายและเลือกนโยบายการบริหารการจัดการสินค้าคงคลัง ให้มีปริมาณการจัดเก็บ และระยะเวลาในการขนส่ง ในระดับที่พอใจ [5]

Persson (2010) ศึกษาการพัฒนา SCOR เทมเพลท (The Supply Chain Operations Reference Model) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและพัฒนากิจกรรมในห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งเทมเพลทนี้จะแบ่งเป็นกิจกรรมย่อยๆ ที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทาน เช่น แหล่งจ่าย (Source), การสร้างหรือผลิต (Make), การบริการหรือการส่ง (Deliver), และการส่งสินค้าคืน (Return) เป็นต้น [6]

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

เทมเพลทห่วงโซ่อุปทานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย 7 โมดูล ดังนี้ การขนส่ง, ผู้จัดหาวัตถุดิบ, โรงงานผู้ผลิต, ศูนย์กระจายสินค้า, ศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าหลายชนิด, ผู้ค้าปลีกและผู้ค้าปลีกที่ขายสินค้าหลายชนิด ดังรูปที่ 3 ซึ่งการพัฒนาแต่ละโมดูลมีรายละเอียดดังนี้

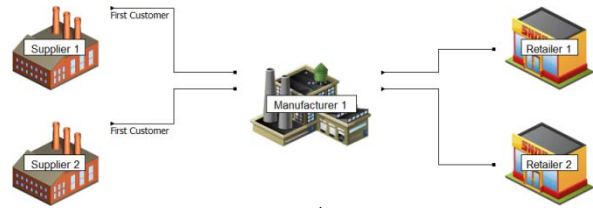
3.1 การออกแบบพัฒนาหน้าต่างป้อนข้อมูล

หน้าต่างป้อนข้อมูล (Dialog Design Window) เป็นส่วนที่รับค่าต่างจากผู้ใช้งานเพื่อนำไปเป็นค่าของตัวแปรต่างๆ ในส่วนของการออกแบบตรรกะ [7] ซึ่งตัวอย่างหน้าต่างป้อนข้อมูลของโรงงานผู้ผลิตแสดงดังในรูปที่ 1

รูปที่ 1. หน้าต่างป้อนข้อมูลของโรงงานผู้ผลิต

3.2 การออกแบบพัฒนาตรรกะ

การออกแบบพัฒนาตรรกะ (Logic Window) เป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาเทมเพลต เป็นส่วนที่จะระบุขั้นตอนของกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นทั้งหมดและการบันทึกค่าทางสถิติต่างๆ เพื่อให้เป็นไปตามกลไกของระบบห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งเราสามารถใชฟังก์ชันสวิตช์ (Switch) ช่วยควบคุมเส้นทางการไหลของเอนติตี้ได้ [7]



รูปที่ 3. ระบบโซ่อุปทานที่สร้างโดยใช้เทมเพลต

3.3 การออกแบบมุมมองของผู้ใช้

การออกแบบมุมมองของผู้ใช้ (User View) คือ สิ่งที่ปรากฏเมื่อผู้ใช้งานโมดูลลงในหน้าต่างแบบจำลอง Flowchart View ซึ่งจะประกอบด้วยจุดเข้าออกและสิ่งที่ใช้แสดงถึงตัวโมดูล [7] ดังรูปที่ 2 ซึ่งสามารถให้แสดงกราฟหรือแสดงค่าตัวแปรที่เราต้องการได้



รูปที่ 2. มุมมองของผู้ใช้ของโมดูลโรงงานผู้ผลิต

3.4 การนำเทมเพลตมาสร้างระบบห่วงโซ่อุปทาน

ตัวอย่างการนำเทมเพลตที่สร้างขึ้นมาสมาสร้างเป็นระบบห่วงโซ่อุปทานขั้นพื้นฐานซึ่งประกอบด้วย ผู้จัดหาวัตถุดิบ 2 ราย, โรงงานผู้ผลิต 1 ราย และร้านค้าปลีก 2 ราย ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งผู้ใช้ต้องป้อนข้อมูลนำเข้าได้แก่ ปริมาณความต้องการสินค้า, ค่าใช้จ่ายด้านสินค้าคงคลังต่างๆ เช่น ค่าใช้จ่ายในการส่งสินค้าและค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ เป็นต้น ถ้าเป็นในส่วนของผู้จัดหาวัตถุดิบและโรงงานผลิตจะมีส่วนของข้อมูลการผลิตเพิ่มขึ้นมา เช่น กำลังการผลิต เวลาที่ใช้ในการผลิตและปริมาณวัตถุดิบที่ต้องใช้ ผู้ใช้ต้องกำหนดนโยบายการวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์สำหรับแต่ละห่วงโซ่อุปทานด้วยเพื่อใช้ในการควบคุมจัดเก็บสินค้าและการผลิต ซึ่งนโยบายที่สามารถกำหนดได้ในแต่ละโมดูลแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. นโยบายที่สามารถกำหนดได้ในแต่ละโมดูล

| Module | MTS | MTO | ATO | ETO |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|
| Supplier | x | x | | x |
| Manufacturer | x | x | x | x |
| DC | x | x | | |
| DC Multiproduct | x | x | | |
| Retailer | x | x | | |
| Retailer Multiproduct | x | x | | |

ซึ่งเมื่อใช้เทมเพลตห่วงโซ่อุปทานในการจำลองสถานการณ์จะมีการรายงานผลต่างๆ เช่น สินค้าคงคลังเฉลี่ย อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลัง ค่าใช้จ่ายของสินค้าคงคลัง จำนวนครั้งของการส่งสินค้า และปริมาณผลผลิตต่อปี เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้สามารถนำค่าทางสถิตินี้ไปใช้เปรียบเทียบในการปรับปรุงระบบห่วงโซ่อุปทานให้ดีขึ้นได้

3.5 ผลที่ได้จากการใช้เทมเพลต

โมดูลของเทมเพลตห่วงโซ่อุปทานจะประกอบด้วยโมดูลย่อยๆ และตัวแปรเป็นจำนวนมาก (ในส่วนตัวตรรกะ) ทำให้ผู้ใช้สามารถประหยัดเวลาในการสร้างได้มากกว่าการสร้างโดยปกติซึ่งต้องเสียเวลาออกแบบและศึกษาพัฒนา โดยจะขอยกตัวอย่างการสร้างแบบจำลองระบบห่วงโซ่อุปทานด้วยเทมเพลตในหัวข้อ 3.4 (รูปที่ 3) มาเปรียบเทียบกับการสร้างโดยไม่ได้ใช้เทมเพลตห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นดัง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ผลการเปรียบเทียบการสร้างแบบจำลองด้วยเทมเพลตกับการสร้างโดยไม่ใช้เทมเพลต

| Objective | Use Supply Chain | Without Supply Chain |
|------------------|------------------|----------------------|
| | Template | Template |
| Number of Module | 5 | ≈120 |
| Time use | < 20 Min. | > 300 Min. |

4. สรุป

จากผลการวิจัยการพัฒนาเทมเพลตพบว่าเทมเพลตห่วงโซ่อุปทานนั้นนอกจากจะช่วยทำให้สร้างแบบจำลองระบบห่วงโซ่อุปทานได้ง่ายและรวดเร็วมากขึ้นแล้ว ยังทำให้สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงระบบห่วงโซ่อุปทานได้รวดเร็วอีกด้วย ถึงแม้ว่าผู้ใช้จะไม่มีความรู้ความเชี่ยวชาญทางด้าน การสร้างแบบจำลองก็สามารถสร้างได้ ผลจากการใช้เทมเพลตนั้นยังช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจระบบห่วงโซ่อุปทานได้ง่าย เห็นภาพรวมของระบบห่วงโซ่อุปทานได้อย่างชัดเจน และผลทางสถิติที่ได้สามารถใช้ในการเปรียบเทียบหรือปรับปรุงระบบห่วงโซ่อุปทานได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Tersine, R. J. 1994. Principles of inventory and materials management. 4 ed. PTR Prentice-Hall, Inc., New Jersey
- [2] Rossetti, Manuel D. 2008. Simulation Modeling and Arena. John Wiley & Sons, USA.
- [3] Chopra, S. and Meindl, P. 2001. Supply Chain Management. Prentice Hall.
- [4] Longo, F. and Mirabelli, G. 2008. An advanced supply chain management tool based on modeling and simulation. Computers & Industrial Engineering, 54: 570–588
- [5] Helo, P. 2005. Asdn Agile supply demand networks. ASDN Logistics Analysis Software. AvailableSource:<http://asdn.sourceforge.net/index.htm>, October 1, 2008.
- [6] Persson, F. 2010. SCOR template-A simulation based dynamic supply chain analysis tool. Int. J. Production Economics, 131: 288–294
- [7] Rockwell Software. 2005. Arena Template Developer's Guide. (Computer Program). Rockwell Software Inc., USA.

การศึกษาใช้อุปทานของสินค้าประเภทเครื่องสำอาง เพื่อการส่งออกไปประเทศเวียดนาม

สมพิทย์ สุวรรณโณ¹, ธราธร กุลภัทรนิรันดร์²

¹บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร 10530

โทรศัพท์ 0-2988-3666 โทรสาร 0-2988-4040 E-mail: spaproduct@yahoo.com*

²คณะบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร 10530

โทรศัพท์ 0-2988-3666 โทรสาร 0-2988-4040 E-mail: tarathor@mut.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระบบโลจิสติกส์ และใช้อุปทานของสินค้าประเภทเครื่องสำอาง ที่ส่งออก จากประเทศไทยไปยังประเทศเวียดนาม โดยมี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงรูปแบบของใช้อุปทาน รูปแบบ การขนส่ง กฎระเบียบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ปัญหาและ อุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้น วิธีการศึกษาใช้วิธีการสัมภาษณ์ เิงลึกกับผู้ที่เกี่ยวข้องในใช้อุปทานของสินค้าประเภท เครื่องสำอาง ได้แก่ ผู้ประกอบการไทยที่ส่งเครื่องสำอาง ไปยังประเทศเวียดนาม ผู้ผลิตเครื่องสำอาง บริษัทขนส่งที่ ได้รับการว่าจ้างจัดส่งเครื่องสำอางไปยังประเทศเวียดนาม การศึกษาได้แบ่งกลุ่มของผู้ประกอบธุรกิจออกเป็น 3 กลุ่ม ตามขนาดของธุรกิจ คือ บริษัทขนาดใหญ่ บริษัทขนาด กลาง และบริษัทขนาดเล็ก จากการศึกษพบว่าทั้งสาม กลุ่มขนาดธุรกิจ มีใช้อุปทานที่คล้ายคลึงกัน แต่จะแตกต่าง กันที่วิธีการทำการตลาด และการกระจายสินค้า ในส่วน ของปัญหาและอุปสรรคที่พบ คือ กฎหมายและ กฎระเบียบของประเทศเวียดนาม ยุ่งยากซับซ้อน และ ลำบาก เช่น การต่อจดทะเบียนสินค้าต้องใช้เวลากว่าจะแล้ว เสร็จประมาณ 3 เดือน เป็นต้น

คำสำคัญ เครื่องสำอาง ใช้อุปทาน การส่งออก

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศเวียดนามเป็นประเทศหนึ่งในกลุ่มอาเซียนที่มี อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอยู่ในระดับสูง มี ประเทศต่างๆ สนใจเข้าไปลงทุนจำนวนมากทั้งประเทศ อเมริกา ญี่ปุ่น และประเทศไทย นอกจากการลงทุนแล้ว การค้าขายระหว่างประเทศไทย และประเทศเวียดนามก็มี อัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เช่นกัน [1], [2], [3] จากการ ที่ประเทศเวียดนามมีศักยภาพในการเติบโตทางเศรษฐกิจ สูงทำให้นักวิจัยสนใจศึกษาเรื่องราวเกี่ยวข้องกับประเทศ เวียดนามกันอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะประเด็นที่เกี่ยวข้อง กับเรื่องโลจิสติกส์ [4], [5], [6] ถ้ามองในส่วนของ ผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกจากประเทศไทยไปยังประเทศ เวียดนามแล้ว ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเป็นผลิตภัณฑ์ตัว หนึ่งที่มีมูลค่าการส่งออกอยู่ในระดับสูง เป็นลำดับที่ 2 รอง จากเคมีภัณฑ์ [3] และมีอัตราการขยายตัวของการส่งออก ในระดับสูง ทั้งนี้เนื่องเพราะเครื่องสำอางจากประเทศไทย เป็นที่เชื่อถือในด้านคุณภาพสำหรับชาวเวียดนาม และจาก การที่ผู้วิจัยมีความสนใจในธุรกิจเครื่องสำอาง จึงเป็นที่มา ของงานวิจัยนี้ที่จะศึกษาถึงระบบใช้อุปทานของ เครื่องสำอางตั้งแต่ต้นน้ำในประเทศไทยไปจนถึงปลายน้ำ ในประเทศเวียดนาม รวมถึงการศึกษาปัญหาและอุปสรรค ที่เกิดขึ้นของการส่งออกเครื่องสำอางไปประเทศเวียดนาม ด้วย

ข้อมูลสนับสนุน

ข้อมูลจากการเก็บข้อมูลภาคสนามของผู้วิจัยพบว่า ผลจากการจัดงานแสดงสินค้าไทยที่ประเทศเวียดนาม ผลการตอบรับของชาวเวียดนามมีความนิยมชมชอบสินค้าจากประเทศไทย ทั้งๆ ที่ถ้าเปรียบเทียบกับสินค้าของประเทศเพื่อนบ้านที่ใกล้เคียงกันแล้วราคาของสินค้าจากประเทศไทยค่อนข้างสูงกว่า ทั้งนี้เพราะภาพลักษณ์ของสินค้าไทย ในมุมมองของชาวเวียดนามมองว่าเป็นสินค้าที่มีคุณภาพ แม้ว่าจะซื้อในราคาที่แพงกว่าก็ตาม

แบรนด์สินค้าดัง ๆ ที่สามารถเข้าตลาดเวียดนามและเป็นที่นิยมของชาวเวียดนามโดยเฉพาะกลุ่มพนักงานที่ทำงานออฟฟิต ซึ่งเป็นกลุ่มวัยแรงงานที่มีมากที่สุด ในเวียดนามและที่สำคัญมีกำลังในการจับจ่ายซื้อของอุปโภค ประเภทเครื่องสำอาง ได้แก่ ปัญญบุรี (PANPURI) และธัน (THANN) ซึ่งจากการสอบถามพบว่ารูปแบบการวางจำหน่ายจะเป็นแบบผูกขาด คือ คนนำเข้าและคนทำตลาดจะเป็นคนเวียดนามที่ได้รับสิทธิ์โดยตรง ในเรื่องของการกำหนดราคาก็จะตั้งราคาค่อนข้างสูง เพราะตลาดส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มลูกค้าที่เป็นพนักงานบริษัท ที่มีกำลังในการซื้อสูงนั่นเอง

ชาวเวียดนามมีการปรับปรุงและยอมรับสิ่งใหม่ ๆ มากขึ้น เปิดโอกาสให้ผู้เชี่ยวชาญหลาย ๆ ด้านเข้าไปพัฒนาและปรับปรุง เพื่อรองรับการเจริญเติบโต ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของ การคมนาคมขนส่ง การสื่อสาร ท่าเรือ ถนนหนทาง การก่อสร้างอาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้าดัง ๆ รวมทั้งการเปิดโอกาสให้กับนักธุรกิจต่างชาติเข้าไปมีส่วนร่วม และบริหารจัดการมากขึ้นกว่าเดิม

2. วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกกับเจ้าของที่มีประสบการณ์โดยตรง

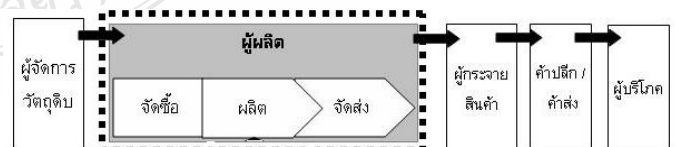
การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้ใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกเป็นเครื่องมือวิจัย โดยคำถามที่เตรียมไว้สำหรับการสัมภาษณ์เชิงลึกเป็นผลลัพธ์ที่ได้มาจากระดับขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ ดังนี้

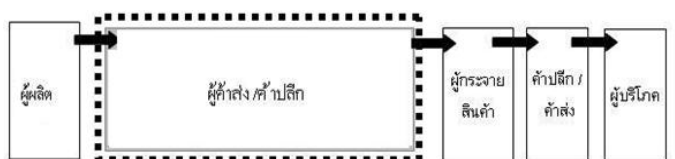
1. การศึกษางานวิจัย ได้จากการค้นคว้าข้อมูลจากเอกสาร งานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. เก็บข้อมูลภาคสนาม โดยลงทำการการสำรวจตลาดของประเทศเวียดนาม ในส่วนของตลาดค้าส่ง/ค้าปลีก ที่เมืองโฮจิมินห์ ระหว่างวันที่ 13-17 เมษายน 2553
3. การเข้าร่วมสัมมนาในหัวเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการค้าระหว่างไทยกับเวียดนาม เพื่อสนับสนุนข้อมูลที่ได้มาจากการศึกษา
4. การสัมภาษณ์กลุ่มผู้ประกอบการที่มีประสบการณ์ในการส่งออกไปยังประเทศเวียดนามและประเทศเพื่อนบ้านแถบเอเชีย
5. การนำข้อมูลทั้ง 4 ข้อด้านบนมาจัดเตรียมเป็นคำถาม สำหรับการสัมภาษณ์เชิงลึก
6. การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ส่งออกเครื่องสำอางไปยังประเทศเวียดนาม จำนวนทั้งสิ้น 33 ราย

3. ผลการศึกษา

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่าผู้ประกอบการที่ส่งออกเครื่องสำอางไปประเทศเวียดนามสามารถแยกได้เป็น 2 ประเภท คือ รายที่เป็นผู้ผลิตสินค้าเองและรายที่เป็นตัวแทนจำหน่ายสินค้า โดยสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้ รูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 : โซลูชันทางกรณีผู้ผลิตเป็นผู้ส่งออกเอง



รูปที่ 2 : โซลูชันทางกรณีตัวแทนจำหน่ายเป็นผู้ส่งออก

จากรูปที่ 1 กรณีที่ผู้ผลิตเป็นผู้ส่งออกเองระบบโซ่อุปทานจะมีลักษณะเหมือนๆ กับระบบโซ่อุปทานของผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ โดยทั่วไป ส่วนในรูปที่ 2 จะมีผู้ค้าส่งและผู้ค้าปลีก (หรือตัวแทนจำหน่ายที่ได้รับสิทธิ์) เข้ามาเกี่ยวข้องในระบบโซ่อุปทาน หรือเป็นการรับสินค้ามาจากผู้ผลิตอีกต่อหนึ่ง ซึ่งส่วนมากผู้ที่ทำหน้าที่เป็นผู้ค้าส่งและค้าปลีกจะเป็นบริษัทเทรดเดอร์และมีความถนัดในเรื่องของการทำตลาด รู้แหล่งการค้าส่ง ค้าปลีกในประเทศเวียดนาม เป็นอย่างดี

จากการศึกษารั้วนี้เราถ้ามองภาพรวมของส่งออกเครื่องสำอาง ตั้งแต่กระบวนการต้นน้ำ จนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการปลายน้ำ จะสามารถแบ่งเป็นกระบวนการต่างๆ ได้ดังนี้

3.1. การเตรียมวัตถุดิบ / การติดต่อ Supplier

เป็นการติดต่อกับทางผู้จัดส่งวัตถุดิบ ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก พบว่าวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตเป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางสามารถแยกแหล่งที่มาได้ 2 ประเภท คือ การสั่งซื้อจากต่างประเทศ และการสั่งซื้อภายในประเทศ ซึ่งกลุ่มประชากรที่ศึกษา ร้อยละ 50 เป็นการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ และอีกร้อยละ 50 เป็นการใช่วัตถุดิบภายในประเทศ

3.2. การรับคำสั่งซื้อและวางแผน

ขั้นตอนของการรับคำสั่งซื้อของลูกค้า จากการศึกษาแบ่งเป็น การรับคำสั่งซื้อทางโทรศัพท์ ทางอีเมล ทางแฟกซ์ หรือบางรายมีการทำสัญญาซื้อขายเป็นรายปี ประกอบการสามารถวางแผน เพื่อทำการผลิตตามตารางการสั่งซื้อได้ทั้งปี เพื่อให้ทันกับการส่งมอบของลูกค้าตามกำหนด เมื่อรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า ฝ่ายขายก็จะนำคำสั่งซื้อของลูกค้า (ใบ PO) ให้ฝ่ายวางแผนการผลิต ฝ่ายวางแผนทำการเช็ควัตถุดิบ จัดลำดับการผลิตต่อไป

3.3. การจัดซื้อวัตถุดิบ

ทางบริษัทจะมีแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบตามข้อกำหนดการจัดซื้อของแต่ละบริษัท ฝ่ายจัดซื้อมีหน้าที่ตรวจสอบราคาจาก ผู้ส่งมอบ และทำการสั่งซื้อวัตถุดิบ โดยจะเปิดใบสั่งซื้อให้ผู้ผลิต บางรายสำหรับการจัดส่งไปบางประเทศ

ที่มีความเข้มงวดทางผู้ประกอบการก็จะส่งเจ้าหน้าที่ไปตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ ณ สถานที่ของผู้ประกอบการเอง

3.4. การเก็บรักษาวัตถุดิบ

เมื่อผู้ผลิตจัดส่งวัตถุดิบเข้าโรงงาน เจ้าหน้าที่สโตร์จะจัดเก็บวัตถุดิบ แยกประเภทตามสินค้าที่รับเข้ามา โดยการเบิกไปใช้เพื่อผลิตจะมีการจัดการแบบเข้าก่อนออกก่อน (FIFO) คือวัตถุดิบที่เข้ามาก่อน ก็จะถูกนำไปใช้ก่อน วัตถุดิบที่เข้ามาหลังก็จะถูกนำไปใช้ตามลำดับก่อนหลัง เพื่อไม่ให้วัตถุดิบเกิดการเสื่อมสภาพจากการเก็บรักษา

3.5. การผลิต

วัตถุดิบจะเข้าสู่กระบวนการผลิตตามขั้นตอนที่กำหนด การผลิตต้องได้รับใบงานการผลิตจากฝ่ายผลิตสำหรับบริษัทขนาดใหญ่ แต่จากข้อมูลการสัมภาษณ์จะมีผู้ประกอบการที่จัดการกันเองภายในครอบครัวด้วย เป็นการผลิตที่อาศัยประสบการณ์และความชำนาญในการทำ เช่น การทำสบู่กลิ่นธรรมชาติ สมุนไพรไทย ก็จัดเป็นธุรกิจขนาดย่อม เพื่อดูว่าขั้นตอนการผลิต ส่วนประกอบ วัตถุดิบที่ใช้ มีอะไรบ้าง เมื่อผลิตเสร็จ ก็จะต้องเช็คคุณภาพโดยฝ่ายควบคุมคุณภาพ (QC) และทำการออกไปตรวจคุณภาพ เพื่อเป็นการรับรองสินค้า ณ การผลิตสินค้าล็อตนั้นๆ โดยในส่วนของการผลิตจากการสัมภาษณ์เชิงลึกสามารถแยกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ

1. การผลิตสินค้าตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Build to Order : BTO)
2. การผลิตเพื่อสต็อก (Build to Stock : BTS)

3.6. การตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐาน

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่าตามกฎหมายของเวียดนาม เครื่องสำอางต้องได้รับการรับรองมาตรฐานจากกระทรวงที่เกี่ยวข้อง จึงจะสามารถนำเข้าไปขายภายในประเทศ เวียดนามได้

การขอใบรับรองมาตรฐานสินค้า ซึ่งการนำเข้าสินค้าประเภทเครื่องสำอางต้องผ่านการรับรองมาตรฐานจากกระทรวงสาธารณสุขเวียดนาม โดยผู้นำเข้าสินค้าหรือ

สำนักงานตัวแทน ต้องขอใบอนุญาตแต่ละรายการ
ใบรับรองมาตรฐานสินค้ามีอายุ 3 ปี

กระบวนการขอใบรับรองมาตรฐานสินค้า

ทั้งนี้ขอแบบฟอร์มการยื่นจดทะเบียนใบรับรอง
มาตรฐานสินค้าได้ที่กระทรวงสาธารณสุข ณ กรุงเทพมหานคร
เท่านั้น

เอกสารสำคัญในการขอใบรับรอง ได้แก่

- ใบจดทะเบียนการค้าของผู้ประกอบการชาว
เวียดนาม (Importer) โดยมีตราประทับ หรือใบอนุญาต
จดทะเบียนสำนักงานตัวแทนของบริษัทผู้ผลิต
(Representative office) ที่มีตราประทับ

- ใบรับรองรายละเอียดสินค้า (Product
Specification) หรือ ใบทดสอบมาตรฐานคุณภาพสินค้า
อนามัยของบริษัทผู้ผลิตหรือส่งออกโดยหน่วยงานของ
ผู้ผลิต

- ใบรับรองการจำหน่ายโดยอิสระ (Certificate of
Free Sale) ขอได้จากกระทรวงสาธารณสุข

- ใบรับรองสาธารณสุข (Health Certificate) ขอได้
จากกระทรวงสาธารณสุข

- ฉลากสินค้าหรือรูปถ่ายฉลากสินค้า เนื้อหาใน
ฉลาก (ต้องประทับตราผู้ประกอบการ)

- สำเนาใบรับรอง GMP, GHP, HACCP หรือ
ใบรับรองอื่นๆ ที่เทียบเท่า

- ค่าธรรมเนียม

- สำเนาสัญญาการค้า (ถ้ามี)

3.7. การส่งมอบสินค้า

ก่อนการส่งสินค้าให้กับลูกค้านั้นจะเป็นขั้นตอน
หลังจากตรวจสอบคุณภาพโดยฝ่ายควบคุมคุณภาพ เมื่อสินค้า
ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว ข้อมูลที่ได้ก็จะถูกส่งไปให้
ฝ่ายบัญชีเพื่อทำการเปิดบิล/ใบส่งสินค้า ทำการบรรจุหีบ
ห่อ ตามแบบกำหนด หลังจากนั้นก็เข้ากระบวนการ
กระจายสินค้าไปยังจุดหมายปลายทางต่อไป

3.8. การนำเข้าและการจัดจำหน่ายสินค้าในเวียดนาม

เมื่อผู้นำเข้าสั่งซื้อสินค้า ก็คงไม่ใช่เป็นการจบการขาย
หรือการทำการตลาดเพียงแค่นั้น แต่ถือเป็นการเริ่มต้นของ

การทำการตลาด ในการขายสินค้าไปยังเวียดนาม ควร
ตรวจสอบเอกสารการส่งออกอย่างละเอียด อย่าให้
ผิดพลาด เพราะถ้าผิดพลาดจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการ
ตรวจสอบสินค้าของศุลกากรที่จะใช้เวลานานเกินกว่า
กำหนด ทำให้ผู้นำเข้าเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นจากการถูกปรับ
เป็นรายวัน

หรือกรณีที่ไม่มี (Certificate of Origin) อาจทำให้
ผู้นำเข้าเสียภาษีอัตราที่แพง และมีต้นทุนสินค้าสูงกว่าที่
ควรจะเป็น ดังนั้นจำเป็นที่นักธุรกิจต้องเตรียมเอกสารให้
พร้อมและถูกต้อง

3.9 ระบบการกระจายสินค้าในเวียดนาม

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่า ช่องทางในการ
กระจายสินค้า ส่วนใหญ่มีการจำกัดการมีส่วนร่วมของนัก
ลงทุนต่างชาติในการนำเข้าและการจำหน่ายสินค้า ที่ส่งวน
ให้แก่ชาวเวียดนาม และบริษัทของชาวเวียดนาม ซึ่ง
ชาวต่างชาติและบริษัทต่างชาติสามารถดำเนินการได้โดย
การผ่านทางชาวเวียดนาม ช่องทางการกระจายสินค้าใน
เวียดนาม สำหรับระบบการจัดจำหน่ายสินค้าของ
เวียดนามจะแตกย่อยเป็นบริษัทและรัฐวิสาหกิจนำเข้า-
ส่งออกในเวียดนาม บริษัทค้าส่งและรัฐวิสาหกิจค้าส่ง
ตัวแทน ร้านค้า การนำเข้าส่วนใหญ่เป็นการนำเข้าผ่าน
ตลาดนครโฮจิมินห์ ที่ในปัจจุบันยังคงเป็นตลาดนำเข้าและ
ขายส่งใหญ่ที่สุดและมีบริษัทค้าส่งที่เป็นเอกชนมากกว่าซึ่ง
ทำการจำหน่ายส่งสินค้าไปให้แก่ผู้ขายส่งภายในประเทศที่
อยู่ตามจังหวัดต่างๆ ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรุงฮานอยก็
อาศัยการส่งสินค้ามาจากตลาดนครโฮจิมินห์และอีกส่วน
หนึ่ง ก็นำเข้าโดยตรงด้วยผู้ค้าส่งรายใหญ่ๆ มักเป็นบริษัท
การค้าของรัฐหรือเป็นเครือข่ายของบริษัทการค้าของรัฐที่
เป็นผู้นำเข้าเอง

นอกจากนี้ส่วนผู้ขายส่งและเอกชนส่วนใหญ่จะเป็น
ผู้ค้าขนาดกลางและขนาดเล็กที่มีเงินทุนไม่มากและ
สามารถครอบคลุมพื้นที่การจำหน่ายไม่มากนัก ทำให้ไม่
ค่อยมีการเก็บสต็อกสินค้าหรือส่งสินค้าแต่ละครั้งใน
ปริมาณที่ไม่มาก สำหรับผู้ค้าส่งในต่างจังหวัดหรือท้องถิ่น
ส่วนใหญ่มักเป็นเพียงผู้ค้าส่งรายย่อยที่เข้าไปรับซื้อสินค้า

จากผู้ขายส่งรายใหญ่ในเมืองไปจำหน่ายหรือส่งจำหน่าย ต่อให้แก่ผู้ค้าปลีกในตลาดท้องถิ่น

ส่วนการนำเข้าสินค้านั้นต้องกระทำผ่านบริษัทที่ได้รับอนุญาต ที่ส่วนใหญ่เป็นบริษัทการค้าของรัฐซึ่งบริษัทการค้าที่ได้รับอนุญาตดังกล่าวอาจเป็นผู้นำเข้าโดยตรงที่มีเครือข่ายการจำหน่ายในประเทศอยู่แล้วหรืออาจเป็นเพียงโบรกเกอร์หรือเอเยนต์นำเข้าโดยได้รับค่าคอมมิชชั่น มีความต้องการนำเข้าเมื่อใดก็จะมอบให้บริษัทการค้าของรัฐที่ได้รับอนุญาตให้ทำการนำเข้าแทน ส่วนบริษัทการค้าต่างประเทศไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินธุรกิจการค้าและการจำหน่ายสินค้าในเวียดนามแต่อย่างใด แต่บริษัทการค้าต่างประเทศก็สามารถนำเข้าสินค้าผ่านบริษัทการค้าของรัฐที่ได้รับอนุญาตโดยอาศัยกลไกของทางจำหน่ายผ่านเครือข่ายของบริษัทการค้าดังกล่าวหรืออาจติดต่อตรงไปยังผู้ใช้ที่เป็นผู้มีความต้องการนำเข้าผู้ขายส่งส่วนใหญ่เป็นบริษัทการค้าเอกชนที่เป็นผู้ต้องการนำเข้าให้ส่งนำเข้าผ่านบริษัทการค้าของรัฐที่ได้รับอนุญาต สำหรับการจัดจำหน่ายสินค้าอาศัยการดำเนินการในรูปของการทำสัญญาฉบับบริษัทผู้จำหน่ายในท้องถิ่นอีกทอดหนึ่ง บริษัทการค้าต่างประเทศที่ดำเนินการในลักษณะนี้ จึงจำเป็นต้องมีการเดินทางเข้าไปเยี่ยมเยียนตลาดและลูกค้าเพื่อประสานงาน และให้คำแนะนำด้านการตลาด รวมทั้งเพื่อแสวงหาช่องทางและช่องทางการจำหน่ายเพิ่มมากขึ้นหรืออาจเลือกวิธีเข้าไปจัดตั้งสำนักงานตัวแทน ในเวียดนาม เพื่อให้สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่องยิ่งขึ้น แม้ว่าทางการเวียดนามจะยังไม่อนุญาตให้สำนักงานตัวแทนบริษัทต่างประเทศดำเนินธุรกิจการค้าที่มีผลกำไรโดยตรงก็ตาม แต่ก็ได้มีการตั้งตัวแทนนำเข้าและตัวแทนจัดจำหน่ายสินค้าของบริษัทต่างประเทศ เป็นกรณีๆ ไป ถึงแม้ว่าจะยังไม่มีการระบุข้อกำหนดไว้อย่างแน่ชัด

4. ปัญหาและอุปสรรคในการส่งออกเครื่องสำอางไปประเทศเวียดนาม

1. การจดทะเบียนสินค้า กรณีที่เป็นสินค้าใหม่ มีหลายขั้นตอน ซับซ้อน การจดทะเบียนสินค้าเก่า / ต่ออายุ

สินค้า กฎระเบียบเคร่งครัด ใช้เวลานาน ประมาณ 3 เดือน ซึ่งบางครั้งก็ยังไม่สามารถส่งสินค้านั้นได้ในเวลาที่เอกสารยังไม่เรียบร้อย

2. เรื่องของกฎระเบียบการนำเข้าสินค้า ข้อกำหนดของสินค้าแต่ละชนิด ต้องขอเป็นผู้อนุญาตนำเข้าสินค้ากับทางประเทศเวียดนามโดยตรง อายุการใช้ 5 ปีหมดอายุ ต้องดำเนินการขอใหม่ และต้องผ่านองค์การอาหารและยา (อย.) ของประเทศเวียดนามด้วย

3. การปลอมสินค้า ถึงแม้ว่ากฎระเบียบของเวียดนามจะเคร่งครัด แต่เรื่องของการละเมิดลิขสิทธิ์ก็ยังเป็นปัญหาเช่นกัน ซึ่งเมื่อมีสินค้าติดตลาดและเป็นที่ยอมรับปัญหาการปลอมแปลงสินค้าก็จะมาควบคู่เช่นกัน ซึ่งที่เป็นปัญหาจะเป็นเรื่องของ การลักลอบหนีภาษีเข้ามาตามเขตชายแดน การปลอมแปลงสินค้าของคู่แข่ง แต่สำหรับสินค้าไทย ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะปัจจุบันก็ยากสำหรับการปลอมแปลง อาจเนื่องจากวัตถุดิบ สมุนไพรที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของไทยเรา แต่ในไม่ช้า ถ้าเรามีวัตถุดิบคู่แข่งหรือประเทศเวียดนามเองก็คงก้าวทันอย่างแน่นอน

4. คู่แข่งขันเข้ามามากขึ้น ในสินค้าประเภทเครื่องสำอาง ทำให้ส่วนแบ่งตลาดลดลง

5. การติดต่อสื่อสาร คนเวียดนามใช้ภาษาท้องถิ่นในการติดต่อ เป็นหลัก น้อยคนที่สามารถสื่อสารโดยใช้ภาษาอังกฤษ แต่ก็อยู่ในขั้นตอนของการศึกษาและปรับตัวอย่างมากของเวียดนาม คนวัยทำงานมีการเรียนเพิ่มขึ้น มีความกระตือรือร้นในการพัฒนาตัวเองมากขึ้น

6. การรุกทำตลาดของคนเวียดนามเอง ขยายฐานการผลิตและเน้นการส่งออก บางครั้งยากต่อการเจาะกลุ่มเป้าหมายหรือการขยายตลาดสินค้า

5. แนวทางการสนับสนุนของภาครัฐที่ผู้ประกอบการเสนอแนะมี ดังนี้

1. การกำหนดมาตรฐานสินค้า จดลิขสิทธิ์เฉพาะ ยากต่อการลอกเลียนแบบ

2. เรื่องของเงินทุน กรณีของการเช่าพื้นที่ หรือการออกงานแสดงสินค้ากับกรมส่งออก

3. จัดตลาดใหม่ และมีศูนย์กระจายสินค้าของ ไทยในเวียดนาม

4. ประเทศเวียดนามในปัจจุบันเน้นการส่งออก เหมือนกับประเทศไทย นำหาวิธีการในการเจาะตลาด เวียดนามให้กว้างมากกว่าเดิม

5. การปรับเปลี่ยนมุมมองจากประเทศคู่แข่งให้มา เป็นประเทศคู่ค้า

6. ให้รัฐบาลช่วยเหลือในการดูแลเรื่อง ของ ข้อกำหนด สนธิสัญญาต่าง ๆ ให้รัดกุมกว่าปัจจุบัน

7. เทคโนโลยีในการผลิต นวัตกรรมการผลิตสินค้า คุณภาพ

8. การส่งเสริมสภาพคล่องทางการเงินแก่ ผู้ประกอบการ

6. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาตลาดที่เวียดนามและการสัมภาษณ์ เิงลึกผู้ส่งออกเครื่องสำอางไปประเทศเวียดนาม สามารถ สรุปผล แยกเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

ด้านผู้ประกอบการหรือผู้ผลิต

เครื่องสำอางของไทยเราสามารถที่จะก้าวไปได้อีก ไกล เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องสำอางของเวียดนามเอง แต่ เราก็ไม่สามารถที่จะหยุดการพัฒนาได้ เนื่องจากความขยัน และการเร่งพัฒนาในทุก ๆ ด้านของประเทศเวียดนามเอง รวมทั้งวัตถุประสงค์ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น แรงงานที่ถูกกว่า ประเทศไทยเรา สำหรับผู้ผลิตที่วางแผนระยะยาว มีการขยายการผลิตไปที่ประเทศเวียดนามเป็นอีกหนทางหนึ่ง ที่ น่าสนใจ และเป็นอีกหนทางเลือกสำหรับการเพิ่มส่วนแบ่ง ทางการตลาดของเวียดนาม ซึ่งกำลังนิยมสินค้าไทยและ มองว่าสินค้าไทยเป็นสินค้าที่มีคุณภาพ

ด้านผู้ส่งออก

ปัญหาหลัก ๆ ที่ผู้ส่งออกพบ จะเป็นส่วนของการ ติดต่อประสานงานกับแทนนำเข้าของประเทศเวียดนาม ซึ่ง ปัจจุบันยังเป็นการผูกขาด และเป็นการควบคุมการ ดำเนินงานโดยรัฐบาลเป็นหลัก บริษัทต่างชาติน้อยรายที่ สามารถเข้าไปดำเนินการได้อย่างเต็มตัว แม้ในปัจจุบันจะ

มีการเปิดโอกาสให้กับบริษัทต่างชาติในการเข้าไป ดำเนินการ แต่ก็ยังเป็นการดูแลโดยบริษัทแม่ที่เวียดนาม แต่ในโอกาสข้างหน้าคิดว่าบริษัทต่างชาติน่าจะเข้าไปมี บทบาทมากขึ้น มีการใช้ระบบ 3PL มากขึ้นและคิดว่า ปัญหาเรื่องการขนส่ง ความสะดวกสบายก็จะเพิ่มมากขึ้น เพื่อสะดวกสบายก็จะเพิ่มมากขึ้น เพื่อทันกับการเร่งพัฒนา ในด้านอื่น ๆ ของประเทศเวียดนามนั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย บจก. **แนวโน้มการค้าไทย- เวียดนาม**. สืบค้นวันที่ 10 สิงหาคม 2553 จาก <http://www.kasikomresearch.com/portal/site/KResearch/>

[2] ส่วนวิชาการธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงาน ภาคเหนือ. **ข้อมูลการส่งออก**. สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2553 จาก <http://www.bot.or.th>

[3] กรมศุลกากร **ข้อมูลการนำเข้า ส่งออก** สืบค้นวันที่ 1 พฤษภาคม 2553, web site (online). <http://www.customs.go.th>

[4] วรพจน์ มีถม, อรรถกร เก่งพล, สมชาย พรชัยวิวัฒน์, 2553. **การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงคุณภาพในการตัดสินใจ เลือกเส้นทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ ระหว่างประเทศไทยกับประเทศเวียดนาม**. การ ประชุมสัมมนาเชิงวิชาการประจำปีด้านโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ ครั้งที่ 10 (VCML2010) จ.กระบี่ อ่าวนาง วันที่ 11-12 พ.ย. 2553.

[5] นายศุภมิตร ศรีสวัสดิ์, นายมานะ ชาวรัตน์ .2551. **ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกผู้ประกอบการขนส่งตู้สินค้า ประจำเส้นทางระหว่างประเทศไทยและประเทศ เวียดนาม**

[6] ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ .2550. **รายงานการศึกษา เส้นทางเศรษฐกิจที่เชื่อมโยงระหว่างไทย-ลาว-เวียดนาม ตาม เส้นทางหมายเลข R9**. เชียงใหม่

การแก้ปัญหาการส่งขน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหลายช่วงเวลา โดยวิธีฮิวริสติกส์

ทศพร อติเศรษฐพงศ์¹ และ สวัสดิ์ ภาวระราช²

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: tossworn@gmail.com

บทคัดย่อ

การแก้ปัญหาการส่งขน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหลายช่วงเวลา เป้าหมาย คือต้นทุนที่ต่ำที่สุดในการส่งน้ำมันหลายชนิดไปยังแต่ละสถานีน้ำมันภายใต้ข้อจำกัด จำนวนรถขนส่ง ความจุของถังบรรจุน้ำมันของรถขนส่งแต่ละคัน และความจุของถังจัดเก็บน้ำมันของแต่ละสถานี การแก้ปัญหาด้วยวิธีการกำหนดการเชิงเส้นตรงจำนวนเต็มใช้ระยะเวลานาน เนื่องจากจำนวนเงื่อนไขและตัวแปรในการคำนวณมีจำนวนมากโดยเฉพาะกรณีปัญหาที่มีขนาดใหญ่ วิธีการกำหนดการเชิงเส้นตรงจำนวนเต็มไม่สามารถหาคำตอบได้ วิธีการฮิวริสติกส์จึงมีบทบาทในการหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดได้และใช้เวลาในการคำนวณที่น้อยกว่านั่นเอง ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เสนอวิธีฮิวริสติกส์ คือ วิธีการปรับปรุง Multi-Period Oil Station Replenishment Heuristic (MPOSH) (ปรับปรุงจากวิธีของ Cornillier และคณะ) จากการทดลองขนาดปัญหา 5 ชุดสถานีได้แก่ 3, 4 และ 5 สถานี แต่ละชุดสถานีทดลองโดยใช้รถขนส่งน้ำมัน 2 คัน ในระยะเวลาทำงาน 3 และ 4 วัน พบว่า วิธีฮิวริสติกส์ที่เสนอสามารถให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่แท้จริง วิธีการ MPOSH ซึ่งหากนำวิธีการดังกล่าวไปแก้ปัญหาการส่งขนน้ำมันจริงจะทำให้ทราบจำนวนรถ จำนวนเที่ยว จำนวนวันที่ทำให้ต้นทุนในการขนส่งน้ำมันต่ำลงได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้จำหน่ายน้ำมัน และหน่วยงานขนส่งอื่นๆ ได้

คำสำคัญ ต้นทุนในการส่งน้ำมัน ฮิวริสติกส์

1. บทนำ

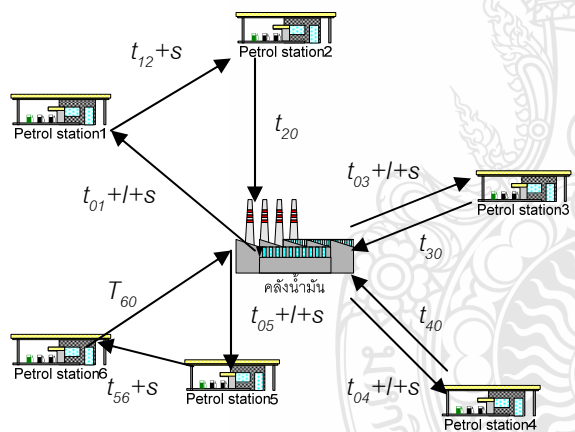
สืบเนื่องจากในปัจจุบันราคาน้ำมันมีแนวโน้มที่สูงขึ้นซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนการขนส่งที่สูงขึ้นตาม ดังนั้นการแก้ปัญหาการส่งขน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหลายช่วงเวลา มีวัตถุประสงค์คือต้นทุนรวมต่ำที่สุดในการกำหนดเส้นทางให้รถขนส่งน้ำมัน ซึ่งขึ้นกับปริมาตรความต้องการน้ำมันแต่ละชนิด ของแต่ละสถานี และจำนวนรถขนส่งน้ำมัน ซึ่งมีความจุของถังบรรจุน้ำมันที่แตกต่างกัน[1] ซึ่งหาคำตอบได้ด้วยวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดในการกำหนดเส้นทางรถขนส่งน้ำมันไปสถานีน้ำมัน และการแบ่งสัดส่วนของน้ำมันไปยังถังจัดเก็บแยกบนรถขนส่งน้ำมัน [2] และหาจำนวนของรถขนส่งน้ำมันน้อยที่สุด โดยการกำหนดจำนวนของเที่ยวที่ต้องส่งน้ำมันไปสู่กลุ่มของรถขนส่งน้ำมัน ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนของรถขนส่งน้ำมันที่มีรูปแบบการจัดเก็บที่ไม่เหมือนกัน โดยต้องไม่เกินกำลังการจัดเก็บของรถขนส่งน้ำมันด้วยวิธีฮิวริสติกส์ [3] ดังนั้นเพื่อทำให้ง่ายต่อการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำมัน[4]ในเพื่อกระจายสินค้าจึงใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณ [5]

แม้ว่า ฮิวริสติกส์จะไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุดแต่ เป็นวิธีการหาคำตอบที่ไม่ซับซ้อนและรวดเร็วกว่าวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งให้คำตอบที่ยอมรับได้ [6]

ปัญหาการจัดเส้นทางให้ยานพาหนะ สามารถแสดงด้วยกราฟ $G(V,A)$ โดยที่ $V = \{v_1, \dots, v_n\}$ คือกลุ่มของจุด (vertices) และ $A = \{(v_i, v_j) : i \neq j, v_i, v_j \in V\}$ คือกลุ่มของกิ่ง (arcs) โดยจุดที่ v_i คือ คลังน้ำมันซึ่งเป็นที่เก็บยานพาหนะ k ที่มีความจุ q ส่วนจุดที่เหลือคือสถานีน้ำมัน แต่ละสถานีมียานพาหนะไปส่งสินค้าด้วยความต้องการ d เมตริกซ์ $c =$

(c) จะระบุอยู่บน A; แต่ละจุด (v_i, v_j) จะเชื่อมด้วยระยะทางหรือต้นทุนการขนส่ง c_{ij} เป้าหมายสำคัญของปัญหาการจัดเส้นทางให้ยานพาหนะ คือการพยายามออกแบบกลุ่มของยานพาหนะ ให้มีการเดินทางโดยใช้ต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่คลังน้ำมัน ยานพาหนะวิ่งไปตามเส้นทางที่จะส่งสินค้า โดยพิจารณาถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดต่าง ๆ [7] ลักษณะปัญหาที่ศึกษา

ระยะระหว่างสถานีกำหนดเป็นระยะทางเชิงพิทาคิด (Euclidean distances) เส้นทางแต่ละเที่ยวในการขนส่งเที่ยวละไม่เกิน 2 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 1 และสามารถส่งน้ำมันแต่ละสถานีล่วงหน้าโดยมีเงื่อนไขว่า ปริมาณกำลังการจัดเก็บน้ำมันแต่ละสถานีเพียงพอ และปริมาณกำลังการจัดเก็บน้ำมันของรถขนส่งน้ำมันเพียงพอ โดยมีข้อจำกัด



รูปที่ 1 แสดงเส้นทางพาหนะขนส่งน้ำมันที่มีคลังน้ำมัน 1 แห่ง

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ปัญหามีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด โดยเป็นผลมาจากระยะทางในการขนส่งสั้นที่สุด พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง (Parameters)
 C คือค่าแรงทำงานปกติต่อนาที
 C' คือค่าแรงทำงานล่วงเวลาต่อนาที
 c_{ij} คือค่าการขนส่งต่อนาที

i คือสถานีต้นทาง

j คือสถานีปลายทาง

p คือชนิดน้ำมัน

w คือถังแยกบนรถขนส่งน้ำมัน

v คือเที่ยว

k คือรถขนส่งน้ำมัน

t คือช่วงเวลา

s_{pit} คือปริมาณน้ำมันคงเหลือชนิด p สถานี i ช่วงเวลา t

d_{pit} คือปริมาณต้องการน้ำมันชนิด p สถานี i ช่วงเวลา t

q_{wk} คือกำลังการจัดของถังน้ำมัน w บนรถขนส่ง k

m_{ip} คือกำลังการจัดเก็บของถังน้ำมันใต้ดินสำหรับสินค้า p สถานีน้ำมัน i

t_{ij} คือเวลาเคลื่อนที่จากสถานี i ไปสถานี j

l คือเวลาบรรจุน้ำมันจากคลังน้ำมันไปที่รถน้ำมัน

S คือเวลาถ่ายน้ำมันจากรถไปยังถังเก็บในสถานีน้ำมัน

T_{ij} คือเวลาขนส่งจากสถานี i ไปยังสถานี j รวมเวลาโหลดน้ำมันที่คลังน้ำมัน l และเวลาถ่ายน้ำมัน s ที่สถานี j

$T_{ij} = t_{ij} + s$ เมื่อ $i = 0$

$T_{ij} = t_{ij} + s$ เมื่อ $i, j \neq 0$

$T_{ij} = t_{ij}$ เมื่อ $j = 0$

h_{kt} คือเวลาทำงานปกติสำหรับรถขนส่ง k ช่วงเวลา t

h'_{kt} คือเวลาทำงานล่วงเวลาสำหรับรถขนส่ง k ช่วงเวลา t

H คือเวลาทำงานปกติสูงสุด

H' คือเวลาทำงานล่วงเวลาสูงสุด

x_{ipwkt} คือปริมาณน้ำมันชนิด p ของสถานี i ถูกบรรจุในถังแยก w บนรถขนส่ง k ภายในเที่ยว v ช่วงเวลา t

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable)

$z_{ijvkt} = 1$ ถ้า รถขนส่ง k เคลื่อนที่จากสถานี i ไปยังสถานี j ภายในเที่ยว v ช่วงเวลา t
 0 กรณีอื่น ๆ

$y_{ipwkt} = 1$ ถ้า สินค้า p ของสถานี i ถูกบรรจุน้ำมันเข้าไปในถังจัดเก็บ w บนรถขนส่ง k ภายในเที่ยว v ช่วงเวลา t
 0 กรณีอื่น ๆ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

$$\text{Min} \sum_{(k,t)} (Ch_{kt} + C'h'_{kt}) + \sum_{(i,j,v,k,t)} T_{ij} c_{ij} z_{ijvkt} \quad (1)$$

$$s_{pit,t+1} = s_{pit} - d_{pit} + \sum_{(w,k,t)} x_{ipwvkt} \quad \forall (i,p,t) \quad (2)$$

$$x_{ipwvkt} \leq q_{wk} y_{ipwvkt} \quad \forall (i,p,w,v,k,t) \quad (3)$$

$$s_{pit} + \sum_{(w,k,t)} x_{ipwvkt} \leq m_{ip} \quad \forall (i,p,t) \quad (4)$$

$$\sum_{(i,p)} y_{ipwvkt} \leq 1 \quad \forall (w,v,k,t) \quad (5)$$

$$\sum_i z_{ijvkt} \geq y_{ipwvkt} \quad \forall (j,p,w,v,k,t), j \neq 0 \quad (6)$$

$$\sum_i z_{ijvkt} = \sum_i z_{jivkt} \quad \forall (j,p,w,v,k,t) \quad (7)$$

$$\sum_j z_{qjvkt} \leq 1 \quad \forall (v,k,t) \quad (8)$$

$$z_{ijvkt} + z_{jivkt} \leq 1 \quad \forall (j,p,w,v,k,t), i, j \neq 0 \quad (9)$$

$$\sum_{(i,j)} z_{ijvkt} \leq 3 \quad \forall (v,k,t) \quad (10)$$

$$\sum_{(i,j,v)} T_{ij} z_{ijvkt} = h_{kt} + h'_{kt} \quad \forall (v,k,t) \quad (11)$$

$$\sum_{(j,v,k,t)} z_{qjvkt} \geq 1 \quad \forall (j,v,k,t) \quad (12)$$

$$s_{pit0} = 0 \quad \forall (i,p) \quad (13)$$

$$z_{ijvkt} = 0 \quad \forall (i,j,v,k,t) \quad (14)$$

$$\sum_{(p,w)} y_{ipwvkt} = 0 \quad \forall (i,p,w,v,k,t), p \neq w \quad (15)$$

$$0 \leq h_{kt} \leq H \quad \forall (k,t) \quad (16)$$

$$0 \leq h'_{kt} \leq H' - H \quad \forall (k,t) \quad (17)$$

$$z_{ijvkt} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j,v,k,t) \quad (18)$$

$$y_{ipwvkt} \in \{0,1\} \quad \forall (j,p,w,v,k,t) \quad (19)$$

สมการที่ 1 คือ สมการเป้าหมายเพื่อหาต้นทุนรวมต่ำที่สุด
 สมการที่ 2 คือ ปริมาณน้ำมันคงเหลือในถังเก็บแต่ละสถานี
 ช่วงเวลา $t+1$ เท่ากับปริมาณน้ำมันคงเหลือในถังเก็บแต่ละ
 สถานีช่วงเวลา t รวมยอดส่งน้ำมันช่วงเวลา t ลบความ
 ต้องการน้ำมัน ช่วงเวลา t สมการที่ 3 คือ ปริมาณน้ำมันที่

รถขนส่งจัดส่งต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับความจุของถังน้ำมัน
 บนรถขนส่ง สมการที่ 4 คือปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่ที่สถานี
 i ภายหลังจากส่งน้ำมันต้องไม่เกินความจุของถังเก็บน้ำมัน
 ที่สถานี i สมการที่ 5 คือ ความต้องการน้ำมันอย่างมาก
 ที่สุด 1 ชนิดต้องอยู่ในถังแยกบนรถน้ำมัน สมการที่ 6 คือ
 น้ำมันจะถูกส่งไปสถานีน้ำมัน j ก็ต่อเมื่อรถขนส่งน้ำมันออก
 จากสถานี i ไปสถานี j สมการที่ 7 คือกำหนดจำนวนของรถ
 ขนส่งมาถึงสถานีน้ำมันต้องเท่ากับจำนวนของรถขนส่งที่
 ออกจากสถานีนี้ สมการที่ 8 คือกำหนดให้แต่ละเที่ยว รถ
 สามารถออกจากคลังน้ำมันได้อย่างมากที่สุด 1 ครั้ง
 สมการที่ 9 คือบังคับไม่ให้รถขนส่งขบวนระหว่าง 2 สถานี
 น้ำมันเดิม สมการที่ 10 คือจำนวนของสถานีที่ไปส่งน้ำมัน
 ไม่เกิน 2 สถานีต่อเที่ยว รวมคลังน้ำมัน สมการที่ 11 คือรถ
 ขนส่งแต่ละคันทำงานเวลาปกติและล่วงเวลา สมการที่ 12
 คือกำหนดให้มีการขนส่งน้ำมันจากคลังน้ำมัน สมการที่ 13
 คือกำหนดปริมาณน้ำมันเวลาเริ่มต้นเป็นศูนย์ สมการที่ 14
 คือกำหนดไม่ให้ขนส่งภายในสถานีเดียวกัน สมการที่ 15
 คือกำหนดให้น้ำมันหนึ่งชนิดบรรจุลงต่อหนึ่งถังแยกบนรถ
 ขนส่ง สมการที่ 16 คือเวลาทำงานปกติถูกจำกัด H ชั่วโมง
 สมการที่ 17 คือ การทำงานล่วงเวลาได้มากที่สุดถูกจำกัด
 เพียง $H-H$ ชั่วโมง สมการที่ 18 คือ ค่า z_{ijvkt} เป็น 0 หรือ 1
 เท่านั้น สมการที่ 19 คือ ค่า y_{ipwvkt} เป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น

3. การประยุกต์ใช้วิธีการ MPOSH (Multi-Period Oil Station Replenishment Heuristic)

วิธีการ MPOSH ประกอบด้วย 2 ส่วน

3.1 การสร้างเส้นทางรถขนส่งน้ำมัน

3.1.1. คำนวณระยะทางเชิงพิคัตระหว่างสถานีน้ำมัน

i ไป สถานีน้ำมัน j $d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$

3.1.2. คำนวณระยะเวลากการขนส่งจากสถานีน้ำมัน i

ไปสถานีน้ำมัน j โดยเท่ากับระยะทางเชิงพิคัตระหว่าง
 สถานีหารด้วยอัตราเร็วของรถขนส่งน้ำมัน $t_{ij} = d_{ij} / O$
 ซึ่งรวมเวลาบรรจุน้ำมันจากคลังน้ำมันไปที่รถน้ำมัน (l) และ
 เวลาถ่ายน้ำมันจากรถไปยังถังเก็บในสถานีน้ำมัน (s)

$$T_{ij} = t_{ij} + t_s \text{ เมื่อ } i = 0 \text{ หรือ } T_{ij} = t_{ij} + t_s$$

$$T_{ij} = t_{ij} + t_s \text{ เมื่อ } i, j \neq 0 \text{ หรือ } T_{ij} = t_{ij} + t_s$$

$$T_{ij} = t_{ij} \text{ เมื่อ } j = 0 \text{ หรือ } T_{ij} = t_{ij}$$

3.1.3. พิจารณาระยะเวลาขนส่งน้ำมันไม่เกิน 2 สถานี เริ่มจากคลังน้ำมันไปสถานีน้ำมัน i ไปสถานีน้ำมัน j รวมเวลาบรรจุและถ่ายน้ำมันแล้ว ตามสมการที่ 10

3.1.3.1. ในกรณีที่มีมากกว่าเวลาทำงานล่วงเวลาสูงสุดสามารถเลือกส่งได้เพียง 1 สถานีต่อเที่ยว

$$T_{ij} + T_{jk} + T_{ko} > H'; TT_{ij} = T_{ij} + T_{jo}$$

3.1.3.2. ในกรณีที่มีน้อยกว่าเวลาทำงานล่วงเวลาสูงสุดสามารถเลือกส่งได้ 2 สถานีต่อเที่ยว

$$T_{ij} + T_{jk} + T_{ko} \leq H'; TT_{ij} = T_{ij} + T_{jo}$$

3.1.3.2.1. คำนวณหาคู่ของสถานีที่มีระยะเวลาการขนส่งน้ำมันจากสถานีน้ำมัน i ไปสถานีน้ำมัน j ที่น้อยที่สุด [7]

$$\text{Min: } TT_{ij} = T_{ij} + T_{jo}, i \neq j, i \dots n, j \dots n$$

3.1.3.3. ภายหลังการจับคู่เส้นทางแต่ละรอบให้กำหนดเที่ยว (o) จนกระทั่งทุกสถานีถูกเลือก จะได้ทั้งหมด v เที่ยว

3.1.4. คำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำมันแต่ละชนิดในแต่ละวันของเที่ยวขนส่งที่ประกอบด้วย 2 สถานี

$$Z_{i(o)a} = d_{i(o)a} + d_{j(o)a} : f \dots p, i_{(o)} \dots n, j_{(o)} \dots n, o \dots v, a \dots ddate$$

3.1.5. น้ำมันคงคลังในสถานีคงเหลือเทียบกับปริมาณรวมกับต้องการน้ำมันของแต่ละสถานีน้อยกว่ากำลังการจัดเก็บของถังน้ำมันในแต่ละสถานี สมการที่ 4

$$s_{i(o)a-1} + d_{i(o)a} < m_{i(o)}$$

$$s_{j(o)a-1} + d_{j(o)a} < m_{j(o)}$$

3.1.6. ตรวจสอบปริมาณความต้องการน้ำมันของลูกค้านั้นเที่ยวมากกว่ากำลังการจัดเก็บน้ำมันของรถขนส่งน้ำมันหรือไม่

3.1.6.1 กรณีปริมาณความต้องการน้ำมันชนิด f จำนวน z ลิตรในวันที่ a ไม่เกินกำลังการจัดเก็บของถังแยกบนรถขนส่งน้ำมัน ($Z_{i(o)a} < q_t$) ตามสมการที่ 3 และคำนวณน้ำมันคงคลังคงเหลือซึ่งเพิ่มปริมาณความต้องการน้ำมันในแต่ละชนิด f แต่ละสถานี (i_o, j_o) ของเที่ยว o ในวันที่ a ตามสมการที่ 2

$$s_{i(o)a} = s_{i(o)a-1} + d_{i(o)a}$$

$$s_{j(o)a} = s_{j(o)a-1} + d_{j(o)a}$$

3.1.6.2 ตรวจสอบวันที่ส่งน้ำมันว่าเท่ากับจำนวน

วันที่ต้องส่งน้ำมันหรือไม่ $a \leq ddate$

ในกรณีที่มากกว่าไปยังขั้นตอนที่ 3.1.7.

ในกรณีที่น้อยกว่า $w_{io} = Z_{i(o)a}$

3.1.6.3 ตรวจสอบความต้องการน้ำมันเทียบกับกำลังการจัดเก็บของถังแยกบนรถขนส่งน้ำมัน

ในกรณีที่มากกว่า ($w_{io} > q_t$) ให้บันทึกค่าวันที่ a ล่าสุดเพื่อแสดงผลการจัดส่งน้ำมันอีกครั้งเพราะสถานีน้ำมันจะไม่มีไปยังขั้นตอน 3.1.6.2

ในกรณีที่น้อยกว่า ($w_{io} < q_t$) ให้ความต้องการน้ำมันชนิด f จำนวน z ลิตรในวันที่ $a+1$ มารวมกับวันที่ a เพื่อจัดส่งน้ำมันในวันที่ a และไปยังขั้นตอนที่ 3.1.6.3

$$w_{io} = Z_{i(o)a} + Z_{i(o)(a+1)}$$

3.1.7. ตรวจสอบว่าส่งน้ำมันครบทุก v เที่ยวหรือไม่

ถ้าไม่ครบให้เพิ่มจำนวน $o+1$ เที่ยว และไปยังขั้นตอนที่ 3.1.5.

ถ้าครบแล้วให้ไปยังขั้นตอนที่ 3.2.1.

3.2. การกำหนดเส้นทางให้รถขนส่งน้ำมัน

โดยการเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการขนส่งน้ำมัน ภายหลังรถขนส่งน้ำมันแต่ละคัน ถูกมอบหมายให้ส่งน้ำมันแต่ละเที่ยว ซึ่งรถขนส่งน้ำมันคันใดใช้ระยะเวลาขนส่งน้ำมันน้อยที่สุด จะถูกกำหนดให้ต้องขนส่งน้ำมันในเที่ยวถัดไป

3.2.1. แสดงค่าต้นทุนของค่าแรงต่างๆดังนี้

3.2.1.1. กรณีเวลาขนส่งมากกว่าเวลาทำงานปกติ

ต้นทุนการทำงานเท่ากับเวลาทำงานปกติคูณค่าแรงทำงานปกติต่อเวลาที่บวกด้วยเวลาขนส่งส่วนเกินจากเวลาทำงานปกติคูณค่าแรงทำงานล่วงเวลาต่อหน้าที่

$$h_{kt} + h'_{kt} > H ; \text{working cost} = (h_{kt} \times C) + (h'_{kt} \times C')$$

3.2.1.2. กรณีเวลาขนส่งน้อยกว่าเวลาทำงานปกติ

ต้นทุนการทำงานเท่ากับเวลาขนส่งคูณค่าแรงทำงานปกติต่อหน้าที่

$$h_{kt} \leq H; \text{ working cost} = (h_{kt} \times C)$$

3.2.1.3. ต้นทุนค่าขนส่งเท่ากับเวลาขนส่งคูณ ค่าแรง

ขนส่งต่อนาที $\text{transportation cost} = T_{ij} \times c_{ij}$

3.2.1.4 ต้นทุนรวมเท่ากับต้นทุนการทำงานบวก

ต้นทุนการขนส่ง $\text{Total cost} = \text{working cost} + \text{transportation cost}$

4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

อัลกอริทึม ถูกสร้างภาษา C และรันด้วย PC 1.5 GHz สถานีน้ำมันทั้งหมด (n) 75 สถานี วันทำงาน (t) 20 วัน

ค่าแรงทำงานปกติต่อนาที (c) เท่ากับ 1 บาท

ค่าแรงทำงานล่วงเวลาต่อนาที (c) เท่ากับ 2 บาท

ค่าการขนส่งต่อนาที (c_{ij}) เท่ากับ 1 บาท

รถส่งน้ำมันวิ่งด้วยความเร็ว (v) 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เวลาบรรจุน้ำมันที่รถน้ำมัน (l) เท่ากับ 30 นาที

เวลาถ่ายน้ำมันจากรถน้ำมันสู่สถานี (s) เท่ากับ 45 นาที

เวลาทำงานปกติสูงสุด (H) เท่ากับ 8 ชั่วโมง

เวลาทำงานถึงล่วงเวลาสูงสุด (H) เท่ากับ 12 ชั่วโมง

พิกัดแต่ละสถานี (x,y) ไม่เกิน (300,300)

น้ำมันมี 4 ชนิด (p) คือ ดีเซล, แก๊ซโซฮอล์ 95, แก๊ซโซฮอล์

91, เบนซิน 91

กำลังจัดเก็บน้ำมันแต่ละชนิดของรถ (q_{wk}) เท่ากับ

1600, 1400, 1200 และ 800 ลิตร ตามลำดับ

ปริมาณต้องการน้ำมัน (d_{pit}) สร้างจากการสุ่ม

น้ำมันดีเซล อยู่ในช่วง 500 - 800 ลิตร

น้ำมันแก๊ซโซฮอล์ 95 อยู่ในช่วง 400 - 700 ลิตร

น้ำมันแก๊ซโซฮอล์ 91 อยู่ในช่วง 300 - 600 ลิตร

น้ำมันเบนซิน 91 อยู่ในช่วง 200 - 400 ลิตร

กำลังจัดเก็บน้ำมันแต่ละสถานี (m_p) สร้างจากการสุ่ม

น้ำมันดีเซล อยู่ในช่วง 3,000 - 5,000 ลิตร

น้ำมันแก๊ซโซฮอล์ 95 อยู่ในช่วง 2,000 - 3,500 ลิตร

น้ำมันแก๊ซโซฮอล์ 91 อยู่ในช่วง 2,000 - 3,000 ลิตร

น้ำมันเบนซิน 91 อยู่ในช่วง 1,500 - 2,500 ลิตร

4.1 ผลการเปรียบเทียบวิธีการการแก้ปัญหาการสั่งซื้อน้ำมันแบบหลายช่วงเวลา

4.1.1. ผลการเปรียบเทียบวิธีการการแก้ปัญหาการสั่งซื้อน้ำมันแบบหลายช่วงเวลาด้วยวิธีหาคำตอบที่ดีที่สุดกับวิธีการ MPOSHสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ตารางแสดงผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรมลินโก 11.0 เทียบกับวิธีการ MPOSH

| ลำดับ | รถ | สถานี | วัน | Lingo | | MPOSH | |
|-------|----|-------|-----|-------------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | ต้นทุนบาท | เวลา นาที | ต้นทุนบาท | เวลา นาที |
| 1 | 2 | 3 | 3 | 2,074 | 0.05 | 2,074 | 0.01 |
| 2 | 2 | 3 | 4 | 3,404 | 1.03 | 3,404 | 0.01 |
| 3 | 2 | 4 | 3 | 3,016 | 0.47 | 3,016 | 0.01 |
| 4 | 2 | 4 | 4 | 4,524 | 6.95 | 4,524 | 0.01 |
| 5 | 2 | 5 | 3 | หาค่าไม่ได้ | >3 ชม | 3,691 | 0.01 |

จากการทดสอบการทำงานของด้วยวิธีการ MPOSH เทียบกับวิธีการหาคำตอบที่แท้จริงโดยโปรแกรมลินโก 11.0 ผลของคำตอบมี 2 รูปแบบคือ

1. ในกลุ่มตัวอย่างสถานีน้ำมัน 3 และ 4 สถานีที่ 3 และ 4 วัน วิธีการ MPOSH ให้ค่าต้นทุนรวมเท่ากับการทำงานของวิธีหาคำตอบที่แท้จริง คือโปรแกรมลินโก 11.0
2. ในกลุ่มตัวอย่างสถานีน้ำมัน 5 สถานี 3 วัน ค่าที่ได้จากการทำงานของโปรแกรมลินโก 11.0 ใช้เวลาในการคำนวณนาน ยังไม่ได้ค่าที่เป็นคำตอบสุดท้ายที่ดีที่สุด

5. สรุป

วิธีการ MPOSH สามารถให้คำตอบที่ยอมรับได้โดยใช้เวลาน้อยกว่า ภายหลังจากเปรียบเทียบกับวิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรงจำนวนเต็มในกรณีที่มีจำนวนสถานีน้ำมันน้อยกว่า 5 สถานี ไม่เกิน 4 วัน

เอกสารอ้างอิง

[1] Cornillier, F. and Boctor, F.F. and Laporte, G., Renaud, J. 2008. A heuristic for the multi-period petrol station replenishment problem.

European Journal of the Operational Research, 191: 295–305

[2] Cornillier, F. and Boctor, F.F. and Laporte, G., Renaud, J., 2007. An exact algorithm for the petrol station replenishment problem. Journal of the Operational Research Society, 59: 607–615.

[3] Boctor, F.F. and Cornillier, F. and Renaud, J. 2006. Optimal and heuristic solution procedures for a trip packing problem. Working paper, Universite Laval.

[4] กฤษไกร มนินนกร, การจัดเส้นทางรถขนส่งน้ำมัน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

[5] ธเนศ ทักษิณวราจารย์, การจัดเส้นทางเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อการกระจายสินค้า, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

[6] ณกร อินทร์พุง. 2548. การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[7] Rosenkrantz, R. and Stearns, R. and Lewis, P. 1977. An analysis of several heuristics for the traveling salesman problem. SIAM Journal of computing, 6: 563-581.

การสร้างแบบจำลองกลไกการทำงานของโซ่อุปทานด้วยแผนภูมิวงรอบเหตุและผล กรณีศึกษาโซ่อุปทานยางพาราภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ธนภณ เจียรณัย¹ ศิริศักย เทพจิต² และ วิทยา สุฤทธดำรง³

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย 10800

^{2,3}สถาบันวิทยาการโซ่อุปทาน มหาวิทยาลัยศรีปทุม

อาคาร 10 ชั้น 4 ห้อง 402 เลขที่ 61 ถนนพหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail: pop608@hotmail.com¹

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นการนำเสนอแบบจำลองกลไกการทำงานของโซ่อุปทานยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ด้วยแนวคิดเชิงระบบ โดยใช้แผนภูมิวงรอบเหตุและผล เป็นเครื่องมือในการตั้งสมมติฐานเชิงพลวัตของกลไกการทำงานของโซ่อุปทานยางพาราจากการระบุความสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นในโซ่อุปทานยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยรูปแบบพฤติกรรมตลอดช่วงเวลาจากสมมติฐานดังกล่าว จะถูกนำไปใช้เป็นพฤติกรรมอ้างอิงการสร้างและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองพลวัตของระบบโซ่อุปทานยางพารา เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการทดสอบแผนงานและจัดทำข้อเสนอแนะในการพัฒนาโซ่อุปทานยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ การคิดเชิงระบบ, แผนภูมิวงรอบเหตุและผล, โซ่อุปทาน, ยางพารา

1. บทนำ

ปัจจุบันพื้นที่การปลูกยางพาราได้ขยายไปยังภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ลักษณะของโซ่อุปทานในพื้นที่ปลูกใหม่นี้มีรูปแบบการไหลของวัตถุดิบและสารสนเทศแตกต่างจากการปลูกในพื้นที่เดิม เนื่องโรงงานแปรรูปยางในพื้นที่มีไม่มาก แต่กลไกการทำงานยังมีลักษณะเดียวกับภูมิภาคอื่น ซึ่งเกิดจากกลไกตลาดโลก

และปัจจัยด้านราคาขายของตลาดเป็นสำคัญ การศึกษากลไกการทำงานของโซ่อุปทานยางพาราส่วนมากอาศัยแนวคิดแบบแยกส่วนในการวิเคราะห์ ผลลัพธ์จึงขาดมิติความเป็นพลวัต ซึ่งไม่สอดคล้องกับกลไกการทำงานจริง เนื่องจากขาดความสัมพันธ์และการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นหลัก จึงต้องพิจารณากลไกการทำงานของโซ่อุปทานอย่างเป็นระบบ ผ่านทางการสร้างแบบจำลองโครงสร้างของโซ่อุปทานด้วยแผนภูมิวงรอบเหตุและผล เพื่อตั้งสมมติฐานเชิงพลวัตเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นในโซ่อุปทาน โดยอาศัยข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นในเชิงทฤษฎีจาก [1],[2] มาเป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐาน

งานวิจัยนี้ประกอบด้วย 4 ส่วนคือ 1) บทนำ 2) เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3) แบบจำลองโซ่อุปทานยางพารา และ 4) บทสรุป

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงสร้างของโซ่อุปทาน

โครงสร้างของโซ่อุปทาน เป็นการสร้างและรักษาความสัมพันธ์ของการเชื่อมโยงกระบวนการผลิตภายในองค์กรเข้ากับกระบวนการการทำงานของผู้จัดหาวัตถุดิบและผู้จัดหาวัตถุดิบของผู้จัดส่งวัตถุดิบ รวมทั้งการประสานงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ทุกฝ่ายได้รับประโยชน์ร่วมกัน ซึ่งเริ่มตั้งแต่ความต้องการของลูกค้าจนถึงผู้บริโภคและหมดอายุการใช้งาน [4]

2.2 การคิดเชิงระบบ

การคิดเชิงระบบ คือ มุมมองและกระบวนการสร้างความเข้าใจว่าส่วนประกอบที่ประกอบกันเป็นระบบนั้นมีอิทธิพลซึ่งกันและกัน และส่งผลกระทบต่อระบบโดยรวมอย่างไร นำไปสู่รูปแบบโครงสร้างของระบบที่แสดงรูปแบบพฤติกรรมปัญหา และปรากฏเป็นเหตุการณ์ปัญหาขึ้น [5] โดยการมองปัญหาให้อยู่ในรูปของระบบแบบองค์รวม ไม่แยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อยแล้ววิเคราะห์หาความสัมพันธ์แบบแยกส่วน ซึ่งทำให้พฤติกรรมและคุณสมบัติของระบบไม่ปรากฏขึ้น [6]

2.3 แผนภูมิวงรอบเหตุและผล

แผนภูมิวงรอบเหตุและผล คือ แผนภาพแสดงโครงสร้างของระบบ เพื่อสื่อสารและอธิบายแบบจำลองความคิดของ

ปัญหา เป็นส่วนช่วยในการตั้งสมมติฐานเชิงพลวัต พร้อมทั้งแสดงวงรอบการป้อนกลับที่เชื่อว่ามีผลกระทบต่อปัญหา [7] ประกอบด้วย เซตของตัวแปรและเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ลักษณะความสัมพันธ์แบ่งออกได้เป็น ความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน "+" และ ความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม "-" ความสัมพันธ์ของตัวแปรจะนำไปสู่การแปลความหมายของวงรอบ โดยวงรอบการป้อนกลับที่แสดงภาพของวงรอบเสริมแรงจะใช้สัญลักษณ์ "R" หรือวงรอบสมดุลจะใช้สัญลักษณ์เป็น "B" การระบุชนิดวงรอบนำไปสู่รูปแบบ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาโครงการวิจัยการประเมินศักยภาพเชิงบูรณาการการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมประเทศไทย [1] ได้กำหนดผู้เล่นหลักในโซ่อุปทานยางพาราไว้ 4 กลุ่ม คือ 1) เกษตรกร 2) ตลาดท้องถิ่น 3) พ่อค้า และ 4) โรงงาน และจากงานวิจัยการปรับทิศทางนโยบายแก้ปัญหาลูกโซ่อุปทานยางพาราในประเทศไทย [2] ได้ตั้งสมมติฐานการไหลของสินค้าใน 4 กรณี ซึ่งกำหนดราคาขายพาราแผ่นดิบที่นำมาวิเคราะห์ให้เป็นราคาแบบคงที่ พบว่าเกษตรกรจะมีกำไรต่อหน่วยสูงสุดในกรณีที่ขายสินค้าโดยตรงให้กับโรงงานแปรรูป พ่อค้าจะได้กำไรสูงในกรณีที่ซื้อสินค้าผ่านทางตลาด

ประมูลยางท้องถิ่น โรงงานแปรรูปจะได้กำไรต่อหน่วยสูงสุดเมื่อซื้อสินค้าผ่านตลาดประมูลยางท้องถิ่น แต่ในความเป็นจริงแล้วความผันผวนของราคาซึ่งอยู่นอกเหนือการควบคุม ส่งผลให้ไม่เกิดการไหลตามช่องทางที่ผู้เล่นแต่ละรายจะได้ประโยชน์สูงสุด [3] และยังเสนอให้เพิ่มผู้เล่นอีก 2 กลุ่ม ได้แก่ นายหน้า ซึ่งทำหน้าที่เช่นเดียวกับพ่อค้าแตกต่างกันที่นายหน้าจะไม่ถือครองสินค้า และตัวแทนโรงงานแปรรูป ซึ่งเป็นผู้จัดหาสินค้าให้กับโรงงานเฉพาะของตน เพื่อเข้าเป็นส่วนหนึ่งของโครงร่างโซ่อุปทาน พฤติกรรมอ้างอิงของระบบต่อไป

3. แบบจำลองโซ่อุปทานยางพารา

3.1 สมมติฐานเชิงพลวัต

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การกำหนดราคาแบบคงที่และการแยกส่วนการพิจารณาเพื่อกำหนดช่องทางการไหลนั้นไม่สอดคล้องกับสภาพกลไกการทำงานจริงที่ขึ้นอยู่กับราคาขายที่ผันผวน ผู้วิจัยจึงทำการตั้งสมมติฐานเชิงพลวัตของกลไกการทำงานขึ้นใหม่ ซึ่งประกอบไปด้วยวงรอบ 7 วง โดยที่เชื่อมโยงเป็นระบบเดียวกัน ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแต่ละวงรอบ ดังนี้

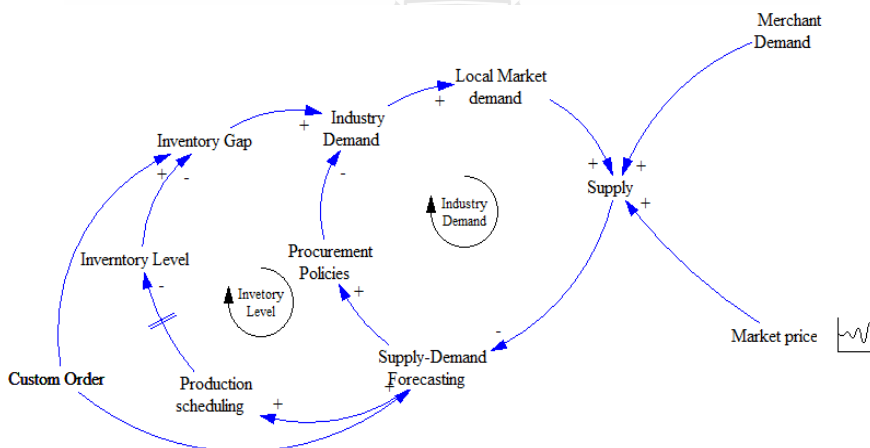
1) วงรอบความต้องการของอุตสาหกรรม (Industry Demand) และ 2) วงรอบระดับสินค้าคงคลัง (Inventory Demand) มีสมมติฐานว่าความต้องการยางพาราของตลาดภายในประเทศ และอุปทานของยางพารามีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน โดยอุปทานนี้มีความสัมพันธ์กับความต้องการของพ่อค้าและราคาตลาดเข้ามาในทิศทางเดียวกัน ส่งผลถึงการพยากรณ์อุปสงค์-อุปทานของอุตสาหกรรมในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้เกิดนโยบายการจัดการวัตถุดิบ จากตัวแทนโรงงานแปรรูป ในทิศทางเดียวกันกับการพยากรณ์ ส่งผลถึงความต้องการวัตถุดิบของอุตสาหกรรมเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งวงรอบดังกล่าวนี้เป็นวงรอบเสริมแรง

ในวงรอบระดับสินค้าคงคลัง ตัวแปรการพยากรณ์อุปสงค์-อุปทานยางพาราของอุตสาหกรรม ทำให้

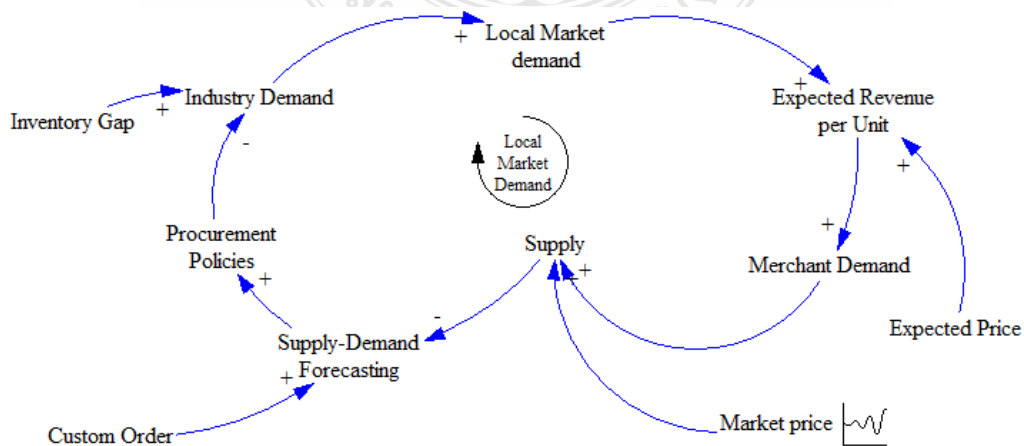
การจัดตารางการผลิตที่เปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน ส่งผลให้ระดับของสินค้าคงคลัง และช่องว่างของสินค้าคงคลังเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้าม มีผลให้ความต้องการยางพาราของอุตสาหกรรม และความต้องการยางพาราของตลาดภายในประเทศ พร้อมกับอุปทานของยางพาราเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน สุดท้ายส่งผลให้การพยากรณ์อุปสงค์-อุปทานยางพาราของอุตสาหกรรมมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งวงรอบดังกล่าวนี้เป็นวงรอบสมดุล ทั้งนี้คำสั่งของลูกค้า เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อพยากรณ์อุปสงค์-อุปทานยางพาราของอุตสาหกรรม และช่องว่างของสินค้าคงคลังในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 1

ตลาดภายในประเทศ ทำให้เกิดกำไรคาดหวังต่อหน่วย (ซึ่งมีราคาคาดหวังเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้อง) ความต้องการของพ่อค้า และอุปทานที่เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ส่งผลให้การพยากรณ์อุปสงค์-อุปทานยางพาราของอุตสาหกรรมเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้นโยบายการจัดหาวัตถุดิบ (จากตัวแทนโรงงานแปรรูป) เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันตามไปด้วย ส่งผลให้เกิดความเปลี่ยนแปลงความต้องการวัตถุดิบของอุตสาหกรรมแบบตรงข้ามกัน และความต้องการยางพาราของตลาดภายในประเทศเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน ซึ่งวงรอบดังกล่าวนี้เป็นวงรอบเสริมแรง ดังแสดงรูปที่ 2

3) วงรอบความต้องการของตลาดภายในประเทศ (Local Market Demand) ความต้องการยางพาราของ

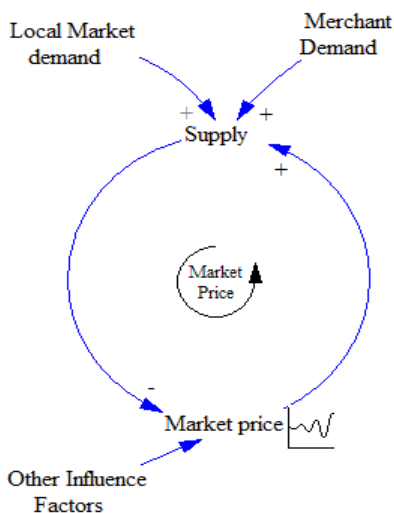


รูปที่ 1 วงรอบความต้องการของอุตสาหกรรมและวงรอบระดับสินค้าคงคลัง



รูปที่ 2 วงรอบความต้องการของตลาดภายในประเทศ

4) วงรอบราคาตลาด (Market Price) ส่งผลให้อุปทานยางพาราที่เปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน แต่อุปทานยางพาราที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นกลับส่งผลให้ราคาตลาดเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้าม โดยราคาตลาดนี้ยังมีปัจจัยอื่น ที่ส่งอิทธิพลด้วย เช่น ราคาน้ำมัน เป็นต้น วงรอบนี้เป็นวงรอบสมดุล ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงรอบราคาตลาด

5) วงรอบความต้องการของพ่อค้า (Merchant Demand) และ 6) วงรอบรายได้คาดหวัง (Expected Revenue) เมื่อมีเปลี่ยนแปลงรายได้คาดหวังต่อหน่วย (มีปัจจัยความต้องการยางของตลาดภายในประเทศเข้ามาเกี่ยวข้อง) ความต้องการยางพาราของพ่อค้า และกำไรคาดหวังต่อหน่วย (ปัจจัยราคาตลาดมีความสัมพันธ์อยู่ด้วย) จะมีเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด ซึ่งวงรอบดังกล่าวนี้เป็นวงรอบเสริมแรง สำหรับวงรอบความต้องการของพ่อค้านั้น ความต้องการยางพาราของพ่อค้า และอุปทานยางพารามีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน ซึ่งส่งผลให้ราคาคาดหวังเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้กำไรคาดหวังต่อหน่วยและความต้องการ

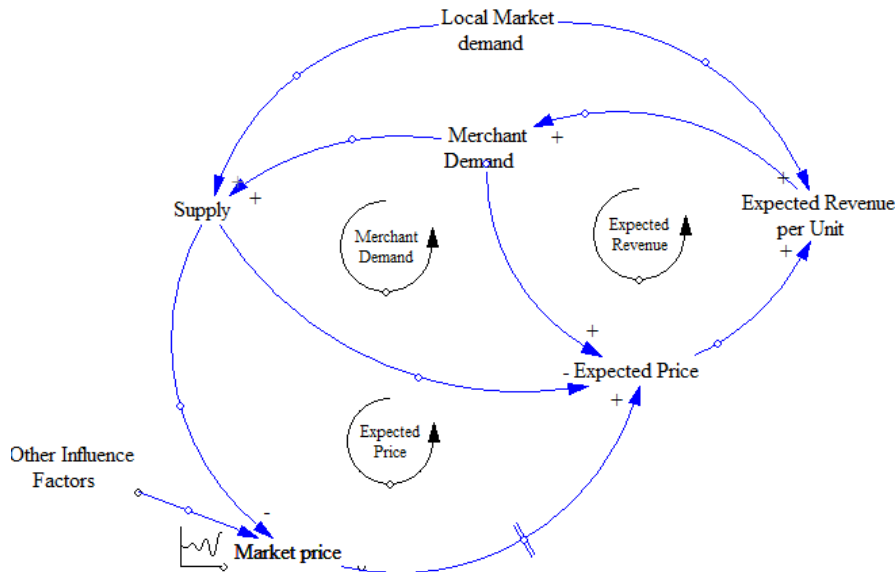
ยางพาราของพ่อค้ามีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับราคาคาดหวัง ซึ่งวงรอบดังกล่าวนี้เป็นวงรอบสมดุล

7) วงรอบราคาคาดหวัง (Expected Price) สามารถอธิบายได้ว่า ราคาคาดหวัง กำไรต่อหน่วย ความต้องการยางพาราของพ่อค้า และอุปทานยางพารามีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน แต่จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงกันข้ามกับราคาตลาด ซึ่งวงรอบดังกล่าวนี้เป็นวงรอบสมดุล

จากวงรอบความต้องการของพ่อค้าและวงรอบรายได้คาดหวัง สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงกับปัจจัยรายได้คาดหวังต่อหน่วย (โดยมีปัจจัยความต้องการยางพาราของตลาดภายในประเทศเข้ามาเกี่ยวข้อง) ความต้องการยางพาราของพ่อค้า และกำไรคาดหวังต่อหน่วย (ซึ่งปัจจัยราคาตลาดมีความสัมพันธ์อยู่ด้วย) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด ซึ่งวงรอบดังกล่าวนี้เป็นวงรอบเสริมแรง

ส่วนวงรอบความต้องการของพ่อค้า อธิบายได้ว่า ความต้องการยางพาราของพ่อค้า และอุปทานยางพารามีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน ซึ่งส่งผลให้ราคาคาดหวังเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้าม ส่งผลให้กำไรคาดหวังต่อหน่วยและความต้องการยางพาราของพ่อค้ามีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับราคาคาดหวัง วงรอบนี้เป็นวงรอบสมดุล

วงรอบราคาคาดหวัง อธิบายได้ว่า ราคาคาดหวัง กำไรต่อหน่วย ความต้องการยางพาราของพ่อค้า และอุปทานยางพารามีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน แต่จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงกันข้ามกับราคาตลาด วงรอบนี้เป็นวงรอบสมดุล ความสัมพันธ์ของแต่ละวงรอบแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงรอบความต้องการของพ่อค้า วงรอบรายได้คาดการณ์ และวงรอบราคาคาดหวัง

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้เป็นการตั้งสมมติฐานกลไกการทำงานของโซ่อุปทานยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยพิจารณาถึงความเป็นพลวัตของระบบโซ่อุปทานยางพารา ซึ่งมีปัจจัยด้านความผันผวนของราคายางพาราเป็นตัวขับเคลื่อนการทำงานของผู้เล่นในโซ่อุปทาน ซึ่งสมมติฐานเชิงพลวัตจากการระบุความสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นในโซ่อุปทานยางพาราที่ตั้งขึ้นนี้จะไปกำหนดรูปแบบพฤติกรรมอ้างอิงในการสร้างและทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองพลวัตของโซ่อุปทานยางพารา เป็นเครื่องมือในการจัดทำข้อเสนอแนะในการพัฒนาโซ่อุปทานยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักประสานงานชุดโครงการวิจัยโลจิสติกส์. 2551. โครงการวิจัยการประเมินศักยภาพเชิงบูรณาการการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
 [2] ดวงพรพรณ กริชชาญชัย ศฤงคารินทร์ และ เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์. 2552. การปรับทิศทางการนโยบายแก้ปัญหา

โซ่อุปทานยางพาราในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

[3] สถาบันวิจัยยาง. 2553. โครงการศึกษาการจัดการโลจิสติกส์และการขนส่งยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสู่ประเทศจีนโดยผ่านประเทศเพื่อนบ้าน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
 [4] Chandra, C. and J. Grabis. 2007. Supply Chain Configuration: Concepts, Solutions and Applications. New York: Springer.
 [5] Anderson, V. and L. Johnson. 1997. Systems Thinking Basics: From Concepts to Causal Loops. Massachusetts: Pegasus Communications.
 [6] O'Connor, J. and I. McDermott. 1997. The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving. London: Thorsons.
 [7] Sterman, J. D. 2000. business dynamics : systems thinking and modeling for a complex world. New York: McGraw-Hill/Irwin

การศึกษาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของहेล็กกรุปพรณกลวง เขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้

ธีระยุทธ แสนแก้ว¹ และ เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

E-mail: sankae_w_t@hotmail.com¹, tuanjai.som@kmutt.ac.th²

บทคัดย่อ

ปัจจุบันภาคการก่อสร้าง และภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่จังหวัดภาคใต้ได้มีการใช้हेล็กกรุปพรณ ปริมาณเพิ่มสูงขึ้นมาก ทำให้สภาวะการแข่งขันในพื้นที่นี้มีสูงขึ้นจากผู้ผลิตहेล็กหลายราย ดังนั้น บริษัทกรณีศึกษาต้องปรับตัวเพื่อรองรับการแข่งขันด้านการตลาดมากขึ้น ปัจจุบันบริษัทมีปัญหาด้านต้นทุนการขนส่งที่สูงจากการขนส่งหลายขั้นตอน และทำให้สูญเสียเวลาในการส่งมอบ โดยบริษัทจะดำเนินการขนส่งสินค้าไปยังท่ารถขนส่งภายนอกเพื่อส่งต่อไปยังลูกค้าปลายทาง ดังนั้นบทความนี้ได้ศึกษาการเลือกทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ของบริษัทกรณีศึกษาเพื่อลดต้นทุนค่าขนส่งสินค้าลดระยะเวลาในการรอสินค้าซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการตลาด และการเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคได้เพิ่มมากขึ้น โดยพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ของการหาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมและทำการแก้ปัญหาโดยใช้ Microsoft Excel solver ประยุกต์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการร้านค้าปลีกและร้านค้าส่งहेล็กกรุปพรณ ผลจากการศึกษาพบว่าที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมที่สุดคือ ที่จังหวัดชุมพร ซึ่งมีค่าขนส่งต่ำที่สุดคือ 1.5 ล้านบาท ที่ปริมาณยอดขายสินค้าहेล็กในพื้นที่ 14 จังหวัด เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,500-3,000 ตันต่อปี

คำสำคัญ การเลือกทำเลที่ตั้ง / ศูนย์กระจายสินค้า/हेล็กกรุปพรณกลวง

1. บทนำ

हेล็กและहेล็กกล้าเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมขั้นพื้นฐานในการสนับสนุนให้อุตสาหกรรมต่างๆ มีการพัฒนา และมีศักยภาพเพิ่มมากขึ้น อาทิ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุตสาหกรรมก่อสร้าง ซึ่งการขายสินค้าส่วนใหญ่ขายผ่านผู้ค้าปลีกและผู้ค้าส่งในพื้นที่ ดังนั้นการขนส่งสินค้าจึงมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมहेล็กเป็นอย่างมาก

บริษัทผู้ผลิตहेล็กกรณีศึกษามีโรงงานผลิตสินค้าทั้งหมด 2 โรงงาน ตั้งอยู่ใน จังหวัดสมุทรปราการและจังหวัดสมุทรสาคร และมีศูนย์กระจายสินค้าอีก 2 แห่ง คือ ศูนย์กระจายสินค้าปทุมธานี และศูนย์กระจายสินค้าบางนา โดยการขนส่งสินค้าบริษัทกรณีศึกษาจะขนส่งสินค้าจากโรงงาน และศูนย์กระจายสินค้าไปยังบริษัทขนส่งเอกชนเพื่อส่งต่อไปยังลูกค้าในพื้นที่ภาคใต้ ดังนั้นระบบโลจิสติกส์จึงมีความสำคัญมาก เนื่องจากปัจจุบันต้นทุนโลจิสติกส์ของบริษัทสูง ไม่สามารถแข่งขันได้

ในการศึกษาวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเพื่อหาตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสม โดยการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Model) โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ต้นทุนต่ำที่สุด (Minimize) และการกำหนดเงื่อนไขจากข้อจำกัดของทรัพยากร จากนั้นใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักในการพิจารณาเลือกตำแหน่งทำเลที่ตั้งที่เหมาะสม ให้มีต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด เพื่อสร้างกำไรสูงสุด ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการประยุกต์หลายเทคนิคในการหาตำแหน่งที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า เช่น

Xu Yuan Xiaodong Cao และ Lidong (2008) ได้ศึกษาถึง ปัจจัยที่มีอิทธิพลในการเลือกตำแหน่งของศูนย์กระจายสินค้า

กชกร และ วิโรจน์ (2549) ได้ศึกษาตำแหน่งที่ตั้งศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้าเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุดวิเคราะห์ได้ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

จิระเดช, และคณะ (2549) ได้ศึกษาตัวแบบการกระจายสินค้าในจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้วิธีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การศึกษาเปรียบเทียบแบบแผนการส่งโดยวิธีการขนส่ง 3 วิธี คือ รถบรรทุก รถไฟ และเรือ

วีรพัฒน์, เสกสรรและรังสฤษฏ์ (2549) ได้นำเสนอกลยุทธ์การพัฒนาแบบโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมชิงตง โดยประยุกต์เทคนิควิธี (Center of Gravity)

3. การดำเนินการวิจัย

การศึกษาที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าของเหล็กรูปพรรณกลวง เขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การเก็บรวบรวมข้อมูล และศึกษาสภาพการขนส่ง ปัจจุบัน การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การประยุกต์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และการเปรียบเทียบผลการศึกษาพร้อมสรุปผลงานวิจัย

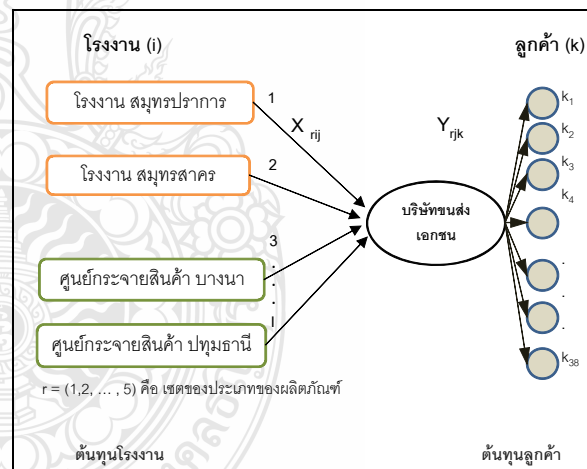
3.1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ค้าปลีก และผู้ค้าส่งเหล็กรูปพรรณในเขตพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ จำนวน 38 ราย โดยเก็บข้อมูลผู้ค้าส่งรายใหญ่ของแต่ละจังหวัด ตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไปถึงจังหวัด นราธิวาสจากการสำรวจพบว่า ปริมาณยอดขายสินค้าเหล็กในพื้นที่ 14 จังหวัด เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,500-3,000 ล้านบาทต่อปี แต่ ณ ปัจจุบันทางบริษัทกรณีศึกษา มียอดขายในภาคใต้เฉลี่ย 227.75 ล้านบาทต่อเดือน แสดงให้เห็นว่าส่วนแบ่งทางการตลาด

ในพื้นที่ภาคใต้มีเพียง 13.9% เท่านั้น ซึ่งปัจจัยในการซื้อขึ้นอยู่กับหลายสาเหตุ ผู้วิจัยจึงได้ หาแนวทางที่สามารถกระจายสินค้าสู่ลูกค้าได้ง่ายและต้นทุนต่ำที่สุด เพื่อให้องค์กรสามารถแข่งขันได้

3.2 สภาพการขนส่งปัจจุบัน

บริษัท มีโรงงาน 2 แห่ง คือ โรงงานสมุทรปราการ และโรงงานสมุทรสาคร และมีศูนย์กระจายสินค้า 2 แห่ง คือ ศูนย์กระจายสินค้าบางนา และ ศูนย์กระจายสินค้าปทุมธานี เมื่อมีการสั่งซื้อสินค้าจากลูกค้าในพื้นที่ภาคใต้ บริษัทจะดำเนินการขนส่งสินค้าจากโรงงานและศูนย์กระจายสินค้า ไปเตรียมไว้ให้ลูกค้าที่ บริษัทขนส่งเอกชน เพื่อส่งสินค้าไปยังลูกค้าปลายทาง โดยค่าขนส่งสินค้าจากโรงงานและศูนย์กระจายสินค้าไปที่บริษัทขนส่งเป็นต้นทุนของโรงงาน ส่วนการส่งสินค้าไปยังภาคใต้เป็นต้นทุนของลูกค้า ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. แสดงรูปแบบการขนส่งสินค้าของบริษัทในปัจจุบัน

4. การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์

ในการหาทำเลที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าได้ประยุกต์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อเลือกจังหวัดในพื้นที่ภาคใต้ เป็นจุดศูนย์กระจายสินค้าโดยมีสมการเป้าหมาย คือ ต้นทุนต่ำที่สุดโดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการดำเนินการขนส่ง ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนค่าขนส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้า และต้นทุนการขนส่งสินค้าจากศูนย์

กระจายสินค้าไปสู่ลูกค้าในแต่ละพื้นที่ตามความต้องการของลูกค้า และยังต้องคำนึงถึงต้นทุนคงที่ในการจัดเก็บสินค้าและการจัดการและต้นทุนผันแปรของการดำเนินการ ซึ่งกรณีศึกษานี้กำหนดให้ ต้นทุนคงที่ทุกจังหวัดเท่ากัน

4.1 เซต (Set)

r คือ ประเภทของผลิตภัณฑ์แบบ r ($r = 1,2,3,4,5$)

i คือ โรงงานและศูนย์กระจายสินค้า i ($i = 1,2,3,4$)

k คือ ลูกค้า k ($k = 1,2,3, \dots, 38$)

j คือ ศูนย์กระจายสินค้าเป้าหมาย j ($j = 1,2,3, \dots, 14$)

4.2 พารามิเตอร์ (Parameter)

C_{rij} คือ ต้นทุนค่าขนส่งहेลักรูปพรรณกลวงของผลิตภัณฑ์ประเภท r จากโรงงานหรือ ศูนย์กระจายสินค้า i ไปยังศูนย์กระจายสินค้าภาคใต้ j

M_{rjk} คือ ต้นทุนค่าขนส่งहेลักรูปพรรณกลวงของผลิตภัณฑ์ประเภท r จากศูนย์กระจายสินค้า j ไปยังลูกค้า k

D_{rk} คือ ปริมาณความต้องการहेลักรูปพรรณกลวงของผลิตภัณฑ์ประเภท r ของลูกค้า k

B_i คือ ความสามารถในการจัดเก็บสินค้า ของโรงงานและศูนย์กระจายสินค้า i

N คือ จำนวนศูนย์กระจายสินค้าเป้าหมายที่ต้องการ

4.3 ตัวแปรการตัดสินใจ

X_{rij} = ปริมาณการขนย้ายहेลักรูปพรรณกลวงของผลิตภัณฑ์ r จากโรงงานและศูนย์กระจายสินค้า i ไปยังศูนย์กระจายสินค้า j

Y_{rjk} = ปริมาณการขนส่งสินค้าของผลิตภัณฑ์ r จากศูนย์กระจายสินค้าภาคใต้ j ไปยังลูกค้าปลายทาง k

$W_j \in \{0,1\}$

$w_j =$ เท่ากับ 1 เมื่อเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ j

$w_j =$ เท่ากับ 0 ในกรณีอื่นๆ

4.4 สมการเป้าหมาย (Objective Function and Constraints)

จุดมุ่งหมายในการหาทำเลที่ตั้งของศูนย์กระจาย

สินค้า คือ ต้นทุนรวมในการขนส่งสินค้าจากโรงงานมายังศูนย์กระจายสินค้าภาคใต้เพียง N จุดที่จะต้องมียกขนส่งต่ำที่สุดโดยต้นทุนค่าขนส่งพิจารณาจากผลรวมของปริมาณการขนส่งหรือปริมาณการขนส่งहेลักรูปพรรณ (r) ขนส่งจากโรงงาน (i) ไปศูนย์กระจายสินค้า (j) และไปยังลูกค้า (k)

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$\text{Min } Z = \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{rij} X_{rij} W_j + \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J M_{rjk} Y_{rjk} W_j \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^J W_j = N \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J X_{rij} W_j \leq B_i \quad \forall_i \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^J Y_{rjk} W_j \geq D_{rk} \quad \forall_r, \forall_k \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{rij} W_j \geq \sum_{k=1}^K Y_{rjk} W_j \quad \forall_r, \forall_j \quad (5)$$

สมการที่ (1) คือ สมการเป้าหมายของปัญหา ที่ทำให้ผลรวมต้นทุนค่าขนส่งสินค้าจากโรงงานและศูนย์กระจาย i ไปยังศูนย์กระจายสินค้าเป้าหมาย j และผลรวมค่าขนส่งสินค้าเป้าหมาย j ไปยังลูกค้าปลายทาง k ที่ทำให้ต้นทุนขนส่งสินค้าต่ำสุด

$$\text{Min } Z = \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{rij} X_{rij} W_j + \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J M_{rjk} Y_{rjk} W_j \quad (1)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

สมการที่ (2) คือ ผลรวมของจำนวนที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า j เท่ากับจำนวนคลังสินค้าที่ต้องการ

$$\sum_{j=1}^J W_j = N \quad (2)$$

สมการที่ (3) คือ ผลรวมปริมาณการจัดส่งสินค้าของทุกผลิตภัณฑ์ r ไปศูนย์กระจายสินค้าเป้าหมาย j น้อยกว่าหรือเท่ากับความสามารถในการส่งสินค้าจากโรงงานและศูนย์กระจายสินค้า i สำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ r ของแต่ละโรงงานและศูนย์กระจายสินค้า i

$$\sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J X_{rij} W_j \leq B_i \quad \forall_i \quad (3)$$

สมการที่ (4) คือ ผลรวมปริมาณการส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า j มากกว่าหรือเท่ากับปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า k สำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ r ของลูกค้าแต่ละราย k

$$\sum_{j=1}^J Y_{rjk} W_j \geq D_{rk} \quad \forall_r, \forall_k \quad (4)$$

สมการที่ (5) ผลรวมปริมาณการส่งสินค้าจากโรงงานและศูนย์กระจายสินค้า i ต้องมากกว่าหรือเท่ากับผลรวมปริมาณการส่งสินค้าไปยังลูกค้าปลายทาง k สำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ r ของแต่ละศูนย์กระจายสินค้า j

$$\sum_{i=1}^I X_{rij} W_j \geq \sum_{k=1}^K Y_{rjk} W_j \quad \forall_r, \forall_j \quad (5)$$

5. การประยุกต์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

5.1 ข้อมูลของบริษัทการศึกษา

จากกรณีศึกษาที่กำหนดตัวแปรไว้ดังนี้

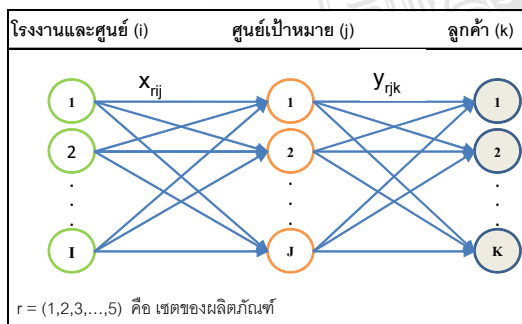
r คือ ประเภทของผลิตภัณฑ์แบบ r ($r = 1,2,3,4,5$)

i คือ โรงงานและศูนย์กระจายสินค้า i ($i = 1,2,3,4$)

k คือ ลูกค้า k ($k = 1,2,3, \dots, 38$)

j คือ ศูนย์กระจายสินค้าเป้าหมาย j ($j = 1,2,3, \dots, 14$)

การขนส่งสินค้าจากโรงงานและศูนย์กระจายสินค้า i ไปยังศูนย์กระจายสินค้า j และส่งต่อไปยังลูกค้า k ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. แสดงรูปแบบการขนส่งสินค้าของบริษัทในปัจจุบัน

จากการรวบรวมข้อมูลความต้องการสินค้าหลักรูปพรรณกลวงในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ของผู้ค้าปลีกและผู้ค้าส่งรายใหญ่ จำนวน 38 ราย มีปริมาณความต้องการ

ใช้เหล็กรูปพรรณรวมทั้งหมด 1,500 – 3,000 ตันต่อปี

5.2 การคำนวณหาผลลัพธ์

การพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ได้กำหนดตัวแปรการตัดสินใจ กำหนดพารามิเตอร์ และข้อจำกัดต่างๆ โดยใช้โปรแกรม Excel Solver แก้ปัญหาตามตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ทำให้ต้นทุนในการดำเนินการต่ำที่สุด ซึ่งในกรณีศึกษาได้กำหนดให้ $N = 1$ คือ ต้องการที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียว ผลลัพธ์ที่ได้คือ ตำแหน่งที่ตั้งจังหวัดชุมพร โดยมีต้นทุนค่าขนส่งรวม 1.5 ล้านบาท ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แสดงผลลัพธ์ของคำตอบ

| จังหวัด | ค่าขนส่ง | | | W_j |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------|-------|
| | ต้นทุนค่าขนส่ง (j to k) (บาท) | ต้นทุนค่าขนส่ง (i to j) (บาท) | รวม | |
| ชุมพร | 696,387 | 812,207 | 1,508,594 | 1 |
| ระนอง | 717,428 | 1,021,765 | 1,739,193 | 0 |
| สุราษฎร์ธานี | 447,378 | 1,193,055 | 1,640,433 | 0 |
| กระบี่ | 421,162 | 1,386,213 | 1,807,375 | 0 |
| พังงา | 512,331 | 1,382,568 | 1,894,899 | 0 |
| ภูเก็ต | 585,087 | 1,491,903 | 2,076,990 | 0 |
| นครศรีธรรมราช | 408,934 | 1,329,723 | 1,738,657 | 0 |
| ตรัง | 439,152 | 1,501,014 | 1,940,166 | 0 |
| สงขลา | 510,009 | 1,535,636 | 2,045,645 | 0 |
| สตูล | 564,058 | 1,688,705 | 2,252,762 | 0 |
| ยะลา | 754,224 | 1,725,149 | 2,479,374 | 0 |
| ปัตตานี | 685,714 | 1,936,529 | 2,622,243 | 0 |
| พัทลุง | 456,557 | 2,014,886 | 2,471,443 | 0 |
| นราธิวาส | 823,776 | 2,085,953 | 2,909,729 | 0 |
| | j to k | i to j | | 1 |

6. การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity)

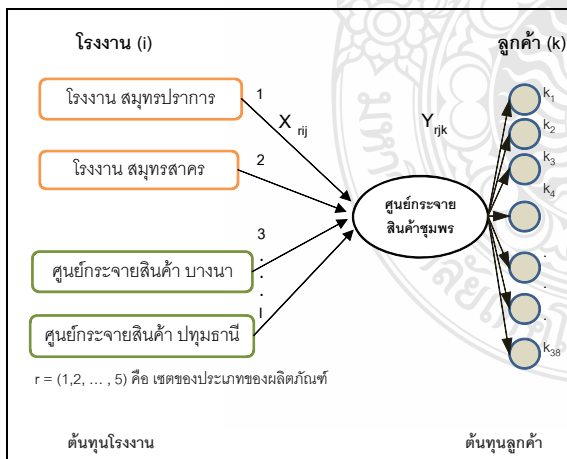
ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาโดยใช้ Excel Solver ได้ผลลัพธ์ต้นทุนค่าขนส่งที่ต่ำที่สุดที่จังหวัดชุมพร หลังจากนั้นนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการเพิ่มขึ้นและลดลงเพื่อวิเคราะห์ความไว เมื่อปริมาณความต้องการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยปรับปริมาณความต้องการสินค้าเพิ่มขึ้น และลดลง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่า ไม่ว่าปริมาณความต้องการสินค้าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง จุดที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งต่ำที่สุดยังอยู่ที่เดิม คือ จังหวัดชุมพร เป็นการยืนยันคำตอบที่ดีที่สุด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. แสดงที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า

| ปริมาณ (ตัน) | ตำแหน่งที่ตั้ง |
|---------------|----------------|
| 1,302 – 1,464 | ชุมพร |
| 1,465 - 1,952 | ชุมพร |
| 1,953 – 2,441 | ชุมพร |
| 2,442 – 3,000 | ชุมพร |

7. เส้นทางการขนส่งโดยมีศูนย์กระจายสินค้าที่จังหวัดชุมพร

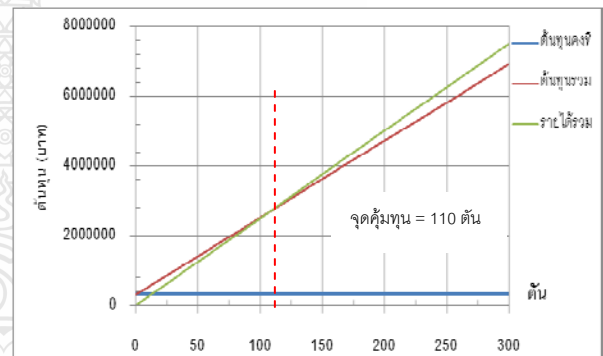
จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า จังหวัดชุมพร เป็นจุดที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่ต้นทุนรวมต่ำสุดอยู่ที่ และสามารถตอบสนองต่อความต้องการลูกค้าได้รวดเร็ว อีกทั้งประหยัดต้นทุนค่าขนส่งสินค้าและสามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของบริษัทกรณีศึกษาได้ในอนาคต โดยต้นทุนค่าขนส่งของบริษัท เริ่มต้นจากโรงงานและศูนย์กระจายสินค้าในภาคกลางถึงศูนย์กระจายสินค้าสินค้าที่จังหวัดชุมพร ส่วนลูกค้ารับผิดชอบค่าขนส่งจาก ศูนย์กระจายสินค้าชุมพรไปยังบริษัทลูกค้า ตามรูปแบบการขนส่งใหม่ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. แสดงรูปแบบส่งสินค้าแบบใหม่

8. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนศูนย์กระจายสินค้าจังหวัดชุมพร

สมการต้นทุนในการคิดต้นทุนค่าขนส่ง ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนค่าน้ำมัน ค่าเช่ารถขนส่ง ค่าพนักงานขับรถ และค่าบำรุงรักษา สามารถแบ่งออกได้เป็น ต้นทุนคงที่ (Fix Cost) และต้นทุนผันแปร (Variable Cost) เนื่องจากการสำรวจปริมาณความต้องการใช้เหล็กรูปพรรณในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ ในกรณีที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าที่จังหวัดชุมพร มีต้นทุนคงที่ 323, 500 บาท ต้นทุนรวม 1,116,175 บาท และมีต้นทุนผันแปรตามปริมาณการขนส่งสินค้าเท่ากับ 487 บาทต่อตัน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. แสดงจุดคุ้มทุนของศูนย์กระจายสินค้าชุมพร

จากรูปที่ 4 แสดงต้นทุนคงที่ ต้นทุนรวม และรายได้รวมแปรผันตามปริมาณความต้องการสินค้าจากกราฟจุดคุ้มทุนอยู่ที่ปริมาณยอดขายสินค้า 110 ตัน

9. สรุป

โครงสร้างการขนส่งแบบเดิมนั้นเป็นรูปแบบการขนส่งที่ซ้ำซ้อนทำให้ต้นทุนโลจิสติกส์ที่ระบบสูง จากกรณีศึกษานี้ได้ใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ทำให้ต้นทุนในการดำเนินการต่ำที่สุดคือตำแหน่งที่จังหวัดชุมพร ซึ่งมีต้นทุนค่าขนส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าที่จังหวัดชุมพร 812,207 บาท และมีต้นทุนการกระจายสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าที่จังหวัดชุมพรไปยังลูกค้าเป้าหมาย ในพื้นที่ 14 จังหวัดภาคใต้ 696,387 บาทโดยมีปริมาณความ

ต้องการใช้เหล็กรูปพรรณรวมทั้งหมด 1,500 – 3,000 ตัน ต่อปี ค่าขนส่งโดยรวม 1.5 ล้านบาท จุดคุ้มทุนที่ปริมาณ ยอดขายเท่ากับ 110 ตัน ซึ่งโครงสร้างการขนส่งแบบใหม่ จะขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าที่ จังหวัด ชุมพรและส่งต่อไปยังลูกค้าปลายทางทำให้ต้นทุน โลจิสติกส์ทั้งระบบต่ำกว่าเดิม 705 บาทต่อตัน

[9] Martin Christopher. 1998. Logistics and Supply Chain Management 2nd ed: Prentice Hall Inc.

[10] Roberta S.Russell and Bernard W.Taylor.2003. Operation Management 4th ed: Prentice Hall Inc.

[11] William, j.S. 2007.Operation Management. New York: McGraw-Hill.

10. เอกสารอ้างอิง

[1] จิระเดช และคณะ, การศึกษาตัวแบบการกระจาย สินค้าในจังหวัดสุราษฎร์ธานี, การประชุมสัมมนาเชิง วิชาการประจำปี 2549 การจัดการโลจิสติกส์และโซ่ อุปทาน ครั้งที่ 6; น.165-176, 2549.

[2] กรกช ภูพานเช้า, วิโรจน์ ศรีสุรภานนท์, การวิเคราะห์ ตำแหน่งที่ตั้งของศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้า, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2549.

[3] วิวัฒน์ เศรษฐสมบุญ และคณะ, กลยุทธ์การพัฒนา ห่วงโซ่คุณค่าเชิงดองเพื่อการส่งออกในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ตอนล่าง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 2549.

[4] คำนาย อภิปรัชญากุล. 2547. การจัดการขนส่ง. กรุงเทพฯ: ห.จ.ก. ซี.วาย.ซี.เอ็ม.พี.ริ่ง.

[5] ประสงค์ ปราณีตพลกรัง และคณะ. 2547. การ บริหารการผลิตและการปฏิบัติการ ฉบับปรับปรุงใหม่. กรุงเทพฯ: ไดมอนด์ อิน บิสซิเนส เวิร์ด.

[6] พนิดา พานิชกุล และยุทธภูมิ วงศ์วัฒนฤกษ์. 2546. คัมภีร์การวิเคราะห์และตัดสินใจปัญหาเชิงธุรกิจ โดยใช้ Excel. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์จำกัด.

[7] Xu Yan Xuedong Cao and Lidong Zhai. 2008. Study of Selecting Position Strategy of Logistics Distribution Center, IEEE.

[8] Donald J.Bowersox, David J.Closs and M.Bixby Cooper. 2002. Supply Chain Logistics Management: McGraw-Hill.

การศึกษาการเดินรถไฟฟ้าใต้ดิน สายเฉลิมรัชมงคล ในช่วงเวลาเร่งด่วน ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

เปรมชวีวิน ไตรทิพย์¹ และ วุฒิชัย วงษ์ทัศน์กร²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ.ปทุมธานี 12120

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ.ปทุมธานี 12120

E-mail: premchewin@hotmail.com¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษารูปแบบ การให้บริการการเดินรถไฟฟ้าใต้ดิน (Mass Rapid Transit, MRT) สายเฉลิมรัชมงคล ในวันจันทร์ - ศุกร์ ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ช่วงเวลาประมาณ 07.00-09.00 น. จากแผนการเดินรถรูปแบบเดิมได้กำหนดให้ค่าเวลาความถี่ ระหว่างขบวนของรถไฟฟ้า (Headway) ไม่เกิน 5 นาที รถไฟฟ้าวิ่งทั้งหมด 18 ขบวน และมีรถไฟฟ้าสำรอง 1 ขบวน แต่ในปัจจุบัน มีผู้โดยสารหนาแน่น จนทำให้ต้องวิ่งรถไฟฟ้าทั้งหมด 19 ขบวน และ Headway อยู่ที่ประมาณ 3.2 นาที ซึ่งการใช้งานรถไฟฟ้าทุกขบวนอาจทำให้มีผลกระทบ ในการซ่อมบำรุงและทำให้ประสิทธิภาพของรถไฟฟ้าที่อาจลดลงได้ในอนาคต ดังนั้นจึงนำหลักการสร้างแบบจำลอง ทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมอารีนา (Arena Software) มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาการจําลองแบบการเดินรถไฟฟ้า โดยมีตัวชี้วัดเป็นจำนวนขบวนรถ จำนวนผู้โดยสารตกค้าง และเวลาที่ผู้โดยสารรอคอยรถไฟฟ้าในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ในสถานี ผลการจําลองพบว่าสามารถลดจำนวนขบวนรถลงได้ 1 ขบวนไว้สำหรับการซ่อมบำรุง และเตรียมรถไฟฟ้าไว้ในกรณีฉุกเฉิน โดยไม่มีผลกระทบกับการให้บริการในปัจจุบัน โดยกำหนดให้ Headway เท่ากับ 3.2 นาที และความเร็วเฉลี่ย 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

คำสำคัญ แผนการเดินรถ ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ความถี่ระหว่างขบวนของรถไฟฟ้า ผู้โดยสารตกค้าง

1. บทนำ

โดยในวันจันทร์-ศุกร์ ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า เวลาประมาณ 07.00-09.00 น. โดยปกติ ตามแผนปฏิบัติการ (Procedure) ค่าเวลาความถี่รถไฟฟ้าในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (Headway \leq 5 นาที) ควรที่จะมี รถไฟฟ้าสำรองไว้ 1 ขบวน แต่ในช่วง 07.00-09.00 น. จันทร์-ศุกร์ ในปัจจุบัน มีผู้โดยสารหนาแน่นมากทำให้แผนเดิมที่วางไว้ 18 ขบวน ต้องเพิ่มเป็น 19 ขบวน (Headway น้อยที่สุดอยู่ที่ประมาณ 3.2 นาที) ซึ่งเป็นจำนวนขบวนสูงสุดที่มีอยู่ในตอนนี้ (19 ขบวน) ทำให้ไม่มีขบวนรถสำรอง เตรียมไว้ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน อีกทั้งอาจมีผลกระทบในการซ่อมบำรุง และประสิทธิภาพของรถไฟฟ้าที่อาจลดลงได้ในอนาคต

จากความสำคัญดังกล่าว จึงมีอยากรนำหลักการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจําลองแบบการเดินรถไฟฟ้า เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการที่จะลดขบวนของรถไฟฟ้าลง 1 ขบวนไว้สำหรับกรณีการซ่อมบำรุง และเตรียมพร้อมสำหรับกรณีฉุกเฉิน โดยไม่มีผลกระทบกับการให้บริการ ของระบบที่เป็นอยู่เดิม ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (เวลาประมาณ 07.00-09.00 น. วันจันทร์-ศุกร์) โดยรูปแบบการจําลองจะเป็นการสร้างแบบจำลอง ด้วยโปรแกรมอารีนา (Arena) โดยจําลองเหตุการณ์ แล้วประมวลผลลัพธ์ออกมา แล้วทำการวิเคราะห์ เพื่อที่จะนำผลลัพธ์ ที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางมาใช้ในการปรับปรุง และจําลองแบบการจําลองแผนการเดินรถ ที่มีความเหมาะสมและมองเห็นภาพได้ง่าย

2. รูปแบบ

2.1 ภาพรวมของระบบ

- เส้นทาง : โครงการรถไฟฟ้าใต้ดิน สายเฉลิมรัชมงคล ความยาวของเส้นทางโดยประมาณ 20 กิโลเมตร โดยเริ่มต้นจากสถานีบางซื่อซึ่งอยู่ทางทิศเหนือถึงสถานีหัวลำโพงที่อยู่ทางทิศใต้ มีสถานีทั้งหมด 18 สถานี

- ช่วงเวลาเร่งด่วน : เป็นช่วงเวลาในระหว่างวัน ที่มีการให้บริการขนส่งผู้โดยสารสูงสุด ซึ่งอยู่ระหว่างช่วงเวลาประมาณ 07:00 – 09:00 น. และ 16:30 – 19:30 น. ของวันจันทร์-ศุกร์ ซึ่งความถี่ของรถไฟ (Headway) ต้องไม่เกิน 5 นาที โดยแสดงข้อมูล ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 1 ข้อมูลช่วงเวลาให้บริการ ระยะเวลาของรถไฟฟ้าแต่ละขบวน จำนวนรถไฟฟ้า วันจันทร์-ศุกร์

| ตารางเดินรถ | | จำนวนรถให้บริการ | |
|-------------|---------|------------------|---------|
| เวลา | จำนวนรถ | เวลา | จำนวนรถ |
| 06:00-07:15 | 15 | 06:30-07:15 | 15 |
| 07:15-07:50 | 19 | 07:15-08:52 | 19 |
| 07:50-07:58 | | | |
| 07:58-08:22 | | | |
| 08:22-08:30 | 13 | 08:52-10:00 | 13 |
| 08:30-08:52 | | | |
| 08:52-10:00 | | | |
| 10:00-16:30 | 12 | 10:00-14:30 | 12 |

| ตารางเดินรถ | | จำนวนรถให้บริการ | |
|---------------|---------|------------------|---------|
| เวลา | จำนวนรถ | เวลา | จำนวนรถ |
| 10:00 - 16:30 | 12 | 14:30 - 16:30 | 12 |
| 16:30 - 19:30 | 18 | 16:30 - 19:30 | 18 |
| 19:30 - 21:00 | 14 | 19:30 - 21:00 | 14 |
| 21:00 - 24:00 | 10 | 21:00 - 22:30 | 10 |

- ข้อมูลของรถไฟฟ้า



รูปที่ 1 รถไฟฟ้าใต้ดิน สายเฉลิมรัชมงคล ความยาวขบวน

รถไฟ (3-car train) : 65100 mm

ความจุผู้โดยสาร : 760 คน (5 P/m²)

ความเร็วสูงสุด : 80 [km/h]

ความเร็วเฉลี่ย : 36 [km/h]

2.2 การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์

ข้อดีของการใช้แบบจำลอง

- สามารถใช้แบบจำลองกับระบบที่มีความซับซ้อนได้ โดยใช้เวลานับรวดเร็ว ในการประมวลผลผลลัพธ์ของแบบจำลองเพื่อพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคตได้ เช่น ต้องการทราบจำนวนขบวนรถไฟฟ้าที่มีอยู่ ว่ามีความสามารถที่จะขนถ่ายผู้โดยสารที่มีจำนวนเพิ่มขึ้น ในอีก 5 ปีข้างหน้าได้หรือไม่ อีกทั้งสามารถใช้แบบจำลองกับระบบ ที่ไม่สามารถทดลองบนสถานการณ์จริงได้

ข้อเสียของการใช้แบบจำลอง

- ในการสร้างแบบจำลองนั้น จำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ความสามารถด้านการใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลอง และผู้สร้างต้องมีพื้นฐานทางสถิติ และผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง อาจไม่ใช่ผลลัพธ์ที่บ่งถึงทางเลือกที่ดีที่สุดให้กับระบบ อีกทั้งผลที่ได้จากการจำลอง มักจะเป็นค่าประมาณ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาระบบแบบจำลองของงานวิจัยนี้ แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ

3.1 ทดลองกับระบบจริง ในส่วนนี้จะเป็นการออกแบบจำลองสถานการณ์ ตามการทำงานของระบบจริงในการทำงาน ณ ปัจจุบันเพื่อที่ใช้เป็นข้อมูลต้นแบบในการที่จะสร้างและพัฒนาระบบจำลอง

3.2 ทดลองกับตัวแบบ เป็นการออกแบบจำลองขึ้นมาใหม่ โดยให้ผลที่ได้ ออกมามีผลลัพธ์ดีกว่าแบบเดิม ขั้นตอนนี้จะแบ่งเป็นการทำงานย่อยคือ ตัวแบบทางกายภาพและตัวแบบทางคณิตศาสตร์ หลังจากนั้นนำตัวแบบทางกายภาพมาทดสอบผลลัพธ์เชิงวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองต่อไป

- รูปแบบการกำหนดข้อมูลเพื่อที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง จากการศึกษาแบบจำลองเบื้องต้นขึ้นมา เพื่อให้แบบจำลองมีความสมบูรณ์ และใกล้เคียงกับระบบที่เป็นจริงในปัจจุบันมากที่สุด โดยในช่วงเวลา 07.00 - 09.00 น. ของวันจันทร์-ศุกร์ เป็นช่วงที่มีผู้โดยสารหนาแน่นในแต่ละสถานี ทั้งขาเข้าและขาออกมากที่สุด ตารางเวลา (Time Table) ยังใช้รถไฟฟ้ามหานครให้บริการสูงสุดคือ 19 ขบวน โดยจากข้อมูลของจำนวนผู้โดยสารเข้าแต่ละสถานี ในช่วงเวลา 07.00 - 09.00 น. ของวันจันทร์-ศุกร์

โดยทางผู้วิจัยจึงนำข้อมูลการให้บริการที่มีอยู่ มากำหนด เป็นอัตราค่าเฉลี่ยต่อนาทีของจำนวนการเข้าในแต่ละสถานีของผู้โดยสาร และนำข้อมูลมาแปลงเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ ของการกระจายตัวของผู้โดยสาร เพื่อใช้ในการกำหนดค่าเปอร์เซ็นต์ในการพิจารณาเลือกสถานีปลายทาง โดยนำค่ามาใช้ในการกำหนดเงื่อนไขของคำสั่งในโปรแกรมอาร์เรนา (Arena) ตามลำดับ



รูปที่ 2 รูปแบบการทำงานของระบบ

4. ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

4.1 รูปแบบการสร้างแบบจำลอง

เป็นการนำรูปแบบและขั้นตอน การทำงานที่ได้จากระบบจริง มาเป็นแนวทางและสร้างเงื่อนไขในการสร้างแบบจำลอง แต่เนื่องจากระบบการทำงานจริงค่อนข้างเป็นระบบที่ซับซ้อน อีกทั้งรูปแบบการทำงานต่างๆในระบบจริง ยังมีความสัมพันธ์กันอย่างมีเงื่อนไขกับระบบอื่นๆ อยู่มาก ทำให้การเริ่มต้นที่จะสร้างแบบจำลองเป็นไปได้ยาก และมีโอกาสของการผิดพลาดในตัวแบบจำลองสูง ดังนั้นในการจะสร้างแบบจำลองของระบบรถไฟฟ้ามหานครในช่วงเริ่มแรก ควรสร้างแบบที่ไม่ซับซ้อนไปก่อน เพื่อศึกษาการทำงานของระบบที่จำลองไว้แล้วแล้วจึงค่อยเพิ่มรายละเอียดต่างๆ เข้าไปจนแบบจำลองที่สร้างขึ้นใกล้เคียงกับระบบจริงมากที่สุด

4.2 การกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นในการ ใช้ในการรันโปรแกรมของแบบจำลอง

ใช้ในการกำหนดค่าเงื่อนไขเริ่มต้นให้กับแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากการจำลองสถานการณ์จริง เพื่อให้ง่ายในการตรวจสอบความถูกต้องและตรวจสอบระบบการทำงานของเงื่อนไขเริ่มต้นก่อน โดยกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นไว้ดังนี้

- ใช้รถไฟฟ้ามหานคร 19 ขบวน
- ระยะเวลาระหว่างขบวน (Headway) เท่ากับ

3.2 นาที

- ระยะห่างของแต่ละสถานีเท่ากับ 1 กิโลเมตร
- ใช้ความเร็วเฉลี่ยประมาณ 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- ความถี่การเข้ามาของผู้โดยสารในแต่ละสถานีด้วยอัตราเท่ากับ 1 คน ต่อ นาที

- ความจุของที่นั่งผู้โดยสารแต่ละขบวนเท่ากับ 760 คน

- ผู้โดยสารที่มาก่อนได้ขึ้นรถไฟฟ้ามหานครก่อน
- จำนวนผู้โดยสารเข้าในแต่ละสถานีสูงสุดไม่เกิน 1000 คน

4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

เมื่อสร้างแบบจำลองที่แทนระบบจริงแล้ว และกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นเสร็จแล้ว ก็จะต้องตรวจสอบผลลัพธ์

ที่ได้ว่ามีความถูกต้อง น่าเชื่อถือและสามารถที่จะนำไปใช้แทนระบบการทำงานที่เป็นอยู่ เพื่อที่จะสามารถหาวิธีการปรับปรุงรูปแบบที่เป็นอยู่ให้ดีขึ้นได้หรือไม่ โดยจากผลการรันโปรแกรม พบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นและกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นขึ้นตามหัวข้อที่ 4.2 มีความถูกต้องน่าเชื่อถือ โดยสามารถสรุปในรายละเอียดของผลลัพธ์ที่ได้ดังนี้

- จำนวนผู้โดยสารเข้าและจำนวนผู้โดยสารออกมีความถูกต้อง คือมีค่าเท่ากับ 1000 คน

- ผู้โดยสารลงสถานีปลายทาง (Drop Off) ที่ได้กำหนดไว้ถูกต้อง โดยกำหนดจากคุณสมบัติใน คำสั่ง Attribute ซึ่งจำนวนผู้โดยสาร ที่ต้องการลงสถานีปลายทาง มีค่าตรงกันกับค่าเปอร์เซ็นต์ ที่กำหนดของความน่าจะเป็นในการลงสถานีปลายทาง โดยยกตัวอย่างคือ กำหนดค่าความน่าจะเป็นที่ผู้โดยสารขึ้นที่สถานี BAN แล้วจะไปลงที่ HUA เป็น 10 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผู้โดยสารขึ้นที่ BAN ทั้งหมด 1,000 คน ซึ่งผลการทดสอบพบว่า มีผู้โดยสารที่ขึ้นรถไฟฟ้าที่สถานี BAN ที่ต้องการไปลงที่สถานี HUA มีค่าถูกต้องคือ 100 คน ซึ่งตรงกับค่าความน่าจะเป็นที่กำหนดไว้คือ 10 เปอร์เซ็นต์

- ระยะห่างของแต่ละขบวน (Headway) มีความถูกต้องคือประมาณ 3.2 นาทีต่อขบวน

- ค่าความจุของที่นั่งผู้โดยสารมีความถูกต้อง คือรถไฟฟ้าจะสามารถรับผู้โดยสารขึ้นรถได้ตามค่าความจุที่เหลือสุดท้ายของแต่ละขบวน นั่นคือถ้าค่าความจุที่แสดงใน Variable มีค่าเป็น 0 ก็แสดงว่ารถไฟฟ้าจะไม่สามารถรับผู้โดยสารได้อีกจนกว่าจะมีผู้โดยสารลงที่สถานีต่อไป และจะสามารถรับได้ตามที่นั่งที่เหลือสุดท้ายเท่านั้น

- จำนวนผู้โดยสารที่รอขบวนรถในแต่ละสถานี มีค่าตรงกันกับผลรวมของจำนวนผู้โดยสารที่จะลงสถานีปลายทาง ที่กำหนดคุณสมบัติไว้ใน คำสั่ง Attribute ที่มีเงื่อนไขกำหนดว่า “ รอขึ้นที่สถานีไหน? และลงที่สถานีไหน? ” ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้อง

- ระยะทางที่รถไฟฟ้าแต่ละขบวนวิ่งได้มีความใกล้เคียงกับระบบจริง

4.4 การกำหนดจำนวนการทดลองซ้ำของแบบจำลอง

การกำหนดจำนวนการทดลองซ้ำของแบบจำลอง ขึ้นอยู่กับความเชื่อมั่นของผลลัพธ์ โดยในการคำนวณหาจำนวนซ้ำในการรัน (Replication) สามารถทำได้โดยการนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง มาเปรียบเทียบกับระบบจริง ซึ่งสามารถนำผลที่ได้จากแบบจำลองมาคำนวณเพื่อหาความคลาดเคลื่อน (Error : e) ได้จากสมการของ Harrell และคณะ (2003) ดังนี้

$$e = \frac{(t_{\alpha/2, n-1})S}{\sqrt{n}}$$

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบงาน

α คือ ระดับนัยสำคัญ (Significant Level)

n คือ จำนวนครั้งในการรันโปรแกรม

S คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

และเมื่อได้ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบงานแล้ว สามารถนำไปคำนวณหาจำนวนครั้งของการรันโปรแกรมที่เหมาะสมได้จากสมการ

$$N = \frac{[(Z_{\alpha/2})S]^2}{e}$$

N คือ Number of Replication run

จากสูตร

$$S = S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

โดยคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S = 948.40

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่า $t_{\alpha/2, n-1}$ หรือ $t_{0.025, 14}$

มีค่าเท่ากับ 2.145 ดังนั้น

$$e = [(t_{0.025, 14}) (948.40)] / 3.875$$

$$e = [(2.145) (948.40)] / 3.875$$

$$e = 524.98$$

เมื่อได้ค่าความคลาดเคลื่อนของระบบงาน (e) นำมาแทนค่าในสมการ เพื่อหาจำนวนการรันของโปรแกรมในแบบจำลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

P = Confident Level

$$\alpha = 1 - P = 1 - 0.95 = 0.05$$

$$e = 524.98$$

$$S = 948.40$$

และเมื่อเปิดตาราง Z พบว่า $Z_{\alpha/2}$ เท่ากับ $Z_{0.025}$ เท่ากับ 1.96 หลังจากนั้นจึงแทนค่าในสมการ

$$N = [(1.96) (948.40) / 524.98]^2$$

$$= 12.52 \sim 13 \text{ ครั้ง}$$

ดังนั้นในการกำหนดจำนวนครั้ง ในการรันโปรแกรมที่ต้องการอย่างน้อย คือ 13 ครั้ง แต่ในงานวิจัยนี้ กำหนดจำนวนครั้งในการรันโปรแกรม เท่ากับ 15 ครั้ง จึงเพียงพอต่อระดับความเชื่อที่ 95%

4.5 การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์จากแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์ จะทำการเปรียบเทียบ กับค่าเฉลี่ยมาตรฐานของระบบจริง โดยการทดสอบทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยสามารถทดสอบได้ดังนี้

สมมติฐาน

$H_0 : \mu_{sim} = \mu_{real}$ คือ ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง กับระบบจริงมีค่าไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_{sim} \neq \mu_{real}$ คือ ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง กับระบบจริงมีค่าแตกต่างกัน

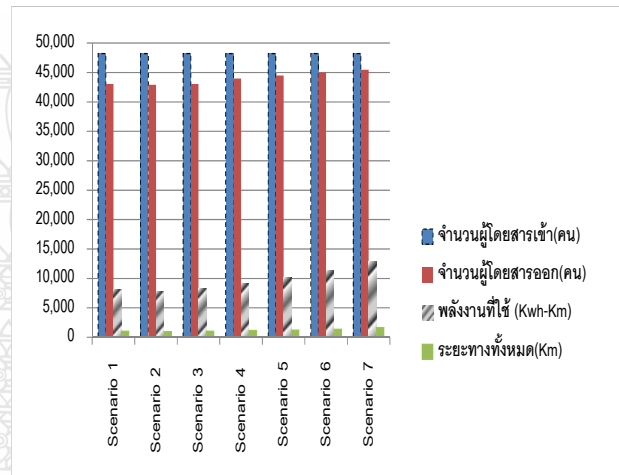
| One-Sample T | | | | | | |
|-----------------------------------|---------|-------|---------|--------------------|-------|-------|
| Test of mu = 48284 vs not = 48284 | | | | | | |
| N | Mean | StDev | SE Mean | 95% CI | T | P |
| 15 | 48244.6 | 948.4 | 244.9 | (47719.4, 48769.8) | -0.16 | 0.874 |

รูปที่ 3 ผลลัพธ์การทดสอบที่ได้จากโปรแกรม MINITAB

สรุปได้ว่า ไม่ปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายความว่า ผลลัพธ์จากแบบจำลองสถานการณ์มีค่าไม่แตกต่างจากระบบจริง ดังนั้นจึงสามารถนำแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นนำไปใช้แทนระบบจริงได้

5. ผลการทดลองและสรุปผล

จะกล่าวถึงผลลัพธ์ ของการทดลองของแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นและกำหนดรูปแบบเงื่อนไขในการทดลองไว้ แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเพื่อสรุปผลของแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยจำลองในเงื่อนไขแบบต่างๆ และได้กำหนดแนวทางการปรับปรุง รวมถึงข้อเสนอแนะ



รูปที่ 4 เปรียบเทียบผลลัพธ์ในภาพรวมของแบบจำลองสถานการณ์แบบต่างๆ

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์การทดลองของแบบจำลองสถานการณ์แบบต่างๆ

| ผลลัพธ์การทดสอบ | แทนระบบจริง | แทนรูปแบบการปรับปรุง (Replication 15 time) | | | | | |
|-----------------------------|-------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 | Scenario 4 | Scenario 5 | Scenario 6 | Scenario 7 |
| จำนวนรถไฟฟ้า Headway (นาที) | 19 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| จำนวนผู้โดยสารเข้า(คน) | 48,232 | 48,232 | 48,232 | 48,232 | 48,232 | 48,232 | 48,232 |
| จำนวนผู้โดยสารออก(คน) | 43,027 | 42,895 | 43,041 | 43,970 | 44,490 | 44,981 | 45,482 |
| ระยะทางทั้งหมด (Km) | 1,032 | 978 | 1,042 | 1,152 | 1,280 | 1,440 | 1,632 |
| พลังงานที่ใช้ (Kwh-Km) | 8,152 | 7,726 | 8,231 | 9,100 | 10,112 | 11,376 | 12,892 |
| ความเร็วเฉลี่ย (Km/hr) | 36 | 36 | 40 | 45 | 51.4 | 60 | 72 |

5.1 สรุปผล

จากการทดลองและได้ผลลัพธ์จากการทดลองตามตารางที่ 5.1 จะเห็นได้ว่า ที่ช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ตั้งแต่เวลา 07.00 – 09.00น. ของ Scenario 7 ที่ใช้รถไฟฟ้า 18 ขบวน

และมีความเร็วเฉลี่ยของแต่ละขบวน โดยประมาณ 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถขนถ่ายผู้โดยสารได้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 94.3 แต่ก็ต้องใช้พลังงานในการเดินทางที่เพิ่มมากขึ้นคือ 12,892 Kwh-Km ซึ่งมากขึ้นกว่าระบบจริงที่มีค่า 8,152 Kwh-Km หรือคิดเป็นร้อยละ 36.76 ซึ่งใช้พลังงานมากเกินไป (โดยค่าพลังงานที่ใช้จะคิดเฉพาะพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของรถไฟเท่านั้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.9 Kwh-Km ซึ่งจะนำค่าพลังงานนี้ไปคูณกับค่าระยะทางรวมเฉลี่ยของรถไฟที่เคลื่อนที่ทั้งหมด ก็จะเป็นพลังงานเฉลี่ยที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของรถไฟทั้งหมดในการให้บริการในเวลา 2 ชั่วโมง นั่นเอง)

หากจะพิจารณา ผลลัพธ์ในส่วนความสามารถในการขนถ่าย ของจำนวนผู้โดยสารที่ความสามารถในการลดจำนวนขบวนรถไฟ และจำนวนพลังงานที่ใช้ เมื่อเทียบกับค่าของระบบเดิม จากผลลัพธ์การทดลอง จะเห็นได้ว่าที่ Scenario 3 คือ ใช้จำนวนรถไฟ 18 ขบวน สามารถขนถ่ายจำนวนผู้โดยสารได้ไม่น้อยไปกว่าระบบเดิม คือ จาก 43,027 คน เป็น 43,041 คน คิดเป็นร้อยละ 0.03 ซึ่งการลดขบวนรถไฟ จาก 19 ขบวน เป็น 18 ขบวน ของ Scenario 3 อีกทั้งยังใช้พลังงานในการให้บริการของรถไฟ มีค่าน้อยกว่าแบบจำลองของการปรับปรุงแบบอื่นๆ อีกด้วย

โดยสามารถทดสอบว่า Scenario 3 ไม่มีผลกระทบกับการให้บริการเมื่อเทียบกับระบบเดิม โดยพิจารณาในส่วนของจำนวนผู้โดยสารออกเฉลี่ยในสถานี ซึ่งจะสามารถทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB Two-Sample t-test เพื่อทดสอบดูว่า แบบจำลองของ Scenario 3 ไม่แตกต่างกับ Scenario 1 ในด้านของจำนวนผู้โดยสารออกเฉลี่ยในสถานี

$$H_0 : \text{Scenario 3} = \text{Scenario 1}$$

$$H_1 : \text{Scenario 3} \neq \text{Scenario 1}$$

| Two-Sample T-Test and CI: Scenario 3, Scenario 1 | | | | | |
|---|----|-------|-------|---------|--|
| Two-sample T for Scenario 3 vs Scenario 1 | | | | | |
| | N | Mean | StDev | SE Mean | |
| Scenario 3 | 15 | 43041 | 970 | 250 | |
| Scenario 1 | 15 | 43028 | 952 | 246 | |
| Difference = mu (Scenario 3) - mu (Scenario 1) | | | | | |
| Estimate for difference: 13.5333 | | | | | |
| 95% CI for difference: (-706.4923, 739.5590) | | | | | |
| T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.04 P-Value = 0.970 DF = 27 | | | | | |

รูปที่ 5 ผลลัพธ์การทดสอบที่ได้จากโปรแกรม MINITAB ในด้านของจำนวนผู้โดยสารออกเฉลี่ย

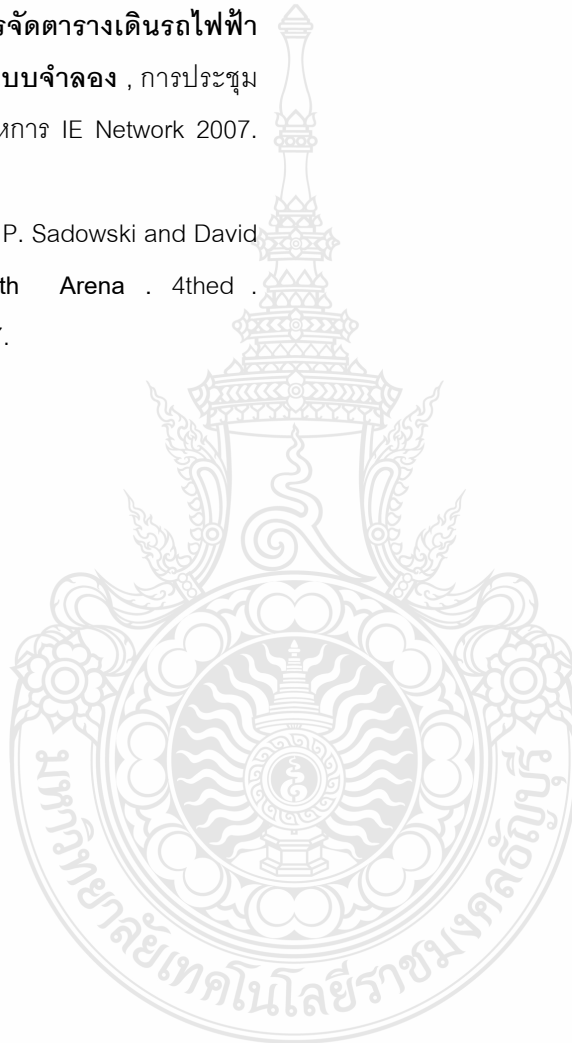
ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ในการที่จะต้องลดขบวนของรถไฟฟ้างจาก 19 ขบวน เป็น 18 ขบวน เพื่อใช้ในการตรวจเช็คและการซ่อมบำรุง ควรต้องกำหนด ระยะห่างระหว่างขบวน (Headway) เท่ากับ 3.2 นาที โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางแต่ละขบวนอยู่ที่ ประมาณ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ผลลัพธ์ที่ได้ จากแบบจำลองมักจะเป็นค่าประมาณ
2. จากข้อมูลทางสถิติของผู้ใช้บริการรถไฟฟ้างได้ค้นพบว่า มีจำนวนที่เพิ่มขึ้น ปีละประมาณ 5 % ซึ่งในการเลือกปรับปรุงโดยการลดขบวนของรถไฟฟ้าง 1 ขบวนจาก 19 เป็น 18 ขบวน อาจจะใช้รูปแบบนี้ได้อีกประมาณ 3 ปี เพราะหลังจากนั้น ควรที่จะเพิ่มขบวนรถไฟฟ้าง เพราะจำนวนผู้โดยสารที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นในอีกประมาณ 3 ปี หลังจากนั้น อาจจะมีค่าความจุที่สามารถรองรับการให้บริการได้
3. การที่จะนำรูปแบบที่ได้จากการทดลอง ไปปรับปรุงเพื่อใช้งานในระบบจริง ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับอำนาจการตัดสินใจของผู้บริหาร และเงื่อนไขหรือข้อสัญญาที่ตกลงกันไว้กับ เอกชนผู้ที่ได้รับสัมปทานในการให้บริการ การเดินรถด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธิตานุช พุทธิสิมมา, **แบบจำลองสำหรับการจัดการระบบรถบรรทุกอ้อย**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น . 2551.
- [2] รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ, **คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena**, กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2551.
- [3] อังศุมาลิน เสนจันทร์มิไชย และ วิชาวี ธรรมภรณ์พิลาศ , **การปรับปรุงวิธีการจัดตารางเดินรถไฟฟ้าใต้ดิน ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง** , การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม IE Network 2007. 24-26 ตุลาคม 2550.
- [4] W. David Kelton, Randall P. Sadowski and David T. Sturrock . **Simulation with Arena** . 4thed . McGraw-Hill. New York . 2007.



โปรแกรมศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ และวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน

จักรา สายประสงค์สิน และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121
E-mail: jakkras@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการและวิเคราะห์ความเหมาะสมของการลงทุนจากอัตราส่วนทางการเงิน โดยในปัจจุบันโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีอยู่ทั่วไปนั้น สามารถนำมาวิเคราะห์ได้เพียงความเป็นไปได้ของโครงการ แต่ไม่สามารถนำมาช่วยในการวิเคราะห์ความเหมาะสมของการลงทุนได้ งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาโปรแกรมซึ่งสามารถให้ผู้ใช้งานใส่ข้อมูล เช่น ข้อมูลรูปแบบการลงทุน, ข้อมูลต้นทุนด้านการผลิต, ข้อมูลต้นทุนด้านการดำเนินงาน, ข้อมูลประมาณการยอดขาย ข้อมูลระยะเวลาการดำเนินงาน เป็นต้น เพื่อให้โปรแกรมสามารถแสดงผลของงบประมาณรายรับรายจ่าย, งบกำไรขาดทุน และงบดุลของโครงการได้ นอกจากนี้แล้วโปรแกรมยังสามารถคำนวณประมาณการอัตราส่วนทางการเงินจากการดำเนินงานของโครงการในด้านผลตอบแทนการลงทุน, ผลตอบแทนกำไร, การใช้ประโยชน์จากทรัพย์สินของโครงการ, การใช้ประโยชน์จากทรัพย์สินถาวรของโครงการ, ความสามารถในการชำระหนี้, ความสามารถในการทำกำไรเบื้องต้น และความสามารถในการชำระดอกเบี้ยได้ ผลจากการศึกษาโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์โครงการตัวอย่าง พบว่าผู้ใช้งานสามารถใช้โปรแกรมเพื่อช่วยในการตัดสินใจการลงทุน และสามารถพิจารณาผลประกอบการจากการลงทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ โปรแกรมศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ, การวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน

1. บทนำ

ในการดำเนินธุรกิจไม่ว่าจะเป็นขนาดเล็ก หรือขนาดใหญ่ หากมีการลงทุนก็ควรที่จะมีการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการก่อน เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในการลงทุนได้ ซึ่งโดยปกติแล้วการวางรูปแบบของโครงการจะใช้การวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงินช่วยในการพิจารณา รูปแบบการลงทุนที่เหมาะสม ทั้งนี้แล้วการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการและอัตราส่วนทางการเงินนั้น ผู้ลงทุนจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจในวิเคราะห์เป็นอย่างดี ดังนั้นหากมีเครื่องมือสำหรับช่วยในการวิเคราะห์โครงการนั้น ก็จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ลงทุนเพื่อการตัดสินใจที่ถูกต้อง และเหมาะสมมากขึ้น

งานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการและวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงินเพื่อให้ได้รูปแบบการลงทุนที่เหมาะสม โดยในปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีอยู่ทั่วไปนั้น สามารถวิเคราะห์ได้เพียงความเป็นไปได้ของโครงการ แต่ไม่สามารถแสดงอัตราส่วนทางการเงินได้ งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาให้โปรแกรมสามารถวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการโดยพิจารณาจากค่า NPV, IRR และ Payback period ในขณะที่เดียวกันก็สามารถวิเคราะห์ความเหมาะสมของการลงทุนและการดำเนินงาน ได้จากการเงินลงทุนและ

รูปแบบการลงทุน ด้วยการวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน ทั้ง 4 ประเภท อันประกอบไปด้วย อัตราส่วนสภาพคล่องทางการเงิน (Liquidity Ratio), อัตราส่วนความสามารถในการหากำไร (Profitability Ratio), อัตราส่วนความสามารถในการดำเนินงาน (Efficiency Ratio) และอัตราส่วนของเงินทุนหรือภาระหนี้สิน (Leverage Ratio or Financial Policy Ratio) ผลจากการวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงินนั้นจะได้นำไปเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของอุตสาหกรรมในแต่ละด้าน เพื่อที่จะได้รู้ว่ารูปแบบการดำเนินงานในโครงการนี้ ดีหรือด้อยกว่าโครงการอื่นในอุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน

2. ทฤษฎี

2.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

เมื่อผู้ลงทุนมีความสนใจในการทำกิจการใดๆนั้น ก่อนที่จะมีการตัดสินใจ จำเป็นที่จะต้องมีการวิเคราะห์ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการให้ละเอียดก่อนว่าหากเริ่มกิจการไปแล้วจะสามารถดำเนินไปได้ด้วยดี มีผลตอบแทนในการลงทุน ในอัตราส่วนที่เหมาะสมและสามารถถอนทุนคืน ในระยะเวลาที่สมควรได้ ซึ่งทั้งนี้ทางผู้ลงทุนเองจะต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการศึกษาเป็นจำนวนหนึ่ง แต่เป็นจำนวนที่น้อยกว่ามากหากเทียบกับปริมาณการสูญเสียของเวลาและค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดขึ้นในการลงทุนลงทุนที่ปราศจากการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการก่อน ซึ่งกระบวนการที่ผู้ลงทุนจะใช้ในการวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพจากการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ โดยทั่วไปจะครอบคลุม 3 ด้าน คือ

การศึกษาด้านการตลาด เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ด้านการตลาด โดยพิจารณาจากปริมาณการผลิตสินค้าที่โครงการจะผลิตขึ้นในปัจจุบันตลอดจนแนวโน้มการขยายการผลิตในอนาคต ความต้องการในปัจจุบันของตลาดที่มีต่อสินค้านั้นว่ามีมากน้อยเพียงไร และแนวโน้มการขยายความต้องการในอนาคต นอกจากนี้ยังพิจารณาถึงสภาพการแข่งขันในตลาดด้วยว่าเป็น

อย่างไร โดยจุดมุ่งหมายของการศึกษาด้านการตลาดนี้ เพื่อที่จะนำความต้องการของตลาดในปัจจุบันและแนวโน้มการขยายตัวของตลาด มาประมาณปริมาณของสินค้าที่ผลิตได้ในโครงการ และราคาของสินค้าที่สามารถแข่งขันกับคู่แข่งที่มีอยู่เดิมได้

การศึกษาด้านวิศวกรรม เพื่อคัดเลือกกระบวนการผลิต อุปกรณ์ สถานที่ตั้งโรงงาน อาคาร แหล่งวัตถุดิบและสาธารณูปโภค โดยจุดมุ่งหมายของการศึกษาด้านวิศวกรรมนี้เพื่อที่ศึกษาว่าการผลิตที่จะเกิดขึ้นการลงทุนนั้น ทางเทคนิคเป็นไปได้หรือไม่ มีปัญหาหรืออุปสรรคใดบ้างที่เป็นปัจจัยที่ไม่เอื้อต่อกระบวนการผลิต เนื่องจากปัจจัยต่างๆนี้จะถูกนำไปเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงงบประมาณที่ต้องใช้สำหรับการวิเคราะห์ทางการเงินต่อไป

การศึกษาด้านการเงิน เพื่อประเมินค่าใช้จ่ายในการลงทุนว่าจะต้องใช้เงินในด้านใดบ้าง เป็นจำนวนเท่าใด จะหาเงินทุนได้จากแหล่งใด และผลตอบแทนของการลงทุนสูงหรือต่ำเท่าใด

2.2 การวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน

ในการที่จะสามารถวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงินได้นั้นจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากงบการเงินในด้านต่างๆ ได้แก่ งบรายรับรายจ่าย, งบกระแสเงินสด และงบดุล เพื่อนำมาวิเคราะห์แยกแยะจุดอ่อน จุดแข็งทางการเงิน ของโครงการโดยรวม การศึกษาอัตราส่วนทางการเงินที่สำคัญ จะช่วยให้สามารถประเมินสถานะโดยรวมของโครงการ รวมทั้งสามารถระบุได้ว่า โครงการกำลังมีปัญหา ในจุดใดบ้าง และสามารถใช้อัตราส่วนทางการเงินของโครงการเปรียบเทียบกับอัตราส่วนโดยเฉลี่ยของอุตสาหกรรมได้ ซึ่งอัตราส่วนทางการเงินที่สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์จะประกอบไปด้วยอัตราส่วน 4 กลุ่ม คือ อัตราส่วนที่ใช้วัดสภาพคล่อง (Liquidity ratios), อัตราส่วนวัดความสามารถในการหากำไร (Profitability ratios), อัตราส่วนที่ใช้วัดความสามารถในการดำเนินงาน (Efficiency ratios) และอัตราส่วนที่ใช้วัดการใช้โครงสร้างจากหนี้สิน (Leverage ratios)

2.3 การเขียนโปรแกรม

ในปัจจุบัน Excel เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในเรื่องการจัดการและประมวลผลข้อมูลได้เป็นอย่างดี ได้ถูกนำมาใช้ในงานสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางการเงินกันอย่างแพร่หลาย แต่เนื่องจากงบบางด้านทางการเงินที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการนั้นมีข้อมูลเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจถูกเก็บไว้ในเงื่อนไขที่แตกต่างกัน หรือข้อมูลต้องอาศัยความชำนาญเฉพาะทางในการวิเคราะห์ จึงทำให้การใช้งานนั้นมีความยุ่งยากและใช้เวลามาก แต่หากใช้ความสามารถของโปรแกรม VBA (Visual Basic for Application) ซึ่งทำงานร่วมกับ Excel ได้เป็นอย่างดี ก็จะช่วยให้การใช้งานในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการสะดวกยิ่งขึ้น ในงานวิจัยนี้จะเป็นการเขียนโปรแกรม VBA ให้สามารถทำงานร่วมกับ Microsoft Excel 2007 ซึ่งโปรแกรม VBA นั้นเป็นเครื่องมือหนึ่งที่มาพร้อมกับโปรแกรม Excel อยู่แล้ว สามารถเปิดใช้งานได้โดยไม่ต้องลงโปรแกรมเสริม

3. การดำเนินการวิจัย

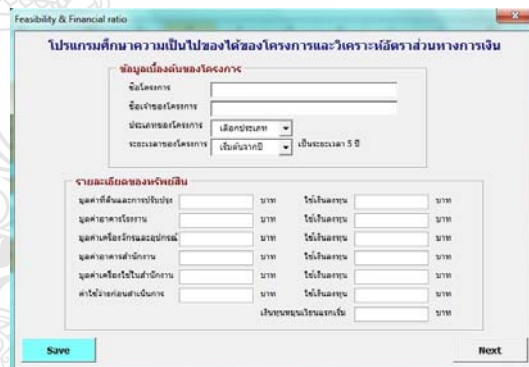
โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นและค้นหาจุดมุ่งหมายที่ต้องการ กำหนดว่าปัญหานั้นคืออะไร มีวิธีแก้ปัญหานั้นอย่างไร เพื่อให้ได้ผลลัพธ์หรือคำตอบที่ตรงตามความต้องการ ซึ่งการวิเคราะห์ปัญหานี้จะต้องคำนึงถึงการระบุข้อมูลเข้า, การระบุข้อมูลออก และการกำหนดวิธีการประมวลผล ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา

เมื่อออกแบบโปรแกรมเพื่อใช้สำหรับกำหนดขั้นตอนการทำงานแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือ การกำหนดตัวแปร (Parameter) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการแบ่งกลุ่มของข้อมูล และกำหนดเส้นทางในการรับส่งค่าผ่านทางโปรแกรม โดยใช้วิธีแบ่งตามลักษณะการรับข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลเบื้องต้นของกิจการ, รายละเอียดทรัพย์สิน, ต้นทุนวัตถุดิบ, ประมาณการรายได้, ประมาณการค่าใช้จ่ายในการขาย และการบริการ และแหล่งที่มาของเงินลงทุน

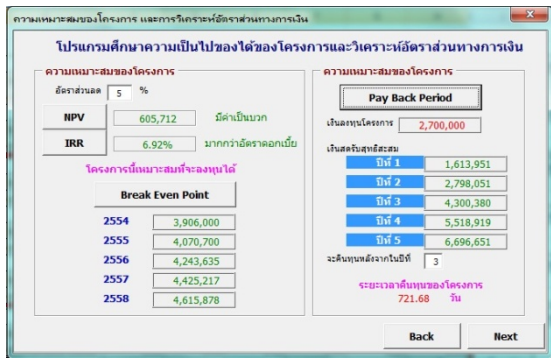
ในส่วนของการทำงานของโปรแกรมจะมีการรับค่าทั้งแบบที่เป็นตัวเลข และตัวอักษรจากผู้ใช้งาน ซึ่งเมื่อกรอกข้อมูลในแต่ละหน้าครบถ้วนแล้ว จะต้องกดปุ่ม Save เพื่อให้โปรแกรมนำค่าที่กรอกนี้ไปบันทึกเก็บไว้ใน Sheet ของ Excel เพื่อบันทึกจำนวน จากนั้นจึงกดปุ่ม Next เพื่อกรอกข้อมูลในหน้าถัดไป



รูปที่ 2 แสดงการกรอกข้อมูลลงในโปรแกรม

จากรูปที่ 2 จะเป็นการแสดงการกรอกข้อมูลเบื้องต้นของโครงการ ได้แก่ ชื่อโครงการ, ชื่อเจ้าของ, ประเภทของโครงการ, ระยะเวลาของโครงการ, รายละเอียดทางด้านทรัพย์สินของโครงการ และจำนวนเงินลงทุนของเจ้าของโครงการที่ลงทุนในระยะแรก

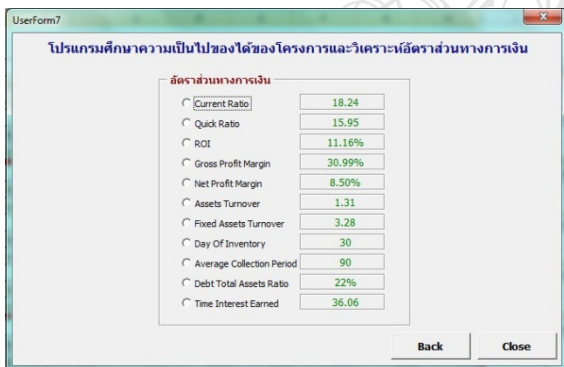
เมื่อกรอกข้อมูลจนครบถ้วนทุกหน้าแล้ว จะมีหน้าต่างแสดงผลสรุปของโครงการนี้ว่าเหมาะสมแก่การลงทุนหรือไม่ โดยพิจารณาจากการคำนวณค่า NPV, IRR และ Payback period



รูปที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการ

จากรูปที่ 3 จะเป็นการแสดงการวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการ โดยจะมีข้อความและตัวเลขที่ได้จากการคำนวณแสดงขึ้นมา เพื่อให้ผู้ลงทุนใช้ในการประกอบการตัดสินใจ อีกทั้งยังมีการแสดงถึงระยะเวลาคืนทุนและจุดคุ้มทุนของโครงการด้วย

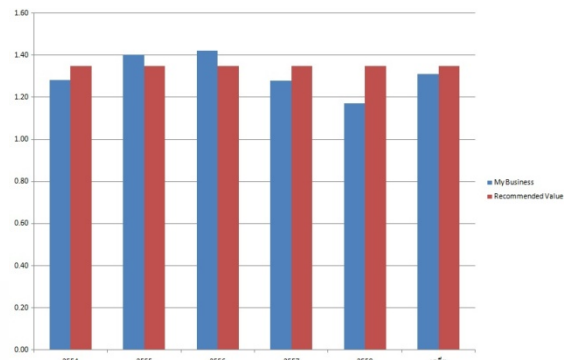
นอกจากนั้นแล้วในหน้าถัดไปโปรแกรมยังสามารถคำนวณอัตราส่วนทางการเงินทั้ง 4 ประเภท เพื่อให้ผู้ลงทุนสามารถนำไปใช้ในการประเมินสถานะโดยรวมของโครงการ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการผลการวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน

ซึ่งถ้าหากผู้ลงทุนอยากทราบว่าอัตราส่วนนั้นมีความหมายอย่างไร หรือมีความสำคัญต่อการตัดสินใจในการดำเนินโครงการมากน้อยเพียงใด ก็สามารถกดปุ่มหน้าอัตราส่วนนั้น แล้วจะมีข้อความปรากฏขึ้น เมื่อกดปุ่มตกลงก็จะมีผลการแสดงผลในรูปแบบแผนภูมิเพื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากอัตราส่วนนั้นกับค่าเฉลี่ยที่มาจากโครงการใน

อุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความสามารถในการทำกำไรของโครงการกับค่าเฉลี่ยของอุตสาหกรรม

4. ผลจากการดำเนินงานวิจัย

จากผลการนำโปรแกรมศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการและวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน ไปใช้กับตัวอย่างจากในหนังสือการศึกษาความเป็นไปได้โครงการด้านธุรกิจและอุตสาหกรรมนั้น พบว่าผลของการคำนวณของโปรแกรมมีความถูกต้อง และตรงกับผลที่ได้จากการคำนวณโดยผู้มีความรู้ทางด้านบัญชี ซึ่งใช้การคำนวณจากโปรแกรม Excel ดังในรูปที่ 6 จะแสดงงบดุลจากโครงการตัวอย่างประเภทอุตสาหกรรมผลิตเครื่องจักรที่มีระยะเวลาของโครงการ 5 ปี

| | ปี 1 | ปี 2 | ปี 3 | ปี 4 | ปี 5 |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| งบดุล | | | | | |
| สินทรัพย์ถาวร | | | | | |
| 1. ที่ดิน | 21,412 | 15,983 | 91,272 | 143,833 | 222,296 |
| 2. ที่นั่งอาคาร | 463,709 | 140,970 | 461,464 | 1,194,201 | 2,091,563 |
| 3. อุปกรณ์อาคาร | 1,900,000 | 1,875,000 | 2,230,000 | 2,230,000 | 2,230,000 |
| 4. สินทรัพย์หมุนเวียน | 343,972 | 426,184 | 308,336 | 308,336 | 308,336 |
| 5. วัสดุคงเหลือ | 328,767 | 410,959 | 493,151 | 493,151 | 493,151 |
| 6. รวมสินทรัพย์ถาวร | 1,668,621 | 2,555,490 | 3,764,222 | 4,689,941 | 5,575,468 |
| สินทรัพย์หมุนเวียน | | | | | |
| 7. ที่ดิน | 300,000 | 300,000 | 300,000 | 300,000 | 300,000 |
| 8. อาคารโรงงาน | 700,000 | 700,000 | 700,000 | 700,000 | 700,000 |
| 9. อาคารสำนักงาน | 350,000 | 350,000 | 350,000 | 350,000 | 350,000 |
| 10. เครื่องจักรอุปกรณ์ | 1,500,000 | 1,500,000 | 1,500,000 | 1,500,000 | 1,500,000 |
| 11. วัสดุคงเหลือ | 150,000 | 150,000 | 150,000 | 150,000 | 150,000 |
| 12. รวมสินทรัพย์หมุนเวียน | 3,200,000 | 3,200,000 | 3,200,000 | 3,200,000 | 3,200,000 |
| 13. รวมสินทรัพย์ถาวร | 317,200 | 425,000 | 632,500 | 837,000 | 1,087,500 |
| 14. รวมสินทรัพย์หมุนเวียน | 2,982,800 | 2,775,000 | 2,567,500 | 2,330,000 | 2,112,500 |
| หนี้สิน | | | | | |
| 15. ค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินการ (คงเหลือ) | 40,000 | 30,000 | 20,000 | 10,000 | - |
| รวมหนี้สินทั้งหมด | 4,681,121 | 5,350,490 | 6,331,722 | 7,029,941 | 7,687,968 |
| ส่วนของผู้ถือหุ้น | | | | | |
| 16. เงินต้น | 300,400 | 225,200 | 150,200 | 75,100 | - |
| 17. ส่วนเกินกำไร | 300,400 | 225,200 | 150,200 | 75,100 | 0 |
| รวมส่วนของผู้ถือหุ้น | 1,000,000 | 1,250,000 | 1,500,000 | 1,500,000 | 1,500,000 |
| 18. เงินปันผล | 400,000 | 300,000 | 200,000 | 100,000 | - |
| รวมหนี้สินทั้งหมด | 1,400,000 | 1,550,000 | 1,700,000 | 1,600,000 | 1,500,000 |
| รวมหนี้สินทั้งหมด | 1,700,400 | 1,775,300 | 1,850,300 | 1,675,100 | 1,500,000 |
| ส่วนของผู้ถือหุ้น | | | | | |
| 19. เงินต้น | 2,700,000 | 2,700,000 | 2,700,000 | 2,700,000 | 2,700,000 |
| 20. ค่าสะสมขาด | - | 280,721 | 875,190 | 1,781,522 | 2,654,741 |
| 21. เงินปันผลจ่าย | 5,729 | 12,132 | 18,497 | 17,821 | 17,005 |
| 22. ค่าสะสม | 286,451 | 606,600 | 924,829 | 891,040 | 850,232 |
| 23. ค่าสะสมขาด | 280,721 | 875,190 | 1,781,522 | 2,654,741 | 3,487,968 |
| 24. รวมส่วนของผู้ถือหุ้น | 2,980,721 | 3,575,190 | 4,481,522 | 5,354,741 | 6,187,968 |
| รวมหนี้สินและส่วนของผู้ถือหุ้น | 4,681,121 | 5,350,490 | 6,331,722 | 7,029,941 | 7,687,968 |
| ผลต่างของงบดุล | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

รูปที่ 6 แสดงการงบดุลที่ได้จากการคำนวณบน Excel

นอกจากนี้ยังให้ผู้ที่สนใจจะลงทุนในการดำเนินโครงการ แต่ขาดความรู้ทางการเงินทดสอบการใช้งานของโปรแกรมเพื่อทดสอบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาจะสะดวกต่อการใช้งานหรือไม่

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อออกแบบพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการและอัตราส่วนทางการเงิน เพื่อให้ได้รูปแบบการลงทุนที่เหมาะสมซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้เริ่มประกอบการหน้าใหม่ที่ไม่มีความรู้ประสบการณ์ในการตัดสินใจ

ในขั้นตอนพัฒนาโปรแกรมจนสามารถนำมาใช้งานได้แล้วนั้น ได้มีการเปิดโอกาสให้ผู้ที่เกี่ยวข้องของโปรแกรมมาร่วมทดสอบ ผลจากการทดสอบการใช้งานจากกลุ่มผู้ทดสอบที่ไม่มีความรู้ทางการเงินเลยพบว่าโปรแกรมนี้อาจช่วยให้สามารถวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการได้อย่างเหมาะสม และมีความน่าเชื่อถือพอที่จะช่วยใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเบื้องต้นแก่ผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตามโปรแกรมนี้อาจมีข้อจำกัดในการใช้งานอันได้แก่ กำหนดระยะเวลาในการลงทุนได้ไม่เกิน 5 ปี, กำหนดว่าสินค้ามีเพียงประเภทเดียว, ไม่มีการคำนวณภาษี และอัตราดอกเบี้ยเท่ากันตลอดระยะเวลาของโครงการ ซึ่งจากข้อจำกัดดังกล่าวนี้จะใช้เป็นประเด็นในการพัฒนาโปรแกรมให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

หนังสือภาษาไทย

- [1] จันทนา จันทโร. 2536. การศึกษาความเป็นไปได้ด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [2] เฉลิมขวัญ ครุบุญยงค์. 2551.วิเคราะห์เจาะลึกอัตราส่วนทางการเงิน กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

[3] กิตินันท์ พลสวัสดิ์. 2552. Excel VBA สำหรับคนทำงาน

กรุงเทพฯ: บริษัท ไอทีซีอินโฟติสทริบิวเตอร์เซ็นเตอร์ จำกัด.

[4] วิศัลย์ พัชรู้งโรจน์. 2554. เจาะลึก Excel เทคนิคการเขียนโปรแกรม VBA กับการประยุกต์ใช้งาน กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยวิศวกรรมคันไซ

กุศล พิมาพันธุ์ศรี

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: kusolp@kmutnb.ac.th

1. บทนำ

ในปัจจุบัน หลายบริษัทพยายามปรับเปลี่ยนตัวเองจากผู้รับจ้างผลิต (OEM) ให้มาเป็นผู้รับจ้างออกแบบ (ODM) เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน รวมทั้งเป็นความต้องการจากลูกค้าที่ต้องการลดภาระในส่วนการออกแบบผลิตภัณฑ์ และหลายบริษัทต้องการผันตัวเองสู่ธุรกิจที่มีตราสินค้าเป็นของตนเอง (OBM) อย่างไรก็ตาม บริษัทผู้ผลิตในประเทศไทยโดยส่วนมาก เติบโตจากการเป็นผู้รับจ้างผลิต เมื่อต้องพัฒนาตนเองให้เป็นผู้รับจ้างออกแบบหรือการมีตราสินค้าเป็นของตนเองจึงเป็นโจทย์ที่ค่อนข้างยาก เนื่องจากเงื่อนไขและข้อจำกัดด้านต่าง ๆ เช่น ด้านต้นทุน ด้านการผลิต ด้านสิ่งแวดล้อม มาตรฐานระบบคุณภาพ เป็นต้น หลายผลิตภัณฑ์ได้รับการพัฒนาและถูกนำสู่ตลาดแต่กลับไม่ประสบความสำเร็จ แม้ว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะสามารถตอบโจทย์ในแง่ของประสิทธิภาพและหน้าที่การใช้งาน รวมถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดดังกล่าวแล้วก็ตาม นอกจากนี้ ผู้บริโภคในปัจจุบันมีความช่างเลือกมากขึ้น นอกเหนือจากปัจจัยทางด้านราคา ประสิทธิภาพ และหน้าที่การใช้งานแล้ว รูปลักษณ์และความสวยงามของผลิตภัณฑ์ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค

Kaulio (1998 อ้างอิงใน [1]) กล่าวว่า การออกแบบผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันได้ถูกปรับเปลี่ยนจาก “ออกแบบเพื่อ” ผู้บริโภคเป็น “ออกแบบโดย” ผู้บริโภคแทน ซึ่งหมายความว่าบริษัทต้องผลิตสินค้าตามความต้องการของลูกค้าได้ และสามารถให้ลูกค้าเป็นผู้กำหนดรายละเอียดเฉพาะเอง

(Customization and Customerization) ดังนั้นการสื่อสารกับผู้บริโภคมีความสำคัญอย่างยิ่งในช่วงเริ่มต้นและระหว่างการออกแบบผลิตภัณฑ์

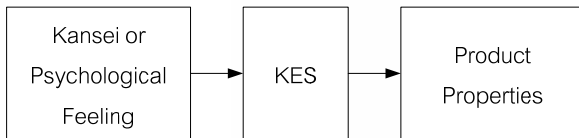
บทความนี้ได้กล่าวถึงแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยหลักการวิศวกรรมคันไซ (Kansei Engineering) ซึ่งเป็นวิธีการในการแปลงความรู้สึกและอารมณ์ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ให้อยู่ในรูปแบบของคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ เพื่อช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถนำคุณลักษณะดังกล่าวไปออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองต่อพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคได้

2. วิศวกรรมคันไซ

วิศวกรรมคันไซ อาจรู้จักกันในชื่อ การออกแบบเกี่ยวกับอารมณ์ (Emotional Design, Affective Engineering) คือ เครื่องมือเชิงวิศวกรรมในการรวบรวมความต้องการเชิงอารมณ์ของผู้บริโภค และกำหนดเป็นตัวแบบการพยากรณ์เชิงคณิตศาสตร์ของความต้องการเชิงอารมณ์ที่มีผลต่อคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ [2]

วิศวกรรมคันไซถูกคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ.1970 โดย Mitsuo Nagamachi มหาวิทยาลัยอิโรชิมา ประเทศญี่ปุ่น คำว่า “คันไซ (Kansei)” เป็นคำภาษาญี่ปุ่นซึ่งหมายถึง การแสดงความรู้สึกในมุมมองต่าง ๆ เฉพาะบุคคลที่มีต่อสิ่งใด ๆ สภาพแวดล้อม หรือเหตุการณ์ โดยใช้ประสาทสัมผัสทางสายตา การได้ยิน ความรู้สึก การได้กลิ่น หรือรสชาติ (Nagamachi, 2001 อ้างอิงใน [2])

วิศวกรรมคั่นไซ้ถูกนำมาใช้ในขั้นต้นของการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้แปลความรู้สึก ความประทับใจ และความต้องการที่มีต่อผลิตภัณฑ์ให้เป็นแนวทางการออกแบบหรืออยู่ในรูปแบบคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ (Product Properties¹) เจริญรูปธรรม ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพของระบบวิศวกรรมคั่นไซ้ [3]

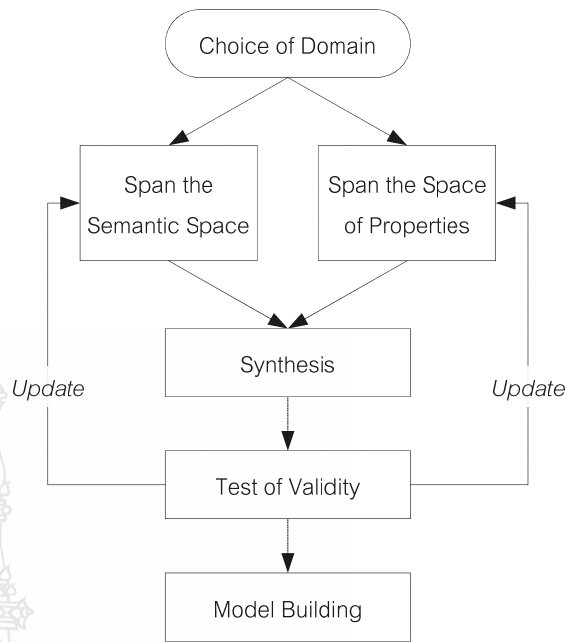
3. กระบวนการของวิศวกรรมคั่นไซ้

ปัจจุบันวิศวกรรมคั่นไซ้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย นักวิจัยหลายท่านได้พัฒนาและบูรณาการวิธีการต่าง ๆ เข้ากับแนวความคิดวิศวกรรมคั่นไซ้ เพื่อครอบคลุมและแก้ไขปัญหาในหลาย ๆ ด้าน ในบทความนี้กล่าวถึงตัวแบบโดยทั่วไปของวิศวกรรมคั่นไซ้ [2] ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังแสดงในรูปที่ 2

3.1 การเลือกขอบเขต (Choice of Domain)

ขั้นตอนแรกเป็นการเลือกขอบเขตของการศึกษา ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย ช่องทางการตลาด และกลุ่มผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลดังกล่าว ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จะถูกรวบรวมเพื่อแสดงขอบเขตของการศึกษา อย่างไรก็ตามขอบเขตของคั่นไซ้เป็นโครงสร้างที่เป็นนามธรรม ดังนั้นตัวแทนผลิตภัณฑ์อาจเป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่แล้วหรือผลิตภัณฑ์เชิงแนวคิด (Conceptual Products) หรือแนวทางการออกแบบที่ยังไม่ทราบวิธีการแน่ชัดก็ได้

¹ Product Properties ในที่นี้มีความหมายเดียวกับ Product Attributes หรือ Product Elements



รูปที่ 2 โครงสร้างตัวแบบของวิศวกรรมคั่นไซ้ [2]

3.2 การกำหนดขอบเขตคำแสดงความรู้สึก (Span the semantic space)

ในขั้นตอนนี้เป็นการคัดเลือกคำแสดงความรู้สึกหรือคั่นไซ้ที่จะใช้เชื่อมโยงกับคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม คำคั่นไซ้ที่จะถูกคัดเลือกนั้นควรเป็นคำคั่นไซ้ระดับสูง (High-level Kansei) ซึ่งเป็นตัวแทนกลุ่มคำคั่นไซ้ในระดับที่ต่ำกว่า (Lower-level Kansei) เช่น คำว่า “เร็ว” “ช้า” “ว่องไว” “กระฉับกระเฉง” “ทันทีทันใด” “ซีเกียจ” สามารถรวมเป็นคำคั่นไซ้ระดับสูงคำเดียวว่า “การเคลื่อนไหว”

ดังนั้นปริมาณคำคั่นไซ้ระดับต่ำในขั้นเริ่มต้นอาจมีจำนวนมากระหว่าง 20 ถึง 800 คำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขอบเขตของการศึกษาที่เลือก [4] จากนั้นจึงคัดเลือกหาคำคั่นไซ้ระดับสูงที่เหมาะสมเพื่อนำมาสร้างแบบสอบถามและกำหนดขอบเขตความหมายของคำคั่นไซ้ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้ [2]

1. รวบรวมคำคั่นไซ้ จากขอบเขตการศึกษาที่เลือก คำคั่นไซ้ระดับต่ำที่สื่อถึงผลิตภัณฑ์จะถูกรวบรวม ซึ่งอาจมาจากหลายแหล่งข้อมูล เช่น นิตยสาร สิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้อง สื่ออินเทอร์เน็ต คู่มือการใช้งาน งานศึกษาด้านคั่นไซ้ที่เกี่ยวข้อง ผู้เชี่ยวชาญ ผู้ใช้งานที่มีประสบการณ์ เป็นต้น ขั้นตอนนี้เป็นการบรรยายขอบเขตที่ทำการศึกษา ดังนั้น

การรวบรวมคำค้นไขจะส่งผลต่อความถูกต้องของผลลัพธ์ การศึกษาหากมีคำค้นไขสำคัญขาดหายไป

2. คัดเลือกคำค้นไข วิธีการระบุโครงสร้างของคำค้นไข สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีคือ 1) โดยผู้เชี่ยวชาญ เช่น การใช้แผนภาพความสัมพันธ์ (Affinity Diagram) คัดเลือกโดยนักออกแบบ การสัมภาษณ์ เป็นต้น 2) โดยวิธีการทางสถิติ ซึ่งได้ข้อมูลจากแบบสอบถาม จากนั้นจึงทำการประเมินผลด้วยเครื่องมือทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis), การวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component Analysis), ทฤษฎีเชิงปริมาณ (Quantification Theory) เป็นต้น

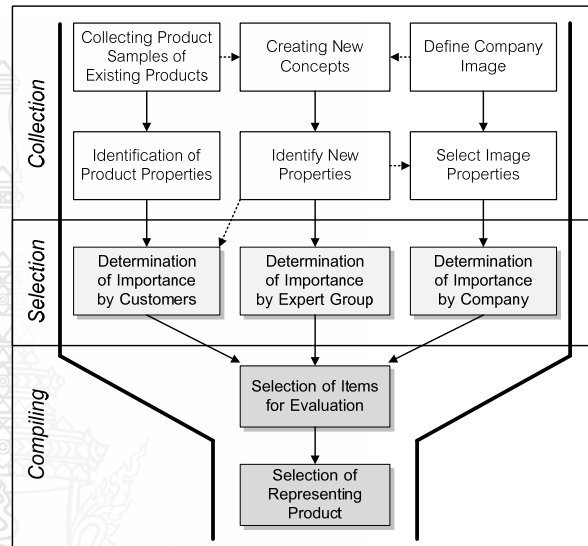
3. การแปลความหมาย ผลจากการระบุโครงสร้างคำค้นไขเป็นการจัดแบ่งกลุ่มคำค้นไขที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งผู้ศึกษาจะต้องแปลความหมายและหาคำค้นไขระดับสูงที่แทนความหมายของแต่ละกลุ่มคำค้นไขระดับต่ำ เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการสังเคราะห์ผลต่อไป

3.3 การกำหนดขอบเขตคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ (Span the space of properties)

ผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ อาจประกอบด้วยคุณลักษณะจำนวนมาก ในขั้นตอนนี้เป็นการคัดเลือกคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญต่อความรู้สึกของผู้บริโภคและการออกแบบผลิตภัณฑ์ การกำหนดขอบเขตคุณลักษณะผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3

1. รวบรวมคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ (Collection) โดยอ้างอิงจากขอบเขตผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้ 1) ได้มาจากการรวบรวมและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ตัวอย่างจากนิตยสารหรือนิตยสารที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลเชิงเทคนิคของผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่เพื่อระบุคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ (Product Properties) จากผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง 2) ได้มาจากการนิยามภาพลักษณ์ของบริษัท และคัดเลือกคุณลักษณะที่สะท้อนภาพลักษณ์ของบริษัท (Company Image) เพื่อสร้างเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการส่วนสำคัญของการสร้างตราสินค้าของตนเอง และ 3) การสร้างสรรคแนวความคิดใหม่ที่ได้จากการผสมผสานระหว่างผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่และ

ภาพลักษณ์ของบริษัท รวมถึงสิ่งที่กำลังเป็นที่นิยม (Trends) โดยผู้ออกแบบอาจทำการวาดภาพร่าง (Sketch) หรือสร้างผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนต้นแบบ (Prototype) เพื่อระบุรายการคุณลักษณะใหม่ ๆ ผลลัพธ์จากขั้นตอนนี้ช่วยให้ผู้ศึกษาทราบขอบเขตและรายการคุณลักษณะขั้นต้นก่อนทำการคัดเลือกในขั้นต่อนถัดไป



รูปที่ 3 กระบวนการกำหนดคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ [5]

2. คัดเลือกคุณลักษณะผลิตภัณฑ์สำคัญ (Selection) โดยเรียงลำดับตามความสำคัญ ในส่วนของคุณลักษณะผลิตภัณฑ์จะได้รับการประเมินโดยกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย ส่วนคุณลักษณะด้านภาพลักษณ์ของบริษัทโดยปกติแล้ว จะได้รับการประเมินและคัดเลือกโดยผู้บริหารระดับสูงของบริษัทและผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาด และสุดท้ายในส่วนคุณลักษณะใหม่ ๆ จะได้รับการประเมินและคัดเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญในด้านที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายออกแบบผลิตภัณฑ์ ฝ่ายการตลาด เป็นต้น การประเมินและคัดเลือกอาจทำโดยการสัมภาษณ์แบบกลุ่มหรือแบบตัวต่อตัว ซึ่งผู้ศึกษาอาจใช้แผนภูมิพาเรโตในการเรียงลำดับความสำคัญและคัดเลือกเบื้องต้น

3. กำหนดชุดคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ (Compiling) ขั้นตอนนี้เป็นการคัดเลือกและรวมคุณลักษณะที่สำคัญที่มีผลต่อความรู้สึกของผู้บริโภคเข้าไว้ด้วยกันเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับคำค้นไขใน

กระบวนการถัดไป โดยแต่ละคุณลักษณะ (Item) จะประกอบด้วยคุณลักษณะย่อยต่าง ๆ (Category) ที่แสดงถึงโครงสร้างและคุณลักษณะเชิงกายภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น คุณลักษณะรูปทรงประกอบด้วย “กลม” “เหลี่ยม” คุณลักษณะสีประกอบด้วย “ขาว” “ดำ” “เข้ม” “อ่อน” คุณลักษณะพื้นผิวประกอบด้วย “ผิวด้าน” “ผิวเงา” เป็นต้น

3.4 การสังเคราะห์ (Synthesis)

ขั้นตอนการสังเคราะห์นี้เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคำค้นไชกับคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ (Relationship Identification) ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญของวิศวกรรมค้นไช แต่ละคำค้นไชที่แสดงถึงความรู้สึกของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์จะถูกอธิบายด้วยคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคำค้นไชกับคุณลักษณะผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1. วิธีการวิเคราะห์ด้วยมือ เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคำค้นไชกับคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ โดยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ปฏิบัติการ ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ใช้กับวิศวกรรมค้นไชประเภท 1 (Category Classification)

2. วิธีการทางสถิติ เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรจากข้อมูลจำนวนมากที่ได้จากแบบสอบถาม เครื่องมือทางสถิติที่ประยุกต์ใช้ ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ทฤษฎีเชิงปริมาณประเภท 1 (Quantification Theory Type I) ตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป (General Linear Model) เป็นต้น

3. วิธีการประเมินอื่น ๆ เช่น Genetic Algorithm, Fuzzy Logics, Neural Networks, Rough Set Theory เป็นต้น ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรแบบไม่เชิงเส้น (Non-Linear Model)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจากผู้บริโภคคือ การใช้แบบสอบถาม โดยระดับการวัด (Scale) หลัก ๆ ที่ใช้ในการให้คะแนน ได้แก่ Likert Scale กับ Semantic Differential (SD) Scale ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยผลิตภัณฑ์ (Product) ในที่นี้หมายถึงตัวแทนผลิตภัณฑ์หรือตัวแบบผลิตภัณฑ์เชิงแนวคิด (Conceptual Product Model) ที่นำมาประเมิน

ส่วนคำค้นไชได้มาจากการคัดเลือกคำแสดงความรู้สึกในขั้นตอนการกำหนดขอบเขตคำแสดงความรู้สึก

| | | |
|---------------|---|-----------|
| Product-1 | | |
| Kansei word-1 | | |
| Not at all | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | Very much |
| Kansei word-2 | | |
| Not at all | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | Very much |

(ก) ตัวอย่าง Likert Scale

| | | |
|---------------|---|-----------|
| Kansei word-1 | | |
| Product-1 | | |
| Not at all | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | Very much |
| Product-12 | | |
| Not at all | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | Very much |

(ข) ตัวอย่าง Semantic Differential (SD) Scale

รูปที่ 4 ตัวอย่างระดับการวัดที่ใช้ในให้คะแนน [2]

ในงานวิจัยของ Schütte [2] ได้แนะนำให้ใช้ระดับการวัด 7 จุด (7-Point Scale) มากกว่าระดับการวัด 5 จุด เนื่องจากมีช่วงแคบเกินไป และยากต่อการพิจารณาประเภทของการกระจายตัวของข้อมูล นอกจากนี้ ในการระบุคำค้นไชลงในแบบสอบถาม ผู้ศึกษาควรขยายความและอธิบายความหมายเพิ่มเติม ในกรณีที่คำค้นไชนั้นสื่อความหมายไม่ชัดเจน และอาจทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนได้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามเข้าใจตรงกันกับผู้ศึกษา

นอกจากนี้ การประเมินให้คะแนนในแต่ละตัวแทนผลิตภัณฑ์ ผู้ตอบแบบสอบถามจะต้องระบุคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อการให้คะแนนในความรู้สึกนั้น ๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคำค้นไชกับคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ต่อไป ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์จะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถทราบได้ว่าควรระบุคุณลักษณะอะไรแก่ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์สามารถสะท้อนความรู้สึกที่ต้องการต่อผู้บริโภค

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าค้นไขกับคุณลักษณะผลิตภัณฑ์สามารถทำได้หลายวิธีดังที่กล่าวข้างต้น โดยทั่วไปผู้ศึกษามักจะใช้โปรแกรมประยุกต์ทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์เช่น SPSS, Minitab เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมเหล่านี้สามารถสร้างตัวแบบพยากรณ์เชิงคณิตศาสตร์ได้พร้อมกับการวิเคราะห์ผล ยกตัวอย่างเช่น สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณที่ได้จากการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (1)$$

โดย y คือ ค่าพยากรณ์ที่คำนวณได้จากสมการ ในที่นี้คือ ความรู้สึกของผู้บริโภคที่จะมีต่อผลิตภัณฑ์ ส่วนตัวแปร x_i ในที่นี้คือ คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อความรู้สึกของผู้บริโภค ส่วนค่า β_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้สึกของผู้บริโภคที่จะมีต่อผลิตภัณฑ์กับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

วิธีการหนึ่งที่ผู้ศึกษาใช้ในการแปลผลความสัมพันธ์ระหว่างค่าค้นไขกับคุณลักษณะผลิตภัณฑ์คือ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) ยกตัวอย่างเช่น การพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation Coefficient, MCC) ซึ่งมีค่าระหว่าง -1.0 ถึง +1.0 โดยที่ค่าที่อยู่ใกล้ -1.0 หรือ +1.0 ถือว่ามีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ส่วน 0 หมายความว่า ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กันเลย ส่วนเครื่องหมาย + หรือ - บ่งบอกว่าความสัมพันธ์นั้นเป็นไปในทางเดียวกันหรือตรงกันข้าม นอกจากนี้ผู้ศึกษาควรพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณกำลังสอง (MCC²) ประกอบด้วย ซึ่งแสดงถึงสัดส่วนความสอดคล้องของตัวแปรตาม (ความรู้สึก) ที่เกิดจากตัวแปรอิสระ (คุณลักษณะผลิตภัณฑ์) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยทั่วไปค่า MCC และ MCC² ควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.5 จึงจะยอมรับผล ในบางการศึกษาอาจกำหนดค่าไว้มากกว่านั้นก็ได้

นอกเหนือจากค่า MCC และ MCC² แล้ว ในการแปลผลการศึกษา ผู้ศึกษาต้องหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

แบบแยกส่วน (Partial Correlation Coefficient, PCC) และค่า Category Score (CS) ด้วย [5, 6] โดยค่า PCC แสดงถึงน้ำหนักหรือระดับความสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างค่าค้นไขกับคุณลักษณะ (Item) ของผลิตภัณฑ์ ส่วนค่า CS แสดงถึงระดับความสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างค่าค้นไขกับคุณลักษณะย่อย (Category) ของผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงทำการสรุปผลตัวแบบพยากรณ์เชิงคณิตศาสตร์ออกมาในรูปแบบสมการหรือในรูปแบบตารางแสดงระดับความสำคัญ ซึ่งผู้ออกแบบสามารถแปลผลการวิเคราะห์ได้ ยกตัวอย่างเช่น จากตารางที่ 5 แสดงผลการศึกษารอกแบบผลิตภัณฑ์ช็อคโกแล็ตแบบแท่งที่มีผลต่อความรู้สึก “น่าทาน” ผลิตภัณฑ์ควรมีคุณลักษณะดังนี้คือ มีขอบเรียบ สีน้ำตาลอ่อน และมีขนาดใหญ่ [5] ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาจะใช้เป็นแนวทางสำหรับนักออกแบบในการพัฒนาตัวแบบผลิตภัณฑ์เชิงแนวคิดหรือผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (Prototype) ต่อไป

ตารางที่ 1. ตัวอย่างผลการศึกษา [5]

| Item | PCC | Category | CS |
|--------|-----|--------------|------|
| Size | 0.4 | Large | 0.1 |
| | | Small | -0.3 |
| Colour | 0.4 | Light Brown | 0.5 |
| | | Dark Brown | -0.1 |
| Shape | 0.8 | Sharp edges | -0.4 |
| | | Smooth edges | 0.5 |

3.5 การตรวจสอบความถูกต้องและการสร้างตัวแบบ (Test of Validity and Model Building)

ขั้นตอนนี้เป็น การตรวจสอบความถูกต้องของการแปลผลการวิเคราะห์ โดยการพัฒนาตัวแบบผลิตภัณฑ์เชิงแนวคิดหรือผลิตภัณฑ์ต้นแบบตามผลของตัวแบบพยากรณ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ผ่านมา จากนั้นจึงนำไปตรวจสอบถูกต้องโดยการใช้แบบสอบถามเช่นเดียวกัน

ถ้าหากผลการตรวจสอบไม่ตรงกับการแปลผลการวิเคราะห์ ผู้ศึกษาจำเป็นต้องปรับปรุงขอบเขตค่าแสดงความรู้สึกและขอบเขตคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ให้เป็น

ปัจจุบัน (Update) จากนั้นจึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคำค้นไขกับคุณลักษณะผลิตภัณฑ์และกำหนดตัวแบบพยากรณ์เสียใหม่

4. สรุปและข้อคิดเห็น

วิศวกรรมค้นไขได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างทั้งในเชิงงานวิจัยและในเชิงปฏิบัติ ซึ่งมีการศึกษาและมีเอกสารตีพิมพ์อย่างแพร่หลายทั้งในประเทศญี่ปุ่นและประเทศแถบยุโรป ยกตัวอย่างเช่น รถยนต์ Mazda MX-5 [7] ผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ [8] ผลิตภัณฑ์กระเป๋ากอล์ฟ [9-11] ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ [12-15] ผลิตภัณฑ์โทรศัพท์ [16] เป็นต้น

การประยุกต์ใช้วิศวกรรมค้นไขนั้นเป็นวิธีการที่ดีสำหรับผู้ประกอบการที่ต้องการพัฒนาตนเองให้เป็นผู้รับจ้างออกแบบ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ประกอบการที่ต้องการสร้างตราสินค้าของตนเอง อย่างไรก็ตาม ผู้ศึกษาต้องมีความเข้าใจในขอบเขตของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษานี้ เนื่องจากขอบเขตของค้นไขนั้นมีโครงสร้างที่เป็นนามธรรม และต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์ของผู้ทำการศึกษารวมถึงทีมงานที่เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิด ในการแปลผลที่ได้จากการศึกษา ซึ่งเป็นแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนามธรรม รวมถึงความสามารถในการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติสำหรับการประมวลผลข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

[1] Tarantino, P., A Statistical Thinking Approach to Kansei Engineering for Product Innovation, Ph.D. Thesis, University of Naples, Naples, Italy, 2008.

[2] Schütte, S., Engineering Emotional Values in Product Design – Kansei Engineering in Development, Ph.D. Thesis, Linköpings Universitet, Linköping, Sweden, 2005.

[3] Schütte, S., Designing Feelings into Products: Integrating Kansei Engineering Methodology in Product Development, Dissertation, Linköpings Universitet, Linköping, Sweden, 2002.

[4] Schütte, S. 2006. Developing the Space of Product Properties Supporting Kansei Engineering Procedure. *Kansei Engineering International*, 5: 11-19.

[5] Dahlgaard J., Schütte, S., Ayas E. and Dahlgaard-Park S. M. 2008. Kansei/affective engineering design - A methodology for profound affection and attractive quality creation. *The TQM Journal*, 20: 299-311.

[6] Schütte, S. and Eklund J. 2005. Design of Rocker Switches for Work-Vehicles – An Application of Kansei Engineering. *Applied Ergonomics*, 36: 557-567.

[7] http://www.kekanoo.com/mazda_mx5_main.html, last accessed on 21/03/2011.

[8] Hirata, R.O., Nagamachi M., and Ishihara S., Satisfying Emotional Needs of the Beer Consumer through Kansei Engineering Study, 7th International QMOD Conference, Monterrey, Mexico, 2004.

[9] Kongprasert, N., Brissaud D., Bouchard C., Aoussat A., and Butdee S., How to Design and Process Brand Identity through an Integrated Innovative Approach, IEEE International Conference, Singapore, 2008.

[10] Kongprasert, N., Brissaud D., Bouchard C., Aoussat A., and Butdee S., The Customer-Oriented Bag Matrix to Support the Design Leather Bags, 42nd CIRP Conference on Manufacturing Systems, Grenoble, France, 2009.

[11] Kongprasert, N., Brissaud D., Bouchard C., Aoussat A., and Butdee S., (2010). Contribution to the Mapping of Customer's Requirements and Process Parameter, International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research, Paris, France, 2010.

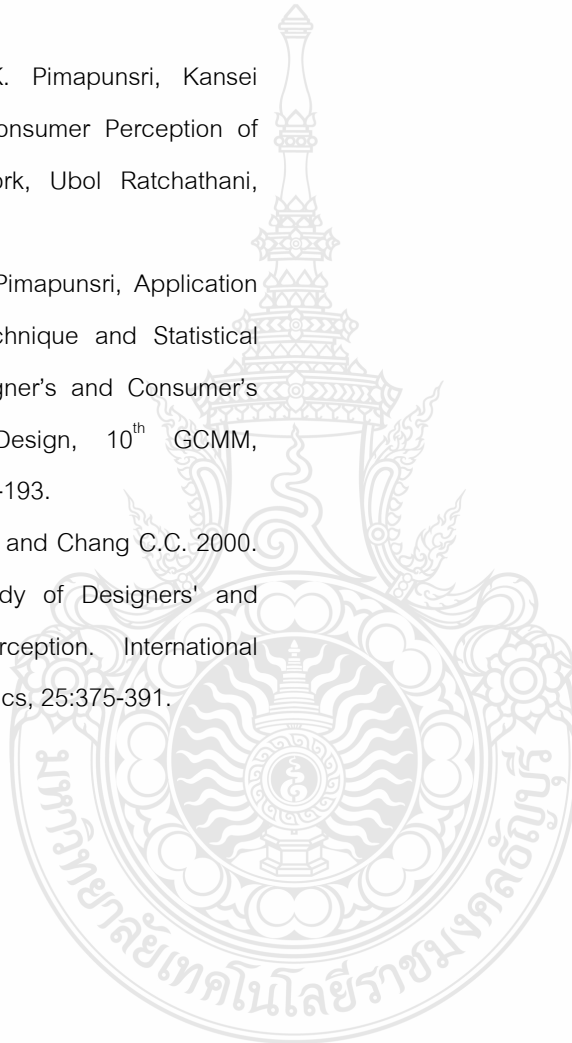
[12]Kang, N.G. and Yamanaka T., Research on Product and Preference by Kansei Information: Analysis of Kansei Data Responding to Visual Information on Chair, International Design Congress IASDR, Douliou, Taiwan, 2005.

[13]Chuang, Y. and Chen L.L. 2008. How to Rate 100 Visual Stimuli Efficiently. International Journal of Design, 2: 31-43.

[14]S. Yodwangjai, and K. Pimapunsri, Kansei Engineering: A Study on Consumer Perception of Furniture Design, IE Network, Ubol Ratchathani, Thailand, 2010.

[15]S. Yodwangjai, and K. Pimapunsri, Application of Semantic Differential Technique and Statistical Approach to Evaluate Designer's and Consumer's Perception in Furniture Design, 10th GCOMM, Bangkok, Thailand, 2010:187-193.

[16]Hsu, S.H., Chuang M.C., and Chang C.C. 2000. A Semantic Differential Study of Designers' and Users' Product Form Perception. International Journal of Industrial Ergonomics, 25:375-391.



การสังเคราะห์วัสดุแลกเปลี่ยนประจุจากยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว โดยการใช้ปฏิกิริยาไมโครเวฟ

กานูวัตร์ มุกโกมินทร์¹ และ สุพิชชา รุ่งโรจน์นิมิตชัย²

¹ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: muminchan1@hotmail.com

บทคัดย่อ

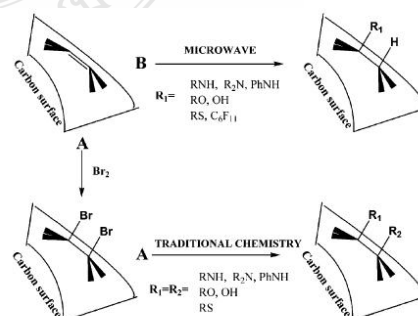
งานวิจัยนี้ศึกษาการนำยางรถยนต์ที่ใช้แล้วมาสังเคราะห์เป็นเรซินแลกเปลี่ยนประจุลบ ด้วยการทำปฏิกิริยาเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชัน โดยใช้วัตถุดิบเป็นยางขนาด 500 และ 2000 ไมครอนมาทำปฏิกิริยาแอมโมโนไลซิสและโปรโตเนชัน โดยนำยางที่ผ่านการปรับสภาพโดยการต้มในโทลูอีนทำการวิเคราะห์ค่าไอโอดีน จากนั้นจึงนำยางขนาดที่เหมาะสมมาทำปฏิกิริยาแอมโมโนไลซิสโดยให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 300, 450 และ 600 วัตต์ เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที พบว่ายางขนาด 500 ไมครอนนั้นมีค่าไอโอดีน 19.51 และเรซินที่สังเคราะห์ได้จากการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 450 วัตต์ เป็นเวลา 30 นาที จะให้ค่าการแลกเปลี่ยนประจุสูงสุด คือ 0.95 meq/g เมื่อนำเรซินที่สังเคราะห์ได้มาทดสอบการดูดซับฟลูออไรด์ไอออน พบว่าเรซินที่สังเคราะห์ได้จากการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟจะมีค่า Defluorination capacity สูงสุด คือ 600 mgF/kg

คำสำคัญ วัสดุแลกเปลี่ยนประจุ, การดูดซับ, ไมโครเวฟ, ยางรถยนต์

1. บทนำ

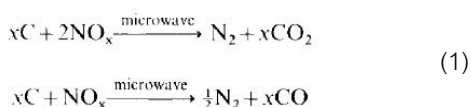
ปัจจุบันการปนเปื้อนของน้ำส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ปัญหาการปนเปื้อนของแหล่งน้ำนั้นจึงเป็นปัญหาที่ควรตระหนักและให้ความสำคัญ ดังนั้นน้ำที่มีการ

ปนเปื้อนจึงควรบำบัดเสียก่อนที่จะนำไปอุปโภค-บริโภค เนื่องจากสิ่งปนเปื้อนในน้ำบางชนิดนั้นมีความเป็นพิษสูง และในปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณความต้องการยางรถยนต์เพิ่มมากขึ้นสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งสิ่งที่มีตามมานั้นก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องมาจากแต่ละปีมียางรถยนต์ที่ใช้แล้วคิดเป็นน้ำหนักประมาณ 1.7 ล้านตันต่อปี โดยที่ผ่านมานั้นมีการนำยางรถยนต์ที่ใช้แล้วมาทำเป็นเชื้อเพลิง แต่โครงสร้างทางโมเลกุลของยางรถยนต์นั้นสามารถนำมาดัดแปลงโดยการเติมหมู่ฟังก์ชันเพื่อแปรรูปยางรถยนต์ให้เป็นเรซินสำหรับแลกเปลี่ยนประจุได้โดยการใช้ปฏิกิริยาไมโครเวฟเข้าช่วย ซึ่ง Vitaliy L. Budarin และคณะ [1] ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาเคมีของพันธะคู่ที่มีอยู่ใน activated carbon โดยใช้วิธีการให้คลื่นความร้อนโดยไมโครเวฟ และ วิธี bromination ซึ่งใช้ reagent ที่ต่างกัน ดังโดยปฏิกิริยาจะเป็นไปดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 1. ปฏิกิริยาเคมีของพันธะคู่ที่มีอยู่ใน activated carbon โดยใช้การให้คลื่นไมโครเวฟและ วิธี bromination

การทดลองพบว่า วิธีการ bromination นั้นจะสังเคราะห์ได้วัสดุที่มี loading มากกว่า แต่จะมีพื้นที่ผิวสัมผัสน้อยกว่าวัสดุสังเคราะห์จากการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ ในขณะเดียวกัน Chang Yul Cha และ Yougen Kong [2] ได้นำถ่านหินมาใช้เป็นเบดในการดูดซับ NO_x และใช้คลื่นไมโครเวฟมาทำการลดทอนลงให้อยู่ในรูปของไนโตรเจนและคาร์บอน ออกไซด์ดังสมการต่อไปนี้



เมื่อทำการทดสอบการดูดซับและการ regenerate 9-cycle แล้วพบว่าความสามารถในการดูดซับของถ่านหินนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 30 g NO_x ต่อ 100 กรัมถ่านหิน และค่า breakthrough time ของถ่านหินจากเดิมที่มีค่าเพียง 0.01 ชั่วโมงได้เพิ่มเป็น 14 ชั่วโมง และนอกจากนั้นถ่านหินยังมีพื้นที่ผิวสัมผัสเพิ่มขึ้นจาก 82 m²/g เป็น 800 m²/g และ K.Y. Foo, B.H. Hameed [3] ได้นำต้นปาล์มที่เหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์ม มาแปรรูปเป็นถ่านกัมมันต์ (OPAC) และใช้คลื่นไมโครเวฟเข้าช่วยเพื่อนำมาใช้ในการดูดซับเมธิลีนบลู โดยให้คลื่นไมโครเวฟที่กำลังไฟ 360 W เป็นเวลา 5 นาที พบว่าพื้นที่ผิวสัมผัส, ปริมาณของรูพรุน และ ขนาดของรูพรุนโดยเฉลี่ยของ OPAC นั้นจะมีค่า 707.79m²/g, 0.3805m³/g และ 22.11 A ตามลำดับ เมื่อนำไปดูดซับเมธิลีนบลูแล้วพบว่า OPAC มีความสามารถในการดูดซับ 312.5 mg/g นอกจากการนำถ่านกัมมันต์มาใช้เป็นตัวดูดซับแล้ว S. Katyaem และคณะ [4] ได้เสนอทางเลือกที่จะใช้ยางรถยนต์เก่ามาเป็นตัวดูดซับในการกำจัดฟีนอลออกจากน้ำปนเปื้อนโดยศึกษาจากยางอนุภาคเล็กๆ 3 ขนาด คือ 0.542, 1.651, 2.794 มิลลิเมตร ซึ่งพบว่ายางรถยนต์ใช้แล้วขนาดเล็ก มีความสามารถในการดูดซับฟีนอลได้สูง ณ ที่นี้แสดงว่ายางรถยนต์เก่านั้นสามารถจะนำมาใช้เป็นตัวดูดซับหรือเรซินสำหรับการแลกเปลี่ยนประจุที่ดีได้

2. วิธีการและขั้นตอนการศึกษา

2.1 การปรับสภาพวัตถุดิบยาง

ตัดตัวอย่างยางที่มีขนาดต่างกันคือ 500 และ 2000 ไมครอนปริมาณ 5 กรัม ด้วยโหลอื่น 150 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงล้างด้วยน้ำสะอาดและอบจนแห้ง จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาค่าไอโอดีน

2.2 การวิเคราะห์ค่าไอโอดีน

ซึ่งตัวอย่างยางหนัก 1 กรัม แล้วเติม Wijs reagent 25 มิลลิลิตร จากนั้นกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อไอโอดีนทำปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์แล้วเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ ความเข้มข้น 10%wt ปริมาตร 10 มิลลิลิตรลงไปแล้วกวนให้เข้ากัน จากนั้นทำการไตเตรตสารละลายด้วย สารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.1 โมลต่อลิตร จนกระทั่งสารละลายใสไม่มีสี แล้วจึงเติมสารละลายน้ำแป้ง (Starch solution) ปริมาณ 2-3 หยด เมื่อเกิดสีน้ำเงินขึ้นแล้วจึงไตเตรตต่อจนสารละลายไม่มีสี และวางทิ้งไว้ 30 นาทีถ้าสีของน้ำแป้งปรากฏให้ไตเตรตต่อจนสารละลายไม่มีสี โดยคำนวณหาค่าไอโอดีนได้จากสมการ

$$A = \frac{12.69 \times C(V_0 - V_1)}{m} \quad (2)$$

โดยที่ A คือ ค่าไอโอดีน C คือ ค่าความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต V₀ คือ ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตในแบลนด์ V₁ คือ ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตในตัวอย่าง และ m คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

2.3 การทำปฏิกิริยาแอมโมโนไลซิสโปรโตเนชั่น

ซึ่งยางที่ผ่านการปรับสภาพแล้วปริมาณ 5 กรัมลงในขวดแก้วกันกลม และเติมเอทิลีนไดเอมีนปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังไฟและเวลาต่างๆ คือ 300 ,450 และ 600 วัตต์ เป็นเวลา 10 , 20 และ 30 นาที ตามลำดับ แล้วจึงนำยางที่สังเคราะห์ได้อบให้แห้งและนำไปทำปฏิกิริยาโปรโตเนชั่น โดยการแช่ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.2 โมลต่อลิตร

เป็นเวลา 1 คืน จากนั้นจึงทำการอบแห้งก็จะได้เรซินที่อยู่ในรูปประจุคลอไรด์ไอออน

2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณการแลกเปลี่ยนประจุ

เตรียมเรซินให้อยู่ในรูปของไฮดรอกไซด์ไอออนโดยการซึ่งเรซินที่ผ่านกระบวนการแอมโมโนไลซิสปริมาณ 10 กรัม บรรจุลงในคอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร แล้วจึงผ่านสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4%wt ปริมาณ 1000 มิลลิลิตร จากด้านล่างของคอลัมน์ด้วยอัตราเร็ว 15 มิลลิลิตรต่อนาที จากนั้นจึงล้างด้วยน้ำเปล่าที่อัตราเร็วเท่ากันจนกระทั่งน้ำล้างหยดด้วยฟีนอล์ฟทาลีนแล้วไม่เปลี่ยนสี จากนั้นจึงอบให้แห้งแล้วนำไปทดสอบการแลกเปลี่ยนประจุโดยการ ซึ่งเรซินที่อยู่ในรูปไฮดรอกไซด์ไอออนปริมาณ 5 กรัม แผลงในกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.2 โมลต่อลิตรเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นจึงกรองส่วนน้ำใสมาทำการไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร และคำนวณหาปริมาณการแลกเปลี่ยนประจุได้จากสมการ

$$\text{Ion exchange capacity} = \frac{(V_0 - V_1)}{m} \times 5 \quad (3)$$

โดยที่ V_0 คือ ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในแบบลค์ V_1 คือ ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในตัวอย่าง และ m คือ น้ำหนักของเรซินที่ใช้ทดสอบ

2.5 การทดสอบการดูดซับฟลูออไรด์

ซึ่งเรซินที่สังเคราะห์ได้หนัก 0.5 กรัม เติมสารละลายไอออนฟลูออไรด์หรือฟอสเฟตความเข้มข้นประมาณ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตรลงไป และกวนด้วย magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 25 °C ใช้ปิเปตดูดสารละลายไอออนฟลูออไรด์ 5 มิลลิลิตรที่เวลา 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 180, 240 และ 360 นาทีใส่หลอดพลาสติก และนำตัวอย่างฟลูออไรด์ที่เก็บได้ไปวิเคราะห์ปริมาณไอออน

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

3.1 การวิเคราะห์ค่าไอโอดีน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการปรับสภาพยางวัลดูดิบก่อนนำไปสังเคราะห์เรซินแลกเปลี่ยนประจุ ซึ่งเป็นการทดลองเพื่อให้ได้วัลดูดิบที่มีสภาวะเหมาะสมที่สุดในการสังเคราะห์ โดยได้ทำการเลือกใช้อย่าง 2 ขนาด คือ 500 และ 2000 ไมครอน โดยค่าไอโอดีนของยางทั้ง 2 ขนาด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แสดงค่าไอโอดีนของยางที่ผ่านการปรับสภาพ

| ขนาดยาง | ค่าไอโอดีน (กรัม ไอโอดีน /100 กรัมตัวอย่าง) |
|-------------|--|
| 500 ไมครอน | 19.51 |
| 2000 ไมครอน | 10.49 |

การใช้โกลูอินทำการปรับสภาพวัลดูดิบนั้นเนื่องจากโกลูอินนั้นเป็นเป็นตัวทำลายที่ดีในยางและสามารถกำจัดไฮโดรคาร์บอนมวลโมเลกุลต่ำและซัลเฟอร์ส่วนที่ไม่ทำปฏิกิริยาในยางได้ พบว่ายางขนาด 500 ไมครอน จะมีค่าไอโอดีนมากกว่า ยางขนาด 2000 ไมครอน แสดงให้เห็นว่ายางขนาด 500 ไมครอนนั้นมีพันธะคู่ในปริมาณที่มากกว่า จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการสังเคราะห์มากกว่า

3.2 การวิเคราะห์ผลการทำปฏิกิริยาแอมโมโนไลซิสและผลการทำปฏิกิริยาการทำให้ไอโอดีน

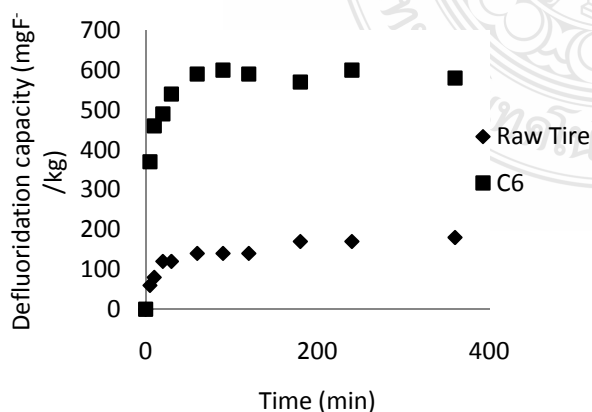
ตารางที่ 2. แสดงสภาวะในการให้ความร้อนของการทำปฏิกิริยาแอมโมโนไลซิสและปริมาณการแลกเปลี่ยนประจุ

| ชื่อตัวอย่าง | สภาวะที่ใช้ | ปริมาณการแลกเปลี่ยนประจุ(meq/g) |
|--------------|-------------|---------------------------------|
| A1 | Raw Tire | 0.05 |
| C1 | 300 w-10min | 0.70 |
| C2 | 300 w-20min | 0.75 |
| C3 | 300 w-30min | 0.80 |
| C4 | 450 w-10min | 0.60 |
| C5 | 450 w-20min | 0.85 |

| ชื่อตัวอย่าง | สภาวะที่ใช้ | ปริมาณการแลกเปลี่ยนประจุ(meq/g) |
|--------------|-------------|---------------------------------|
| C6 | 450 w-30min | 0.95 |
| C7 | 600 w-10min | 0.09 |
| C8 | 600 w-20min | 0.09 |
| C9 | 600 w-30min | 0.35 |

หลังจากนำยางที่ทำปฏิกิริยาแอมโมโนไลซิสด้วยการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่สภาวะต่างๆ ไปทำปฏิกิริยาโปรโตเนชันต่อแล้วนั้น จะพบว่าเรซิน C6 ที่ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 450 วัตต์ เป็นเวลา 30 นาที จะมีค่าปริมาณการแลกเปลี่ยนประจุสูงสุดคือ 0.95 meq/g สาเหตุที่ทำให้เรซินที่ให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลังไฟ 300 วัตต์ และ 450 วัตต์ มีปริมาณการแลกเปลี่ยนประจุที่มีค่าใกล้เคียงกันอาจเป็นเพราะการให้คลื่นความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟนั้น เป็นการให้ความร้อนแบบเกิดความร้อนสารไดอิเล็กตริก(dielectric heating) ซึ่งเกิดจากการเหนี่ยวนำของโมเลกุลที่มีขั้วทำให้โมเลกุลเกิดการหมุนกลับไปกลับมาเกิดเป็นความร้อนขึ้น ดังนั้นปริมาณการแลกเปลี่ยนประจุนั้นอยู่กับกำลังไฟและช่วงเวลาที่เหมาะสม

3.3 การวิเคราะห์ผลการดูดซับฟลูออไรด์



รูปที่ 1 กราฟแสดงการดูดซับฟลูออไรด์ที่เวลาต่างๆ

จะพบว่าเรซินที่สังเคราะห์ได้จากการให้คลื่นความร้อนด้วยไมโครเวฟนั้นให้ค่า Defluoridation capacity ถึง 600 mgF/kg ในขณะที่ยางวัตถุดิบที่ไม่ผ่านการทำปฏิกิริยาใดๆนั้นสามารถดูดซับฟลูออไรด์ไอออนได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องยางวัตถุดิบไม่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุจึงสามารถดูดซับฟลูออไรด์ไอออนในลักษณะที่เป็นการดูดซับทางกายภาพเท่านั้น

4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำยางรถยนต์ใช้แล้วมาสังเคราะห์เรซินแลกเปลี่ยนประจุลบ ด้วยการทำปฏิกิริยาเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชัน โดยใช้วัตถุดิบเป็นยางขนาด 500 และ 2000 ไมครอนมาทำปฏิกิริยาแอมโมโนไลซิส และโปรโตเนชัน และจึงนำไปทดสอบดูดซับฟลูออไรด์ไอออน จากการทดลองการทดลองนำยางขนาดที่แตกต่างกันมาทำการปรับสภาพยางด้วยโทลูอีนแล้วทำการหาปริมาณหาค่าไอโอดีน พบว่ายางขนาด 500 ไมครอน ให้ค่าไอโอดีน 19.51 กรัมไอโอดีนต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าไอโอดีนของยางขนาด 2000 ไมครอน จากนั้นจึงนำยางที่ผ่านการปรับสภาพแล้วมาทำปฏิกิริยาแอมโมโนไลซิสโดยการให้คลื่นความร้อนไมโครเวฟที่กำลังไฟ 300, 450 และ 600 วัตต์ พบว่าเรซินที่สังเคราะห์โดยการให้คลื่นความร้อนไมโครเวฟที่ 450 วัตต์เป็นเวลา 30 นาที มีค่าปริมาณการแลกเปลี่ยนประจุมากที่สุดที่ 0.95 meq/g จากนั้นจึงนำเรซินที่มีปริมาณการแลกเปลี่ยนประจุที่เหมาะสมที่สุด มาทดสอบการดูดซับฟลูออไรด์โดยเปรียบเทียบกับยางวัตถุดิบที่ไม่ได้ผ่านการทำปฏิกิริยาใดๆ โดยเรซินที่สังเคราะห์ได้จากการให้คลื่นความร้อนด้วยไมโครเวฟนั้นมีค่า Defluoridation capacity สูงสุดคือ 600 mgF/kg ในขณะที่ยางวัตถุดิบธรรมดานั้นมีค่า Defluoridation capacity สูงสุดเพียง 180 mgF/kg

เอกสารอ้างอิง

English Journal

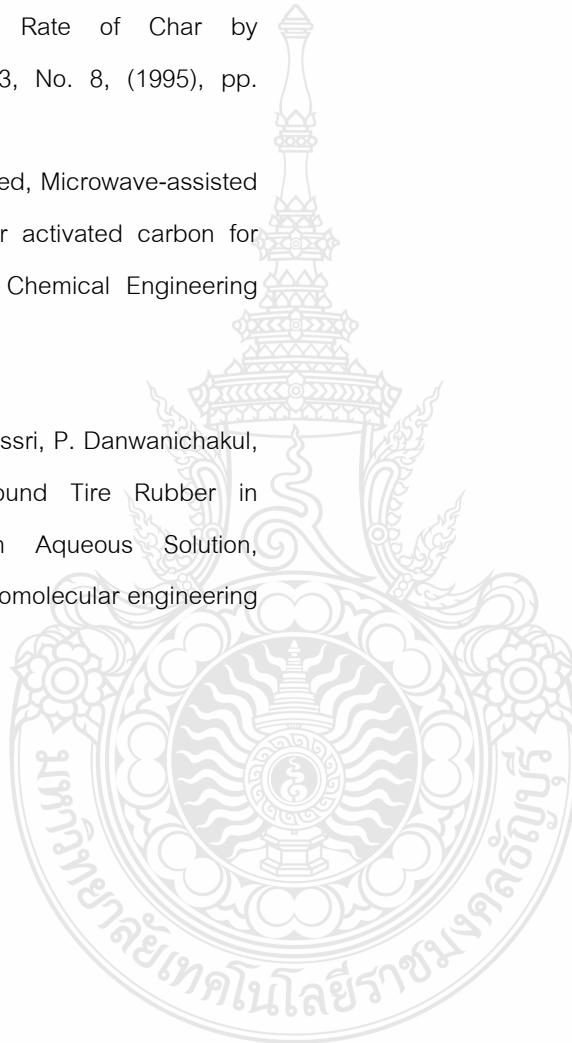
[1] V. Budarin, J. H. Clark, S. J. Tavener and K. Wilson, Chemical reactions of double bonds in activated carbon: microwave and bromination methods, Chem. Commun., (2004), 2736-2737

[2] C. Y. Cha and Y. Kong, Enhancement of NO_x Adsorption Capacity and Rate of Char by Microwaves, Carbon Vol. 33, No. 8, (1995), pp. 1141-1146

[3] K. Y. Foo and B.H. Hameed, Microwave-assisted preparation of oil palm fiber activated carbon for methylene blue adsorption, Chemical Engineering Journal 166 (2011) 792–795

Book

[4] S. Katyaem, D. Dechojarassri, P. Danwanichakul, Evaluation of Utilizing Ground Tire Rubber in Removal of Phenol from Aqueous Solution, Advances in chemical and biomolecular engineering (2006)



การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต Wireless router modem โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต

ธิติศวรรค์ เหมหาญ¹ มณฑลธิ ศาสนนันท์²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: thitisan397@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิต Wireless router modem ด้วยเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต ทำการประเมินด้วยวิธี Eco-Indicator 95 โดยศึกษาตั้งแต่ขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผงวงจร ไปจนถึงการบรรจุผลิตภัณฑ์ ผลการประเมินพบว่าในกระบวนการ Surface mounting technology (SMT) ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดร้อยละ 55.20 เนื่องจากกระบวนการนี้มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงถึง 1.27 kWh ต่อการประกอบ 1 ตัว รองลงมาคือ กระบวนการ Wave soldering ร้อยละ 25.40 และกระบวนการ In circuit test (ICT) ร้อยละ 11.10 ตามลำดับ

คำสำคัญ การประเมินวัฏจักรชีวิต ผลกระทบสิ่งแวดล้อม Wireless router modem

1. บทนำ

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยนั้นถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศค่อนข้างมาก โดยมีมูลค่าส่งออกสูงเป็นอันดับหนึ่งมาเป็นระยะเวลาหลายปี [1] ซึ่งอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์จะมีเงื่อนไขทางการค้าและมาตรฐานต่างๆ อย่างมากมาย ทั้งจากกลุ่มประเทศในสหภาพยุโรป (EU)

และประเทศที่พัฒนาอื่นๆ ที่ได้นำเรื่องสิ่งแวดล้อมเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการค้า จึงทำให้แนวโน้มของตลาดโลกเป็นไปในทิศทางของตลาดเพื่อสิ่งแวดล้อม โดยได้ออกมาตรการที่ไม่ใช่มาตรการทางภาษีอากร ตัวอย่างเช่น ระบุว่าด้วยการกำจัดการใช้สารอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (RoHS) ระเบียบที่ให้ผู้ผลิตรับผิดชอบในการเรียกคืนซากสินค้าที่หมดอายุ (WEEE) ซึ่งระเบียบทั้งสองนี้เป็นระเบียบข้อบังคับที่มีพื้นฐานอยู่บนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และลดปริมาณหรืองดการใช้สารอันตรายในผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ [2] จากมาตรการดังกล่าวมีผลทำให้การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยเน้นผลในเชิงปริมาณ ซึ่งเกี่ยวเนื่องตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้มีบทบาทสำคัญมากขึ้นในภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับตลาดโลก

อินเตอร์เน็ตนับว่าเป็นระบบเครือข่ายที่ใหญ่ที่สุดในโลกและมีการเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยปัจจุบันอินเตอร์เน็ตนับได้ว่าเป็นแหล่งในการรวบรวมข้อมูลต่างๆ อย่างมากมาย รวมทั้งเป็นช่องทางในการติดต่อสื่อสารที่ผู้คนส่วนใหญ่ในโลกใช้เชื่อมโยงเข้าหากัน ไม่ว่าจะเป็นการด้านธุรกิจหรือแม้กระทั่งความสัมพันธ์ของคนต่างชนชาติ ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตมีแต่จะ

เติบโตขึ้นไปเรื่อยๆ และไม่มีที่สิ้นสุด แต่อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตของอินเทอร์เน็ตก็คงจะเกิดขึ้นไม่ได้เลยถ้าขาดอุปกรณ์เชื่อมต่อเพื่อเข้าถึง (Access) อย่างโมเด็ม (Modem) โดยปัจจุบัน เทคโนโลยี Wi-Fi ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสื่อสารแบบไร้สายเพื่อใช้เชื่อมต่อเครือข่ายภายในหรืออินเทอร์เน็ตได้มีบทบาทเป็นอย่างมากและได้มีการใช้อย่างแพร่หลาย

ด้วยความสำคัญต่างๆ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิตของ Wireless router modem ซึ่งเป็นอุปกรณ์กระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย (Wi-Fi) ตั้งแต่กระบวนการประกอบ การทดสอบ ไปจนถึงการบรรจุผลิตภัณฑ์ โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) [3] คือ วิธีในการประเมินปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งานและการบำรุงรักษาผลิตภัณฑ์ การนำมาใช้ใหม่หรือแปรรูป ไปจนถึงการกำจัดเศษซากหลังการใช้งาน โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

2.2 Eco-Indicator95

Eco-Indicator95 คือ ดัชนีชี้วัดเชิงนิเวศน์แบบคะแนนเชิงเดียว ใช้สำหรับการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอย่างง่าย ซึ่งดัชนีชี้วัดนี้ถูกคำนวณขึ้นมาจากพื้นฐานของ LCA โดยคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่างได้แก่น้ำหนักของวัสดุ กระบวนการผลิต การขนส่ง การผลิตและใช้พลังงานและการกำจัด ส่วนน้ำหนักของผลกระทบได้จากการตีค่าความเสียหายต่อระบบนิเวศน์ในด้านต่างๆ

(ทรัพยากร, ระบบนิเวศน์และมนุษย์) ซึ่งผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์สามารถใช้ดัชนีชี้วัดนี้สำหรับการประเมินผลิตภัณฑ์

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศูนย์วิจัยของบริษัทโซนี่ [4] ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของ CD-ROM drive (model name CDU-331) โดยใช้โปรแกรม NIRE Ver.2 พบว่าในขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด รองลงมา คือ การใช้งาน ส่วนในขั้นตอนการประกอบและการขนส่งมีการปล่อยก๊าซออกมาน้อยมากเมื่อเทียบกับสองขั้นตอนแรก จากนั้นได้ทำการประเมินปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ของชิ้นส่วนแต่ละประเภท จะพบว่าชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บน printed wiring board (PWB) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดร้อยละ 51.10 รองลงมาคือ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ร้อยละ 22.60 และชิ้นส่วนพลาสติก ร้อยละ 16.90 จึงได้มีการเสนอแนะให้ลดปริมาณการใช้วัตถุดิบ ลดจำนวนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และลดปริมาณการใช้พลังงานของ CD-ROM drive เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

Winco Young [5] ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องพลาสมาอากาศ ซึ่งมีรีโมทเซ็นเซอร์และเครื่องรับสัญญาณที่มีจอ LCD ในการแสดงผล โดยใช้โปรแกรม Gabi มาทำการประเมินผล ซึ่งพบว่าปริมาณการใช้พลังงาน การปลดปล่อยมลภาวะทางอากาศและทางน้ำส่วนใหญ่มาจากขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ และถ้าพิจารณาปริมาณมลภาวะทางอากาศที่เกิดขึ้นจากชิ้นส่วนแต่ละประเภท จะพบว่า ในส่วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ชิ้นส่วน LCD มีปริมาณสูงถึงร้อยละ 25.0 รองลงมา คือ Transistor ร้อยละ 10.0 ส่วนอุปกรณ์ที่เป็นโครงสร้าง ชิ้นส่วนเลนส์มีปริมาณมากที่สุดร้อยละ 35.0 จึงได้เสนอแนวคิดในการออกแบบชิ้นส่วนของ LCD ใหม่และลดขนาดจำนวนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บน PCB (Print Circuit Board) และลดขนาดของ PCB ลง ซึ่งส่งผลให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลงถึงร้อยละ 20.0

3. วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต ได้ดำเนินการตามขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตในอนุกรมมาตรฐาน ISO14040 [6] ซึ่งมี 4 ขั้นตอน คือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต การวิเคราะห์บัญชีรายการ การประเมินผลกระทบ และการแปลผล

3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

3.1.1 การกำหนดเป้าหมาย (Goal)

ประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต Wireless router modem 1 หน่วย โดยใช้เทคนิค LCA ด้วยวิธี Eco-Indicator 95 เพื่อให้ได้แนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์

3.1.2 หน่วยหน้าที่ของการศึกษา (Function Unit)

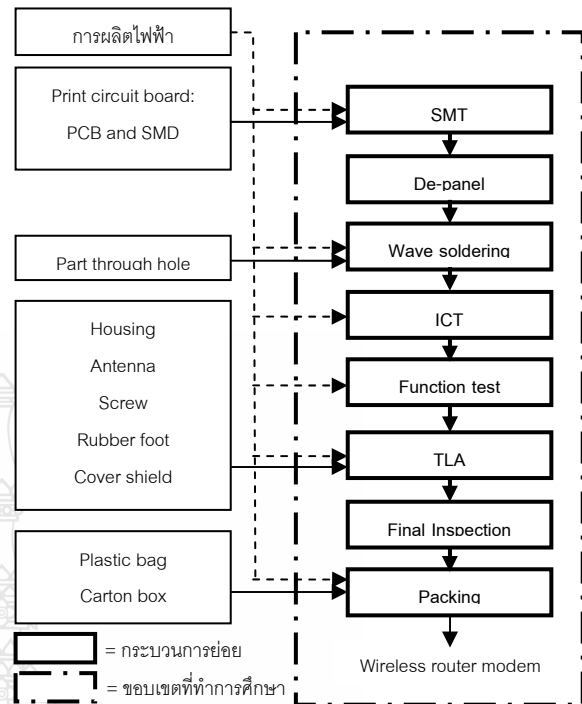
กำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการเก็บข้อมูลของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบที่ทำการศึกษา โดยงานวิจัยนี้หน่วยหน้าที่ของการศึกษา คือการผลิต

Wireless router modem 1 หน่วย

3.1.3 การกำหนดขอบเขตงานวิจัย (Scope and System Boundary)

กลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เลือกพิจารณาในงานวิจัยมี 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก 2) การลดลงของชั้นโอโซน 3) ภาวะความเป็นกรด 4) โลหะหนัก 5) สารก่อมะเร็ง และ 6) การใช้พลังงาน โดยมีหลักเกณฑ์ในการเลือกกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ทำการประเมินจะเลือกจากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่พบมากในประเทศไทย [7]

ขอบเขตของระบบที่ศึกษาได้แก่ การศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต Wireless router modem โดยทำการประเมินผลกระทบตั้งแต่ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ลงบนแผ่นวงจร การทดสอบ การประกอบขั้นสุดท้าย ไปจนถึงขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 1

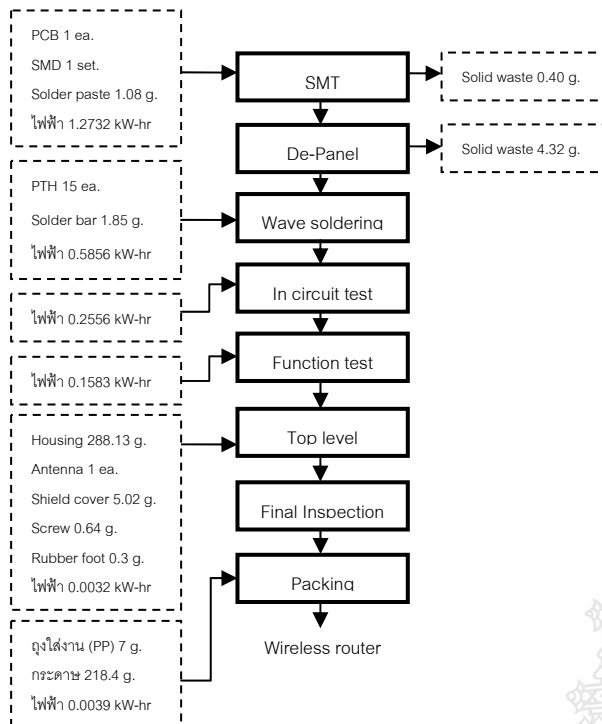


รูปที่ 1. ขอบเขตของระบบที่ศึกษา

3.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory analysis)

หมายถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม จากกระบวนการผลิตต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต และคำนวณเพื่อหาจำนวนสารขาเข้าและสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

การผลิต Wireless router modem เป็นขั้นตอนตั้งแต่การนำชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบจนเป็นผลิตภัณฑ์ที่พร้อมใช้งาน รวมถึงการบรรจุผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งกระบวนการผลิตออกเป็น 8 ขั้นตอน ได้แก่ Surface Mounting Technology (SMT) เป็นกระบวนการในการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กลงบนแผ่นวงจรในตำแหน่งที่ต้องการ, การตัดขอบแผ่นวงจร (Depanel), การประกอบชิ้นส่วนที่เป็นลักษณะขาทะลุลงบนแผ่นวงจร (Wave soldering), การทดสอบวงจร (ICT), การทดสอบหน้าการทำงาน (FCT), การประกอบขั้นสุดท้าย (TLA), การตรวจสอบ (Final inspection) และการบรรจุภัณฑ์ (Packing) โดยปริมาณวัตถุดิบ พลังงานที่ใช้และของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. สารเข้าและสารออกจากการประกอบ

3.3 การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)

หมายถึงการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการปล่อยของเสียหรือสารเข้าและขาออกที่ได้มาจากขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาที่รายการ ในงานวิจัยนี้ได้ประเมินด้วยวิธีวิธี Eco-Indicator 95 ซึ่งประกอบด้วยการจำแนกผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการตีค่าผลกระทบของแต่ละกลุ่ม ซึ่งอาจรวมถึงการเทียบหน่วย และการให้น้ำหนักความสำคัญ เพื่อให้ได้ค่าคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ออกมาเพื่อเป็นการเตรียมข้อมูลไว้ใช้ในขั้นตอนการแปลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ต่อไป

3.4 การแปลผล (Interpretation)

เป็นการแปลผลจากขั้นตอนการประเมินผลกระทบ ทำให้ทราบถึงแนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ โดยสามารถระบุไปได้อย่างชัดเจนถึงกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด และควรมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง ณ จุดๆ นั้นเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment)

การประเมินค่าผลกระทบในแต่ละประเภทตามกลุ่มของผลกระทบที่เลือกพิจารณาที่เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่พบมากในประเทศไทย ด้วยวิธี Eco-Indicator 95 ได้ผลดังตารางที่ 1

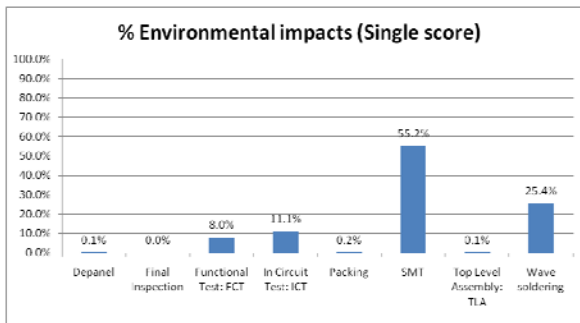
ตารางที่ 1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต

Wireless router modem

| ประเภทของผลกระทบ | ปริมาณ | หน่วย |
|------------------|-----------|----------------------------------|
| ภาวะเรือนกระจก | 1.9268 | kg CO ₂ |
| การลดลงของโอโซน | 1.089e-10 | kg CFC11 |
| ภาวะความเป็นกรด | 2.27e-02 | kg SO ₂ |
| โลหะหนัก | 1.416e-06 | kg Pb |
| สารก่อมะเร็ง | 8.849e-04 | kg C ₆ H ₆ |
| การใช้พลังงาน | 45.075 | MJ |

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าในกระบวนการผลิตก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก 1.9268 kg CO₂, การลดลงของชั้นโอโซน 0.000000001089 kg CFC11, ภาวะความเป็นกรด 0.0227 kg SO₂, โลหะหนัก 0.000001416 kg Pb และการใช้พลังงาน 45.075 MJ

จากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต Wireless router modem โดยการใช้คะแนนเชิงเดี่ยว ดังรูปที่ 3 พบว่า ในกระบวนการ SMT มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมมากที่สุดสูงถึงร้อยละ 55.20 รองลงมาคือกระบวนการ Wave soldering, ICT และ FCT ตามลำดับ โดยในกระบวนการ SMT ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่ากระบวนการ Wave soldering ถึง 2.17 เท่า และสูงกว่ากระบวนการ ICT ถึง 4.98 เท่า



รูปที่ 3 เปรอ์เซ็นต์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละกระบวนการผลิต Wireless router modem ในรูปแบบของคะแนนเชิงเดี่ยวด้วยวิธี Eco-indicator 95

4.2 การตีความและประเมินผลเพื่อปรับปรุง

ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่า แหล่งสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เกิดจากกระบวนการ SMT โดยปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า เนื่องจากมีเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตขนาดใหญ่หลายเครื่องและมีอัตราการใช้ไฟฟ้าที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับกระบวนการอื่น นอกจากนี้จะมีจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตขนาดใหญ่หลายเครื่องแล้ว ในกระบวนการ SMT ยังมีการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ลงแผงวงจรที่มีจำนวนค่อนข้างมากจึงทำให้มีระยะเวลาในการประกอบเป็นเวลานาน จึงทำให้มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่สูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการลดเวลาในการประกอบก็จะทำให้ช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงได้ด้วย เช่น การออกแบบให้มีลักษณะการใช้ชิ้นส่วนที่ร่วมกันเท่าที่เป็นไปได้ ก็ทำให้เวลาในการประกอบชิ้นส่วนลดลงตามไปด้วย นอกจากนั้นการออกแบบแผงวงจรใหม่ให้มีลักษณะของกลุ่มชิ้นส่วนที่เหมือนกันอยู่ใกล้กันก็ส่งผลให้เวลาในการประกอบลดลงด้วยเช่นกัน

5. สรุป

จากผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต Wireless router modem 1 หน่วยพบว่า การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการ Surface mounting technology (SMT) เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อ

ทางด้านสิ่งแวดล้อมร้อยละ 55.20 ดังนั้นการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการ SMT จึงควรมุ่งเน้นไปที่การลดใช้ไฟฟ้า เช่น การปรับปรุงเวลาในกระบวนการประกอบ หรือการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นประเด็นที่นำมาใช้ปรับปรุงกระบวนการให้เหมาะสมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] นกุล มุกลีมาศ, อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. ธนาकारแห่งประเทศไทย สำนักงานเขตภาคเหนือ, 2550.
- [2] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. WEEE และ RoHS:ระเบียบใหม่ EU...ผู้ส่งออกไทยต้องเร่งปรับตัว 2547 [cited; Available from:<http://positioningmag.com/prnews/prnews.aspx?id=25274>.
- [3] Allan Astrup Jensen, Life Cycle Assessment (LCA) A guide to approaches, experiences and information source. Environmental Issue Series. 1997: dk-TEKNIK Energy & Environment Denmark.
- [4] Kazuki Satake and Shoji Oishi, LCA for electronic product -- A case study for CD-ROM Drive. 1998: p. 4.
- [5] Winco K.C. Yung, et al., A life-cycle assessment for eco-redesign of a consumer electronic product. Journal of Engineering Design, 2009: p. 1-17.
- [6] ISO, Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework ISO 14040. 1997.
- [7] กฤษกร เจียมจำรัส, กิรณา จอมคำศรี และ เสกสรรค์ พาป้อง, การประเมินวัฏจักรชีวิตของสีผง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15, 2548.

การศึกษาการตัดชิ้นงาน ซิลิคอนไนไตรด์ ด้วยวิธีการตัดร่อง โดยใช้การอาร์คด้วยไฟฟ้า

คงสิน เอื้อสถิตวงศ์ (Kongsin Auasathitwong)¹

อภิวัฒน์ มุตตามระ (Apiwat Muttamara)²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail : sinamaru@hotmail.com

บทคัดย่อ

ความก้าวหน้าของวัสดุพิเศษ เช่น วัสดุเซรามิกส์ทางวิศวกรรม ทำให้การขึ้นรูปกับเครื่องจักรดั้งเดิมเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก อีกทั้ง การขึ้นรูปวัสดุพิเศษเหล่านี้ล้วนมีต้นทุนที่สูงมาก ในปัจจุบันวัสดุเซรามิกส์ทางวิศวกรรม เช่น ซิลิคอนไนไตรด์(Si₃N₄) สามารถขึ้นรูปได้จากวิธีการอาร์คด้วยไฟฟ้า (EDM) โดยใช้อิเล็กโตรดช่วยสปาร์ค การศึกษาครั้งนี้จะใช้ซิลิคอนไนไตรด์เป็นชิ้นงาน และขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการตัดร่อง รวมถึงนำหลักการของวิธีการ EDM มาใช้ อิเล็กโตรดที่ทำมาจากแผ่นทองเหลืองวงกลมขนาดบาง มีความหนา 0.2 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร ผลการศึกษาพบว่าสามารถใช้วิธีการตัดร่องซิลิคอนไนไตรด์โดยใช้การ EDM ได้สำเร็จ ค่าตัวแปรพิจารณาจากค่ากระแสไฟฟ้า ผลการทดลองประเมินจากลักษณะร่องที่เกิดขึ้น อัตราการขจัดเนื้องาน และอัตราการสึกกร่อนของอิเล็กโตรด

คำสำคัญ : การกัดอาร์คด้วยไฟฟ้า,อิเล็กโตรด,ทองเหลือง,ซิลิคอนไนไตรด์,ตัดร่อง

1. บทนำ

ซิลิคอนไนไตรด์มีความสำคัญอย่างมากต่ออุตสาหกรรม เนื่องจากมีสมบัติที่โดดเด่นในเรื่องของน้ำหนักที่เบา มีความแข็งแรง คงความแข็งแรงได้ที่อุณหภูมิสูง รวมถึงต้านทานการสึกกร่อนได้อย่างยอดเยี่ยม[1]

ปัจจุบันชิ้นส่วนซิลิคอนไนไตรด์ขนาดเล็กได้กลายมาเป็นวัสดุที่มีความสำคัญมากในการผลิต ตัวอย่างเช่นนำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตใบพัดกังหันก๊าซ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร และต้องทนความเค้นที่เกิดจากแรงเหวี่ยงจากความเร็วยกกว่า 500,000 รอบต่ออนาที ทนอุณหภูมิที่สูงถึง 1,200 เคลวิน[2] และยังได้มีการนำซิลิคอนไนไตรด์ไปใช้เป็นแกนหลักเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับอุปกรณ์ไม่นำไฟฟ้า (dielectric device) ซึ่งมีลักษณะเป็นร่อง[3] เป็นต้น

การขึ้นรูปเซรามิกส์มักจะใช้วิธีการพิเศษ อย่างเช่น เลเซอร์(Laser), คลื่นเสียงความถี่สูง(Ultrasonic) และผงขัดร่วมกับน้ำแรงดันสูง(Abrasive WaterJet) ก็ถูกนำมาใช้ในการขึ้นรูปวัสดุเซรามิกส์ด้วย[4] ปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยในการประยุกต์ใช้วิธีการอาร์ควัสดุด้วยกระแสไฟฟ้า โดยใช้อิเล็กโตรดแผ่นกลมแบนมาใช้ในการกัดอาร์ควัสดุเพื่อสร้างร่องบนชิ้นงานเพื่อช่วยในเรื่องของอัตราการขจัดเนื้องาน ปรับปรุงพื้นผิวบริเวณที่เกิดการขึ้นรูป [5] และวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้าอย่างเช่น เซรามิกส์ ก็สามารถกัดด้วยเครื่อง EDM โดยใช้อิเล็กโตรดช่วยสปาร์ค[6-7]

ในงานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาการตัดชิ้นงานเซรามิกส์ซิลิคอนไนไตรด์ ด้วยวิธีตัดร่อง โดยใช้การอาร์คด้วยไฟฟ้า และใช้แผ่นทองเหลืองเป็นอิเล็กโตรด ค่าตัวแปรที่คำนึงถึงได้แก่ กระแสไฟฟ้า ส่วนผลการทดลองพิจารณาจาก

ลักษณะร่องที่เกิดขึ้น อัตราการขจัดเนื้องาน อัตราการสึกกร่อนของอิเล็กโทรด

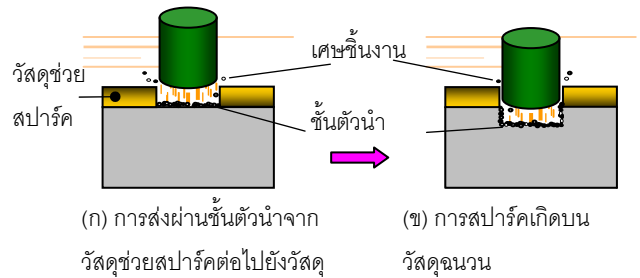
2. ทฤษฎีการกัดอาร์ควัสดุที่ไม่นำไฟฟ้าด้วยเครื่อง EDM

การสปาร์คบนวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้าครั้งแรกนั้นได้กระทำขึ้นบนเซรามิกสซินติสิติกอนไนไตรด์มีค่าความต้านทานจำเพาะมากกว่า 10^{16} โอห์ม-เซนติเมตร หลักการกัดอาร์คบนวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้านั้นอาศัยเทคนิคกัดอาร์คด้วยไฟฟ้าบนวัสดุช่วยสปาร์ค (Assisting Electrode) ดังรูปที่ 1 ในช่วงแรกใช้แผ่นโลหะหรือแผ่นทองแดงกดแนบกับวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า เมื่อเริ่มสปาร์คอิเล็กโทรดจะสปาร์คบนวัสดุช่วยสปาร์คก่อน จากนั้นจะผ่านมายังวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้าโดยมีชั้นเหนียวนำถูกสร้างระหว่างกระบวนการสปาร์ค ชั้นเหนียวนำนี้ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยสารคาร์บอน ซึ่งมาจากส่วนผสมของน้ำมันตัวกลาง การกัดอาร์ควัสดุที่ไม่นำไฟฟ้านี้สามารถกระทำได้ทราบได้ที่ชั้นเหนียวนำนี้สามารถถูกสร้างขึ้นระหว่างกระบวนการกัดอาร์คด้วยไฟฟ้า

ปัจจุบันได้นำคอลลอยด์คาร์บอน (colloidal carbon) ทาบนวัสดุแล้วทำการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 5 นาที โดยทำซ้ำทั้งหมด 7 ครั้ง วิธีนี้ถูกเรียกว่าชั้นคาร์บอนอบ (carbon baked) [8-9] วิธีนี้ผู้ปฏิบัติการทดลองสามารถทำวัสดุช่วย สปาร์คได้เองโดยง่าย

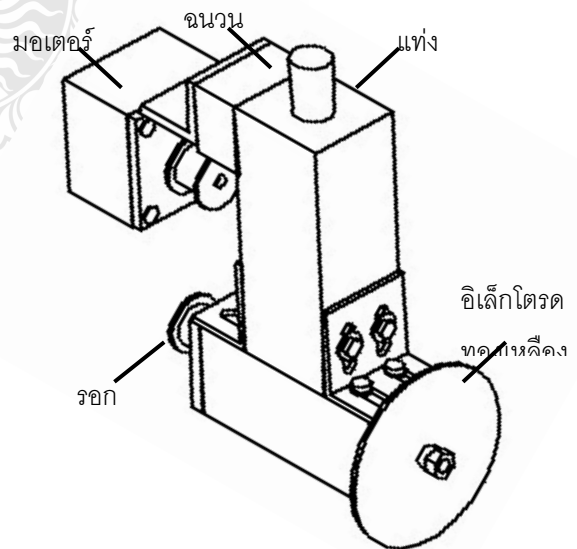
3. วิธีทดลอง

การทดลองถูกกระทำขึ้นโดยใช้เครื่อง EDM รุ่น MOLD MAKER-3 ของบริษัท SODICK จำกัด บนชิ้นงานซิลิคอนไนไตรด์ โดยใช้อิเล็กโทรดทองเหลืองแผ่นกลมแบบหมุนเพื่อสร้างร่องบนชิ้นงาน และช่วยในเรื่องอัตราการขจัดเนื้องาน [5] ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 หลักการกัดอาร์คบนวัสดุฉนวนโดยอาศัยหลักการวัสดุช่วยอิเล็กโทรดในการสปาร์ค

หนา 0.2 มิลลิเมตร อุปกรณ์ที่ใช้จับยึดอิเล็กโทรดแผ่นกลมหมุนถูกทำขึ้นจากแท่งอลูมิเนียมทรงแปดเหลี่ยม แท่งแกนตั้งเป็นที่ยึดของมอเตอร์ใช้แผ่นเหล็กรูปตัวแอล(L) คั่นด้วยฉนวนเพื่อป้องกันไม่ให้กระแสไฟไหลสู่มอเตอร์ แท่งอลูมิเนียมแกนนอนมีเพลลาที่ด้านหนึ่งยึดอิเล็กโทรดแผ่นกลมหมุนด้วยสกรู อีกด้านยึดรอกเพื่อคล้องสายพาน ดังรูปที่ 1 กำหนดค่าตัวแปรกระแสไฟฟ้า และค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งค่ากระแสไฟฟ้าในการสปาร์คชิ้นงานซิลิคอนไนไตรด์ที่จะให้ผลออกมาดีนั้นจะเป็นค่ากระแส และเวลาเปิดที่ต่ำกว่าการสปาร์คแบบปกติ[10]



รูปที่ 2 แบบอุปกรณ์จับยึดอิเล็กโทรดแผ่นกลมหมุน

ตารางที่ 1 ค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการสปาร์คซิลิคอนไนไตรต์

| ตัวแปร | ค่าที่ใช้ |
|--|--------------------|
| ขั้วอิเล็กโทรด | ขั้วลบ |
| กระแสไฟฟ้า(แอมแปร์) | 5.5,10.5,15.5,20.5 |
| ความต่างศักย์เปิด(โวลต์) | 290 |
| เวลาเปิด(ไมโครวินาที) | 21 |
| ปัจจัยประสิทธิภาพ (Duty Factor,เปอร์เซ็นต์) | 50 |

หมายเหตุ

ปัจจัยประสิทธิภาพ(เปอร์เซ็นต์)=

$$\left(\frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \right) \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ t_{on} คือ เวลาเปิด t_{off} คือเวลาปิด

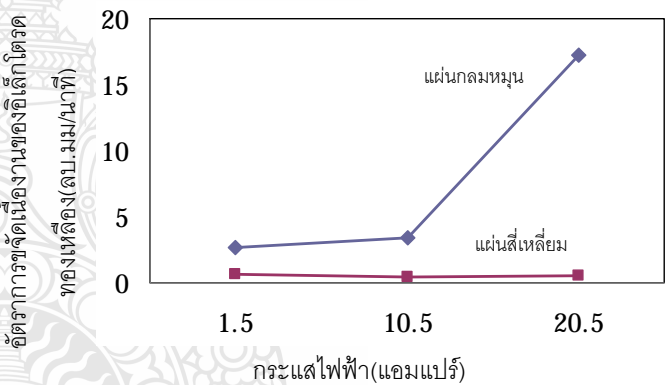
การทดลองได้เริ่มจากการหาค่ากระแสไฟที่เหมาะสม การพิจารณาจะพิจารณาจากร่องที่เกิดขึ้น และความหนาของผิวชิ้นงาน เปรียบเทียบการทำร่องโดยใช้การสปาร์คแบบทั่วไปซึ่งใช้อิเล็กโทรดแผ่นสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 0.5 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร สูง 0.2 มิลลิเมตร และอิเล็กโทรดแผ่นกลมหมุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร หนา 0.2 มิลลิเมตร

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

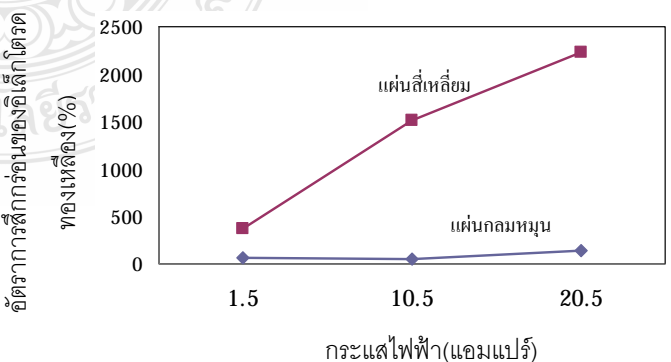
3.1 เปรียบเทียบการทำร่องเมื่อใช้ชิ้นงานเป็นเหล็กกล้า

การทดลองเริ่มด้วยการสปาร์คบนชิ้นงานเหล็กกล้า เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของเครื่องมือ ผลการทดลองเปรียบเทียบโดยใช้การสปาร์คแบบทั่วไปกับอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น กำหนดให้อิเล็กโทรดเป็นขั้วบวกสำหรับการกัดชิ้นงานโลหะ ผลการทดลองเป็นดังรูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและอัตราการขจัดเนื้องาน และรูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของอิเล็กโทรด จากกราฟจะ

พบว่า อิเล็กโทรดแบบแผ่นกลมหมุนให้อัตราการขจัดเนื้องานสูงที่สุด สาเหตุเป็นเพราะว่าอิเล็กโทรดของเหลือแบบแผ่นสี่เหลี่ยมพื้นที่สปาร์คกับชิ้นงานน้อยกว่าอิเล็กโทรดของเหลือแบบแผ่นกลมหมุน และอิเล็กโทรดแบบแผ่นสี่เหลี่ยมให้อัตราการสึกกร่อนของอิเล็กโทรดมากที่สุด การสปาร์คโดยใช้อิเล็กโทรดของเหลือแผ่นกลมหมุนนั้นให้อัตราการสึกกร่อนน้อยกว่าอิเล็กโทรดแบบแผ่นสี่เหลี่ยมเนื่องมาจากการหมุนทำให้เกิดการกำจัดเศษออกง่ายมากขึ้น มีการกระจายความร้อนที่ดีกว่าการใช้อิเล็กโทรดแบบแผ่นสี่เหลี่ยม และอิเล็กโทรดแบบแผ่นสี่เหลี่ยมมีพื้นที่ในการสปาร์คของอิเล็กโทรดน้อย ทำให้เกิดการลัดวงจรหรือการสปาร์คที่ไม่สมบูรณ์มากกว่าอิเล็กโทรดที่มีพื้นที่ในการสปาร์คมาก [10]



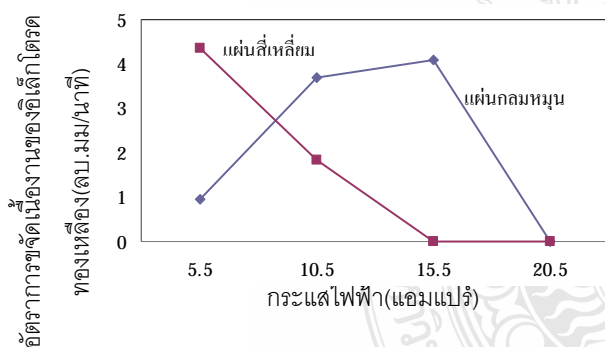
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับอัตราการขจัดเนื้องาน



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับอัตราการสึกกร่อนของอิเล็กโทรด

3.2 เปรียบเทียบการทำร่องเมื่อใช้ชิ้นงานเป็นซิลิคอนไนไตรด์

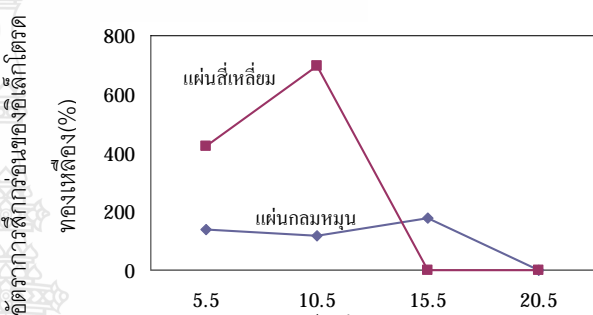
เมื่อใช้ชิ้นงานเป็นซิลิคอนไนไตรด์จะกำหนดให้อิเล็กโตรดเป็นขั้วลบ[8] รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับอัตราการขจัดเนื้องานของอิเล็กโตรด จากกราฟพบว่าอิเล็กโตรดแบบแผ่นสี่เหลี่ยมที่กระแสไฟ 5.5 แอมแปร์ ให้อัตราการขจัดเนื้องานของอิเล็กโตรดมากที่สุด เมื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้ามากขึ้นปรากฏว่าอัตราการขจัดเนื้องานมีค่าน้อยลง เนื่องจากกระแสที่มากจะสร้างชั้นเหนียวหนาที่ไม่สม่ำเสมอและเกิดการลัดวงจรทำให้เกิดการสปาร์คอย่างสมบูรณ์ได้น้อยและถ้าเกิดการลัดวงจรมากจะไม่ทำให้เกิดการสปาร์คได้[11-12] ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อตั้งกระแสไฟที่ 15.5 แอมแปร์เป็นต้นไปไม่เกิดการขจัดเนื้องาน ส่วนอิเล็กโตรดแผ่นกลมหมุนให้อัตราการขจัดเนื้องานมากที่สุดเมื่อใช้กระแสไฟที่ 15.5 แอมแปร์ และไม่สามารถขจัดเนื้องานได้เมื่อเพิ่มกระแสไฟมากขึ้น ดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับอัตราการขจัดเนื้องาน

รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับอัตราการสึกกร่อนของอิเล็กโตรด จากกราฟพบว่าอิเล็กโตรดทองเหลืองแบบแผ่นสี่เหลี่ยมมีอัตราการสึกกร่อนมากกว่าอิเล็กโตรดทองเหลืองแบบแผ่นกลมหมุนจากเหตุผลที่ได้กล่าวไว้แล้ว ส่วนอิเล็กโตรดแบบแผ่นกลมหมุนที่กระแสไฟ 15.5 แอมแปร์ มีอัตราการสึกกร่อนของอิเล็กโตรดสูงสุดในขณะเดียวกันก็ให้อัตราการขจัดเนื้องานสูงด้วย เมื่อเทียบกับค่ากระแสไฟอื่นๆ ซึ่งการสึกกร่อนที่มากทำให้ช่อง

ประกายไฟระหว่างการสปาร์คมีค่ามาก[10] กระบวนการสปาร์คจึงเกิดได้อย่างสมบูรณ์ จึงมีอัตราการขจัดเนื้องานที่มากขึ้น ส่วนอิเล็กโตรดแบบแผ่นสี่เหลี่ยมที่กระแสไฟ 10.5 แอมแปร์ มีค่ากระแสไฟที่มากเกินไปเมื่อเกิดการสปาร์คเนื่องจากพื้นที่ที่เกิดการสปาร์คมีน้อย ทำให้เกิดการสปาร์คที่ไม่สมบูรณ์ อัตราการขจัดเนื้องานจึงน้อย แม้ว่าจะมีอัตราการสึกกร่อนที่สูง



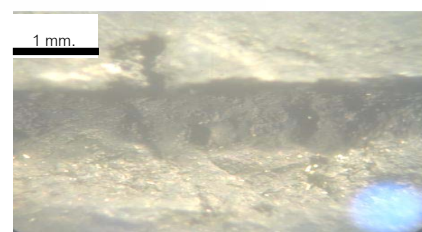
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับอัตราการสึกกร่อน

3.3 เปรียบเทียบลักษณะพื้นผิว

จากผลการทดลอง เมื่อนำมาพิจารณาลักษณะพื้นผิวพบว่าเมื่อใช้อิเล็กโตรดแผ่นกลมหมุนจะทำให้เกิดลักษณะพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบกว่าการใช้อิเล็กโตรดแบบแผ่นสี่เหลี่ยม ดังรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 7 ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานซิลิคอนไนไตรด์ที่ใช้อิเล็กโตรดแผ่นสี่เหลี่ยม



รูปที่ 8 ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานซิลิคอนไนไตรด์ที่ใช้อิเล็กโตรดแผ่นวงกลม

4. สรุป

1. ในกรณีที่ใช้ชิ้นงานเป็นซิลิคอนไนไตรด์ อิเล็กโตรดของเครื่องแบบแผ่นกลมหมุนสามารถทำให้เกิดร่องบนพื้นผิวงานที่มีลักษณะพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบ รวมถึงยังคงให้ผลลัพธ์ในการจัดเนื้องานที่มาก และอัตราการสึกกร่อนที่น้อยกว่าอิเล็กโตรดของเครื่องแบบแผ่นสี่เหลี่ยม

2. กระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับใช้กัดร่องคือ 15.5 แอมแปร์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยขึ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Norhayati Ahmad, Hidekazu Sueyoshi. 2010. Properties of Si₃N₄-TiN composites fabricated by spark plasma sintering by using a mixture of Si₃N₄ and Ti powders. *Ceramics International*, 36: 491-496.

[2] K.Liu, E.Ferraris, J.Peirs, B.Lauwers, D.Reynaerts. 2008. Process Investigation of Precision Micro-Machining of Si₃N₄-TiN Ceramic Composites by Electrical Discharge Machining (EDM). *International Journal of Manufacturing Research*, 3 (1): 27-47.

[3]<http://www.lpn.cnrs.fr/en/PHYDIS/TechnoNanoMetal.php>

[4] Yasushi FUKUZAWA, Naotake MOHRI, Hiromitsu GOTOH, Takayuki TANI. 2009. Three-dimensional machining of insulating ceramics materials with electrical discharge machining. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, Volume 19: 1150-1156.

[5] Philip Koshy, V.K. Jain and G.K. Lal. 1993. Experimental investigations into electrical discharge machining with a rotating disk electrode. *Precision Engineering*, Volume 15, Issue 1: 6-15.

[6] Fukuzawa, Y., Mohri, N., Tani, T. 1997. Electrical discharge Machining Phenomena of Insulating SiAlOn Ceramics with an Assisting Electrode. *International Journal of Electrical Machining (IJEM)*, No.2: 25-30.

[7] อภิวัฒน์ มุตตามระ และคณะ. 2549. ผลกระทบของค่าความเหนียวที่ด้านทานการแตกหักของเซฟไฟร์ต่อสมบัติ EDM, *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร* ปีที่ 29 ฉบับที่ 1.

[8] จุฬาลักษณ์ เขียดแก้ว. 2551. การศึกษาผลกระทบของอิเล็กโตรดทองแดงและทองเหลืองแบบกลวง สำหรับซิลิคอนไนไตรด์ด้วยการกัดอาร์คด้วยไฟฟ้า, *วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ*, 2551.

[9] Y. Fukuzawa, N Mohri, T. Tani and A. Muttamara. 2004. Electrical discharge machining properties of noble crystals. *Journal of Material Processing Technology*. Vol.149: 393-397.

[10] A. Muttamara, Y. Fukuzawa, N. Mohri and T. Tani, Probability of precision micro-machining of insulating Si₃N₄ ceramics by EDM, *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 140, Issues 1-3, 2003, pp. 243-247

[11]http://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_discharge_machining

[12] A. Goto, T. Yuzawa, T. Magara, and K. Kobayashi. 1998. Study on Deterioration of Machining Performance by EDMed Sludge and its Prevention. *IJEM*, 3: pp.1-6.

[13] อัญชลี มโนนุกูล, อดาวรรณ โชติรัตน์, แนะนำ.. กระบวนการกัดขึ้นรูปเซรามิกส์, *วารสารเซรามิกส์*, น. 16-18, 2552.

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของงานฉีดพลาสติก โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม(CAE)

นายปิยวัฒน์ วัชรวัฒนากุลและ อภิวัฒน์ มุตตามระ, เสกสรร ไชยจิตต์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต คลองหลวง ปทุมธานี

E-mail: piyawat-w@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัญหาชิ้นงานฉีดพลาสติกชนิดอะครีเลท-สไตรีน-อะครีโลไนไตร์ (ASA) เพื่อผลิตโคมไฟรถจักรยานยนต์คือเกิดการแตกหักบริเวณที่เป็นจุดประกอบในขั้นตอนการทดสอบคุณภาพ ทำให้ต้องทำการเปลี่ยนแปลงการออกแบบชิ้นงานหลายครั้ง ทำให้เกิดต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น เช่น ต้นทุนในการแก้ไขแม่พิมพ์ ฯลฯ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงานฉีดพลาสติกโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในขั้นตอนการออกแบบก่อนทำการผลิตจริง วิธีดำเนินการคือกำหนดให้มีภาระกระทำกับชิ้นงานบริเวณที่เป็นจุดประกอบ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการขึ้นสกรู และกำหนดแรงที่กระทำกับชิ้นงานบริเวณจุดประกอบ โดยกำหนดให้มีลักษณะเป็นความถี่เหมือนการทดสอบคุณภาพของชิ้นงานในงานจริง ผลการวิเคราะห์จากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบจริง ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรมสามารถวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงาน ได้ใกล้เคียงกับการทดสอบความแข็งแรงในขั้นตอนทดสอบคุณภาพ และสามารถลดการแก้ไขแบบชิ้นงานหลังการผลิตได้

คำสำคัญ คอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม(CAE), การวิเคราะห์ความแข็งแรง, งานฉีดพลาสติก

บทนำ

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมพลาสติกมีบทบาทสำคัญมากในวงการอุตสาหกรรม โดยเข้ามาแทนผลิตภัณฑ์

โลหะหรือวัสดุหลายประเภท ทำให้มีการใช้พลาสติกเพิ่มขึ้นอย่างกว้างขวาง ภายใต้สภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบัน ต้นทุนการผลิตที่เหมาะสมเป็นปัจจัยแรกที่บริษัทต่างๆ จะนำมาใช้พิจารณาในกระบวนการผลิต ในวงการอุตสาหกรรมรถยนต์ ถ้าพิจารณาบริษัทที่ประกอบธุรกิจผลิตชิ้นส่วน โดยเฉพาะ ไฟรถยนต์ ไม่ว่าจะเป็นไฟหน้า , ไฟท้าย , ไฟสัญญาณ เป็นต้น พลาสติกจะเป็นตัวเลือกอันดับแรกที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุดิบในกระบวนการผลิต เนื่องจากคุณสมบัติของพลาสติกและกระบวนการขึ้นรูปที่ง่าย,ไม่ซับซ้อน

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทที่ประกอบธุรกิจการผลิตโคมไฟส่องสว่างในรถยนต์, รถจักรยานยนต์ ซึ่งใช้พลาสติกเป็นวัสดุหลักในการผลิต ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจะประกอบไปด้วย 2 ชิ้นส่วนหลัก คือ 1. แฮาส์ซิ่งหรือตัวโคม (Housing) 2. เลนส์ (Lens) โดยกระบวนการขึ้นรูปจะใช้กระบวนการฉีด (Injection Molding) หลังจากนั้นจึงนำชิ้นส่วนที่ขึ้นรูปแล้วมาประกอบที่สายการประกอบ (Assembly Line) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะต้องผ่านมาตรฐานการทดสอบคุณภาพในด้านต่างๆ เช่น ความส่องสว่าง , ความแข็งแรงและทนทานต่อสภาวะต่างๆ , การกันน้ำ เป็นต้น

นอกจากมาตรฐานคุณภาพดังกล่าวข้างต้นแล้ว ผลิตภัณฑ์ยังต้องผ่านมาตรฐานการทดสอบความแข็งแรง ซึ่งเป็นมาตรฐานที่สำคัญอีกจุดหนึ่ง โดยมาตรฐานการทดสอบนี้จะใช้การทดสอบด้วยแรงกระแทก (Impact Test) ซึ่งปัจจุบันแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (R&D) ของบริษัทกรณีศึกษา ดำเนินการออกแบบ โดยไม่สามารถ

คาดคะเนความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากรูปทรงของผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่ซับซ้อน ทำให้ยากต่อการกำหนดความหนาที่เหมาะสม ทำให้ผลิตภัณฑ์บางตัวไม่สามารถผ่านการทดสอบความแข็งแรงได้ ถ้าผลการทดสอบไม่ผ่าน ก็จะต้องแก้ไขทั้งแบบและแม่พิมพ์ ทำให้เสียเวลาและต้นทุน ซึ่งจากการเก็บข้อมูลของแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ พบว่ามีเอกสารร้องขอให้ดำเนินการแก้ไขแบบเนื่องจากไม่ผ่านการทดสอบความแข็งแรง เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ กรณีที่ผลิตภัณฑ์ผ่านการทดสอบความแข็งแรง ผลิตภัณฑ์ก็จะมีปัญหาและน้ำหนักมากเกินความจำเป็น (Over Design) ทำให้ต้นทุนในการใช้วัตถุดิบเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่ง

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ [2] เป็นกระบวนการหาผลเฉลยโดยประมาณด้วยการวิเคราะห์ปัญหาอันประกอบด้วย สมการเชิงอนุพันธ์, เงื่อนไขขอบเขต, รูปร่างของปัญหา ไปพร้อมกัน สมการเชิงอนุพันธ์ในรูปของค่าอนุพันธ์ จะถูกแปลงไปอยู่ในรูปแบบของ สมการพีชคณิต หรือหากปัญหามีขนาดใหญ่มาก ก็สามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเร็วกว่ามาก โดยทั่วไปแล้วการวิเคราะห์ตามระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มี 3 ขั้นตอนหลักๆ คือ [2]

1) กระบวนการขั้นต้น (pre-processing) เป็นการสร้างรูปทรงเรขาคณิตของปัญหา แล้วแบ่งรูปทรงออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ เอลิเมนต์เหล่านี้จะต่อเชื่อมกันที่จุดต่อใดๆ ที่อยู่บนขอบผิวของปัญหานั้น

2) กระบวนการวิเคราะห์ (analysis) หลังจากสร้างข้อมูลของรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ เงื่อนไขขอบเขต และข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นแล้ว ก็จะทำกรวิเคราะห์เพื่อหาผลลัพธ์ ในกระบวนการนี้จะใช้โปรแกรมทำการคำนวณให้ ซึ่งจะได้ผลคำตอบต่างๆ ในแต่ละจุดต่อและเอลิเมนต์

3) กระบวนการขั้นท้าย (post-processing) หลังจากกระบวนการวิเคราะห์เสร็จสิ้นแล้ว ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะ เป็นค่าการเสียรูปตามจุดต่อต่างๆ รวมทั้งค่าอื่นๆ เช่น ความเค้นย่อย ในแต่ละเอลิเมนต์ จะถูกคำนวณออกมา

เป็นจำนวนมากในรูปของตัวเลข, การพลอตตัวเลขเหล่านี้ ออกมาเป็นแถบระดับสี เพื่อเป็นการช่วยในการตัดสินใจได้ดีขึ้น

วิธีการทดลอง

เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุวัตถุประสงค์ ได้กำหนดวิธีการดำเนินการศึกษาโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ ให้มีความหนาคงที่ค่าหนึ่ง กำหนดคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบเป็นพลาสติกชนิด ASA โดยมีขนาดและรูปร่างเหมือนกับผลิตภัณฑ์ ที่ใช้ในการทดลองจริง ซึ่งคุณสมบัติต่างๆของพลาสติกชนิด ASA แสดงดังตารางที่ 1

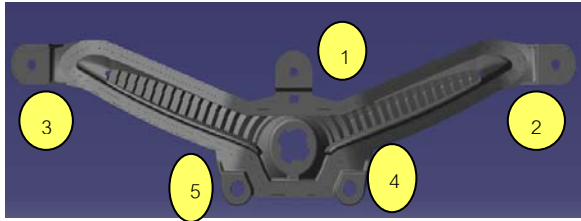
ตารางที่ 1 คุณสมบัติต่างๆของพลาสติกชนิด ASA

| คุณสมบัติ | |
|------------------------------|---------------------------------|
| ความเค้นแรงดึง | $5.1 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ |
| ความต้านแรงโค้งงอ | $8.0 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ |
| โมดูลัสแรงโค้งงอ | $2.4 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ |
| ความต้านแรงกระแทกแบบไอซอด | 70 J/m |
| ความแข็ง Rockwell | R102 |
| โมดูลัสของยัง | $2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ |
| อัตราส่วนปัวซอง | 0.38 |
| อัตราการหลอมไหล | 11 g/10 min |
| อุณหภูมิที่มีผลต่อการเสียรูป | 103 °C |

2) ดำเนินการวิเคราะห์ความแข็งแรง ของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบ ด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองทางวิศวกรรม โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งบริเวณที่พิจารณาคือบริเวณจุดประกอบ กับตัวรถจักรยานยนต์ โดยจะนำความเค้นสูงสุดที่วิเคราะห์ได้ ของแต่ละจุดประกอบ มาเปรียบเทียบกับความเค้นที่จุดประลัยของวัสดุ ซึ่งวัสดุจะเกิดความเสียหายเมื่อความเค้นสูงสุดมีค่าถึงความเค้นประลัย ดังแสดงในสมการค่าความปลอดภัยดังนี้

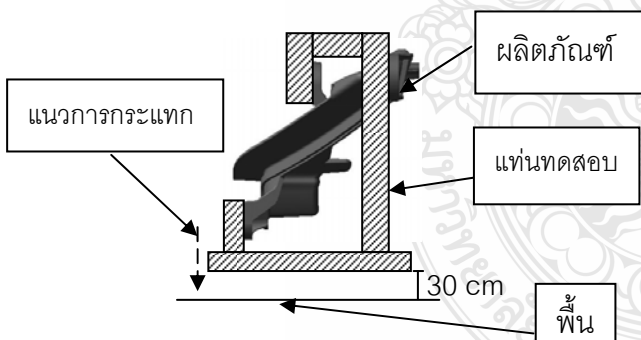
$$\text{ค่าความปลอดภัย} = \frac{\text{ความเค้นที่จุดประลัยของวัสดุ}}{\text{ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้น}} \quad (1)$$

ถ้าค่าความปลอดภัยมากกว่า 1 แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงเพียงพอในการใช้งาน ตำแหน่งตำแหน่งจุดประกอบของผลิตภัณฑ์ที่พิจารณาแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งจุดประกอบของผลิตภัณฑ์ที่พิจารณา

3) เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองทางวิศวกรรม กับการทดสอบทางกล โดยใช้เครื่องทดสอบด้วยแรงกระแทก ซึ่งลักษณะการกระแทกมีลักษณะเป็นความถี่ เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ รูปที่ 2 แสดงภาพด้านข้างของลักษณะการจับยึดผลิตภัณฑ์ด้วยแท่นทดสอบและแนวการกระแทกของเครื่องทดสอบ



รูปที่ 2 แสดงภาพด้านข้างของลักษณะการจับยึดผลิตภัณฑ์ด้วยแท่นทดสอบและแนวการกระแทกของเครื่องทดสอบ

4) นำผลการศึกษาวิเคราะห์ ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์

การทดลองและอภิปราย

1) หลังจากการวิเคราะห์ความแข็งแรง ของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบ ด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองทางวิศวกรรม โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ โดยดูจากค่าความปลอดภัยตามสมการ (1) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์

| ตำแหน่งจุดประกอบ | ค่าความเค้นสูงสุด (N/m ²) | ความเค้นที่จุดประลัยของวัสดุ (x10 ⁷) (N/m ²) | ค่าความปลอดภัย |
|------------------|---------------------------------------|--|----------------|
| 1 | 1.41x10 ¹¹ | 5.1 | 0.0004 |
| 2 | 3.56x10 ⁷ | 5.1 | 1.43 |
| 3 | 3.20x10 ⁷ | 5.1 | 1.59 |
| 4 | 7.18x10 ¹⁰ | 5.1 | 0.0007 |
| 5 | 7.88x10 ¹⁰ | 5.1 | 0.0006 |

2) จากผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงดังตารางที่ 2 เมื่อ นำไปเปรียบเทียบกับ การทดสอบทางกล พบว่าผลิตภัณฑ์เกิดรอยร้าวที่บริเวณจุดประกอบ 1,4,5 ซึ่งมีค่าความปลอดภัยน้อยกว่า 1 แสดงว่าการวิเคราะห์ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงแบบจำลองของผลิตภัณฑ์ได้

3) นำผลการศึกษาวิเคราะห์ ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ โดยทำการเพิ่มความหนาบริเวณจุดประกอบที่มีค่าความปลอดภัยน้อยกว่า 1 ซึ่งผลที่ได้ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงแล้ว

| ตำแหน่งจุดประกอบ | ค่าความเค้นสูงสุด (N/m ²) | ความเค้นที่จุดประลัยของวัสดุ (x10 ⁷) (N/m ²) | ค่าความปลอดภัย |
|------------------|---------------------------------------|--|----------------|
| 1 | 4.93x10 ⁷ | 5.1 | 1.03 |
| 2 | 3.56x10 ⁷ | 5.1 | 1.43 |
| 3 | 3.20x10 ⁷ | 5.1 | 1.59 |
| 4 | 4.80x10 ⁷ | 5.1 | 1.06 |
| 5 | 4.77x10 ⁷ | 5.1 | 1.07 |

จากตาราง แสดงให้เห็นว่าค่าความปลอดภัยของแต่ละจุดประกอบมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งาน

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาวเคราะห์ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองทางวิศวกรรม (CAE) สามารถสรุปรายละเอียดที่ได้จากการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1.) การศึกษาวเคราะห์ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงแบบจำลองของผลิตภัณฑ์ได้ โดยดูจากค่าความปลอดภัย ถ้ามากกว่า 1 แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงเพียงพอในการใช้งาน

2.) สามารถประยุกต์ใช้การศึกษาวเคราะห์ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการปรับปรุงแบบจำลองของผลิตภัณฑ์ เช่น ปรับเปลี่ยนความหนา, หรือรูปร่างของผลิตภัณฑ์ ให้เหมาะสมเพื่อนำไปวิเคราะห์ความแข็งแรง โดยดูจากค่าความปลอดภัยก่อนการฉีดในแม่พิมพ์จริง สามารถลดต้นทุนในการแก้ไขแบบและลดต้นทุนจากกรณี Over Design ได้

เอกสารอ้างอิง

หนังสือภาษาไทย

- [1] ศ.ดร. ปราโมทย์ เดชะอำไพ. (1994). ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สนพ. แห่ง จุฬาลงกรณ์
- [2] ศ.ดร. ปราโมทย์ เดชะอำไพ, ผศ. ดร. วิโรจน์ ลิ้มตระการ, เสฏฐวรรธ สุจริตภวัตสกุล, ยศกร ประทุมวัลย์ (2009). การประยุกต์ใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วย SolidWorks Simulation. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [3] ดร.จินตมัย สุวรรณประณีป. (2008). ความล้าของโพลีเมอร์. ปทุมธานี: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค).

Internet Source

- [4] Theeraporn Teja. (2010). การวิเคราะห์ผลลัพธ์ CAE เรื่อง failure criterion #1, การวิเคราะห์ผลลัพธ์ CAE เรื่อง failure criterion #2. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 สิงหาคม 2553, จาก <http://www.applicadthai.com/business/articles/การวิเคราะห์ผลลัพธ์-CAE-เรื่อง-failure-criterion-1>, <http://www.applicadthai.com/business/articles/การวิเคราะห์ผลลัพธ์-CAE-เรื่อง-failure-criterion-2>
- [5] (2011). พลาสติก. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2553, จาก <http://th.wikipedia.org/wiki/พลาสติก>

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการติดกลับกับความเค้นในกระบวนการดัดโลหะ แบบ Compression โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

อัครราษฎร์ พิเศษวานิช¹ ศิริชัย ต่อสกุล^{2*}

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

*E-mail: storsakul@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการติดกลับกับความเค้นในกระบวนการดัดโลหะแบบ Compression โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ จัดทำเพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้ชุดแม่พิมพ์ดัดมัลติฟังก์ชันกับเหล็ก 3 ประเภทในองศาการดัดที่ต่างกัน งานวิจัยนี้จะใช้เหล็กเกรด ST37 สำหรับชิ้นงาน (1) เหล็กท่อกลวงเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.8 มิลลิเมตร ที่มีความบางของผนังท่อเท่ากับ 0.4 มิลลิเมตร (2) เหล็กเส้นกลมผิวเรียบเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร (3) เหล็กแผ่นความกว้าง 25 มิลลิเมตรหนา 2 มิลลิเมตร การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ และการปฏิบัติงานจริงจะใช้อองศาในการดัดเท่ากับ 15 , 30 , 45 , 60 , 75 และ 90 องศา ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าเหล็กท่อกลวงมีค่าคงที่การติดตัวกลับ (K) สูงสุดเท่ากับ 0.983 ที่องศาตัด 60 องศา ซึ่งมีความเค้นน้อยสุดเท่ากับ $6.31E+002$ เหล็กเส้นกลมมีค่า (K) สูงสุดเท่ากับ 0.967 ที่องศาตัด 60 องศา ซึ่งมีความเค้นน้อยสุดเท่ากับ $6.45E+002$ และเหล็กแผ่นมีค่า (K) เท่ากับ 0.933 ที่องศาตัด 75 องศา ซึ่งมีความเค้นน้อยสุดเท่ากับ $6.38E+002$ โดย (K) จะแปรผกผันกับความเค้นที่เกิดขึ้นบริเวณส่วนโค้งของเหล็กทั้ง 3 ประเภท คือเหล็กที่มีความเค้นมากจะมีเปอร์เซ็นต์การติดกลับมาก โดยเหล็กแผ่นจะเกิดการติดตัวกลับมากที่สุด ตามด้วยเหล็กเส้นสุดท้ายเหล็กท่อกลวงจะเกิดการติดตัวกลับน้อยที่สุด

คำสำคัญ การติดตัวกลับ, ความเค้นตกค้าง, การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์, Compression

1. บทนำ

กระบวนการดัดโลหะเป็นการขึ้นรูปแบบเสียรูปอย่างถาวร นิยมใช้กับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ก่อสร้าง ฯลฯ แต่ก็มีข้อบกพร่อง อาทิ รอยแตก รอยย่น และการติดตัวกลับ ซึ่งในกระบวนการดัดวัสดุจะยืดตัว ส่วนความเค้นจะเพิ่มขึ้น [1] เมื่อถอนแม่พิมพ์ออกความเค้นภายในจะคงอยู่หลังการดัดจะเกิดโมเมนต์ทำให้เกิดการติดตัวกลับ (Spring back) [2] ซึ่งองศาในการดัด และความเค้นจะมีผลต่อการติดกลับ ดังนั้นจึงสร้างแม่พิมพ์ดัดมัลติฟังก์ชันเพื่อตัดเหล็กท่อกลวง เหล็กเส้นกลม เหล็กแผ่น และเพื่อศึกษาผลกระทบจากกระบวนการดัด ทั้งนี้ได้นำโปรแกรม MSC Marc มาวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นในแต่ละองศาตัด ส่วนความเค้นที่ได้จะนำมาวิเคราะห์กับค่าคงที่การติดกลับ (K) ซึ่งการทดลองจะควบคุมองศาในการดัดตั้งแต่ 15 ถึง 90 องศา และแรงที่ใช้ดัดเท่ากับ 7,500 นิวตัน

2. ทฤษฎี

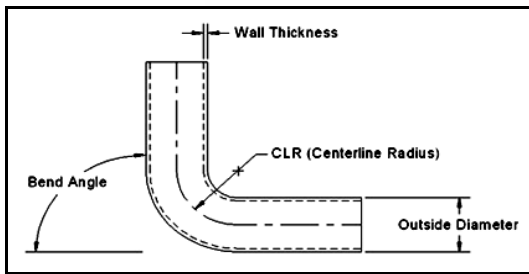
2.1 ทฤษฎีการดัดแบบ Compression Bending

การดัดแบบ Compression Bending เป็นการดัดประเภทหนึ่งซึ่งใช้แรงในการอัดตลอดจนเป็นการประยุกต์มาจากการดัดประเภท Rotary Draw Bending [3] การดัดประเภทนี้ชิ้นงานโลหะที่จะหมุนไปรอบๆ ตามรัศมีการดัดของแม่พิมพ์ดัด (Bend Die) ซึ่งติดอยู่กับที่ ชิ้นงานที่หมุนไปจะเคลื่อนที่ไปโดย Pressure Die ซึ่งการดัดโลหะนั้นจะต้องคำนวณหารัศมีหารัศมีในการดัดท่อโดยสามารถ

อ้างอิงจากสมการหาค่าของ The minimum centerline radius (CLR) [4] โดยต้องทราบเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ และนอกจากนี้ยังมีสมการหารัศมีในการตัด ฯลฯ ดังนี้

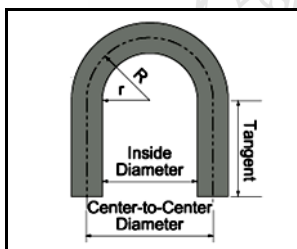


รูปที่ 1 การตัดแบบ Compression Bending



รูปที่ 2 ภาพประกอบการหา minimum centerline radius [4]

$$(CLR) CLR = 4x OD \quad (1)$$

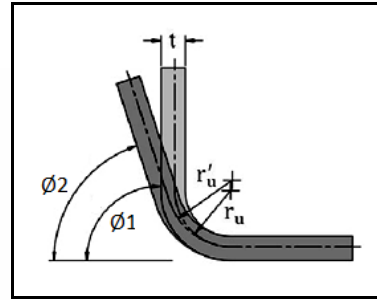


รูปที่ 3 ภาพประกอบการหารัศมีความโค้ง [4]

$$r = R - (OD/2) \quad (2)$$

หลังจากทำการตัด จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของมุม และรัศมีเล็กน้อยหลังจากการตัด เรียกว่า การดีดตัวกลับ (Springback) เนื่องจากในระหว่างกระบวนการตัดความเค้นได้มีการเพิ่มขึ้นภายในโลหะ และเมื่อแม่พิมพ์ถูกปลดออก ความเค้นภายในก็ยังคงอยู่ ซึ่งความเค้นตกค้างก่อให้เกิดโมเมนต์ภายในการตัดซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการ

ดีดกลับ การดีดกลับตัวจะยังเกิดขึ้นแต่จะหยุดจนกระทั่งโมเมนต์ภายในการตัดเป็นศูนย์ องค์ศาของการดีดกลับจะขึ้นอยู่กับมุมของการตัด สมบัติของวัสดุ เครื่องมือต่างๆ ซึ่งในทางปฏิบัติจริงสามารถคำนวณการดีดกลับได้ [5] , [6]



รูปที่ 4 การดีดกลับ (Spring Back) ของโลหะ [6]

$$K_R = \frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{r_u + 0.5T}{r'_u + 0.5T} \quad (3)$$

$$K_R = \frac{\phi_1 - \Delta\phi_1}{\phi_1} \quad (4)$$

การพยายามที่จะกลับสู่สภาพปกติ ความเค้นตกค้างส่งผลให้วัสดุเกิดการดีดกลับมาบางส่วน ความแตกต่างของมุมการงอที่เกิดจากการ Springback ; $\Delta\phi_1$ [6]

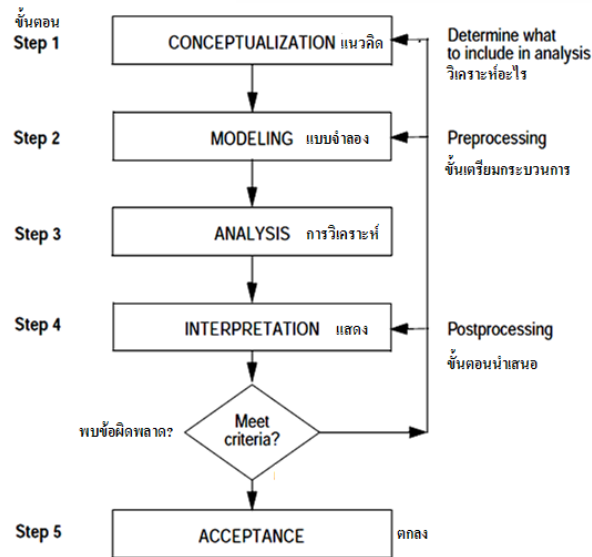
2.2 หลักการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis : FEA) เป็นการวิเคราะห์เชิงตัวเลขเพื่อให้ผลลัพธ์โดยประมาณของปัญหา ซึ่งประกอบด้วยสมการควบคุมระบบ และใช้เงื่อนไขขอบเขต หลักการไฟไนต์เอลิเมนต์จะแบ่งโดเมนของปัญหาออกเป็นชิ้นส่วนย่อยๆ เรียกว่า เอลิเมนต์ (Element) ซึ่งในแต่ละเอลิเมนต์จะเชื่อมกันด้วยจุดโหนด (Node) [7] , [8]

การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น (Materials Nonlinear) โดยปกติการวิเคราะห์แบบยืดหยุ่นเชิงเส้น (Linear Elastic) จะอยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่าจะมีการคืนรูปอย่างสมบูรณ์เมื่อนำแรงกระทำออกไปแล้ว ค่าอัตราส่วนของความเค้น (Stress) และความเครียด (Strain) ที่เรียกว่า Elastic Modulus จะมีค่าคงที่เสมอ แต่ในวัสดุบางประเภท การคืนรูปเมื่อนำแรงออกไป จะเกิดความไม่สมบูรณ์จนเกิดช่วง Plastic Strain ซึ่งสมการ Materials Nonlinear [9]

$$[K] = \int [B]^T [D] [B] dV \quad (5)$$

โปรแกรม Msc Marc. มีวงจรการวิเคราะห์ (The Analysis Cycle) ซึ่งเป็นวงจรในการวิเคราะห์ 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากแนวคิดจนถึงการแสดงผลสรุปอย่างทั่วไปคือ ขั้นตอนการเตรียมกระบวนการ (Pre Processing) การวิเคราะห์ (Analysis) การนำเสนอกระบวนการ (Post Processing) โปรแกรม มีหัวข้อที่ต้องปฏิบัติเสมอคือ 1. การกำเนิด (Mesh generation) 2. เงื่อนไขขอบเขต และการเชื่อมโยง (Boundary Conditions , Initial Conditions and Links) 3. สมบัติวัสดุ และสมบัติทางเรขาคณิต (Geometric Properties) 4. การสัมผัส (Contact) 5. การตีความผลลัพธ์ (Results interpretation) [10]



รูปที่ 5 วงจรการวิเคราะห์ (The Analysis Cycle) [10]

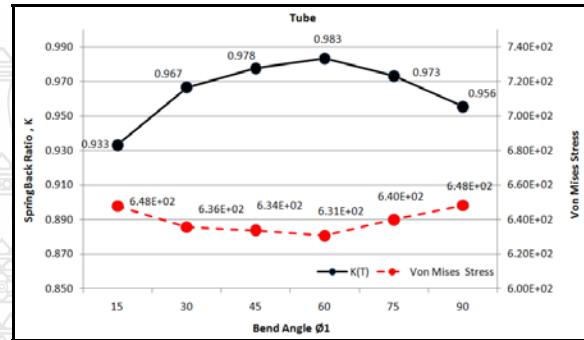
3. ผลการทดลอง และการวิเคราะห์

3.1 การตีดกลับของเหล็กที่ได้รับอิทธิพลจากความเค้น

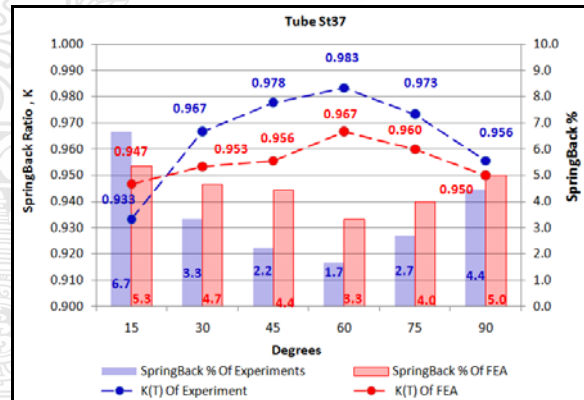
การวิเคราะห์การตีดกลับของเหล็กเกรด ST37 ทั้งหมด 3 ประเภท คือ เหล็กท่อกดง เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ และเหล็กแผ่น เพื่อเปรียบเทียบกับค่าความเค้น และค่าคงที่การตีดกลับ (K) ตามองศาในการดัด โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างผลการปฏิบัติงานจริงกับผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

ตารางที่ 1 ค่าคงที่การตีดกลับเหล็กท่อกดง

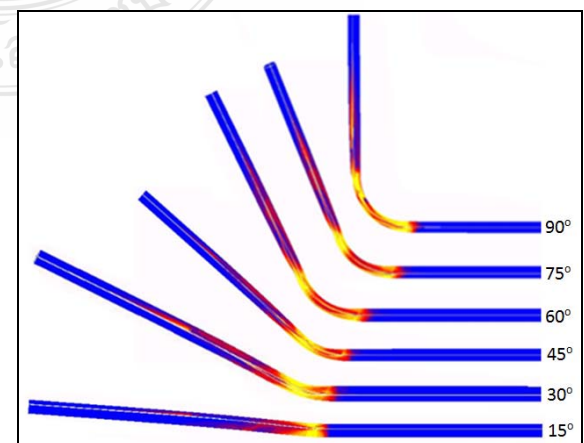
| องศาการดัด | Experiment | | Finite Element | | Stress |
|------------|------------|--------------|----------------|--------------|----------|
| | (KT) | SpringBack % | (KT) | SpringBack % | |
| 15 | 0.933 | 6.7 | 0.947 | 5.3 | 6.48E+02 |
| 30 | 0.967 | 3.3 | 0.953 | 4.7 | 6.36E+02 |
| 45 | 0.978 | 2.2 | 0.956 | 4.4 | 6.34E+02 |
| 60 | 0.983 | 1.7 | 0.967 | 3.3 | 6.31E+02 |
| 75 | 0.973 | 2.7 | 0.960 | 4.0 | 6.40E+02 |
| 90 | 0.956 | 4.4 | 0.950 | 5.0 | 6.48E+02 |



รูปที่ 6 ความเค้น และค่าคงที่การตีดกลับของเหล็กท่อกดง



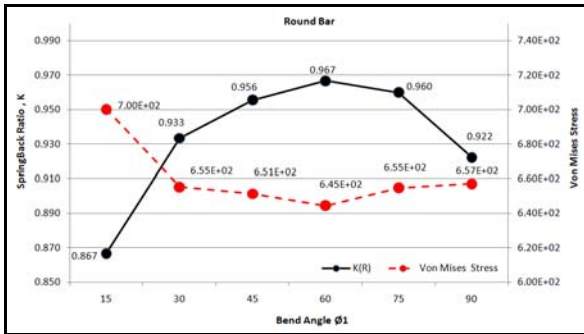
รูปที่ 7 ค่าคงที่การตีดกลับเหล็กท่อกดง



รูปที่ 8 ความเค้นบริเวณส่วนโค้งของเหล็กท่อกดง

ตารางที่ 2 ค่าคงที่การดีดกลับเหล็กเส้นกลม

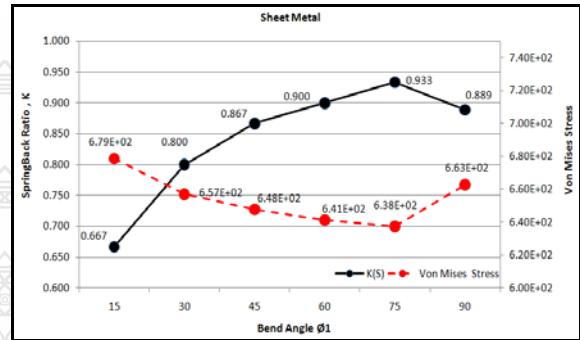
| องศาการดัด | Experiment | | Finite Element | | Stress |
|------------|------------|--------------|----------------|--------------|----------|
| | (KR) | SpringBack % | (KR) | SpringBack % | |
| 15 | 0.867 | 13.3 | 0.933 | 6.7 | 7.00E+02 |
| 30 | 0.933 | 6.7 | 0.967 | 3.3 | 6.55E+02 |
| 45 | 0.956 | 4.4 | 0.978 | 2.2 | 6.51E+02 |
| 60 | 0.967 | 3.3 | 0.992 | 0.8 | 6.45E+02 |
| 75 | 0.960 | 4.0 | 0.973 | 2.7 | 6.55E+02 |
| 90 | 0.922 | 7.8 | 0.956 | 4.4 | 6.57E+02 |



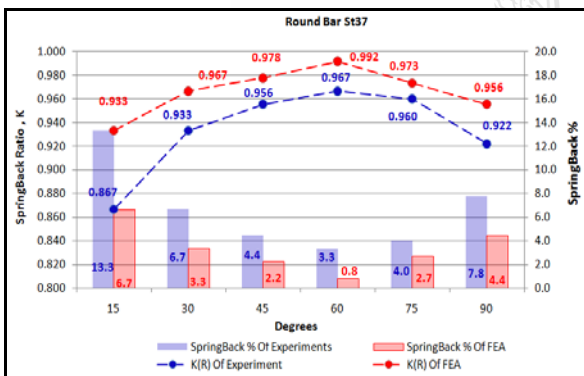
รูปที่ 9 ความเค้น และค่าคงที่การดีดกลับของเหล็กเส้นกลม

ตารางที่ 3 ค่าคงที่การดีดกลับเหล็กแผ่น

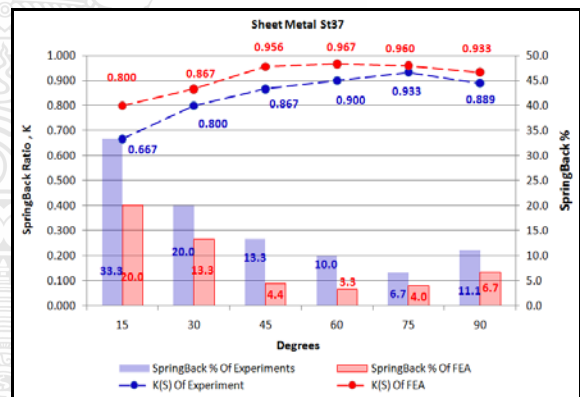
| องศาการดัด | Experiment | | Finite Element | | Stress |
|------------|------------|--------------|----------------|--------------|----------|
| | (KS) | SpringBack % | (KS) | SpringBack % | |
| 15 | 0.667 | 33.3 | 0.800 | 20.0 | 6.79E+02 |
| 30 | 0.800 | 20.0 | 0.867 | 13.3 | 6.57E+02 |
| 45 | 0.867 | 13.3 | 0.956 | 4.4 | 6.48E+02 |
| 60 | 0.900 | 10.0 | 0.967 | 3.3 | 6.41E+02 |
| 75 | 0.933 | 6.7 | 0.960 | 4.0 | 6.38E+02 |
| 90 | 0.889 | 11.1 | 0.933 | 6.7 | 6.63E+02 |



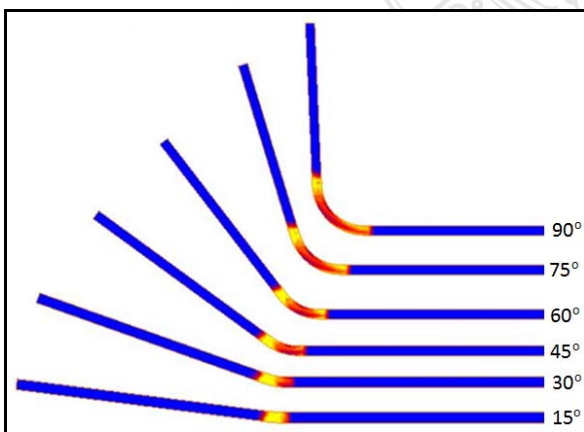
รูปที่ 12 ความเค้น และค่าคงที่การดีดกลับของเหล็กแผ่น



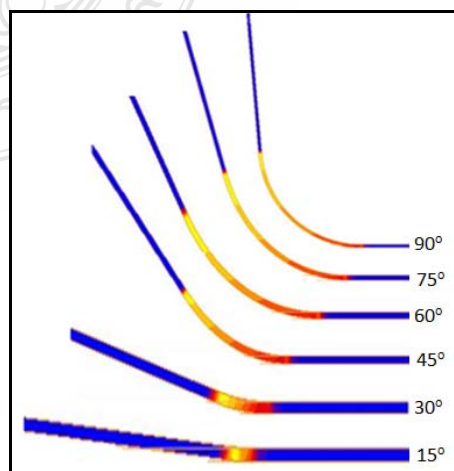
รูปที่ 10 ค่าคงที่การดีดกลับเหล็กเส้นกลม



รูปที่ 13 ค่าคงที่การดีดกลับเหล็กแผ่น



รูปที่ 11 ความเค้นบริเวณส่วนโค้งของเหล็กเส้นกลม



รูปที่ 14 ความเค้นบริเวณส่วนโค้งของเหล็กแผ่น

จากรูปที่ 6 ผลการทดลองตัดเหล็กที่ถ่วงตั้งแต่ 15 ถึง 90 องศาจะพบว่าการตัดที่ 15 องศา ค่าคงที่การตีกลับ (KT) จะน้อยที่สุดเท่ากับ 0.933 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 7 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์การตีกลับอยู่ที่ 6.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงความเค้นของการตัดที่ 15 องศาจะพบว่าเท่ากับ $6.48E+002$ จากกราฟแสดงความเค้น และค่าคงที่การตีกลับของเหล็กที่ถ่วงจะเห็นได้ว่าเมื่อองศาในการตัดเพิ่มขึ้นแนวโน้มของค่า KT จะสูงขึ้น และมีค่าสูงสุดที่มุมตัด 60 องศา ซึ่งเท่ากับ 0.983 ซึ่งเป็นองศาการตัดที่เกิดค่าความเค้นภายในเหล็กที่ถ่วงน้อยที่สุดเท่ากับ $6.31E+002$ หลังจากการตัดที่ 60 องศาเป็นต้นไปค่า KT มีแนวโน้มลดลงไปถึง 0.956 ซึ่งมีความเค้นเท่ากับ $6.48E+002$ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า KT ในทางปฏิบัติการตัดเหล็กที่ถ่วงจริงแล้วส่วนมากค่า KT จะสูงกว่าผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) ดังรูปที่ 7 ซึ่งค่า KT ในทางปฏิบัติสูงสุดเท่ากับ 0.983 แต่ในทาง FEA จะเท่ากับ 0.967 โดยอยู่ที่การตัด 60 องศาเหมือนกัน จากรูปจะเห็นได้ว่าค่า KT และเปอร์เซ็นต์การตีกลับของเหล็กที่ถ่วง ของทางปฏิบัติจะสูงกว่า FEA แต่ผลจากการวิเคราะห์ก็มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับผลของการทดลองปฏิบัติจริง โดยเมื่อองศาในการตัดเพิ่มขึ้นค่า KT ของ FEA ก็จะมีเพิ่มขึ้นไปจนถึงองศาตัดที่ 60 ก็จะมีแนวโน้มลดลงไปเท่ากับ 0.950 ซึ่งเปอร์เซ็นต์การตีกลับก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นแบบเดียวกันกับการคำนวณในทางปฏิบัติการตัดจริง

ในการศึกษาค่าคงที่การตีกลับของเหล็กเส้นกลม (KR) จะพบว่าเมื่อทำการตัดที่มุม 15 องศา ค่า KR จะน้อยที่สุด และเป็นองศาที่มีค่าความเค้นภายในท่อสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.867 และ $7.00E+002$ ตามลำดับ ดังรูปที่ 9 โดยแนวโน้มหลังจากการตัดที่ 15 องศา ค่า KR มีแนวโน้มสูงขึ้นไปจนถึงการตัดที่ 60 องศา ซึ่งมี KR เท่ากับ 0.967 และเป็นองศาที่ความเค้นน้อยที่สุดเท่ากับ $6.45E+002$ ซึ่งหลังจากการตัดที่ 60 องศาไปแล้วแนวโน้มของค่า KR จะลดลง ในทางตรงกันข้ามค่าความเค้นจะเพิ่มมากขึ้นไปจนถึง $6.57E+002$ ในองศาการตัดที่ 90 เมื่อดูรูปที่ 10

สามารถพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์การตีกลับเปรียบเทียบกับค่า KR ในทางปฏิบัติจริง และ FEA พบว่า แนวโน้มของโอกาสที่จะการตีกลับเหมือนกัน โดยที่ 15 องศา เปอร์เซ็นต์การตีกลับของเหล็กเส้นกลมในส่วนของทางปฏิบัติ และ FEA จะสูงที่สุด อีกทั้งมีแนวโน้มลดลงไปถึงการตัดที่ 60 องศา ซึ่งมี KR ในทางปฏิบัติ และ FEA เท่ากับ 3.3 กับ 0.8 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า KR แล้วพบว่าทั้งทางปฏิบัติ และ FEA มีแนวโน้มสูงขึ้น และเมื่อเปอร์เซ็นต์การตีกลับเหล็กเส้นกลมสูงขึ้น แนวโน้มของค่า KR จะลดลงเหมือนกันทั้ง 2 ค่า

ในส่วนการวิเคราะห์การตีกลับของเหล็กแผ่นจะมีส่วนคล้ายกับผลการทดลองทั้งสองดังที่กล่าวไว้แล้วในขั้นต้น ซึ่งมีแนวโน้มของค่าคงที่การตีกลับของเหล็กแผ่น (KS) สูงขึ้นในช่วงการตัด 15 ถึง 75 องศา โดยที่การตัด 75 องศาจะมีค่า KS สูงสุดเท่ากับ 0.933 ในทางตรงกันข้ามที่ 75 องศาค่าความเค้นก็น้อยที่สุดเท่ากับ $6.38E+002$ และมีแนวโน้มสูงขึ้นไปถึง $6.63E+002$ ซึ่งความเค้นที่เพิ่มขึ้นนี้มีส่วนทำให้ค่าคงที่ KS ลดน้อยลง ในการพิจารณาค่า KS ของทางปฏิบัติจริง และการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) ค่า KS และเปอร์เซ็นต์การตีกลับ มีแนวโน้มคล้ายคลึงกัน โดยการปฏิบัติจริงที่ 15 องศาค่า KS เท่ากับ 0.667 และค่าที่ได้จาก FEA เท่ากับ 0.80 ซึ่งจากรูปที่ 13 จะเห็นว่าแนวโน้มของการตีกลับนั้น การปฏิบัติจริง และ FEA จะมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกัน

4. สรุปผลการทดลอง และการวิเคราะห์

1. องศาในการตัดที่เพิ่มขึ้นทำให้แนวโน้มของค่าคงที่การตีกลับของในทางปฏิบัติ และทาง FEA สูงขึ้น
2. เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การตีกลับที่องศาเดียวกันจะพบว่าเหล็กแผ่นมีเปอร์เซ็นต์การตีกลับมากกว่าเหล็กอีก 2 ชนิด
3. ค่าคงที่การตีกลับของเหล็กทั้ง 3 ชนิดจะแปรผกผันกับค่าความเค้นวอนนิสเชส ถ้าความเค้นมากค่า K จะน้อย

4. ผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่าค่าคงที่การตีดกลับ และเปอร์เซ็นต์การตีดกลับมีแนวโน้มสูงขึ้น หรือลดลงเหมือนกับค่า K จากการปฏิบัติ

5. เหล็กที่ทอกลวงจะมีเปอร์เซ็นต์การตีดกลับน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กอีก 2 ชนิด เนื่องจากมีค่า K มากที่สุด โดยที่เหล็กแผ่นมีเปอร์เซ็นต์การตีดกลับสูงที่สุด

6. การตีดกลับของเหล็กทั้ง 3 ชนิดเกิดขึ้นจากความเค้นในกระบวนการตัดยังคงค้างอยู่ในเนื้อวัสดุ

7. แนวโน้มของค่า K และเปอร์เซ็นต์การตีดกลับของเหล็กทั้ง 3 ชนิดจากการปฏิบัติจริง (Experiments) และไฟไนต์เอลิเมนต์มีแนวโน้มสูงต่ำไปในทิศทางเดียวกัน แต่สิ่งที่แตกต่างคือ ค่า K และเปอร์เซ็นต์การตีดกลับไม่เท่าผลการปฏิบัติจริง

8. ผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นแบบประมาณการเท่านั้น ซึ่ง FEA สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการพยากรณ์ และแก้ปัญหาทางวิศวกรรมได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องจากได้รับคำแนะนำจากท่านคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Rohit Agarwal, Tube Bending with Axial Pull and Internal Pressure. Master of Science Thesis, Mechanical Engineering Texas A&M University. May 2004.

[2] Vukota Boljanovic, Ph.D. Doctor in Technical Science. Sheet Metal Forming Process And Die Design. Industrial Press Inc. 200 Madison Avenue New York 10016, pp. Xii-3.

[3] Hines, Tube Bending Guide, United States and Canada. 2710 Swamp Cabbage Court. Fort Myers. FL 33901

[4] Wm Q. Tingley III Vice President of Bend Tooling. Inc. Grand Rapids. Michigan, U.S.A.

[5] C.A. Queener, R.J. De Angelis, 1968. Elastic spring-back and residual stresses in sheet metal formed by bending. Transactions of ASME 61: 757-768.

[6] M.A. Osman , M. Shazly , A. El-Mokaddem , A.S. Wifi a Department of Industrial Engineering. Fayoum University. 63514 Egypt

[7] David Royslance, 2001. Finite Element Analysis. Department of Materials Science and Engineering Massachusetts Institute of Technology Cambridge. February 28.

[8] Daryl L. Logan, FINITE ELEMENT METHOD Fourth Edition. University of Wisconsin-Platteville

[9] MSC.Software Corporation, 2007. INTRODUCTION TO MSC. Marc And Mentat. 815 Colorado Boulevard Innsbruck Ring 15 Los Angeles.

[10] MSC.Software Corporation, MSC. MARC USER GUIDE VERSION 2008 R1 VOLUME B. 815 Colorado Boulevard Innsbruck Ring 15 Los Angeles.

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแพด้วยขวดน้ำดื่มพลาสติกเหลือใช้

ปรีชา ช่างย่อม

สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.เชียงใหม่

E-mail: changchana@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแพด้วยขวดน้ำดื่มพลาสติกเหลือใช้ เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ประชาชนที่มีบ้านพักอาศัยอยู่ในพื้นที่ประสบอุทกภัยเป็นประจำทุกปีสามารถนำขวดน้ำดื่มพร้อมฝาปิดที่ผ่านการใช้งานแล้ว นำมามัดรวมกันเป็นแพสำหรับการขนย้ายสัมภาระ หรือเด็กเล็กออกนอกพื้นที่ได้อย่างปลอดภัย โดยเริ่มต้นจากการนำขวดน้ำดื่มพลาสติกเหลือใช้ที่ปิดฝาสนิทและมีปริมาตรความจุเท่ากันมามัดรวมกันให้เป็นแพ ซึ่งปัจจัยนำเข้าคือขนาดความจุของขวด 2 ขนาด ได้แก่ 0.6 ลิตร และ 1.5 ลิตร เพื่อนำมาหาจำนวนขวดที่มีผลต่อตัวแปรผลตอบคือ น้ำหนักหรือภาระที่รับได้ โดยกำหนดขอบเขตของแต่ละแพให้สามารถรับภาระได้ไม่ต่ำกว่า 80 กิโลกรัม และแพนั้นๆ จะจมลงได้เพียงครั้งหนึ่งของความสูงของขวดเท่านั้น ผลการทดลองพบว่า แพซึ่งประกอบจากขวดน้ำดื่มที่มีความจุ 0.6 ลิตร ขนาด 12x18 ขวด รวมจำนวน 216 ขวด และความจุ 1.5 ลิตร ขนาด 10x12 ขวด รวมจำนวน 120 ขวด สามารถรับภาระได้ 80 กิโลกรัมอย่างปลอดภัย

คำสำคัญ แพ, ขวดน้ำดื่มเหลือใช้, พลาสติก, Recycle, Reuse

1. บทนำ

อุทกภัย (Flood) หรือภัยและอันตรายที่เกิดจากสภาวะน้ำท่วมหรือน้ำท่วมฉับพลันที่เกิดขึ้นในประเทศไทยเป็นภัยธรรมชาติที่มีสาเหตุมาจากการเกิดฝนตกหนักหรือ

ฝนตกต่อเนื่องเป็นเวลานาน ภายใต้ห่อความกดอากาศต่ำ พายุหมุนเขตร้อน ร่องมรสุม ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ [1], [2] ซึ่งปัญหาน้ำท่วมเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี โดยมีจังหวัดที่ได้รับผลกระทบอยู่ระหว่าง 42-74 จังหวัด [2], [3] สร้างความเสียหายแก่อาคารบ้านเรือน สิ่งก่อสร้างและสาธารณสถาน เส้นทางคมนาคมและการขนส่ง ระบบสาธารณูปโภค พื้นที่การเกษตรและการปศุสัตว์ รวมถึงมีโรคที่มากับน้ำท่วมมากมาย เช่น น้ำกัดเท้าและผื่นคัน ไข้หวัด โรคเคลือบฟัน โรคตาแดง เป็นต้น [4] วิธีปฏิบัติในการป้องกันตนเองและบรรเทาจากอุทกภัยกระทำได้หลายวิธี เช่น การเคลื่อนย้ายวัสดุออกจากแหล่งที่จะได้รับความเสียหายไปยังพื้นที่ที่ปลอดภัยหรือในที่สูง เป็นต้น [1] ซึ่งการขนย้ายสัมภาระหรือเด็กเล็กออกนอกพื้นที่เป็นกระบวนการที่ผู้วิจัยให้ความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากพื้นที่เกิดอุทกภัยส่วนใหญ่ประชาชนจะขนย้ายสัมภาระหลังเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมแล้ว ปัญหาที่ตามมาคือขาดเครื่องมือหรืออุปกรณ์ช่วยในการขนย้ายสัมภาระที่สามารถรับภาระและลอยน้ำได้ทันทีเมื่อต้องการ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวที่ประชาชนสามารถผลิตหรือประกอบได้ด้วยตนเองอย่างสะดวกและรวดเร็วที่สุดคือ “แพ”

วัสดุที่ผู้ประสพภัยสามารถจัดหาได้ง่ายและน่าจะนำมาประกอบเป็นแพเพื่อขนย้ายสัมภาระได้เป็นอย่างดีชนิดหนึ่งคือ ขวดน้ำดื่มเหลือใช้ ซึ่งมีสถิติการใช้ขวดพลาสติกในประเทศไทย ปี 2550 ปริมาณถึงปีละ 3,855 ล้านใบ แบ่งเป็นขวดขาวขุนปีละ 2,880 ล้านใบ และขวดใสปีละ 975 ล้านใบ [5] โดยผู้วิจัยให้ความสนใจที่จะศึกษา

ความเป็นไปได้ในการนำขวดใส (PET → Polyethylene Terephthalate) ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีความโปร่งใส แข็งแรง ทนทาน เหนียว ไม่แตกง่าย สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี และทนต่ออุณหภูมิได้ระหว่าง 70-100 องศาเซลเซียส รวมถึงมีฝาปิดแบบเกลียวเป็นผลให้สามารถนำกลับมาใช้งานซ้ำได้สะดวก [6], [7] มาค้นหาวิธีการประกอบให้เป็นแพ และหาความสามารถในการรับน้ำหนักได้อย่างปลอดภัย เพื่อให้ผู้ประสบภัยสามารถช่วยเหลือตนเองและครอบครัวได้ในเบื้องต้น รวมถึงส่งเสริมและสนับสนุนให้ประชาชนสนใจการแยกขยะ การนำขยะกลับมาใช้ซ้ำ หรือนำกลับมาแปรรูปใหม่

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนใหญ่ๆ ได้แก่ 1) การเลือกขนาดขวด 2) กำหนดเป้าหมายของการรับภาระ 3) ค้นหารูปแบบของการวางแพและการประกอบแพ 4) ออกแบบขั้นตอนเพื่อค้นหาจำนวนขวดสำหรับการออกแบบการทดลอง 5) ทดลองเพื่อหาขนาดของภาระที่รับได้ และ 6) การทดสอบสมมติฐาน

2.1 การเลือกขนาดขวด

ขวดใสสำหรับบรรจุน้ำดื่ม หรือที่นิยมเรียกว่าขวดเพ็ต (PET) โดยทั่วไปจะแบ่งขนาดของขวดตามปริมาตรการบรรจุน้ำได้หลายขนาด เช่น 0.5 ลิตร 0.6 ลิตร 1 ลิตร 1.5 ลิตร และ 2 ลิตร เป็นต้น ซึ่งแต่ละขนาดบรรจุส่วนใหญ่จะมีรูปร่างโดยรวมเป็นทรงกระบอกกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ผู้วิจัยจึงเลือกขวดใสพร้อมฝาปิดเพื่อนำมาประกอบเป็นแพ 2 ขนาดบรรจุ คือ 0.6 ลิตร รูปร่างทรงกระบอกกลม และ 1.5 ลิตร รูปร่างทรงกระบอกสี่เหลี่ยมจัตุรัส เนื่องจากเป็นขวดใสที่หาง่ายและผู้บริโภคทั่วไปนิยมซื้อสินค้าซึ่งมีหลากหลายยี่ห้อแล้วทั้งเป็นขยะหรือสิ่งของเหลือใช้

2.2 กำหนดเป้าหมายของการรับภาระ

จากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่า ขวดใสเปล่าปิดฝา 1 ขวด จะสามารถรับภาระได้น้อยมาก เพื่อให้การทดลองนี้ใช้ปริมาณขวดน้อยและพื้นที่การทดลอง (สระน้ำ) ขนาดเล็ก จึงกำหนดเป้าหมายให้แพซึ่งประกอบขึ้นต้องรับภาระ

ได้ไม่ต่ำกว่า 80 กิโลกรัม ที่ระดับการจมลงไม่เกินครึ่งหนึ่งของความสูงของขวดใส

2.3 ค้นหารูปแบบของการวางแพและการประกอบแพ

ขวดใสปิดฝาสามารถนำมาลอยน้ำเพื่อประกอบให้เป็นแพได้ 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ การนอนขวด และการตั้งขวด (หงายหรือคว่ำ) ซึ่งการวางขวดตามแนวนอนแล้วนำมาเรียงต่อกันและซ้อนทับเป็นชั้นๆ การมัดรวมกันให้เป็นแพทำได้ยากมาก (ต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ช่วยเสริม ทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง) ส่วนการตั้งขวดจะมีวิธีการมัดรวมกันที่ง่ายกว่าการนอนขวด กล่าวคือไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เสริมก็สามารถประกอบเป็นแพได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกประกอบแพโดยวิธีการเรียงขวดตามแนวตั้งแล้วมัดรวมกัน โดยอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการมัดรวมกันมีหลายชนิด ได้แก่ ลวด เชือก ปอแก้ว เป็นต้น ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะให้ใช้ปอแก้วหรือบางพื้นถิ่นเรียกว่าเชือกฟาง เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก การมัดไม่ทำให้ขวดเสียรูปทรง ขณะแช่น้ำไม่เป็นสนิมและไม่หลุดออกจากขวด

2.4 ออกแบบขั้นตอนเพื่อค้นหาจำนวนขวดสำหรับการออกแบบการทดลอง

ขั้นตอนนี้เป็นประกอบแพแบบสุ่มจำนวนขวด บนพื้นฐานแนวคิดที่ว่า แพควรมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า และต้องรับภาระได้ไม่ต่ำกว่า 80 กิโลกรัม โดยการจมลงของขวดไม่เกินครึ่งหนึ่งของความสูง ซึ่งได้ขนาดของแพและจำนวนขวดแต่ละขนาดบรรจุเพื่อนำไปออกแบบการทดลองดังนี้

- ความจุ 1.5 ลิตร ขนาด 10x16 ขวด รวม 160 ขวด

- ความจุ 0.6 ลิตร ขนาด 12x18 ขวด รวม 216 ขวด

2.5 ทดลองเพื่อหาขนาดของภาระที่รับได้

ขั้นตอนนี้เป็นออกแบบการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพที่แท้จริงของแพแต่ละขนาด โดยประกอบแพแยกตามความจุ ความจุละ 6 ขนาด (แพ) ทดสอบทั้งการหงายขวด (แพ) และคว่ำขวด

2.6 การทดสอบสมมติฐาน

ขั้นตอนนี้เป็นกรนำผลการทดลองที่ได้มาศึกษาว่าขนาดความจุของขวดทั้งสองแบบมีผลต่อภาวะที่รับได้แตกต่างกันหรือไม่ โดยตั้งสมมติฐานดังนี้

$$H_0; \mu_D = 0$$

$$H_1; \mu_D \neq 0$$

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากวิธีดำเนินการวิจัยทั้ง 6 ขั้นตอนจะได้ผลการทดลอง 3 หัวข้อหลักๆ ดังนี้

3.1 วิธีการประกอบแพหรือมัดแพด้วยปอแก้ว

จากหัวข้อ 2.3 ผู้วิจัยขอเสนอวิธีการมัดไว้ดังต่อไปนี้ (ดูรูปที่ 1 ประกอบ)

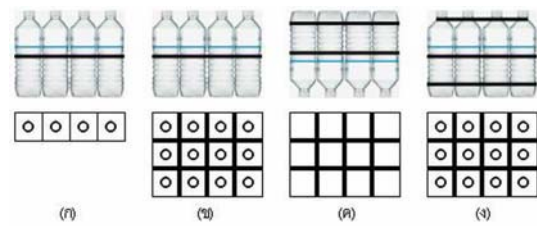
ก) ปิดฝาขวดให้แน่นแล้วตั้งขวดปกติ (หงายขวด) นำมาเรียงต่อกันจนครบจำนวน เช่น 10x16 ขวด เป็นต้น จากนั้นใช้ปอแก้วมัดขวดแรกที่สูงครึ่งหนึ่งของขวด (ให้ขวดอยู่กลางความยาวของเส้นปอแก้ว) แล้วนำขวดต่อไปมามัดเรียงต่อกันโดยใช้ปอแก้วเส้นเดียว (ต้องมัดทุกขวดให้แน่น) จนครบแถว เช่น ต้องการแถวละ 10 ขวด ก็มัดทั้งหมด 16 แถว เป็นต้น

ข) นำขวดที่มัดได้แต่ละแถวมาเรียงต่อกันให้เป็นแพ จากนั้นมัดต่อกันที่ตำแหน่งเดิม (กลางขวด) ให้เป็นแพด้วยวิธีการมัดแบบเดิม แต่ให้ทิศทางมัดตั้งฉากกับแนวการมัดเดิม (เช่น จากเดิมมัดแถวละ 10 ขวด ก็ให้มัดรวมกันแถวละ 16 ขวด ซึ่งการมองจากด้านบนจะเห็นเป็นเครื่องหมายบวกนั่นเอง)

ค) คว่ำขวด (แพ) แล้วมัดบริเวณก้นขวดด้วยปอแก้วเส้นเดียว โดยเริ่มมัดขวดแรกจากมุมใดมุมหนึ่งให้แน่น จากนั้นมัดต่อไปด้านใดก็ได้จนครบทุกขวด แล้วมัดต่อไปจนมองเห็นแนวการมัด (ปอแก้ว) เป็นเครื่องหมายบวก

ง) หงายขวด (แพ) แล้วมัดบริเวณคอขวดด้วยปอแก้วเส้นเดียว โดยเริ่มมัดขวดแรกจากมุมใดมุมหนึ่งให้แน่น จากนั้นขวดต่อไป ให้ใช้วิธีการพันหรือมัดจนครบทุกขวด จนกระทั่งมองเห็นแนวการมัด (ปอแก้ว) เป็นเครื่องหมาย

บวก แต่ต้องรักษาระยะห่างระหว่างขวดและรูปทรงของแพให้เหมาะสม (อย่าดึงแรงหรือเบาเกินไป)



รูปที่ 1 วิธีการมัดแพ

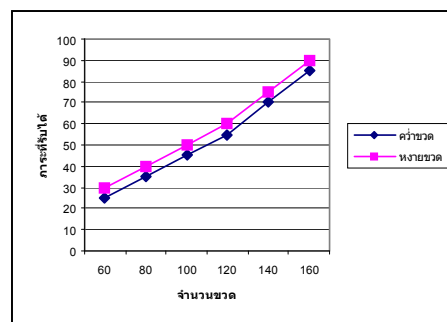
3.2 ผลการทดลองเพื่อหาขนาดของภาวะที่รับได้

จากหัวข้อ 2.5 ได้ผลการทดลองแยกตามขนาดความจุของขวดใส่ ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ขนาดของภาวะที่แพ ขนาดบรรจุ 0.6 ลิตร รองรับได้

| การทดลองที่ | ขนาดแพ (ขวดxขวด) | จำนวนรวม (ขวด) | ภาวะที่รับได้ (กก.) | |
|-------------|------------------|----------------|---------------------|---------|
| | | | คว่ำขวด | หงายขวด |
| 1 | 8x12 | 96 | 25 | 30 |
| 2 | 10x12 | 120 | 35 | 40 |
| 3 | 12x12 | 144 | 45 | 50 |
| 4 | 14x12 | 168 | 55 | 60 |
| 5 | 16x12 | 192 | 70 | 75 |
| 6 | 18x12 | 216 | 80 | 95 |

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าทั้งการคว่ำขวดและหงายขวด เมื่อจำนวนขวดเพิ่มขึ้น แพจะสามารถรับภาระได้มากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ด้วยกราฟดังรูปที่ 2



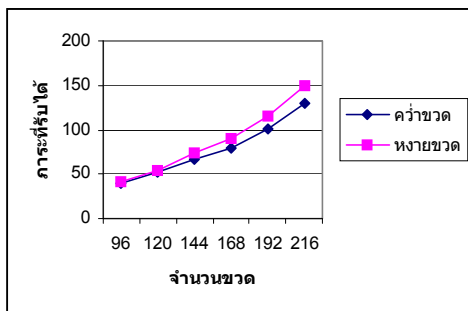
รูปที่ 2 กราฟแสดงขนาดของภาวะที่แพ ขนาดบรรจุ 0.6 ลิตร รองรับได้

แม้ว่าการหยายขวด (แพ) จะสามารถรับภาระได้มากกว่าการคว่ำขวด แต่จากการสังเกตระหว่างการทดลองพบว่า การหยายขวดจะรักษาความสมดุลของแพได้ยากขณะใช้งานอาจทำให้เกิดอันตรายหรือสิ่งของสูญหายได้

ตารางที่ 2 ขนาดของภาระที่แพ ขนาดบรรจุ 1.5 ลิตร
รองรับได้

| การทดลองที่ | ขนาดแพ (ขวดxขวด) | จำนวนรวม (ขวด) | ภาระที่รับได้ (กก.) | |
|-------------|------------------|----------------|---------------------|---------|
| | | | คว่ำขวด | หยายขวด |
| 1 | 6x10 | 60 | 39 | 41 |
| 2 | 8x10 | 80 | 52 | 54 |
| 3 | 10x10 | 100 | 67 | 73 |
| 4 | 12x10 | 120 | 80 | 90 |
| 5 | 14x10 | 140 | 100 | 115 |
| 6 | 16x10 | 160 | 130 | 150 |

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าทั้งการคว่ำขวดและหยายขวด เมื่อจำนวนขวดเพิ่มขึ้น แพจะสามารถรับภาระได้มากขึ้นตามไปด้วย เช่นเดียวกับขวดใสที่มีความจุ 0.6 ลิตร ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ด้วยกราฟดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟแสดงขนาดของภาระที่แพ ขนาดบรรจุ 1.5 ลิตร รองรับได้

แม้ว่าการหยายขวด (แพ) จะสามารถรับภาระได้มากกว่าการคว่ำขวด หรือแพจะประกอบขึ้นด้วยขวดที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (ความจุมากขึ้น) แต่จากการสังเกตระหว่างการทดลองยังคงพบว่า การหยายขวดจะรักษาความสมดุลของแพได้ยากกว่าการคว่ำขวด ขณะใช้งานอาจทำให้เกิดอันตรายหรือสิ่งของสูญหายได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะ

ให้ใช้งานแพในลักษณะของการคว่ำขวด ซึ่งจะมีความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินมากกว่าการหยายขวด

3.3 ผลการทดสอบสมมติฐาน

จากหัวข้อ 3.2 นำข้อมูลของผลการทดลองเพื่อหาขนาดของภาระที่รับได้ กรณีการคว่ำขวด (แพ) มาศึกษาว่าขนาดความจุของขวดทั้งสองแบบมีผลต่อภาระที่รับได้ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แตกต่างกันหรือไม่ โดยได้ผลการทดสอบสมมติฐานดังนี้

$$\bar{d} = -25.5 \quad (1)$$

$$S_D = 11.113 \quad (2)$$

$$H_0; \mu_D = 0; -648.132 \leq \bar{d} \leq 648.132 \quad (3)$$

$$H_1; \mu_D \neq 0; \bar{d} < -648.132, \bar{d} > 648.132 \quad (4)$$

โดยที่ \bar{d} คือ ค่าเฉลี่ยของผลต่างของภาระที่รับได้

ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่าเฉลี่ยของผลต่างของภาระที่รับได้ระหว่างแพซึ่งประกอบจากขวดใสที่มีความจุ 0.6 ลิตร และ 1.5 ลิตร กรณีคว่ำขวด (แพ) อยู่ในช่วงของสมมติฐานหลัก แสดงว่าขนาดความจุของขวดหรือขนาดของขวดเมื่อประกอบเป็นแพแล้วไม่มีความแตกต่างกัน ที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.05

4. อภิปรายผล

ขวดน้ำดื่มพลาสติกเหลือใช้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ซ้ำ (Reuse) ได้หลากหลายหน้าที่ ซึ่งการนำมาใช้ร่วมกัน (ประกอบหรือผลิต) ให้เป็นแพ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้วิจัยมุ่งเน้นเพื่อช่วยเหลือประชากรที่มีบ้านพักอาศัยอยู่ในพื้นที่ประสบอุทกภัย ให้สามารถผลิตแพขึ้นใช้งานได้เอง เพื่อใช้สำหรับการขนย้ายสัมภาระหรือเด็กเล็ก ออกนอกพื้นที่เสียหาย หรือขนย้ายเครื่องอุปโภคบริโภคเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติ โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายในการผลิตแพมากนัก (ยกเว้น ค่าปอแก้ว) ดังนั้นเพื่อเป็นการยืนยันว่าแพที่ผลิตขึ้นด้วยการใช้ปอแก้วมัดขวดใสรวมกันสามารถใช้งานได้จริงและปลอดภัย ผู้วิจัยจึงทำการทดลองหาความสามารถในการรับภาระได้สูงสุดของแพซึ่งผลิตจากขวดใสที่มีจำนวนขวดมากที่สุดของแต่ละขนาด ได้ผลการทดสอบดังนี้

- ความจุขวด 0.6 ลิตร ขนาด 12x18 ขวด รวม 216
ขวด สามารถรับภาระได้สูงสุด 122 กิโลกรัม

- ความจุขวด 1.5 ลิตร ขนาด 10x16 ขวด รวม 160
ขวด สามารถรับภาระได้สูงสุด 188 กิโลกรัม

จะเห็นว่าขนาดของแพคเกจที่ได้นำเสนอนี้ สามารถใช้งานได้
ได้อย่างปลอดภัยเมื่อนำไปรับภาระไม่เกิน 80 กิโลกรัม แต่
ถ้าผู้ประกอบการแพคเกจขวดใสได้ไม่แน่นพอ อาจส่งผลให้
ประสิทธิภาพในการรับภาระของแพคเกจได้ ดังนั้นหาก
พื้นที่ใดมีไม้ไผ่ อาจใช้ไม้ไผ่ที่ช่วยเสริมการมัดด้วยจะทำให้
แพคเกจใช้งานได้เต็มความสามารถมากยิ่งขึ้น และถ้า
ต้องการลากจูงแพคเกจใช้เชือกมัดแพคเกจก่อนการลาก
จูง จะช่วยให้แพคเกจไม่เสียรูปทรงหรือหลุดออกจากกันได้ง่าย

5. สรุปผล

จากการศึกษาวิจัยพบว่า มีความเป็นไปได้ในการ
ผลิตแพคเกจขวดน้ำดื่มพลาสติกเหลือใช้ โดยการนำขวดน้ำ
ดื่มพลาสติกชนิดใสหรือขวดเพ็ชร์พร้อมฝาปิดที่มีความจุ
เท่าๆ กันมาเรียงต่อกันตามแนวตั้งแล้วมัดรวมกันด้วยปอ
แก้ว จากนั้นนำแพคเกจไปใช้งานด้วยวิธีการคว่ำขวดลงให้
ลอยน้ำ ซึ่งขนาดของแพคเกจที่สามารถรับน้ำหนักหรือภาระได้
ไม่ต่ำกว่า 80 กิโลกรัม และแพคเกจไม่เกินครึ่งหนึ่งของ
ความสูงขวด แบ่งตามความจุของขวด 2 ขนาด ดังนี้

- ความจุขวด 0.6 ลิตร ขนาดของแพคเกจตามจำนวนขวด
คือ 12x18 ขวด รวม 216 ขวด

- ความจุขวด 1.5 ลิตร ขนาดของแพคเกจตามจำนวนขวด
คือ 10x12 ขวด รวม 120 ขวด

การทดสอบสมมติฐานพบว่า ขนาดความจุของขวด
ทั้ง 0.6 ลิตร และ 1.5 ลิตร มีผลต่อภาระที่รับได้ไม่แตกต่าง
กัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงว่าประชาชนทั่วไปหรือ
ผู้ประกอบการสามารถใช้ขวดขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่
ในการผลิตแพคเกจขวดน้ำดื่มพลาสติกเหลือใช้ได้ทุกขนาด
แต่แพคเกจจะผลิตด้วยขวดที่มีความจุเท่ากันและควรเลือก
ขวดที่มีรูปร่างใกล้เคียงกันจะทำให้แพคเกจมีคุณภาพและ
ประสิทธิภาพสูง

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมอุตุนิยมวิทยา. หนังสืออุตุนิยมวิทยา-อุทกภัย,
[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.tmd.go.th>,
(ตุลาคม 2553).

[2] มูลนิธิกระจกเงา. ข้อมูลภัยธรรมชาติ, [ระบบออนไลน์].
แหล่งที่มา <http://www.siamvolunteer.com>,
(ตุลาคม 2553).

[3] กรุงเทพธุรกิจ. สถิติเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ใน
ประเทศไทย, [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://www.bangkokbiznews.com>, (ตุลาคม 2553).

[4] โรงพยาบาลสมเด็จพระสังฆราช องค์ที่ 17. สถิติน้ำ
ท่วมใหญ่ในประเทศไทยรอบ 30 ปี กับการป้องกันโรคภัย
สุขภาพ, [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://203.157.132.1/webboard/index.php?topic=111>
8.0, (ตุลาคม 2553).

[5] Sef-AP. สถิติการทำให้โลกร้อนของคนไทย, [ระบบ
ออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.sefapcompany.com>,
(ตุลาคม 2553).

[6] วิชาการดอทคอม. นำขวดพลาสติกมาใส่น้ำดื่มอีกครั้ง
เป็นอันตรายจริงหรือ?, [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://www.vcharkarn.com>, (ตุลาคม 2553).

[7] เด็กดีดอทคอม. แבקที่เรียกมือถือขวดพลาสติกช่วยลด
ปริมาณขยะ, [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://www.dek-d.com>, (ตุลาคม 2553).

การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำกับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์

ธนาสาร อินทรกำธรชัย¹ และ สุวัฒน์ จีระเยียรนาถ²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

²ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

E-mail: thanasani@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ความพยายามที่จะทำให้อุตสาหกรรมยานยนต์มีน้ำหนักเบาลงเพื่อลดอัตราการใช้เชื้อเพลิง ส่งผลให้ภาคการผลิตมีการนำวัสดุใหม่ๆ เข้ามาทดแทนเหล็กคาร์บอนต่ำที่ใช้ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นวัสดุในรูปแบบที่ 1) ค่าความหนาแน่นต่ำกว่าเหล็ก เช่น อลูมิเนียม และ แมกนีเซียมอัลลอย หรือ 2) เป็นวัสดุที่ทำจากเหล็กแต่ปรับปรุงคุณสมบัติทางกลให้มีความแข็งแรงมากขึ้นเพื่อลดความหนาของเหล็กแผ่นที่ใช้ลงจากเดิม เช่นเหล็กแผ่นทนแรงดึงสูง (High strength steel) ซึ่งวัสดุทั้งสองแบบที่เลือกใช้นั้นมีความสามารถในการขึ้นรูปต่ำกว่าเหล็กแผ่นคาร์บอนต่ำที่ใช้ในปัจจุบันแทบทั้งสิ้น ส่งผลให้กระบวนการขึ้นรูปแบบดั้งเดิมเช่นกระบวนการลากขึ้นรูป (Deep Drawing) ไม่สามารถที่จะขึ้นรูปกับวัสดุเหล่านี้ได้ดีมากนัก บทความวิชาการนี้จึงนำเสนอวิธีการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการขึ้นรูปของโลหะแผ่นที่เข้าให้มากขึ้น โดยมีหัวข้อที่นำเสนอคือ

1. ทำไมต้องขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ
2. ประเภทของการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ
3. กรณีศึกษาการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำชนิดลากขึ้นรูป
4. การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับผลการจำลองการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ
5. บทสรุป

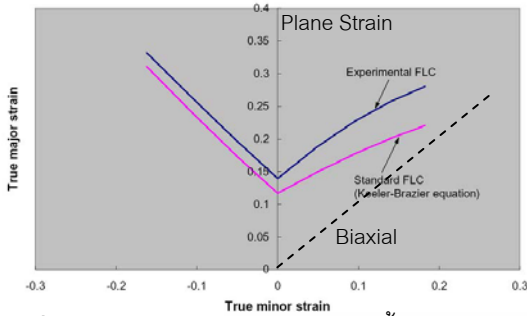
คำสำคัญ การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ ความสามารถในการขึ้นรูป การจำลองการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ

1. ทำไมต้องขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ

อุตสาหกรรมรถยนต์มีความต้องการที่จะทำให้อุตสาหกรรมยานยนต์มีน้ำหนักเบาลงเพื่อลดอัตราการใช้เชื้อเพลิง ส่งผลให้ภาคการผลิตมีการนำวัสดุใหม่ๆ เข้ามาทดแทนเหล็กคาร์บอนต่ำที่ใช้ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นวัสดุในรูปแบบที่ 1) ค่าความหนาแน่นต่ำกว่าเหล็ก เช่น อลูมิเนียม และ แมกนีเซียมอัลลอย หรือ 2) เป็นวัสดุที่ทำจากเหล็กแต่ปรับปรุงคุณสมบัติทางกลให้มีความแข็งแรงมากขึ้นเพื่อลดความหนาของเหล็กแผ่นที่ใช้ลงจากเดิม เช่นเหล็กแผ่นทนแรงดึงสูง ซึ่งวัสดุทั้งสองแบบที่เลือกใช้นั้นมีความสามารถในการขึ้นรูปต่ำกว่าเหล็กแผ่นคาร์บอนต่ำ[1] ส่งผลให้กระบวนการขึ้นรูปแบบดั้งเดิมเช่นกระบวนการลากขึ้นรูปไม่สามารถที่จะขึ้นรูปกับวัสดุเหล่านี้ได้ดี การเพิ่มขีดความสามารถในการขึ้นรูปให้กับวัสดุเหล่านี้จำเป็นต้องให้แรงกระทำกระจายเท่าๆ กันทั่วทั้งแผ่น เปรียบเสมือนกับการใช้พื้นที่ที่มีรัศมีขนาดใหญ่มากระทำ ซึ่งรูปร่างดังกล่าวเป็นรูปร่างที่เป็นไปไม่ได้เลยสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ จึงมีแนวความคิดที่จะสร้างแรงดึงในทุกทิศทางมากระทำกับโลหะแผ่น ซึ่งถ้าเป็นโลหะแผ่นบางจะเปรียบเสมือนการเกิดแรงดึงสองทิศทาง (Biaxial) [2] สภาวะดังกล่าวนอกจากจะทำให้เกิดการกระจายแรงที่สม่ำเสมอแล้ว ยังสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการขึ้นรูปให้กับชิ้นงานได้อีกด้วย

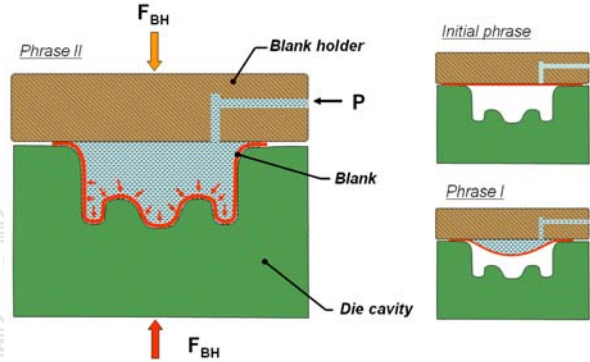
จากรูปที่ 1 พบว่า ในสภาวะแรงดึงสองทิศทาง (เส้นประขวามือ) ขีดความสามารถของโลหะแผ่นจะเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น การที่จะขึ้นรูปชิ้นงานที่มีความสามารถในการขึ้นรูปต่ำจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้การขึ้นรูปโลหะ

แผ่นด้วยน้ำซึ่งอาศัยน้ำเป็นสื่อกลางสำหรับส่งแรงกระจายให้ชิ้นงานภายใต้สภาวะแรงดึงสองทิศทาง



รูปที่ 1. แผนภาพความสามารถในการขึ้นรูปของเหล็กแผ่นทนแรงดึงสูง [3]

แผ่นของกระบวนการนี้ดีกว่าแบบดั้งเดิมที่ใช้พื้นที่ที่ทำจากเหล็กซึ่งการกระจายตัวของความเครียดจะไปกระจุกตัวกันบริเวณขอบของหัวพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2. การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำโดยใช้แรงดันสูง

2. ประเภทของการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ

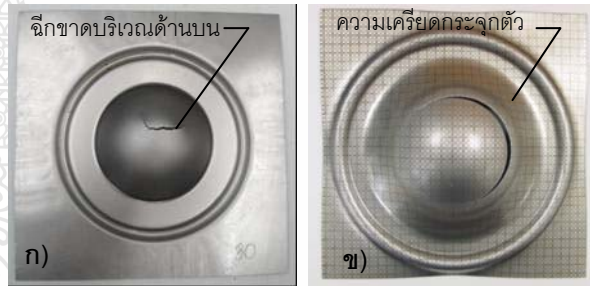
การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำเป็นกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นประเภทหนึ่งที่ใช้เป็นสื่อกลาง เพื่อทดแทนแรงกระทำจากพื้นที่หรือตาย ที่ทำจากเหล็ก ประเภทของการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำมีด้วยกัน 3 วิธีคือ

1. การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำโดยใช้แรงดันสูง (High Pressure Sheet Hydroforming)
2. การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป (Hydromechanical Deep Drawing; HMD)
3. การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำโดยใช้โลหะแผ่นคู่ (Hydroforming of Double Blank)

2.1 การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำโดยใช้แรงดันสูง (High Pressure Sheet Hydroforming)

เป็นกระบวนการที่ใช้แรงดันน้ำมากกระทำกับโลหะแผ่นให้เข้ารูปกับตาย ดังนั้นแรงดันน้ำจึงเปรียบเสมือนแรงกระทำจากพื้นที่ [4]

จากรูปที่ 2 เป็นกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำโดยใช้แรงดันสูง กระบวนการนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน โดยในช่วงแรกของกระบวนการนี้โลหะแผ่นจะขยายตัวในลักษณะครึ่งวงกลมได้อย่างอิสระจากการกระทำของแรงดันน้ำ จนกระทั่งผิวของโลหะแผ่นไปสัมผัสกับตายในช่วงนี้ความเครียดบนผิวโลหะแผ่นจะมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในลักษณะของแรงดึงสองทิศทาง จึงทำให้ความสามารถในการขึ้นรูปของโลหะ



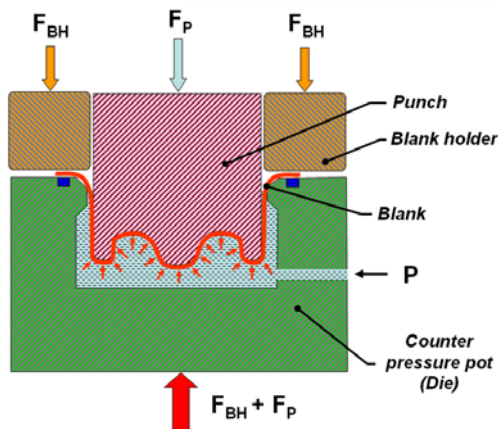
รูปที่ 3. ชิ้นงานรูปโดม ก) ขึ้นรูปด้วยน้ำโดยใช้แรงดันสูง ข) ขึ้นรูปแบบดั้งเดิม

นอกจากนั้นการกระจายตัวของความเครียดที่สม่ำเสมอเช่นนี้ยังทำให้ชิ้นงานมีความหนาตลอดทั้งแผ่นใกล้เคียงกัน ในช่วงที่ 2 ของการขึ้นรูปจะเป็นช่วงที่ต้องอาศัยแรงดันน้ำที่สูง เพื่อที่จะดันให้โลหะแผ่นไปเข้ารูปกับตายซึ่งเป็นรูปร่างที่ต้องการ แรงดันที่สูงนี้จะขึ้นกับคุณสมบัติของโลหะแผ่น ความหนา และรัศมีของตายที่เล็กที่สุดโดยตรง กระบวนการนี้เหมาะกับการขึ้นรูปชิ้นงานที่ไม่ลึกมากนัก และต้องการแสดงผิวภายในที่สัมผัสกับน้ำ รวมไปถึงการขึ้นรูปกับโลหะแผ่นที่ทำจากวัสดุพวกเหล็กแผ่นทนแรงดึงสูง และ อลูมิเนียมอัลลอย

2.2 การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป (Hydromechanical Deep Drawing; HMD)

เป็นกระบวนการที่ใช้น้ำเพื่อรองรับแรงกระทำจากการเคลื่อนที่ลงมาของพื้นที่ ดังนั้น แรงดันน้ำจะทำหน้าที่

เสมือนแรงกระทำจากตาย แต่ต่างกันตรงที่แรงดันน้ำจะกระทำกับโลหะแผ่นตลอดการเคลื่อนที่ของพื้นที่กระบวนการดังกล่าวสามารถแบ่งได้ 2 วิธี [4] คือ แบบพาสซีฟ (Passive) เนื่องจากปริมาตรของพื้นที่จะมาแทนที่ปริมาตรน้ำในอ่างส่งผลให้แรงดันน้ำในอ่างเพิ่มขึ้นไปตามการทดแทนของปริมาตรพื้นที่ อีกวิธีคือแบบแอคทีฟ (Active) วิธีการนี้จะอาศัยแรงดันจากชุดเพิ่มแรงดันในการสร้างแรงดันเพื่อให้ได้ลักษณะแรงดันตามต้องการ



รูปที่ 4. การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป

รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนของการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป ซึ่งน้ำจะทดแทนรูปร่างของตายกระบวนการนี้แรงดันน้ำจะกระทำกับโลหะแผ่นตลอดการขึ้นรูปทำให้โลหะแผ่นจะไปสัมผัสกับพื้นผิวของพื้นที่แรงเสียดทานระหว่างพื้นที่กับโลหะแผ่นจะส่งผลให้บริเวณที่สัมผัสกันไม่เกิดการยืดตัวออกในขณะที่ขึ้นรูปส่งผลให้ความหนาของชิ้นงานมีความสม่ำเสมอ และทำให้ความสามารถในการขึ้นรูปเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกระบวนการแบบดั้งเดิมที่ตายทำจากเหล็ก

กระบวนการนี้เหมาะกับการขึ้นรูปชิ้นงานที่เล็ก และมีรูปร่างซับซ้อน การที่มีแรงดันน้ำมากกระทำกับโลหะแผ่นตลอดเวลาจะช่วยให้ลดการเกิดรอยย่นบริเวณผนัง (Sidewall Wrinkle) ดังรูปที่ 5 และช่วยชะลอการฉีกขาดของชิ้นงานทำให้สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้ดีมากขึ้น การที่มีแรงดันน้ำคอยพยุงให้โลหะแผ่นบริเวณที่ยังไม่สัมผัส

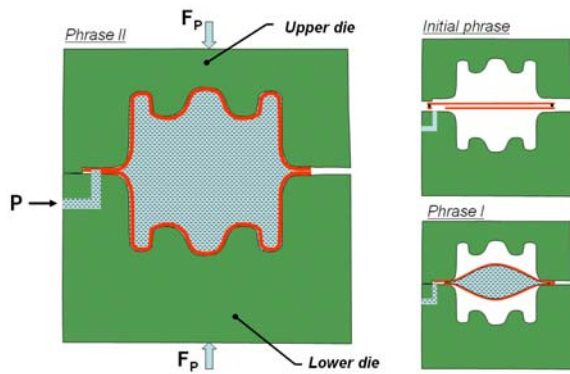
กับพื้นที่มีการตึงระดับที่เหมาะสมตลอดเวลาขณะทำการขึ้นรูป จะทำให้ชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการนี้จะมีความหนาที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยผิวชิ้นงานบริเวณที่สัมผัสกับน้ำจะออกมาเรียบสวยไม่เกิดรอยขีดข่วน จึงเหมาะกับการนำมาขึ้นรูปชิ้นงานที่แสดงผิวภายนอกเช่น ชิ้นส่วนภายนอก (Outer Body) ของรถยนต์



รูปที่ 5. ชิ้นงานทรงพาราโบลาที่มีโอกาสการเกิดรอยย่นบริเวณผนังและเกิดการฉีกขาดบริเวณด้านบน

2.3 การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำโดยใช้โลหะแผ่นคู่ (Hydroforming of Double Blank)

เป็นการขึ้นรูปที่คล้ายกับการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ โดยใช้แรงดันสูง ต่างกัน เพียงใช้โลหะแผ่น 2 แผ่น ประกบกัน โดยฉีดน้ำเข้าไปตรงกลางระหว่างโลหะแผ่นทั้งสองเพื่อดันให้โลหะแผ่นทั้งสองไปสัมผัสกับตายทั้งสองฝั่ง จะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีลักษณะกลวง [4] แสดงขั้นตอนดังรูปที่ 6 ซึ่งช่วยให้ได้ชิ้นงานที่ไม่ต้องไปทำการเชื่อมตะเข็บ ซึ่งอาจทำให้ชิ้นงานมีการเสียรูปเนื่องจากความร้อน

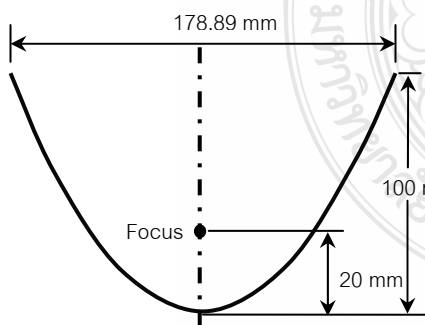


รูปที่ 6. การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำโดยใช้โลหะแผ่นคู่

3. กรณีศึกษาการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำชนิด ลากขึ้นรูป

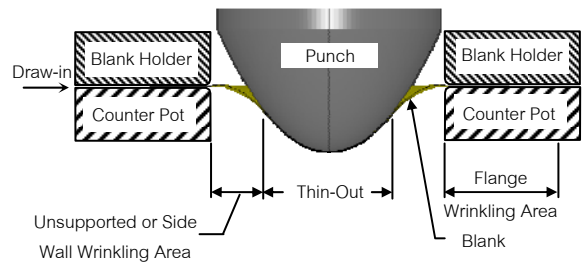
3.1 ขึ้นงานตัวอย่าง

ชิ้นงานถ้วยทรงพาราโบลา (Parabolic Cup) ดังรูปที่ 7 ได้นำมาทดสอบเพื่อแสดงข้อได้เปรียบของการใช้กระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป เนื่องจากเป็นชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นแบบพื้นผิวเอียง (Taper) และรูปร่างก้นถ้วยที่มีลักษณะค่อนข้างเป็นมุมแหลมส่งผลให้การขึ้นรูปชิ้นงานนี้เสี่ยงต่อข้อบกพร่องในรูปร่างของการฉีกขาดจากความเค้นเฉพาะจุดและรอยยับบนผนังได้ง่าย



รูปที่ 7. ชิ้นงานทรงพาราโบลา

รูปที่ 8 แสดงลักษณะของการขึ้นรูปถ้วยทรงพาราโบลา โลหะแผ่นบริเวณที่สัมผัสกับพื้นผิวจะเสี่ยงต่อการฉีกขาด ส่วนโลหะแผ่นบริเวณที่ไม่ถูกสัมผัสกับพื้นผิวจะเสี่ยงต่อการเกิดรอยยับบนผนัง



รูปที่ 8. ลักษณะการขึ้นรูปชิ้นงานทรงพาราโบลา

การขึ้นรูปด้วยกระบวนการแบบดั้งเดิมนั้นไม่สามารถทำได้ในขั้นตอนเดียว [5] กับเหล็กแผ่นคาร์บอนต่ำแบบรีดเย็นเกรด JIS G 3141 SPCC (AISI 1008) คุณสมบัติดังตารางที่ 1 [6] จะเกิดการฉีกขาดบริเวณด้านบนก่อนถึง ความสูงที่ต้องการ

ตารางที่ 1. คุณสมบัติของโลหะแผ่นเกรด AISI1008

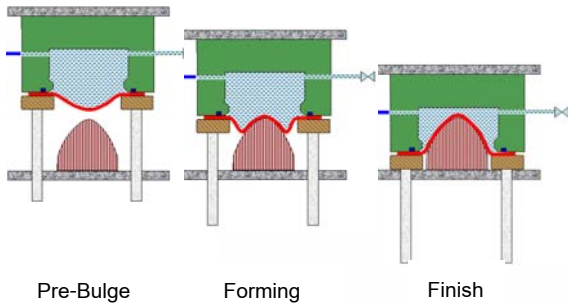
| | |
|---------------------------------|-----------|
| Material: | AISI1008 |
| Blank diameter: | 320 mm |
| Blank thickness: | 1.0 mm |
| Part depth: | 105 mm |
| Young's modulus | 207 GPa |
| Poisson's ratio | 0.28 |
| Yield stress | 240 MPa |
| Strain hardening component (n): | 0.216 |
| Strength coefficient (K): | 589.4 MPa |
| Anisotropy | |
| r_{00} : | 1.20 |
| r_{45} : | 1.09 |
| r_{90} : | 1.86 |

ดังนั้น กระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป จึงถูกนำมาพิจารณาเพื่อทำการขึ้นรูปถ้วยทรงพาราโบลา โดยอาศัยประโยชน์จากแรงดันน้ำมาช่วยยับยั้งการเกิดรอยยับบริเวณผนัง พร้อมทั้งชะลอการเกิดการฉีกขาดให้ช้าลงได้

3.2 ขั้นตอนการขึ้นรูป

เริ่มจากการเติมน้ำเข้าสู่อ่างน้ำจนเต็มหลังจากนั้นเพิ่มแรงดันเพื่อทำให้ชิ้นงานโป่งออกก่อน (Pre-Bulge)

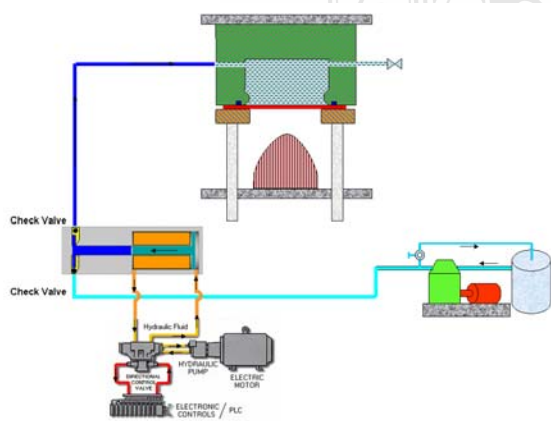
หลังจากนั้นอ่างน้ำจะเคลื่อนที่ลงเพื่อขึ้นรูปสวนทางกับชิ้นงานที่โป่งออก หลังจากนั้นอ่างน้ำจะเคลื่อนที่ลงมาจนสุด ก็จะเสร็จสิ้นช่วงของการขึ้นรูป ดังรูปที่ 9



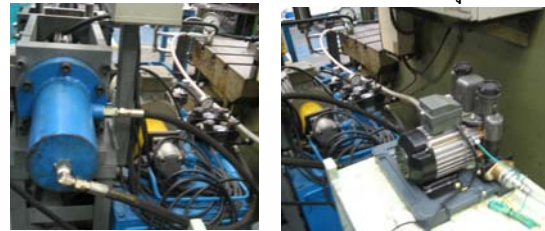
รูปที่ 9. ขั้นตอนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูปกับชิ้นงานด้วยพาราโบลิค

3.3 เครื่องจักรและอุปกรณ์

กระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูปจะคล้ายคลึงกับกระบวนการลากขึ้นรูปปกติ จะมีเพียงอุปกรณ์เพิ่มเติมคือชุดเติมน้ำและชุดสร้างแรงดัน (Pressure Intensifier) ดังแสดงในรูปที่ 10 ในส่วนของแม่พิมพ์นั้นจะเปลี่ยนการเรียกชื่อจากแม่พิมพ์ตัวเมีย เป็นอ่างน้ำ (Pressure Chamber)



ก) แบบวาดการต่อชุดอุปกรณ์สำหรับกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป

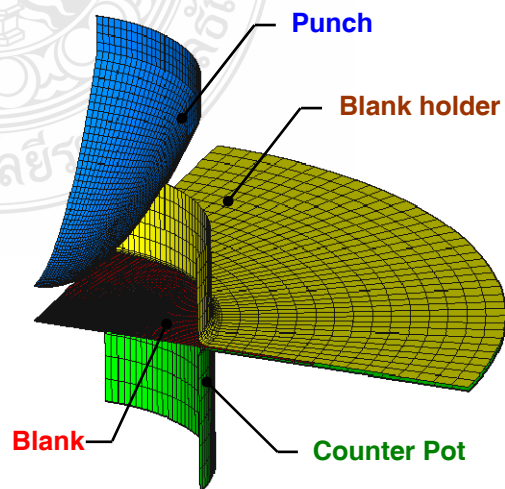


ข) ต้นแบบชุดอุปกรณ์สำหรับกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป

รูปที่ 10. การต่อชุดอุปกรณ์สำหรับกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป

4. การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับผลการจำลองการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ

เนื่องจากกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูปเป็นกระบวนการที่ใช้แรงดันน้ำแทนที่การส่งถ่ายแรงจากแม่พิมพ์ตัวเมีย ดังนั้นรูปร่างและขนาดของทั้งแรงดันและแรงจับยึดขณะทำการขึ้นรูปจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการขึ้นรูปชิ้นงานให้สำเร็จ



รูปที่ 11. รูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ของการขึ้นรูปชิ้นงานรูปทรงพาราโบลิค

4.1 การจำลองการขึ้นรูป

การจำลองการขึ้นรูปด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นสิ่งสำคัญในการทดสอบรูปร่างและขนาดของแรงดันเพื่อให้สามารถขึ้นรูปขึ้นงานได้อย่างเหมาะสมก่อนที่จะไปทำการผลิตจริง ซึ่งทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายลงได้ การจำลองด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการทดสอบนี้ใช้การคำนวณพลวัตแบบชัดแจ้ง (Dynamic Explicit) เริ่มจากการสร้างรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ของแม่พิมพ์และโลหะแผ่น ดังรูปที่ 11 โดยทำการวิเคราะห์เพียงหนึ่งในสี่เพื่อประหยัดเวลาในการคำนวณ ในส่วนของพื้นที่แผ่นจับยึด และ อ่างน้ำ ถือว่าเป็นวัสดุแข็งเกร็ง (Rigid Body) ส่วนโลหะแผ่นนั้นมีการเสียรูปและพิจารณาอิทธิพลความแตกต่างกันของคุณสมบัติตามแนวการรีด (Anisotropy) จึงเลือกใช้เอลิเมนต์แบบเชลล์ (Shell Element) และรูปแบบของวัสดุของบาลัต [7] (3-Parameters Balat) โดยกำหนดให้มีจุดอินทิเกรต (Integration Point) ตลอดความหนาเท่ากับ 5 โดยมีเงื่อนไขการสัมผัสแบบคูลอมบ์ (Coulomb Friction)

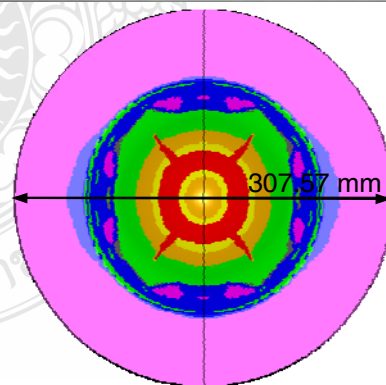
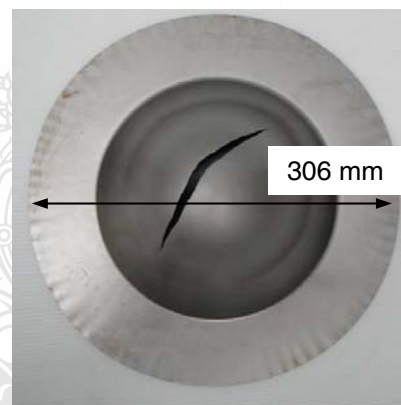
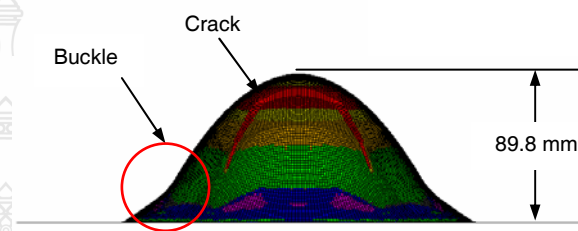
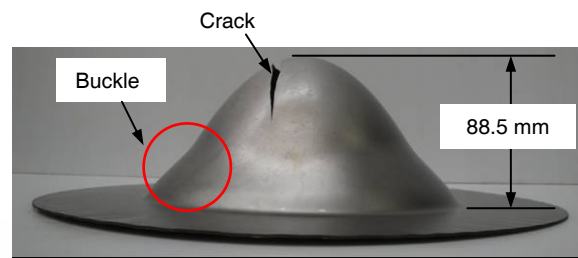
ผลจากการจำลองจะนำไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบจริงก่อน เพื่อที่จะมั่นใจได้ว่าการจำลองสามารถทดแทนการขึ้นรูปจริงได้ โดยทำการทดสอบ 2 เงื่อนไข คือ 1) การขึ้นรูปโดยไม่มีแรงดันและใช้แรงจับยึดคงที่ 25.25 ตัน 2) การขึ้นรูปโดยใช้แรงดันคงที่ที่ 30 บาร์ และแรงจับยึดคงที่ 25.25 ตัน

4.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับผลการจำลอง

4.2.1 การทดสอบแม่พิมพ์แบบไม่มีแรงดันน้ำ

การทดสอบนี้เพื่อทดสอบความสามารถในการขึ้นรูปของโลหะแผ่นว่าสามารถขึ้นรูปขึ้นงานทรงพาราโบลิกได้ภายในขั้นตอนเดียวโดยไม่มีแรงดันน้ำได้หรือไม่ โดยใช้แรงจับยึดคงที่ที่ 25.25 ตัน พบว่าผลลัพธ์จากการทดลองจริงขึ้นงานฉีกขาดที่ความสูง 88.5 มม. และเกิดการหักงอ (Buckle) ใกล้กับรัศมีปากอ่างน้ำ และมีเส้นผ่านศูนย์กลางสุดท้ายที่ 306 มม. ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ คือขึ้นงานฉีกขาดที่ความสูง 89.8 มม. และเกิดการหักงอที่

ตำแหน่งใกล้กับรัศมีปากอ่างน้ำเหมือนกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางสุดท้ายที่ 307.57 มม. ดังแสดงในรูปที่ 12

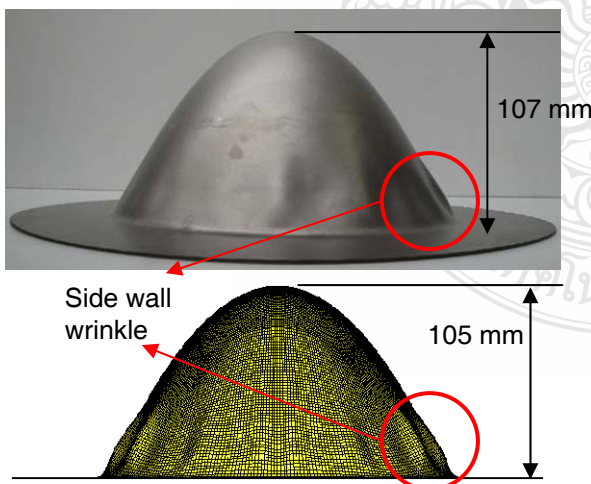
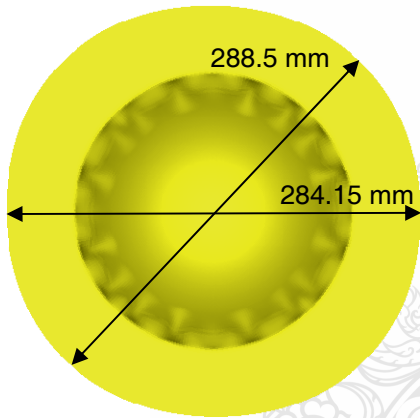
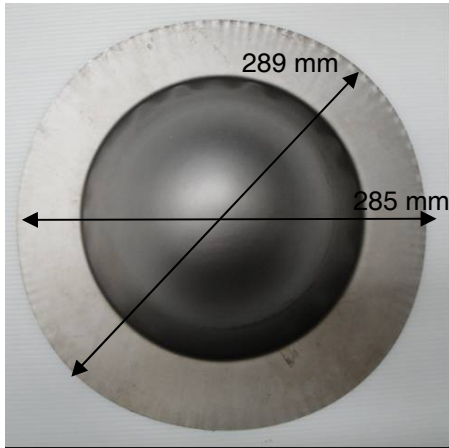


รูปที่ 12. ขึ้นงานพาราโบลิกแบบไม่มีแรงดันน้ำ

4.2.2 การทดสอบแม่พิมพ์แบบแรงดันน้ำคงที่และแรงจับยึดคงที่

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดค่าที่ใช้ในการจำลองให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับการทดสอบจริง จะ

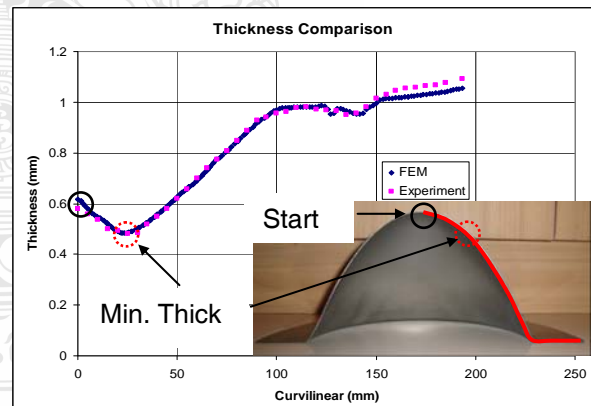
ได้นำไปสู่การหาค่าของแรงจับยึดและแรงดันน้ำที่เหมาะสม



รูปที่ 13. ชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยแรงจับยึด 63,125 นิวตัน (เต็มเท่ากับ 25.25 ตัน) และแรงดันคังที่ 30 บาร์

เนื่องจากยังไม่ทราบถึงลักษณะของแรงดันและแรงจับยึดที่เหมาะสมในการขึ้นรูปชิ้นส่วนทรงพาราโบลิก ในการทดสอบนี้จึงได้ทำการกำหนดลักษณะของพารามิเตอร์ทั้งสองแบบให้คังที่ โดยเลือกแรงจับยึดที่ 63,125 นิวตัน ในการวิเคราะห์หนึ่งโมล ส่วนในการทดสอบจริงจะใช้แรงจับยึดเต็มอยู่ที่ 25.25 ตัน โดยกำหนดให้แรงดันน้ำคังที่เท่ากับค่าในการเป่าโป่งในที่นี้คือ 30 บาร์ ซึ่งผลการจำลองและผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 13

ผลการทดสอบพบว่าชิ้นงานได้รับอิทธิพลความแตกต่างกันของคุณสมบัติตามแนวการรีด ส่งผลให้เส้นผ่าศูนย์กลางที่สั้นที่สุดมีขนาด 285 มม. และเส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุดในแนว 45° ของเส้นที่สั้นมีขนาด 289 มม. ในขณะที่ผลการจำลองให้เส้นผ่าศูนย์กลางที่สั้นที่สุดมีขนาด 284.15 มม. และยาวที่สุดมีขนาด 288.5 มม. โดยความสูงของชิ้นงานที่ได้จากการทดสอบจริงมีความสูง 107 มม. ส่วนการจำลองมีความสูง 105 มม. และด้วยค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดทั้งผลการทดสอบจริงและผลการจำลองแสดงถึงการเกิดรอยย่นที่ผนังอย่างชัดเจน



รูปที่ 14. เปรียบเทียบการกระจายตัวของความหนาตลอดความยาวของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงกับการจำลอง

นอกจากนั้นยังทำการเปรียบเทียบการกระจายตัวของความหนาตลอดความยาวของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงกับการจำลอง แสดงดังรูปที่ 14 พบว่า ผลการ

จำลองและการทดสอบจริงมีความสอดคล้องกันและมีค่าความหนาที่น้อยที่สุดอยู่ห่างจากจุดสูงสุดที่ 25 มม.

5. บทสรุป

การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำเป็นกระบวนการขึ้นรูปอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งพอสรุปข้อดีและข้อเสียได้ดังนี้

5.1 ข้อดีของกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ

1. ช่วยลดต้นทุนเรื่องแม่พิมพ์ลงเนื่องจากสามารถใช้แรงดันน้ำกับรูปร่างใดๆ ได้ จึงผลิตแม่พิมพ์เพียงฝั่งใดฝั่งหนึ่ง
2. ผิวของชิ้นงานที่ได้มีความสวยงามในส่วนที่สัมผัสกับน้ำ
3. แม่พิมพ์มีการสึกหรอน้อยกว่า เนื่องจากไม่เกิดการเสียดสีระหว่างพื้นที่กับตาย
4. ความสามารถในการขึ้นรูปของโลหะแผ่นสูงกว่า ทำให้บางครั้งลดจำนวนชุดของแม่พิมพ์ลงได้
5. การกระจายตัวความหนาตลอดชิ้นงานมีความสม่ำเสมอ
6. สามารถขึ้นรูปชิ้นงานที่มีความซับซ้อนได้

5.2 ข้อเสียของกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ

1. การขึ้นรูปในแต่ละครั้งใช้เวลานาน
2. ต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มมากขึ้น คือ ชุดเพิ่มแรงดัน
3. การกำหนดตัวแปรในการผลิต เช่น แรงดันน้ำและแรงจับยึดทำได้ยาก ไม่สามารถใช้ประสบการณ์ในการหาได้ จำเป็นต้องทำการจำลองด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เข้ามาช่วย

Ohio State University. 2000.

[3] Formability characterization of a new generation of high-strength steel. 2003. American Iron and Steel Institute. Final report.

[4] Altan, T. 2002. Advance in Hydro forming for Manufacturing Automotive Part: Engineering Research center for Net shape manufacturing.

[5] Zhang, S., Lang,L., Kang D., Danckert, J. and Nielsen, K. 2000. Hydromechanical deep-drawing of aluminum parabolic workpieces-experiments and numerical simulation. International Journal of Machine Tools and Manufacture, vol. 40, no. 10, pp. 1479-1492.

[6] Intarakumthornchai, T., Jirathearant, S., Thongprasert, S. and Dechaumphai, P., 2010. FEA Based Optimization of Blank Holder Force and Pressure for Hydromechanical Deep Drawing of Parabolic Cup Using 2-D Interval Halving and RSM Methods. Engineering Journal (EJ): International Journal, Vol 14: pp.15-32.

[7] LS-DYNA: Theoretical Manual, Livermore Software Technology Corporation, California, 1998.

เอกสารอ้างอิง

- [1] TAKAHASHI, M. 2003. Development of high strength steels for automobiles. NIPPON STEEL TECHNICAL REPORT No. 88 July.
- [2] Guscher, G. Evaluation of Formability and Determination of Flow Stress Curve of Sheet Metals with Hydraulic Bulge Test. Degree of Diploma. The

Wood Composite from Highly Filled System of Palm Flour and Polybenzoxazine

Narongchai Khawphong¹ and Sarawut Rimdusit^{2*}

¹Technopreneurship and innovation Management program, Graduate School of,
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

^{2*}Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

E-mail: Narongchai_kp@hotmail.com

Abstract

The purpose of this research is to study the properties of wood-plastic composites (WPCs) made from *Tenera* palm leaves and polybenzoxazine for a potential outdoor application. *Tenera* palm leaves are easily found locally in Thailand and are usually used as fertilizers and animal food or left as waste materials. Therefore, to use the palm leaves as WPC filler can add value to the material and can indirectly save energy. In this study, the ground leaf powder, 106–425 μ m in size, is blended with polybenzoxazine which is of high mechanical and adhesive properties. The proportion of the ground leaf powder and benzoxazine resin is fixed at a 65:35 weight ratio. Then, their molding compound was gone through compression molding process at a temperature of 170°C and at a pressure of 200 bar. The obtained wood composite specimens were then characterized for the wood substituted properties including density measurement, bending test, micro hardness test, water absorption measurement and weathering test. The properties of WPC are compared to commercial wood composite as well as natural wood such as Teak wood, Makhamong wood and Iron wood.

Keywords: Polybenzoxazine, Highly Filled System, Palm Flour, Wood Composite

1. Introduction

Wood-plastic composites (WPCs) are now being marketed for various applications such as building products, automotive and packaging materials. As building products, WPC are used for applications like decking, fencing, siding, window frames and roofing tiles. The use of WPC as building products has resulted in concern about the durability of these products when exposed to outdoor environments. Outdoor durability may include thermal stability, moisture resistance, fungal resistance, and ultraviolet (UV) stability. UV exposure, for example, can cause the composites to undergo photodegradation leading to undesirable effects, including a loss in mechanical properties and surface quality, i.e. surface micro-cracking and color change [6]

Oil palm is an economically important product, as it is the source of palm oil, the most traded vegetable oil in the international market, and it is increasingly used in the food industry. [1], [12], [13] In Thailand, the government aims to increase palm

oil production in order to serve the biodiesel industry, due to a sharp rise in global oil prices, which necessitates the finding of alternative energy sources. All modern commercial palms are hybrid thin-shelled *Tenera* palms, which were chosen for their high oil productivity containing a high proportion of unsaturated fatty acids. Due to a continuous rise in demand for biodiesel, it was estimated that by the year 2012, the area needed to cultivate oil palm will be 9.1 million hectares. [5], [12], [13] The old dead palm leaves are discarded as waste and such agricultural waste has no economic utilization values. So, the development and production of reinforced composites using agricultural and/or plastic wastes is one excellent solution for recycling the wastes and utilization of such renewable source for beneficial use. Therefore, the use of palm flour from oil palm fronds (leaves) waste as filler in polymer composites will significantly enhance the utilization of this useful natural resource.

Polybenzoxazine is a relative new class of thermosets that is attracting much attention recently. It has excellent properties that are commonly found in traditional phenolic resins, such as high heat resistance and good flame retardance. [14] Polybenzoxazine provides some unique properties that overcome the limitation of conventional phenolics and epoxy resins, including high glass-transition temperature, high modulus, low water absorption, low dielectric constant, and near-zero shrinkage upon curing. [4], [11], [15] In addition, the curing of benzoxazine can occur without any acid catalysts or producing any by-product. [14] Moreover, according to the report of Ishida and Rimdusit on reported the effect of particle size and

its distribution on the thermal conductivity of boron nitride-filled polybenzoxazine, the authors used large aggregates of flake-like boron nitride crystals and were able to make a composite with a maximum filler content up to 78.5 vol% (88 wt%) [7] Consequently, the resin was chosen in this investigation to make wood composites for highly filled system of palm flour and polybenzoxazine with potentially high performance and high process ability.

This research therefore focuses on the development of WPC from *Tenera* palm leaves and polybenzoxazine and its resulting properties for potential exterior use as wood substituted composites.

2. Experimental Procedure

2.1 Material Preparation

The benzoxazine resin used is synthesized light-yellow crystal. It was ground into powder and kept in a refrigerator for further experiment. The cut off *Tenera* palm leaves are roughly ground and solar dried prior to be processed in the fine grinding machine. Then, the powder is sieved so that only the size of 106 – 425 μm , are selected. All palm flour fractions were dried at 110 $^{\circ}\text{C}$ for 24 h in a vacuum oven and kept in the desiccators before used. Teak wood, Makhamong wood and Iron wood used are taller than 8 meters, and has a diameter of more than 12 inches. Moreover, the woods used must be in good condition, straight, has no crack and gnarl, and has never been used before.

2.2 Processing Method

Palm flour - benzoxazine resin molding compounds are prepared by manually mixing the calculated mass of both materials in an aluminum

container at 90°C for at least 10 min to ensure particle wet-out by the resin. The proportion of the palm flour and benzoxazine resin is 65:35 weight ratio. Each compression molding compound is shaped in a metal spacer of desired dimensions at a preheat temperature of 120°C for 15 min and a curing temperature of 170°C at different time i.e. 30 min, 60 min และ 120 min, respectively. In general, the curing or processing temperature should be kept below 200°C with the presence of palm flour, except for only a short period of time. A higher temperature can result in the release of volatile matter or odor, discoloration, and embrittlement of the palm component. Finally, the samples were left to cool down at room temperature in the open mold before testing.

3. Sample Characterizations

3.1 Density Measurements

The density of the palm flour-reinforced polybenzoxazine is measured by a water displacement method, ASTM D570 – 05. The density of benzoxazine (BA-a) is also determined as a reference. The specimens are disk-shape with 51 mm. diameter and 3.2 thicknesses. The temperature of water is at 28 °C.

3.2 Bending Test

Three point bending tests are performed to investigate the flexural property of palm flour-filled polybenzoxazine composites. The specimen is tested according to ASTM D7990-92. Three specimens of each composite with dimensions of 60 mm.×25 mm.×2.4 mm. are tested at the room temperature (25 °C).

The modulus of elasticity in bending (E_B) and

flexural strength (σ_B) are calculated from the obtained load-displacement curves.

3.3 Micro-hardness Measurement

The micro-hardness measurements are carried out on the cleaved planes at room temperature using a Vickers diamond pyramidal indenter. The indentations are made at a load of 100 g, above which intensive cracking is observed. The indentation time is kept at 15 sec for all the samples. The specimens have dimensions of 50 mm.×25 mm.×2 mm. at room temperature (25°C). Hardness HV is computed using equation (1). [2], [9]

$$HV = 1.8544p/d^2 \quad (1)$$

Where p is the load in kg and d is the mean diagonal length of square-impression. (mm)

3.4 Water Absorption Measurements

Water absorption measurement is conducted according to ASTM D570-98. The dimension of samples used is 76.2 mm.×25.4 mm.×3.2 mm. at the room temperature. Before immersion in water, the samples were oven-dried at 50°C for 24 h. At the beginning of the test, the weight of specimens is measured (the surface was wiped dry using a paper towel) every few hours and later on, every 1 week. The tests were conducted up to 870 h or 36 days). The water absorption is calculated using the following equation:

$$WA (\%) = [(M_e - M_0)/M_0] \times 100 \quad (2)$$

Here M_e and M_0 are the masses of the specimen after and before immersion.

3.5 Natural Weathering Test

Natural weathering test was carried out by exposing the composites to natural weathering at

Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. The exposure period is from October 2010 to December 2010 for a total of 2208 h. The average weather conditions in Bangkok for the duration of exposure. The natural weathering test is conducted according to ASTM D 1435. Dimension of the specimen used is 127 mm. × 12.7 mm. × 3.2 mm. The samples are placed on a rack with a rack holder. The rack is located in a field and adjusted to face the equator at an angle of 45° to the incident sunlight. All samples are wiped with a dry towel and left in the air for 24 h at room temperature prior to testing. [6]

4. Result and Discussion

4.1 Density Measurement

One major goal of this investigation is to utilize a suitable polymeric system that can accommodate a maximal quantity of the palm flour filler to yield high performance and cost-competitive wood composites. In our previous investigation of highly filled boron nitride (BN)-polybenzoxazine composites, the low melt viscosity of the benzoxazine resin provided outstanding filler wet-out, with good mechanical integrity of the resulting cured specimens even at up to 75.8 % by volume of the BN filler. The type of BN filler used was large aggregates of flake-like BN crystals with an average size of 225 μm , which is comparable to size of palm flour particle used in this investigation.[7] In addition, the presence of the phenolic structure in the lignin fraction of palm flour and the abundance of hydroxyl moieties in the filler is believed to provide a composite system with strong interfacial bonding to the polybenzoxazine, a class of phenolic resin as

well. One measure to determine the optimum packing of the filler in the polybenzoxazine matrix is by composite density measurement. [7]

From the study and comparison of WPC of which the proportion of the palm leaves powder and polybenzoxazine resin is 65:35 by weight and the curing time condition is 30 min. 60 min and 120 min, respectively, it was found that the longer the curing time, the better properties of the WPCs. For the 120 min curing time which is the longest in the experiment, the density is 1.17 g/cm^3 , the flexural strength is 35.39 MPa and the flexural modulus is 6.74 GPa which are better than the 30 min. and 60 min curing time. In comparison with commercial wood composites (Arto wood), the density of our WPC is approximately the same with commercial wood composites, while under all the different curing time condition, the flexural strength and the flexural modulus of the commercial wood composites is less than our WPC.

According to the experiment, the density, the flexural strength, and the flexural modulus increase with the longer curing time which is in accordance with the experiment. [7] The authors make WPC from wood flour and polybenzoxazine resin under the 120 min curing time condition and found that the obtained WPC is of high mechanical properties. With the appropriate processing condition, polybenzoxazine can be more easily diffused and incorporated with the palm flour and thus enhances the obtained mechanical property. [7]

Table 1 : Density, Flexural strength, Flexural modulus of Our WPC and commercial wood composite

| Type | Time of curing (min) | Density (g/cm ³) | Flexural strength (MPa) | Flexural modulus (GPa) |
|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------|
| WPC1 | 30 | 1.02 | 28.81 | 4.59 |
| WPC2 | 60 | 1.05 | 31.85 | 5.83 |
| Type | Time of curing (min) | Density (g/cm ³) | Flexural strength (MPa) | Flexural modulus (GPa) |
| WPC3 | 120 | 1.17 | 35.39 | 6.74 |
| Commercial wood composites (Arto) | | 1.10 | 28.00 | 4.30 |

4.2 Micro Hardness

Hardness testing provides useful information concerning the mechanical characteristics of materials such as toughness, brittleness, yield strength, etc. The variation of hardness with load on the cleavage surfaces of woods is shown in Table 2. While the indentations were made using same load at 100 g., our wood composite provides the greatest hardness value (25.0kg/mm²), which is comparable to other hardwoods and furthermore, the hardness value of wood composite is more than two times of typical hardwood in this experiment.

Table 2: Variation of Vickers's hardness with applied load for all prepared woods: (a) Our WPC, (b) Teak wood, (c) Iron wood and (d) Makamong wood

| Sample | Vickers's hardness / kg/mm ² | | | |
|--------|---|-----------|-----------|----------------|
| | Our WPC | Teak wood | Iron wood | Makhamong wood |
| 1 | 24.20 | 9.40 | 12.80 | 14.30 |
| 2 | 27.70 | 15.30 | 12.30 | 12.00 |
| 3 | 26.60 | 12.40 | 12.40 | 14.40 |
| 4 | 21.40 | 14.10 | 12.40 | 14.40 |
| Mean | 25 | 12.80 | 12.50 | 13.80 |

4.3 Water Absorption

From the study and comparison of the water absorption property of WPC, of which the proportion

of the palm leaves powder and polybenzoxazine resin is 65:35 by weight and the curing time condition is 30 min, with the 3 hardwood species including Teak wood, Makamong wood and Iron wood for 870 h (36 days), the results are illustrated in Figure 1.

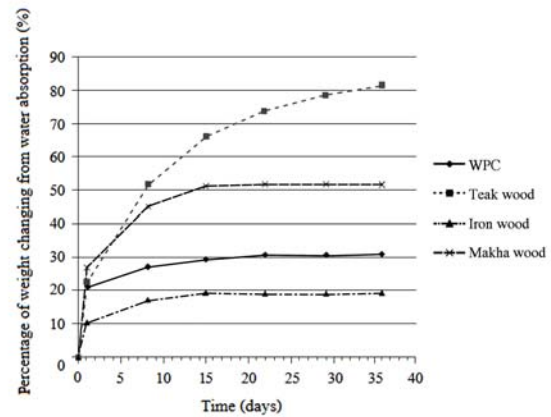


Figure 1 : Water absorption curves for all formulations of Our WPC, Teak wood, Iron wood and Makamong wood.

From the experiment, it can be seen that the water absorption of WPC is less than Teak and Makamong wood, while Iron wood has the lowest water absorption compared with other materials. The water absorption capacity of the wood flour based composites largely depends on the availability of the hydrophilic groups, i.e., the free -OH and -COOH groups, on the surface of the reinforcing wood flour. In addition, the water absorption increases as the wood flour content increases. [7] It is assumed that the water absorption capacity also depends on the curing time since at the 2h curing time, polybenzoxazine can be more easily diffused and incorporated with the wood flour and hence reduces the water absorption of the relatively hydrophilic palm flour.

4.4 Natural Weathering

From the study and comparison of the natural weathering property of WPC, of which the proportion of the palm leaves powder and polybenzoxazine resin is 65:35 by weight and the curing time condition is 30 min, with the 3 hardwood species including Teak wood, Makamong wood and Iron wood, the color of WPC and 3 hardwood species shows distinctly different visual appearance after natural weathering. Figure 3 shows the color of WPC and hardwoods after 1460 h (2 months) and 2200 h (3 months) of weathering test. It can be seen that at 1460 h and up to 2200 h, WPCs exhibit a lighter color with no crack and hole on the surface compared to the condition-controlled WPC. On the contrary, the color of Teak wood, Iron wood and Makhamong wood is lighter at 1460 h and is slightly lighter at 2200 h. Moreover, there are cracks and distinct holes on the surface compared to the condition-controlled hardwoods as shown in Figure 2. Hence, it can be concluded that natural weathering only causes a slightly change in physical property of WPC which is in accordance with the experiment. The authors also found that natural weathering does not affect the weight and hardness of WPC while flexural modulus was observed to be slightly lowered.[3] Therefore, it can be summarized that our WPC has a suitable property for exterior use.

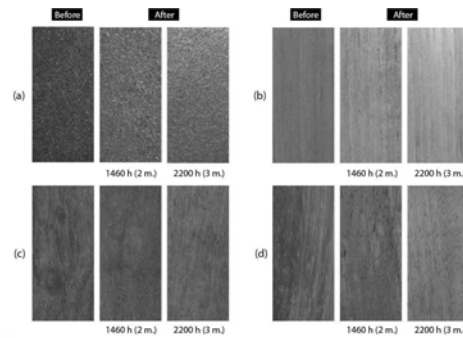


Figure 2 : Color change of samples after natural weathering test 1460 and 2200 h of (a) Our WPC, (b) Teak wood, (c) Iron wood And (d) Makamong wood

5. Conclusions

WPC from highly filled system of palm flour and polybenzoxazine at the proportion of 65:35 by weight and cured at the temperature of 170°C for 120 min (2h) has the highest density, flexural strength and flexural modulus properties. In comparison with the commercial wood composite, WPC has a higher flexural strength and flexural modulus than the commercial wood composite, while possess similar density with the commercial wood composite. Regarding the mechanical property for exterior use, in comparison with 3 important hardwood species, WPC from highly filled system of palm flour and polybenzoxazine at the proportion of 65:35 by weight has distinctly higher surface hardness than that of the 3 hardwood species, and lower water absorption than Teak wood and Makhamong wood. Concerning natural weathering, after 2200 h (3 months) of outdoor exposure, the color of WPCs is lighter, has no crack and hole compared to the controlled WPC. On the other hand, the color of the 3 hardwood species is lighter with an initial crack and larger holes appear on the surface compared to the controlled hardwoods.

Thus, it can be summarized that the WPC from highly filled system of palm flour and benzoxazine can be used in outdoor environment with the sufficiently high mechanical properties.

References

- [1] Corley, R.H.V. and Tinker, P.B. (2003). *The Oil Palm: (4th eds.)*. Blackwell Science Ltd., Oxford : 562p.
- [2] Chandrasekharan, K.A. & Kunjomana, A.G. (2009). Growth and microindentation analysis of pure and doped Sb₂Se₃ crystals. *Turk J Phys*, 33, 209-217.
- [3] Chokbumrungsilp, P. (2004). A study of UV-stability and biodegradability of wood plastic composite. Unpublished master's thesis, Kasetsart university, Thailand
- [4] Ghosh, N.N., Kiskan, B., & Yagci., Y. (2007). Polybenzoxazines - new high performance thermosetting resins: synthesis and properties. *Prog. Polym. Sci.*, 32, 1344-1391.
- [5] Leelawath, W. (2008). Expanding planting areas: Is it the one and only way to boost up palm oil production, [Online] Available <http://www.itd.or.th/th/node/275>, (access on 12 May 2008).
- [6] Mat Taib, R., Ahmad Zauzi, N.S., Mohd Ishak, Z.A., Rozman, H.D. (2010). Effects of photostabilizers on the properties of recycled high-density polyethylene (HDPE)/wood flour (WF) composite exposed to natural weathering. *Malaysian polymer journal*, vol.5, No.2, p 193-203, 2010
- [7] Rimdusit, S., Tanthapanichakoon, W., & Jubsilp, C. (2005). High performance wood composites from highly filled Polybenzoxazine. 2005 Wiley Periodicals, Inc. *J Appl Polym Sci* 99: 1240-1253, 2006
- [8] Racz, I., Andersen, E., Aranguren, M.I. and Marcovich N.E (2009). Wood flour – recycle polyol based polyurethane lightweight composite. *Journal of composite material*. Vol.43, No. 24/2009
- [9] Shebani, A.N., Van Reenen, A.J. and Meincken, M. (2009). The effect of wood species on the Mechanical and thermal properties of wood-LLDPE composites. *Journal of Composite Materials*, 43, 1305-1317.
- [10] Shalaby, R.M., (2009). Characteristics study on Bi-Pb based Alloys quenched from melt. *J. Mater. Sci. Technol.*, 25(4), 449-453.
- [11] Somsiri, P., Tharathon, M., Kuljira, S., & Rimdusit, S. (2008). Development of light weight ballistic armor from Polybenzoxazine Alloys and Kevlar TM Fiber. *Polymer Engineering and Science*, A03
- [12] Thawaro, S & Te-Chato. (2010). Verification of legitimate tenera oil palm hybrids using SSR and propagation of hybrids by somatic embryogenesis. *Songklanakarindr J. Science technal*, 32 (1), 1-8, Jan. - Feb. 2010
- [13] Thawaro, S & Te-Chato. (2010). RAPD (random amplified polymorphic DNA) marker as a tool for hybrid oil palm verification from half mature zygotic embryo culture, *Journal of Agricultural Technology* 2008, V.4(2): 165-176
- [14] Yang, L., Zhang, C., Pilla, S., & Gong, S. (2008). Polybenzoxazine-core shell rubber-carbon nanotube nanocomposites. *Composites: Part A*, 39, 1653-1659.

- [15] Yagci Y., Kiskan B., & Ghosh N.N. (2009).
Recent advancement on Polybenzoxazine-A newly
developed high performance thermoset, Journal of
polymer science: part A : Polymer chemistry, Vol.47,
5565-5576 (2009)



การลดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรโดยประยุกต์ใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษาโรงงานผลิตสปริง

ณัฐธีร์ วิจิตรกิริติกุล¹ และ ดร. ยุทธชัย บรรเทิงจิตร²

¹ภาควิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

²รองศาสตราจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

E-mail: natthi_mie18@hotmail.com

บทคัดย่อ

จากการศึกษาข้อมูลที่ได้จากโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานผลิตสปริงเพื่อส่งออก พบว่าโรงงานมีปัญหา ในด้านการขาดมาตรฐานในการบำรุงรักษาเครื่องจักร อย่างมีระบบ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลด จำนวนเหตุขัดข้องของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตสปริง โดยประยุกต์ใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน วางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรประจำวัน ประจำสัปดาห์ และประจำเดือนของเครื่องม้วนสปริง และหาค่าระยะเวลา ใช้งานเฉลี่ยก่อนการขัดข้อง (Mean Time Between Failure; MTBF) หลังดำเนินตามแผนการบำรุงรักษา เชิงป้องกัน พบว่าสามารถลดจำนวนเหตุขัดข้องของ เครื่องจักรลดลงจาก 21 ครั้ง เหลือ 18 ครั้งต่อเครื่อง หรือ ลดลงประมาณ 14.28% ของจำนวนครั้งการขัดข้อง และ ระยะเวลาการใช้งานเฉลี่ยก่อนการขัดข้องเพิ่มขึ้นจาก 475.2 ชั่วโมงเป็น 649.3 ชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 42.01%ของระยะเวลาการใช้งานได้ของเครื่องจักร

คำสำคัญ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน, ค่าระยะเวลาใช้งาน เฉลี่ยระหว่างแต่ละการขัดข้อง

1. บทนำ

ในระหว่าง เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายนปี 2552 ที่ผ่านมา โรงงานกรณีศึกษา ซึ่งประกอบกิจการผลิต ชิ้นส่วนยานยนต์ เช่น ขดสปริง โชคอัพ สรุปปัญหาได้ว่ามี เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้อง (Break Down: BD) จำนวน 21 ครั้ง เสียเวลาในการซ่อมเครื่องจักรทั้งหมด

73.10 ชั่วโมง มีระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างแต่ละเหตุขัดข้อง (Mean Time Between Failure: MTBF) 457.28 ชั่วโมง ทำให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นงานทั้งหมด 44,280 ชิ้น หรือ เป็นมูลค่า 132,840 บาทต่อปี สาเหตุเกิดจากเครื่องจักรกล เหล่านั้นขาดการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง และเหมาะสม จึงส่งผลให้เครื่องจักรเสื่อมสภาพก่อนเวลาอันควร รวมไปถึงการขัดข้องอย่างฉุกเฉินที่ไม่สามารถทราบได้ ล่วงหน้าและส่งผลให้การผลิตไม่เป็นไปตามที่กำหนดและ อาจส่งผลต่อเนื่องไปถึงความไม่น่าเชื่อถือของการส่งมอบ สินค้า คุณภาพของสินค้า อุบัติเหตุจากการขัดข้องของ เครื่องจักร ดังนั้นจึงสมควรที่จะพัฒนาระบบการ บำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเสื่อมสภาพก่อนเวลา และลดความสูญเสียจากการขัดข้อง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุขุม [1] ได้ทำการศึกษาและออกแบบแผนงาน บำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่าย ในการซ่อมรักษาของโรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ การศึกษานี้ได้ใช้หลักการวิเคราะห์คุณลักษณะ ความเสียหายและผลกระทบ (FMEA) แล้วทำการ จัดลำดับความเสียหายเหล่านั้นให้เป็นหมวดหมู่ พร้อมทั้งคัดเลือกอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากมาทำการ แก้ไขปัญหาก่อน และทำการวางแผนบำรุงรักษาประจำปี ให้กับทางโรงงานรวมถึงจัดทำมาตรฐานการซ่อม เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการซ่อมให้น้อยลง ผลจากการ

ดำเนินการเมื่อทำการปรับปรุง พบว่า ต้นทุนการซ่อมบำรุง ลดลงจาก 9.14 บาทต่อลูกบาศก์เมตร เหลือเพียง 7.31 บาท/ลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาห่างของการเสียหายของโรงงานแต่ละครั้ง (MTBF) เพิ่มขึ้นจาก 173.53 ชั่วโมง เป็น 177 ชั่วโมง และระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมแต่ละครั้ง (MTTR) ลดลงจาก 8.86 ชั่วโมง/ครั้ง เหลือเพียง 4.91 ชั่วโมง/ครั้ง

สมเกียรติ [2] ได้ศึกษาค้นคว้าการเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมให้กับสายการผลิตเม็ดพลาสติกพีวีซี ซึ่งมีปัญหาด้านการหยุดกะทันหันของเครื่องจักรค่อนข้างสูง อีกทั้งยังไม่มีระบบบริหารงานซ่อมบำรุงที่ดีพอ ด้วยการจัดตั้งระบบงานบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันให้กับเครื่องจักร และจัดตั้งระบบงานบำรุงรักษาด้วยตนเอง ให้กับสายการผลิตตัวอย่าง เพื่อเพิ่มค่าประสิทธิผลรวมให้กับสายการผลิตตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยและความสูญเสียของการหยุดกะทันหันมีค่าลดลง อัตราการเดินเครื่องจักรมีค่าสูงขึ้น ความรู้และทักษะของพนักงานทั้งฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุงดีขึ้น เป็นผลให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของสายการผลิตตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น จาก 76.98% เป็น 86.93% ค่า MTBF เพิ่มขึ้นจาก 34.19 ชั่วโมงเป็น 68 ชั่วโมง หรือเท่ากับ 97.72% และค่า MTTR ลดลงจาก 5 ชั่วโมงเป็น 1.36 ชั่วโมงหรือเท่ากับ 70.43 %

กาญจนา [3] ได้ทำการศึกษาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรในการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราความพร้อมใช้งานและเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับเครื่องจักร การศึกษานี้ได้นำระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรและการวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ (FMEA) มาทำการวิเคราะห์ความเสียหายและระดับความเสี่ยง รวมทั้งได้จัดทำแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับเครื่องจักร จากการนำระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรมาใช้ร่วมกับโรงงานกรณีศึกษา พบว่า อัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 82.73 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ 80 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างความเสียหายของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 63.80 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้ยังมีจำนวนความถี่ในการเกิดความเสียหายลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 46.44 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนชั่วโมงที่เกิดความเสียหายลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 67.47 เปอร์เซ็นต์

เชกสรร [4] ได้ทำการศึกษาการดำเนินกิจกรรมทางด้านการบำรุงรักษาและจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงแผนงาน (Planned Maintenance) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิผลและเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรในสายการบรรจุน้ำยาทำความสะอาด สุขภัณฑ์ให้เพิ่มสูงขึ้น การศึกษานี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์สภาพปัญหาและสาเหตุของการหยุดเครื่องจักรอย่างกะทันหัน พร้อมทั้งหาแนวทางการแก้ไขโดยจัดทำระบบเอกสารในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรให้เป็นมาตรฐาน รวมทั้งจัดทำแผนบำรุงรักษาเชิงแผนงาน (Planned Maintenance) ประกอบกับการดำเนินกิจกรรมการบำรุงรักษาด้วยตนเอง จากการนำแผนบำรุงรักษาเชิงแผนงานมาใช้ร่วมกับโรงงานกรณีศึกษา พบว่า ค่าประสิทธิผลโดยรวม (OEE) ของสายการผลิตมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม 73.70 เปอร์เซ็นต์ เป็น 84.10 เปอร์เซ็นต์ ค่า MTBF เพิ่มขึ้นจากเดิม 5,670 นาที เป็น 7,146 นาที หรือเพิ่มขึ้นเท่ากับ 21.59 เปอร์เซ็นต์ และค่า MTTR ลดลงจากเดิม 14 นาที เหลือ 11 นาที หรือลดลงเท่ากับ 21.43 เปอร์เซ็นต์

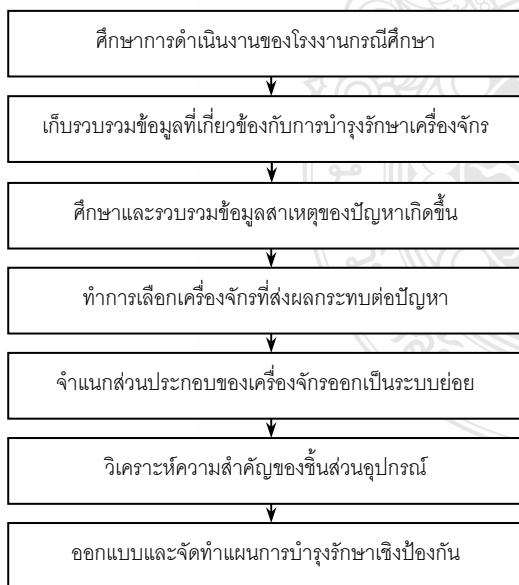
Tsai และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรที่ใช้ระบุแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยแบ่งเป็น 3 ปัจจัย คือ กิจกรรมการบำรุงรักษา การซ่อมแซม และการเปลี่ยนทดแทน ซึ่งกิจกรรมการบำรุงรักษาเป็นการแสดงกิจกรรมต่างๆ เช่น การหยอดน้ำมัน การทำความสะอาดเครื่องจักร การตรวจสอบและการปรับแต่ง เป็นต้น การซ่อมไม่เพียงแต่จะชะลอการเสื่อมสภาพแต่ยังจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของชิ้นส่วนนั้นๆ ให้กับมาดีเหมือนเดิม จากแบบจำลองในการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นในการทำงานของชิ้นส่วนต่างๆ จะใช้การหาค่า Mean-Up and Mean-Downtimes ของแต่ละชิ้นส่วน จากนั้นสรุปผลที่ได้ และนำมากำหนดเป็นนโยบายการซ่อมบำรุงดังนี้ ค่าความ

พร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรที่มากที่สุดที่สามารถเป็นไปได้ คือ ช่วงเวลาที่จำเป็นจะต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนนั้นๆ ส่วนค่าที่น้อยที่สุดจะเป็นจุดที่ต้องทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยที่ตารางการบำรุงรักษาจะประกอบไปด้วยข้อมูลของการใช้งานและการปรับเปลี่ยนชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งความสามารถในการทำงานหลังจากการบำรุงรักษา รวมถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมด ในแต่ละช่วงที่มีการบำรุงรักษา จนถึงช่วงอายุสุดท้ายที่คาดหมายไว้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน สามารถนำมาประยุกต์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ เพื่อลดจำนวนเหตุขัดข้องของเครื่องจักรทำสปริง และจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยมีแนวทางในการดำเนินงานวิจัยดังนี้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

สามารถแบ่งขั้นตอนของวิธีการดำเนินการวิจัยออกได้ เป็น 7 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษา

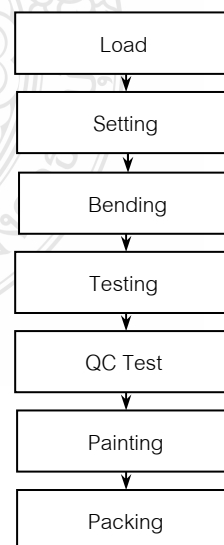
โรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้เป็นโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่ได้มีการผลิตส่งออกทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น คอล์ยสปริงสำหรับเครื่องยนต์ (วาล์ว, คลัทช์) คอล์ยสปริงสำหรับช่วงล่างรถยนต์ คอล์ยสปริงสำหรับรถจักรยานยนต์ คอล์ยสปริงสำหรับทำที่นอน คอล์ยสปริงสำหรับในงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2 คอล์ยสปริงสำหรับช่วงล่างรถยนต์

ที่มา: บริษัท สยามชิตะ จำกัด

กระบวนการผลิตสปริง สามารถแบ่งออกได้เป็น 7 กระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 3



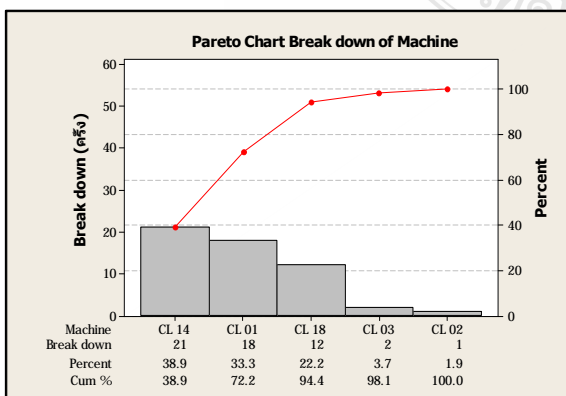
รูปที่ 3 กระบวนการผลิตสปริง

จากรูปที่ 3 สามารถอธิบายกระบวนการผลิตสปริงได้ดังต่อไปนี้

1. Load คือ กระบวนการจัดเตรียมวัสดุดิบ(เหล็กเส้น) ที่ใช้ในการผลิตใส่ลงใน Pallet เหล็กเส้นจะถูกดึงเข้า Roller เพื่อตัดให้ตรง
2. Setting คือ การตั้งค่าโปรแกรมของเครื่องจักร เช่น เบอร์ รูน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง จำนวน ระยะห่าง
3. Bending คือ กระบวนการที่เครื่องจักรจะดึงเหล็กเส้นเข้าไปสู่ขั้นตอนการม้วนให้โค้งตามขนาดที่ตั้งโปรแกรม
4. Testing คือ การนำสปริงที่ได้ไปทดสอบค่าทางฟิสิกส์
5. QC Test คือ กระบวนการตรวจสอบคุณภาพเพื่อหาข้อบกพร่องทางกายภาพ
6. Painting คือ การนำสปริงเข้าสู่กระบวนการพ่นสี
7. Packing คือ การนำสปริงเข้าสู่กระบวนการบรรจุลงกล่องพลาสติก

3.2 เลือกเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อ

เครื่องจักรที่เลือกพิจารณาในงานวิจัยนี้ได้แก่ เครื่องจักรผลิตสปริง (CL 14) เนื่องจากเป็นเครื่องจักรที่มีความถี่ในการเกิดเหตุขัดข้องมากที่สุด จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้พบว่าปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา คือ ปัญหาเครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องขณะทำการผลิต (Break Down) จากหลากหลายปัญหาและสาเหตุที่แตกต่างกันทำให้เกิดความถี่ในการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรสูง ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภูมิพาเรโตของเครื่องจักรที่มีการเกิด

เหตุขัดข้อง

3.2 จำแนกเครื่องจักรออกเป็นระบบย่อย

เครื่องจักรที่เลือกมาวิเคราะห์ ได้แก่ เครื่องจักรผลิตสปริง (CL14) โดยเครื่องนี้มีหลักการทำงาน คือ อาศัยการทำงานของระบบย่อยต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนอุปกรณ์จำนวนมาก โดยสามารถจำแนกรายละเอียดส่วนประกอบของเครื่องจักรได้ดังต่อไปนี้

1. ระบบไฮดรอลิกส์
2. ระบบนิวเมติก
3. ระบบไฟฟ้า
4. ระบบหล่อลื่น
5. ระบบตัด

3.3 วิเคราะห์ความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์

สำหรับการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์ในแต่ละระบบย่อยของเครื่องจักรผลิตสปริง (CL14) ได้ใช้วิธีการค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average) จากเกณฑ์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความถี่ในการใช้งาน ชิ้นส่วนอุปกรณ์ 2) ราคาชิ้นส่วนอุปกรณ์ 3) ระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนทดแทนชิ้นส่วนอุปกรณ์ และ 4) ผลกระทบต่อชิ้นส่วนอุปกรณ์อื่น เมื่อชิ้นส่วนที่พิจารณาเกิดความเสียหาย มาทำการพิจารณาความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องจักรผลิตสปริง ซึ่งมีรูปแบบสมการในการคำนวณดังนี้

$$CC = \frac{\sum_{n=1}^4 w_n x_n}{\sum_{n=1}^4 w_n} \quad (1)$$

โดยที่

CC คือ ค่าเฉลี่ยชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่สำคัญ

w_n คือ ผลคูณเชิงน้ำหนักของเกณฑ์ x_n

x_n คือ คะแนนของเกณฑ์ที่ n ในการประเมินชิ้นส่วนอุปกรณ์

3.4 ออกแบบและจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

เป็นการจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับแผนกซ่อมบำรุง เพื่อป้องกันการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรโดยการทำความสะดวก การตรวจสอบ การปรับ

สภาพ การหล่อลื่น การเปลี่ยนชิ้นส่วน การบำรุงรักษาส่วน
ใหญ่จะกระทำหลังจากเครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องแล้ว
ซึ่งในขั้นต้นผู้วิจัยร่วมมือกับวิศวกรซ่อมบำรุง จัดทำการ
วางแผนซ่อมบำรุงซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

การบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุขัดข้อง (Break Down
Maintenance) การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง
(Corrective Maintenance) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
(Preventive Maintenance) จัดทำมาตรฐานการ
บำรุงรักษาเครื่องจักรด้วยตนเอง จัดทำวิธีการทำงาน
(Work Instruction)

4. สรุปผลการทดลอง

ดัชนีวัดผลสำหรับงานวิจัยนี้ คือ เวลาในการเดิน
เครื่องจักร เวลาที่เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้อง จำนวนครั้งใน
การเกิดเหตุขัดข้องและค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างแต่ละ
การขัดข้อง (Mean Time Between Failure: MTBF)
ภายหลังจากการดำเนินงานเพื่อลดจำนวนครั้งของ
เหตุขัดข้องของเครื่องจักรตัวอย่าง ผลที่ได้คือ เครื่องจักร
ม้วนสปริง (CL14) มีเวลาในการเดินเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจาก
151.37 ชั่วโมง/เดือน เพิ่มเป็น 301.67 นาฬิกา/เดือน เวลาที่
เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องลดลงจาก 11.52 เพอร์เซ็นต์/
เดือน เหลือเป็น 4.18 เพอร์เซ็นต์/เดือน และจำนวนครั้งใน
การเกิดเหตุขัดข้องลดลงจาก 21 ครั้งเหลือ 18 ครั้ง ในส่วน
ของพนักงานซ่อมบำรุงสามารถเข้าใจถึงคุณลักษณะ
ความเสียหายที่จะส่งผลกระทบต่อให้เกิด ความเสียหายอย่าง
กะทันหัน และทำให้พนักงานมีมาตรฐานในการบำรุงรักษา
เชิงป้องกันด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุขุม จันทร์ตรี, การลดต้นทุนงานซ่อมบำรุงใน
โรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ,
2539.
- [2] สมเกียรติ พัทธนฤมล, การเพิ่มประสิทธิผลโดยรวม
ของเครื่องจักรด้วยระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน,

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2547.

[3] กาญจนา จิตรจุน, การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดย
การบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษา
โรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,
กรุงเทพฯ, 2550

[4] เชกสรร สิงห์หนู, การบำรุงรักษาเชิงแผนงานเพื่อเพิ่ม
ประสิทธิภาพของเครื่องจักร กรณีศึกษาสายการบรรจุ
น้ำยาทำความสะอาด, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,
กรุงเทพฯ, 2550.

[5] Tsai, Y.T., Wang, K.S. and Tsai, L.C. "A Study of
Availability-Centered Preventive Maintenance for
Multi-Component Systems." Journal of Reliability
Engineering and System Safety. Vol.84 (2004) :
261-270.

การประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาด้วยทฤษฎีความน่าเชื่อถือเพื่อลดเวลาสูญเสียในการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษ

พิเชษฐ์ แก้วไทรท้วม¹ และ ประจวบ กล่อมจิตร์²

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท และ ²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

E-mail: pichetka@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาสูญเสียที่เกิดจากปัญหาการขัดข้องและเสียหายของเครื่องจักรในระหว่างทำการผลิต และกำหนดวิธีการบำรุงรักษาป้องกันให้กับชิ้นส่วนอุปกรณ์ของโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้หลักการวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ แนวทางการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องผลิตกระดาษ และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความเสียหายและระดับความเสี่ยงด้วยวิธีการวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ (FMEA) จากนั้นทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ความน่าเชื่อถือ เพื่อใช้เป็นข้อมูลกำหนดวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับชิ้นส่วนอุปกรณ์ ผลการการศึกษาพบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เวลาสูญเสียในการผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คิดเป็นอัตราความเสียหายเฉลี่ยของเครื่องจักร เครื่อง MC1 ลดลง 5.68% เครื่อง MC2 ลดลง 9.56% เครื่อง MC3 ลดลง 4.47% และอัตราความพร้อมในการใช้งานเฉลี่ยของเครื่องจักร เครื่อง MC1 เพิ่มขึ้น 80.20% เครื่อง MC2 เพิ่มขึ้น 79.54% เครื่อง MC3 เพิ่มขึ้น 80.53% ตามลำดับ

คำสำคัญ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน, วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ, การวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ

1. บทนำ

การนำเอาเครื่องจักรมาใช้ในการผลิตนั้น มิได้มีเพียงข้อดีที่เครื่องจักรดังกล่าวสามารถทำงานตามความต้องการในการผลิตได้เท่านั้น แต่ในอีกด้านหนึ่ง การผลิตนั้นก็ขึ้นอยู่กับเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเช่นกัน ซึ่งหมายความว่า ถ้าเครื่องจักรที่นำมาใช้เกิดการขัดข้องและเสียหาย (Breakdown) ก็จะทำให้การผลิตต้องหยุดชะงัก หรือเมื่อเครื่องจักรใช้งานไปแล้วเกิดการเสื่อมสภาพขึ้น สินค้าที่ผลิตออกมาก็จะไม่ได้คุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการและประสิทธิภาพในการผลิตของเครื่องจักรก็จะลดลง เป็นผลให้เกิดความสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มมากขึ้น และหากเครื่องจักรมีการใช้งานที่ไม่ถูกต้องรวมทั้งไม่มีการดูแลรักษาที่ถูกวิธีและเหมาะสมแล้ว ก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อบุคคลที่เกี่ยวข้องและอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมามากด้วย ซึ่งประเด็นเหล่านี้ถือได้ว่าเป็นข้อดีของเครื่องจักรเมื่อนำมาใช้ในการผลิตนอกเหนือไปจากการลงทุนในการจัดซื้อเครื่องจักร และค่าใช้จ่ายในการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องจักรเหล่านี้ที่จะต้องเสียอยู่แล้ว

จากการไปเก็บข้อมูลของโรงงานตัวอย่าง พบว่าระบบการบำรุงรักษาที่กำลังดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน ยังมีประสิทธิภาพไม่ทันนัก การนำไปปฏิบัติจริงยังมีปัญหา ไม่สามารถลดเวลาหยุดทำงาน (Downtime) ของเครื่องจักรได้ ผลที่สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนคือยังมีเครื่องจักรบางอย่างเสียบ่อยมาก ซึ่งสาเหตุหลักมาจาก

1. สาเหตุจากตัวเครื่องจักร ใช้งานมานานแล้ว บางส่วนเป็นเครื่องมือสองประกอบกับการใช้งาน

อย่างหนักวันละ 24 ชั่วโมง สัปดาห์ละ 7 วัน ทำให้มีความสึกหรอ และเสื่อมสภาพเร็ว อีกทั้งยังขาดการดูแลรักษาเนื่องจากทีมซ่อมบำรุงมีน้อย

2. สาเหตุจากผู้ปฏิบัติงาน เนื่องจากมีอัตราการเข้า-ออกสูง ทำให้ขาดความชำนาญในการควบคุมและปรับแต่งเครื่องจักร

3. สาเหตุจากการจัดการ ขาดมาตรฐานในการบำรุงรักษา ขาดการวางแผนซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และขาดข้อมูลการทำงาน ทำให้ขาดข้อมูลอ้างอิงในการซ่อมแซม เช่น คู่มือเครื่องจักร ระเบียบวิธีการซ่อมบำรุง ใบแจ้งซ่อม ทำให้ผู้ปฏิบัติงานอาศัยประสบการณ์ลองผิดลองถูกทำให้เกิดการขัดข้องได้ง่ายและซ่อมบำรุงได้ช้า

ทั้งนี้ ส่วนหนึ่งอาจมาจากกรณีที่ไม่เข้าใจถึงความสำคัญของข้อมูลที่หน่วยซ่อมบำรุงต้องการ ทำให้ไม่ได้รับความร่วมมือในการบันทึกข้อมูลเอกสารต่างๆ จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้นส่งผลทำให้แผนการบำรุงรักษาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันขาดความน่าเชื่อถือ จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น การจัดการบำรุงรักษาเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยลดการเกิดการขัดข้องและเสียหาย (Breakdown) ของเครื่องจักร จะพบว่าหากมีการประยุกต์วิธีการวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering) กับ การบำรุงรักษาจะช่วยลดปัญหาเครื่องจักรชำรุดก่อนเวลาที่กำหนด เพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนเวลาการบำรุงรักษาได้แม่นยำขึ้น และที่สำคัญคือจะช่วยกำหนดวิธีการบำรุงรักษาแต่ละแบบให้เหมาะสมกับเครื่องจักรที่มีการใช้งานแตกต่างกัน เช่น การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) สำหรับเครื่องจักรที่มีค่าอัตราความเสียหายคงที่ การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) หรือการบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition Based Monitoring) สำหรับเครื่องจักรที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิต [1]

1.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวทางที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ สมศักดิ์ [2] ลดเวลาสูญเสียที่เกิดจากปัญหาการขัดข้องและ

เสียหายของเครื่องจักร โดยใช้หลักการวิศวกรรมความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์หาขอบการเปลี่ยนแปลง เพื่อนำไปปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน สรณญา [3] นำไปแกมระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันมาทำการวิเคราะห์อาการที่ผิดปกติและผลกระทบของความเสียหาย (FMEA) เพื่อหาระดับความเสี่ยงของเครื่องจักร และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมของแต่ละเครื่องจักรให้เป็นมาตรฐานในการบำรุงรักษา กาญจนา [4] ได้นำระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรและการวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ (FMEA) มาทำการวิเคราะห์ความเสียหายและระดับความเสี่ยง รวมทั้งได้จัดทำแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับเครื่องจักร Tsai และคณะ [6] ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรที่ใช้ระบุแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยแบ่งเป็น 3 ปัจจัย คือ กิจกรรมการบำรุงรักษาการซ่อมแซม และการเปลี่ยนทดแทน Metwalli และคณะ [7] ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดเก็บข้อมูลที่ใช้ในการจัดสร้างระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของการสูญเสียโดยใช้การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull) โดยรูปแบบความเสียหายที่วิเคราะห์ได้นั้นจะถูกนำมาใช้ในการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องจักรทั้งหมด ซึ่งการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมนั้นจะได้จากการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณเพื่อหาค่าจ่ายต่ำสุดในช่วงเวลาการบำรุงรักษา

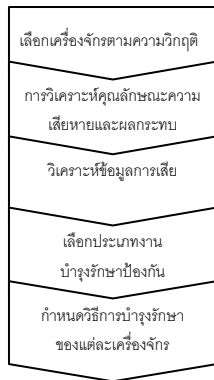
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อลดเวลาสูญเสีย (Downtime) ในการผลิตซึ่งเกิดจากการขัดข้องและเสียหาย (Breakdown) ของเครื่องจักรอย่างกะทันหัน

2. เพื่อกำหนดวิธีการบำรุงรักษาป้องกันให้กับเครื่องจักรที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริงของเครื่องจักรบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือของชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่างๆ ให้กับโรงงานกรณีศึกษา

2. ทฤษฎี

การจัดงานบำรุงรักษาตามความน่าเชื่อถือของเครื่องจักร [5] กระบวนการในการทำงานเรื่องคัดเลือกงานบำรุงรักษาป้องกันที่เหมาะสมและการจัดคาบเวลาของการทำงานบำรุงรักษาป้องกันที่เลือกนั้น ที่เหมาะสมหรือให้ประโยชน์สูงสุดสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. กระบวนการในการทำงานเรื่องคัดเลือกงานบำรุงรักษาป้องกันที่เหมาะสม

กระบวนการคัดเลือกงานบำรุงรักษาป้องกันที่เหมาะสม คือ การคัดเลือกงานที่สำคัญสำหรับเครื่องจักรที่วิกฤติสูง การคัดเลือกทำโดยใช้ค่าความน่าเชื่อถือได้ (Reliability) เป็นหลักกระบวนการคัดเลือกและจัดงานบำรุงรักษาป้องกันมี 5 ขั้นตอน คือ

1. การประเมินและเลือกเครื่องจักรที่จะวิเคราะห์ตามความวิกฤติ
2. ทำกระบวนการ FMECA (Failure Mode Effect Criticality Analysis) เพื่อพิจารณาการเสียหายที่สาเหตุต่าง ๆ (Failure Mode)
3. การวิเคราะห์ข้อมูลการเสียหาย โดยใช้ประวัติการเสียหายและการทำงานตามแผนที่เป็นอยู่ถึงปัจจุบันเป็นข้อมูล เพื่อหาตัวแปรทางสถิติที่สามารถอธิบายพฤติกรรมการเสียหายแยกตาม Failure Mode
4. เลือกประเภทงานบำรุงรักษาป้องกัน ซึ่งหลัก ๆ แล้วมี 4 ประเภทให้เลือก คือ

- งานเปลี่ยนชิ้นส่วน หรือซ่อมใหญ่ตามแผน
- งานตรวจสอบสภาพตามกำหนด
- งานตรวจสอบอาการเสียหายซ่อนเร้น
- งานซ่อมเมื่อเสียหาย

5. การจัดคาบในการทำงานตามแผนที่คัดเลือกแล้ว และการปรับคาบการทำงานตามแผนให้ได้ประโยชน์สูงสุด ผลที่ได้จากการทำกิจกรรมกลุ่มนี้คือ รายงานการบำรุงรักษาป้องกันตามแผนพร้อมคาบเวลาในการทำให้ประโยชน์สูงสุด (Optimized Scheduled PM Task List) ที่ครอบคลุมการเสียหายทุกสาเหตุ (Failure Mode) ซึ่งเป็นงานที่ได้ผ่านการคัดเลือกอย่างถี่ถ้วนแล้วว่าต้องทำ ไม่ทำไม่ได้ มีความเสี่ยงสูงที่ระบบจะไม่สามารถทำภารกิจที่กำหนดได้ โดยมีความเสียหายสูงมาก

3. ระเบียบวิธีวิจัย

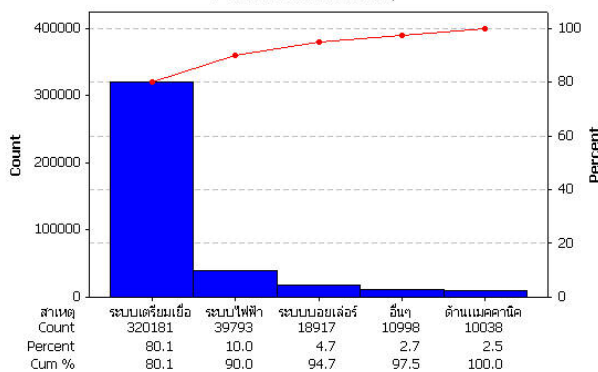
3.1 ศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา

โรงงานผลิตกระดาษตัวอย่างเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลาง ดำเนินธุรกิจทางด้านการผลิตกระดาษประเภท CA และประเภท M หรือ (กระดาษสีน้ำตาล) ปัจจุบันประกอบด้วยเครื่องผลิตกระดาษ MC1 กำลังผลิต 40 ตันต่อวัน MC2 กำลังผลิต 18 ตันต่อวัน และ MC3 กำลังผลิต 85 ตันต่อวัน กระบวนการผลิตเริ่มจากการนำกระดาษที่ใช้แล้วนำมารีไซเคิล โดยผ่านกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนก่อนที่ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกไปจะนำไปทำกระดาษลูกฟูกของลังกระดาษ โดยข้อมูลของการสูญเสียเวลาที่เกิดจากความเสียหายของเครื่องจักรในสายการผลิตได้แสดงไว้ดังตารางที่ 1

จากข้อมูลของสายการผลิต MC1 MC2 และ MC3 ในตารางที่ 1 เมื่อนำมาคิดเป็นอัตราความเสียหายของเครื่องจักรเฉลี่ยเท่ากับ 25.48% 30.02% และ 23.94% ตามลำดับ ซึ่งเกินกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้คือ 20% และเมื่อคิดเป็นอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรเฉลี่ยเท่ากับ 74.52%, 69.98% และ 76.06% ตามลำดับ ซึ่งสามารถแบ่งแยกเป็นตามสาเหตุได้ดังแสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 1. แสดงความสูญเสียเวลาที่เกิดจากความเสียหายของแต่ละสายการผลิต

| เดือน | เวลารับภาระงาน (นาที) | เวลาสูญเสียในการผลิต (นาที) | | |
|----------|-----------------------|-----------------------------|--------|--------|
| | | เครื่องจักร | | |
| | | MC1 | MC2 | MC3 |
| ก.ค.-52 | 43,200 | 11,164 | 14,125 | 6,625 |
| ส.ค.-52 | 40,320 | 11,246 | 12,942 | 9,215 |
| ก.ย.-52 | 43,200 | 11,144 | 10,495 | 10,650 |
| ต.ค.-52 | 43,200 | 11,476 | 12,800 | 8,522 |
| พ.ย.-52 | 41,760 | 10,381 | 15,327 | 10,806 |
| ธ.ค.-52 | 40,320 | 10,557 | 13,677 | 7,473 |
| ม.ค.-53 | 41,760 | 9,720 | 10,992 | 11,899 |
| ก.พ.-53 | 40,320 | 10,554 | 14,202 | 10,859 |
| มี.ค.-53 | 44,640 | 9,013 | 13,376 | 13,537 |
| เม.ย.-53 | 40,320 | 10,726 | 14,225 | 9,985 |
| พ.ค.-53 | 43,200 | 10,988 | 9,999 | 12,555 |
| มิ.ย.-53 | 41,760 | 11,252 | 8,776 | 8,644 |



รูปที่ 2. แผนภูมิพารโตเวลาสูญเสียในสายการผลิตแยกตามสาเหตุต่างๆ

จากรูปที่ 2 สามารถสรุปได้ว่าสาเหตุหลักที่มีผลกระทบ คือ ปัญหาระบบเตรียมเยื่อ ส่งผลให้เยื่อไม่เพียงพอในการผลิต อันมาจากสาเหตุหลัก คือ บั้มส่งเยื่อขัดข้อง ซึ่งในการศึกษานี้จะเลือกเป็นอุปกรณ์ที่จะทำการกำหนดวิธีการบำรุงรักษาป้องกัน แต่เนื่องจากในกระบวนการเตรียมเยื่อมีบั้มส่งเยื่อเป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องมีการคัดเลือกที่มีความสำคัญมากที่สุดมาพิจารณาก่อนดังจะแสดงในหัวข้อต่อไป

3.2 การคัดเลือกและวิเคราะห์เครื่องจักรตามความวิกฤติและวิเคราะห์หน้าที่

การจัดระดับความวิกฤติของเครื่องจักร [8] โดยการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (Machine Criticality: MC) พิจารณาจากเกณฑ์ที่ตั้งนี้ EM (Effect of the machine), UR (Utilization rate of the machine), SEI (Safety and environmental incidence of machine), MTC (Technical complexity of the machine) จากนั้นกำหนดน้ำหนักของความสำคัญของแต่ละปัจจัย ดังนี้ คะแนน 0 หมายถึง ไม่มีผลกระทบจากปัจจัยนั้น 1 หมายถึง ผลกระทบจากปัจจัยนั้นมีน้อยมาก 2 หมายถึง ผลกระทบจากปัจจัยนั้นมีปานกลาง 3 หมายถึง ผลกระทบจากปัจจัยนั้นมีมากที่สุด จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (MC) จากสูตร

$$MC = 3*EM + 2*UR + 3*SEI + 1*MTC \quad (1)$$

เพื่อให้สามารถใช้งานคะแนนความวิกฤติได้ง่ายและได้ผล จึงควรจัดความวิกฤติที่คำนวณได้เป็นช่วงคะแนน 3 ช่วง คือ A: 20 ถึง 27 เครื่องจักรนั้นสำคัญมาก B: 12 ถึง 19 เครื่องจักรนั้นสำคัญปานกลาง และ C: 0 ถึง 11 เครื่องจักรนั้นสำคัญน้อย สำหรับเครื่องจักรที่เราพิจารณาเลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะเลือกในช่วง A คือมีความวิกฤตสูง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ตัวอย่างการคำนวณค่าความสำคัญของเครื่องจักร (MC) ระดับ A

| Machine Code | Weight | | | | MC | Criticality Code |
|---------------------------------|--------|----|----|-----|----|------------------|
| | SEI | EM | UR | MCT | | |
| - บั้มส่งเยื่อบ่อเยื่อ1 (MC1) | 3 | 3 | 3 | 2 | 26 | A |
| - บั้มส่งเยื่อบ่อเยื่อ9 (MC2) | 2 | 2 | 3 | 2 | 20 | A |
| - บั้มส่งเยื่อบ่อเยื่อ5,6 (MC3) | 2 | 3 | 3 | 2 | 23 | A |

กำหนดกรอบและพิจารณาหน้าที่ของเครื่องจักรตามกรอบที่กำหนด [5] จากหัวข้อที่ผ่านมาสรุปได้ว่า เครื่องจักรที่มีความสำคัญต่อสายการผลิต MC1 ได้แก่ บั้มส่งเยื่อบ่อ

เยื่อ1 สายการผลิต MC2 ได้แก่ บั้มส่งเยื่อบ่อเยื่อ9 และสายการผลิต MC3 ได้แก่ บั้มส่งเยื่อบ่อเยื่อ 5, 6 โดยทั้งหมดเป็นบั้มส่งเยื่อแบบหอยโข่ง (Centrifugal Pump) ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนในการทำงานแบบเดียวกัน และทำการพิจารณาหน้าที่ของชิ้นส่วนหลักดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3. แสดงส่วนประกอบของบั้มเยื่อและหน้าที่

| ชิ้นส่วนอุปกรณ์ | หน้าที่ |
|----------------------|--|
| 1. มอเตอร์ | - ต้นกำลัง |
| 2. สายพาน | - ส่งแรงขับจากมอเตอร์ไปยังขั้วเพลลา |
| 3. เพลลาและปลอกเพลลา | - ส่งแรงหมุนเพื่อขับใบพัดบั้ม |
| 4. ลูกปืนบั้ม | - รองรับและประคองการหมุนของเพลลาบั้ม |
| 5. ลูกปืนมอเตอร์ | - รองรับและประคองการหมุนของมอเตอร์ |
| 6. ปะเก็น | - ป้องกันการรั่วของเยื่อกระดาษ |
| 7. หน้าแปลนกันน้ำ | - ป้องกันการกระเด็นของน้ำเข้าสู่ลูกปืนบั้ม |
| 8. ใบพัดบั้ม | - ดูดเยื่อกระดาษ |
| 9. เลื้อบั้ม | - หุ้มใบพัดบั้ม |
| 10. พู่เลย์ | - สำหรับใส่สายพานเพื่อใช้ส่งกำลัง |
| 11. แท่นยึด | - ยึดมอเตอร์และบั้มให้อยู่กับที่ |

3.3 การวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ (FMEA)

ในการวิเคราะห์ FMEA [9] จะคำนวณตัวเลขความเสี่ยงซึ่งนำ (Risk Priority Number: RPN) เพื่อจัดลำดับกระบวนการในมุมมองทางด้านสถานะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ ในแต่ละสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาด ซึ่งประกอบด้วยอัตราผลกระทบของความรุนแรง (Severity: S) ความถี่ที่เกิดขึ้นของข้อบกพร่องที่คาดว่าจะเกิด (Occurrence: O) และความสามารถในการตรวจจับ (Detection: D) โดยมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$RPN = (S) \times (O) \times (D) \quad (2)$$

เมื่อได้ค่า RPN แล้ว จะทำการประเมินความเสี่ยง (Risk Evaluation) ดังนี้ ความเสี่ยงเล็กน้อย RPN < 60 ความเสี่ยงปานกลาง RPN < 80 ความเสี่ยงสูง RPN < 100 และความเสี่ยงวิกฤต RPN > 100 ควรจะทำการพิจารณาความวิกฤตของชิ้นส่วนที่มีค่าสูงสุดก่อน [10]

ตารางที่ 4. แสดงผลการการวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบของชิ้นส่วนอุปกรณ์

| ชิ้นส่วนอุปกรณ์ | คุณลักษณะความเสียหาย (Failure Mode) | RPN | Risk Evaluation |
|----------------------|-------------------------------------|-----|-----------------|
| 1. มอเตอร์ | มอเตอร์ไหม้ | 84 | สูง |
| 2. สายพาน | ชำรุด ขาด | 84 | สูง |
| 3. เพลลาและปลอกเพลลา | คอเพลลาสึก คด | 84 | สูง |
| 4. ลูกปืนบั้ม | ลูกปืนแตก | 252 | วิกฤต |
| 5. ลูกปืนมอเตอร์ | ลูกปืนแตก | 84 | สูง |
| 6. ปะเก็น | ปะเก็นสึก ทำให้เยื่อและน้ำรั่ว | 252 | วิกฤต |
| 7. หน้าแปลนกันน้ำ | ชำรุด ทำให้น้ำกระเด็นเข้าสู่ลูกปืน | 70 | ปานกลาง |
| 8. ใบพัดบั้ม | สึกหรอเนื่องจากการใช้งาน | 98 | สูง |
| 9. เลื้อบั้ม | สึกหรอเนื่องจากการใช้งาน | 70 | ปานกลาง |
| 10. พู่เลย์ | ศูนย์ไม่ตรง ชำรุด | 84 | สูง |
| 11. แท่นยึด | แท่นสั่นสะเทือนมาก | 84 | สูง |

จากตารางที่ 4 เมื่อทราบคุณลักษณะความเสียหายของแต่ละชิ้นส่วนอุปกรณ์และระดับความเสี่ยงแล้ว ต่อไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลการเสียของชิ้นส่วนอุปกรณ์ เพื่อใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ความน่าเชื่อถือของแต่ละชิ้นส่วนเพื่อจะได้ทราบคุณสมบัติการเสียแต่ละแบบต่อไป

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลการเสีย (Failure Data Analysis)

รูปแบบของการเสีย (Failure Patterns) [5] โดยรวมในระดับเครื่องจักร จะได้รูปอัตราการเสียรวมเป็นอ่างน้ำ (Bathtub) คือ มีการเสียสูงตอนต้นๆ และช่วงปลายๆ ของอายุเครื่องจักร รูปแบบการเสียสามารถใช้สถิติอธิบายด้วยสมการสถิติของไวบูลล์ (Weibull Distribution) ทั้งนี้เนื่องจากการแจกแจงทางสถิติที่พบได้บ่อยในงานด้านความน่าเชื่อถือ ซึ่งมีตัวแปรที่ใช้สำหรับงานบำรุงรักษา คือ β อ่านว่า เบต้า คือ ตัวบอกรูปร่าง (Shape parameter) การกระจายของการเกิดการเสีย η อ่านว่า อีต้า คือ ตัวบอกขนาด (Scale parameter) คือค่าอายุเฉลี่ย และสามารถจำลองอัตราการพัง (Hazard Rate: H(t)) ได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่ชื่อฟังก์ชันไวบูลล์ (Weibull Function) ดังนี้ [11]

$$H(t) = \frac{\beta}{\eta} \times \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (3)$$

การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของการเสีย (Failure Characteristic) [5] ด้วยข้อมูลการเสียที่ Failure Mode ใด ๆ คือ การหาสถิติที่สามารถอธิบายพฤติกรรมการเสียตามข้อมูลนั้น ตัวแปรทางสถิติเป็นเครื่องใช้ชี้ไปสู่การเลือกประเภทงานบำรุงรักษาป้องกันที่เหมาะสมได้ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ Failure Mode หรือสาเหตุและ Time of Fail คือ ระยะเวลาที่ใช้ได้แล้วเสียด้วยสาเหตุ คือ Failure Mode เดียวกัน

การประมาณค่าพารามิเตอร์ความน่าเชื่อถือ (Reliability Parameters Estimation) [12] สามารถพิจารณาได้จาก วิธีการการวาดกราฟความน่าจะเป็น (Probability Plotting) มีประโยชน์อย่างมากในการประเมินหารูปแบบการแจกแจงด้วยขนาดตัวอย่างที่มีค่อนข้างน้อย โดยสามารถแสดงผลได้เป็นภาพเชิงกราฟ (Graphical Picture) และระบุเกี่ยวกับจำนวน (Quantitative) ว่ารูปแบบการแจกแจงสนิทกับข้อมูลที่มีอยู่ได้ดีเพียงใด และถ้าขนาดของตัวอย่างมีเป็นจำนวนมาก เทคนิคการวาดกราฟความน่าจะเป็นเพื่อหารูปแบบการแจกแจงก็จะมีคามแม่นยำมากขึ้นดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5. ค่าพารามิเตอร์ความน่าเชื่อถือ

| ชิ้นส่วนอุปกรณ์ | Parameters | | สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ |
|--------------------|------------|---------|------------------------|
| | β | η | |
| 1. มอเตอร์ | 1.03550 | 56.7348 | 0.990 |
| 2. สายพาน | 1.32548 | 27.8003 | 0.985 |
| 3. เพลาและปลอกเพลา | 1.10901 | 18.6686 | 0.967 |
| 4. ลูกปืนมีม | 4.71852 | 11.6348 | 0.959 |
| 5. ลูกปืนมอเตอร์ | 1.02906 | 71.6589 | 0.986 |
| 6. ปะเก็น | 6.25098 | 4.43818 | 0.968 |
| 7. หน้าแปลนกันน้ำ | 1.44032 | 18.5968 | 0.974 |
| 8. ไบพัดมีม | 1.30045 | 157.775 | 0.988 |
| 9. เลื่อยมีม | 1.13070 | 80.4778 | 0.980 |
| 10. พู่เลย์ | 1.38779 | 59.2723 | 0.983 |
| 11. แท่นยึด | 1.00770 | 116.655 | 0.971 |

การทดสอบภาวะสารูปสนิท (Goodness of Fit Test) [11] การทดสอบนี้จะเป็นประโยชน์ในกรณีที่ต้องการมั่นใจว่าข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงนั้นจะมีการแจกแจงแบบที่

เราต้องการหรือไม่ โดยสถิติทดสอบที่ใช้ คือ Kolmogorov-Smirnov Test จะยอมรับว่าเป็นการแจกแจงแบบไวบูลล์ เมื่อ $\max d < d_\alpha$ ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6. Goodness of Fit Test

| ชิ้นส่วนอุปกรณ์ | K-S Test | | ผลการทดสอบ |
|--------------------|----------|--------------------------|------------|
| | max d | $d_\alpha (\alpha=0.05)$ | |
| 1. มอเตอร์ | 0.159 | 0.454 (n=8) | ยอมรับ |
| 2. สายพาน | 0.177 | 0.454 (n=8) | ยอมรับ |
| 3. เพลาและปลอกเพลา | 0.202 | 0.409 (n=10) | ยอมรับ |
| 4. ลูกปืนมีม | 0.204 | 0.409 (n=10) | ยอมรับ |
| 5. ลูกปืนมอเตอร์ | 0.173 | 0.454 (n=8) | ยอมรับ |
| 6. ปะเก็น | 0.240 | 0.375 (n=12) | ยอมรับ |
| 7. หน้าแปลนกันน้ำ | 0.227 | 0.409 (n=10) | ยอมรับ |
| 8. ไบพัดมีม | 0.165 | 0.519 (n=6) | ยอมรับ |
| 9. เลื่อยมีม | 0.182 | 0.454 (n=8) | ยอมรับ |
| 10. พู่เลย์ | 0.176 | 0.454 (n=8) | ยอมรับ |
| 11. แท่นยึด | 0.150 | 0.519 (n=6) | ยอมรับ |

เมื่อทราบถึงรูปแบบการแจกแจงที่สนิทกับข้อมูล ดังนั้น ก็สามารถนำค่าพารามิเตอร์ β (Shape parameter) และค่า η (Scale parameter) ไปใช้ในการวิเคราะห์และคัดเลือกงานการบำรุงรักษาต่อไป

3.5 เลือกประเภทงานการบำรุงรักษาป้องกัน

รูปแบบการบำรุงรักษาป้องกัน (Preventive Maintenance Task Categories) [13]

1. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) จะเป็นบำรุงรักษาโดยทำการบำรุงรักษาตามคาบเวลา (Time-directed) โดยให้การบริการตามกำหนดและการซ่อมใหญ่ (Overhaul) เช่น การบำรุงรักษาตามวาระ 500, 1000, 1500, 2000 ชม. เป็นต้น
2. การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance: PDM) ซึ่งเป็นการบำรุงรักษาตามเงื่อนไขการใช้งาน (Condition-directed) โดยการใช้เครื่องมือเครื่องวัดสมัยใหม่ และเทคนิคในการวิเคราะห์เครื่องจักร ในขณะที่เครื่องจักรทำงาน เพื่อตรวจหาสัญญาณของการเสื่อมสภาพ หรือเหตุขัดข้องที่อาจเกิดขึ้นสำหรับการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์

การเลือกประเภทงานบำรุงรักษาป้องกันตามลักษณะสมบัติทางสถิติของ Failure Mode เป็นวิธีที่เข้าใจและปฏิบัติ หรือหาข้อยุติได้ดีมาก เพียงแต่ต้องมีข้อมูลการเสียและต้องใช้เครื่องมือคำนวณสถิติบ้าง ตระกาะในการเลือกมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ทางเลือกสำหรับลักษณะการเสียแบบ $\beta \sim 1$ ได้แก่ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) สำหรับเครื่องจักรที่มีค่าอัตราความเสียหายคงที่ [1] และกำหนดรอบเวลาการบำรุงรักษาโดยเลือกใช้เทคนิคที่นำมาใช้ในการบำรุงรักษาป้องกัน คือ การค้นหาสาเหตุการเสีย (Failure Finding) ที่ให้อัตราความพร้อมใช้งานสูงสุดของชิ้นส่วน การกำหนดการตรวจสอบสามารถนำอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยก่อนที่จะเสียหาย (η หรือ MTTF นั้นเอง) มาเป็นแนวทางได้

2. ทางเลือกสำหรับลักษณะการเสียแบบ $\beta > 1$ ได้แก่ การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) หรือการบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition Based Monitoring) สำหรับเครื่องจักรที่มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิต [1] และกำหนดรอบเวลาการบำรุงรักษาด้วยการคำนวณรอบเวลาในการเปลี่ยนทดแทนหรือ Overhaul ชิ้นส่วน โดยเลือกใช้เทคนิคการพิจารณาลดเวลาความเสียหายให้น้อยที่สุด (Minimization of Downtime) รูปแบบสมการที่ใช้สำหรับคำนวณสามารถแสดงได้ดังนี้ [11]

$$D(t_p) = \frac{H(t_p)T_f + T_p}{t_p + T_p} \quad (4)$$

โดยที่ $D(t_p)$ คือ เวลาความเสียหายต่อรอบเวลาการบำรุงรักษา $H(t_p)$ คือ อัตราการพัง (Hazard Rate) ในช่วง $(0, t_p]$ T_p คือ เวลาเฉลี่ยในการหยุดงานแบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันชิ้นส่วน T_f คือ เวลาเฉลี่ยในการหยุดงานแบบการบำรุงรักษาเมื่อชิ้นส่วนขัดข้อง t_p คือ รอบการบำรุงรักษาชิ้นส่วนอุปกรณ์ และจะเลือก t_p ที่ให้ค่า $D(t_p)$ ต่ำที่สุดเป็นเวลาที่ทำการเปลี่ยนหรือ Overhaul ชิ้นส่วน

3.6 กำหนดวิธีการบำรุงรักษาแต่ละรูปแบบให้กับชิ้นส่วนอุปกรณ์

จากการนำหลักการวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering) มาช่วยในการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ดังกล่าว โดยทำการเลือกพิจารณา บั้มส่งเยื่อที่วิกฤต (มีค่าตัวเลขความวิกฤติระดับ A) มารอบเวลาการบำรุงรักษาชิ้นส่วนที่เหมาะสม ตามลักษณะการทำงานจริงของ สำหรับแผนงานบำรุงรักษาป้องกันที่ได้ทำการปรับปรุงใหม่ สามารถจัดทำเป็นแผน พร้อมกำหนดวิธีการบำรุงรักษาแต่ละรูปแบบที่เหมาะสมดังตารางที่ 7

3. ผลการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยได้แบ่งหลักการวัดผลออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การดำเนินงานก่อนการปรับปรุงแผนการ ตารางที่ 7. การกำหนดวิธีการบำรุงรักษาแต่ละแบบให้เหมาะสมกับชิ้นส่วนอุปกรณ์

| ชิ้นส่วนอุปกรณ์ | รูปแบบการบำรุงรักษา | รอบเวลาการบำรุงรักษา | |
|--------------------|---------------------|----------------------|------------------|
| | | ตรวจสอบ | เปลี่ยน/Overhaul |
| 1. มอเตอร์ | PM | 1 ปี | - |
| 2. สายพาน | PM | 6 เดือน | - |
| 3. เพลาและปลอกเพลา | PM | 4 เดือน | - |
| 4. ลูกปืนบี้ม | PDM | - | 10 สัปดาห์ |
| 5. ลูกปืนมอเตอร์ | PM | 17 เดือน | - |
| 6. ปะเก็น | PDM | - | 3 สัปดาห์ |
| 7. หน้าแปลนกันน้ำ | PM | 4 เดือน | - |
| 8. โบทบี้ม | PM | 3 ปี | - |
| 9. เสือบี้ม | PM | 18 เดือน | - |
| 10. ฟูล์วี่ | PM | 1 ปี | - |
| 11. แพนยี่ด | PM | 2 ปี | - |

บำรุงรักษาซึ่งมีช่วงเวลาตั้งแต่ เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 เปรียบเทียบกับการดำเนินงานหลังจากได้นำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือไปใช้งานจริงกับบั้มเยื่อ ซึ่งมีช่วงเวลาตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 โดยผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัยดังกล่าวสามารถสรุปได้ผลการดำเนินงานดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8. ผลการดำเนินงานหลังการปรับปรุงของเครื่องจักร

| เดือน | เวลารับภาระงาน (นาทีก) | เวลาสูญเสียในการผลิต (นาทีก) | | |
|---------|------------------------|------------------------------|-------|--------|
| | | เครื่องจักร | | |
| | | MC1 | MC2 | MC3 |
| ต.ค.-53 | 44,640 | 10,053 | 10887 | 10,413 |
| พ.ย.-53 | 43,200 | 9,349 | 9154 | 8,470 |
| ธ.ค.-53 | 41,760 | 8,388 | 8325 | 8,094 |
| ม.ค.-54 | 41,760 | 8,217 | 7767 | 7,597 |
| ก.พ.-54 | 40,320 | 6,079 | 7336 | 6,784 |

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ได้ไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการบำรุงรักษา ทำให้เวลาสูญเสียในการผลิตลดลงคิดเป็น อัตราความเสียหายเฉลี่ยของเครื่องจักร เครื่อง MC1 เท่ากับ 19.80% เครื่อง MC2 เท่ากับ 20.46% เครื่อง MC3 เท่ากับ 19.47% และอัตราความพร้อมในการใช้งานเฉลี่ยของเครื่องจักร เครื่อง MC1 เท่ากับ 80.20% เครื่อง MC2 เท่ากับ 79.54% เครื่อง MC3 เท่ากับ 80.53%

ตารางที่ 9 เป็นการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อดูว่าเวลาสูญเสียลดลงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยการทดสอบสมมติฐานทางสถิติเปรียบเทียบเวลาสูญเสียหลังและก่อนการปรับปรุง ซึ่งเราจะใช้ค่าสถิติ P-Value ทดสอบ และกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ซึ่งถ้าค่า P-Value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ จะถือว่าเวลาสูญเสียที่ลดลง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 9. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของเวลาสูญเสียที่ลดลง

| เครื่องจักร | ค่า P-Value | ระดับนัยสำคัญ(α) | ผลการทดสอบ |
|-------------|-------------|---------------------------|---------------------|
| MC1 | 0.016 | 0.05 | ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ |
| MC2 | 0.001 | 0.05 | ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ |
| MC3 | 0.029 | 0.05 | ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ |

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ดัชนีวัดผลสำหรับงานวิจัยนี้ คือ เวลาสูญเสีย อัตราความเสียหายของเครื่องจักร และอัตราความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร ภายหลังจากการดำเนินงานเพื่อลด

เวลาสูญเสียของเครื่องจักรตัวอย่าง ผลที่ได้ คือ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า เวลาสูญเสียลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้อัตราความเสียหายเฉลี่ยของเครื่องจักร เครื่อง MC1 ลดลง 5.68% เครื่อง MC2 ลดลง 9.56% เครื่อง MC3 ลดลง 4.47% และอัตราความพร้อมในการใช้งานเฉลี่ยของเครื่องจักร เครื่อง MC1 เพิ่มขึ้น 80.20% เครื่อง MC2 เพิ่มขึ้น 79.54% เครื่อง MC3 เพิ่มขึ้น 80.53%

ในส่วนของพนักงานซ่อมบำรุงสามารถเข้าใจถึงคุณลักษณะความเสียหายที่จะส่งผลกระทบต่อให้เกิดความเสียหายอย่างกะทันหันและทำให้พนักงานมีมาตรฐานในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการเปลี่ยนแปลงทดแทนชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อการใช้งานยิ่งขึ้น ทำให้เครื่องจักรมีความน่าเชื่อถือสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยนี้ ผู้จัดทำวิจัยได้เสนอแนะแนวทางปฏิบัติเพื่อการปรับปรุง ดังนี้

- ควรมีการติดตามข้อมูลความเสียหายของเครื่องจักรหลังจากได้นำระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือนี้มาใช้อย่างต่อเนื่องเพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริงยิ่งขึ้น

- ควรมีการฝึกอบรมให้พนักงานรู้จักวิธีการวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของความเสียหายของเครื่องจักร คุณลักษณะของความเสียหายรวมถึงผลกระทบจากความเสียหายของผู้ปฏิบัติงานและสาเหตุที่เกิดจากกระบวนการผลิต รวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลความเสียหายของเครื่องจักรทุกครั้งเพื่อนำมาวิเคราะห์แก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] สมภพ ตลับแก้ว. (2552). การกำหนดกลยุทธ์การบำรุงรักษาเครื่องจักรให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 ม.ค. - เม.ย. 2553, 168-172.

- [2] สมศักดิ์ สัมฤทธิ์. (2552). การลดเวลาสูญเสียในการผลิตโดยวิธีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานทฤษฎีความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษาอุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [3] สรณญา ศิลาอาสน์. (2551). การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรโดยระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน กรณีศึกษา : โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเครื่องดีม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [4] กาญจนา จิตรจุน. (2550). การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือ กรณีศึกษา โรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [5] วัฒนา เขียงกุล. (2553). การจัดการงานบำรุงรักษา ด้วย Reliability. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- [6] Tsai, Y.T., Wang, K.S. and Tsai, L.C. (2004). "A Study of Availability-Centered Preventive Maintenance for Multi-Component Systems." Journal of Reliability Engineering and System Safety. Vol.84, 261-270.
- [7] Metwalli, S.M., Salama, M.S. and Taher, R.A. (1998). "Computer Aided Reliability for Optimum Maintenance Planning." Journal of Computers and Industrial Engineering. Vol.35, 603-606.
- [8] G. Abdul-nour, H. Beaudoin, P. Ouellet, R Rochette, S Lambert. (1998). A reliability based maintenance policy; A case study. Computers ind. Engng , Vol. 35, Nos 3-4, 591-594.
- [9] Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation. (1995). Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) : Reference Manual. [n.p.] : Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation.
- [10] Stamatis, D.H. (2003). Failure Mode and Effect Analysis : FMEA from theory to Execution. Wisconsin : ASQ Quality Press., Milwaukee.
- [11] Albert H.C. Tsang & Andrew K.S. Jardaine. (2006). Maintenance Replacement and Reliability Theory and Application, Taylor & Francis Group.
- [12] Lewis, E.E. (1996). Introduction to reliability engineering. 2nd ed. New York : Wiley.
- [13] Anthony M. Smith and Glenn R. Hinchcliffe. (2004). RCM-Gateway to world class Maintenance, Elsevier Butterworth Heinemann.

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์: กรณีศึกษา หจก. เอ.พี.เค เอ็นจิเนียริง แอนด์ ซัพพลาย

รัตนา ผูกน้อย^{1*} ยุทธชัย บรรรเทิงจิตร^{2**}

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: prattana24@gmail.com* ytc@kmutnb.ac.th **

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาในการทำเอกสารในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์โดยลดขั้นตอนในการพิมพ์เอกสารที่มีลักษณะข้อความที่ซ้ำๆ กันของการทำใบรับงานซ่อม ใบเสนอราคา ใบส่งของ ใบเสร็จรับเงิน และรายงานการซ่อมให้แก่ลูกค้า รวมถึงการค้นหาประวัติของมอเตอร์ เนื่องจากการจัดเก็บข้อมูลถูกบันทึกในแผ่นซีดี ทำให้ใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ย 40 นาทีต่องาน ดังนั้นเพื่อลดเวลาการทำงานลงจึงได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการทำระบบฐานข้อมูล โดยได้เลือกโปรแกรมไมโครซอฟต์แอคเซส 2007 มาใช้ โปรแกรมที่จัดทำประกอบด้วย 8 ฐานข้อมูล ในพื้นที่ใช้งาน 5 GB เมื่อนำไปทดลองใช้งานพบว่า การทำงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์ ใช้เวลาเฉลี่ย 14 นาทีต่องาน ลดลง 26 นาที หรือลดลง 65 %

คำสำคัญ ซ่อมบำรุงมอเตอร์, ไมโครซอฟต์ แอคเซส 2007

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มีบทบาทในวงการอุตสาหกรรมอย่างมาก โดยวัตถุประสงค์ของการใช้งานเพื่อช่วยให้การทำงานมีความรวดเร็วมากขึ้น ลดเวลาการทำงาน และสามารถเรียกดูข้อมูลต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วและประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บเอกสารอีกด้วย ทางห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ. พี. เค เอ็นจิเนียริง แอนด์ ซัพพลาย เป็นผู้ให้บริการด้านการซ่อม มอเตอร์ และเครื่องจักรกลหมุนใน

งานอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ ได้มองเห็นถึงประโยชน์ดังกล่าว จึงพยายามพัฒนาขั้นตอนการทำเอกสารในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์ และเครื่องจักรกลหมุนให้มีความรวดเร็วเพื่อที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าใช้เวลาในการทำเอกสารที่สั้นลง โดยเฉพาะการเสนอราคาของลูกค้าส่วนใหญ่ต้องการด่วน เพราะจะเป็นตัวตัดสินใจในการอนุมัติซ่อม เพราะเครื่องจักรกลหมุนมีความสำคัญอุตสาหกรรมการผลิตเป็นอย่างมาก เป็นตัวต้นกำลังในการทำงาน เช่น มอเตอร์ (Motor) ชนิดต่างๆ ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า ให้เป็นพลังงานกลในรูปของการหมุนเคลื่อนที่ เช่นในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูล คือ ข้อเท็จจริงที่ทำให้ทราบถึงเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร บอกรายละเอียดและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยอธิบายถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งข้อมูลอาจจะเป็นตัวอักษร ตัวเลข ภาพและเสียง ที่สามารถนำมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ได้ซึ่งนักวิชาการได้กล่าวถึงความหมายของฐานข้อมูลไว้ใกล้เคียงกัน ดังที่ปรากฏในหนังสือความรู้เกี่ยวกับฐานข้อมูล ตัวอย่างเช่น

รวิวรรณ เทนอิสสระ (2543: น. 6) กล่าวว่า ฐานข้อมูล คือ การจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันอย่างมีระบบซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกใช้ข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ เช่น การขูดข้อมูล การแก้ไขข้อมูล การเพิ่มเติมหรือการลบข้อมูล เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วการจัดการเก็บข้อมูลมักจะทำเอา

ระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยในการจัดเก็บฐานข้อมูล เพื่อให้ทันต่อความต้องการใช้และถูกต้องตรงตามความเป็นจริง

ณัฐพันธุ์ เขจรนันท์ และไพบูลย์ เกียรติโกมล (2545: น. 108) กล่าวว่า ฐานข้อมูล หมายถึง การเก็บรวบรวมข้อมูลเข้าไว้ด้วยกันอย่างมีแบบแผน ณ ที่ใดที่หนึ่งในองค์การ เพื่อที่ผู้ใช้จะสามารถนำข้อมูลมาประมวลผลและประยุกต์ใช้งานตามที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยกตัวอย่างเช่น องค์การจะมีฐานข้อมูลของบุคลากรซึ่งเก็บข้อมูลของพนักงานไว้รวมกัน แทนที่จะแยกออกเป็นแฟ้มข้อมูลประวัติพนักงาน แฟ้มข้อมูลเงินเดือน การฝึกอบรมและสัมมนาเก็บไว้ตามหน่วยงานต่าง ๆ ภายในองค์การ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อน ขาดเอกภาพ ความปลอดภัยต่ำ และขาดประสิทธิภาพในการใช้งาน

โปรแกรมไมโครซอฟต์แอคเซส คือโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลสำเร็จรูปสามารถสร้างฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บข้อมูล รายงานผลข้อมูล เรียกใช้งานข้อมูลร่วมกับข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ ได้ด้วยไมโครซอฟต์แอคเซส ซึ่งเพิ่มความสามารถใหม่อีกหลายประการลงไป รวมถึงการใช้งานร่วมกับอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าขึ้น มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

(ก) ตาราง (Table) หมายถึง แหล่งสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน ไว้ในที่เดียวกันเพื่อสืบค้นข้อมูลออกมาแสดง เพื่อเพิ่มข้อมูลใหม่ เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อมูล และ เพื่อลบข้อมูล ตารางประกอบด้วย Column ซึ่งเป็นแนวตั้งของตาราง และ Row เป็นแนวนอนของตาราง ข้อมูลรายการในแนวตั้งจะเรียกว่าฟิลด์ (Field) ส่วนข้อมูลแต่ละแถวในแนวนอน จะเรียกว่า “เรคคอร์ด (Record)” ข้อมูล ตาราง ต้องเป็นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันแบบไม่ซ้ำซ้อนจนเกินไป

(ข) คิวรี่ (Query) หมายถึง แบบสอบถามสำหรับใช้ในการสืบค้นข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลซึ่งอาจจะมาจาก 1 ตารางหรือหลายๆ ตารางก็ได้โดยจะแสดงผลที่ได้รับให้อยู่ในรูปของ Datasheet นอกจากนี้เรายังใช้ คิวรี่ (Query) ในการแก้ไขเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของข้อมูลในตารางต่างๆ

ของฐานข้อมูลเช่น เพิ่ม/ลดฟิลด์ในตาราง สร้าง/ลบตารางทั้งตารางเป็นต้น

(ค) ฟอรัม (Form) หมายถึง เครื่องมือที่ผู้ใช้ติดต่อกับข้อมูลในฐานข้อมูลหรือเรียกอีกอย่างว่า (User Interface) ส่วนติดต่อผู้ใช้ ทำหน้าที่รับข้อมูลจากการป้อนข้อมูลของผู้ใช้งานซึ่งมักจะออกแบบให้เป็นเหมือนแบบฟอร์ม ออกแบบให้ง่ายต่อการป้อนข้อมูล มีการควบคุมความถูกต้องในการป้อนข้อมูลจากผู้ใช้ทำให้ไม่มีข้อมูลที่ผิดพลาดเก็บอยู่ในฐานข้อมูล และช่วยในการทำงานดูง่ายขึ้นด้วย

(ง) (Report) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูลหรือรายงานข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูล สามารถกำหนดรูปแบบของการนำเสนอ (เช่น ตาราง กราฟ แผนภูมิ อื่นๆ) กำหนดรูปแบบของการพิมพ์รายงาน (เช่น กำหนดขนาดกระดาษ หัวกระดาษ/ท้ายกระดาษ ฯลฯ) ช่วยให้ผู้ใช้งานระดับต่างๆ สามารถมองเห็น และใช้งานข้อมูลได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

(จ) แมคโคร (Macro) หมายถึง ออบเจกต์ (Object) ที่ใช้บันทึกคำสั่ง หรือการกระทำต่างๆ เก็บรวมเอาไว้ให้เรียกใช้ได้สะดวกในครั้งเดียว โดยเราสามารถกำหนดรายละเอียดของคำสั่ง หรือการกระทำได้ว่าจะมีอะไรบ้าง มีลำดับการทำงานเป็นอย่างไร เช่นชุดคำสั่งที่มีไว้สำหรับเขียน Application บนฐานข้อมูล ซึ่งมีคำสั่งอยู่จำนวนหนึ่งสำหรับงานที่ไม่ซับซ้อน และต้องการความสะดวกรวดเร็วในการสร้าง Application การเขียนแมคโคร ทำให้ผู้ใช้พัฒนาโปรแกรมได้ง่าย สามารถเขียนไว้เป็น Trigger ของฟอร์มและรายงาน เพื่อความสะดวกไม่ต้องเขียนโปรแกรม เช่น ออกแบบฟอร์มให้มีการตรวจสอบเงื่อนไขบางอย่างก่อนที่จะเปิดฟอร์ม (Open Form) สามารถเขียนแมคโครไว้ที่ใน พรอมเพอร์ตี้ (Properties) ของฟอร์ม (On Form) แล้วตามด้วยชื่อของแมคโคร ดังนั้นก่อนที่จะเปิดฟอร์มนี้ โปรแกรมจะทำงานตามลำดับคำสั่งของแมคโคร

(ฉ) โมดูล (Module) เป็นออบเจกต์ (Object) ที่ใช้เก็บโปรแกรมย่อยที่เขียนด้วยภาษา VBA (Visual Basic for Application) เพื่อรองรับกับการทำงานที่มีความซับซ้อน

มากขึ้นต้องการเขียนโปรแกรมมาควบคุมซึ่งการเขียนโปรแกรมด้วย VBA นั้นจะมีความสามารถสูงกว่าการใช้งาน Macro โดยทุกคำสั่งภายใน Macro ก็สามารถนำมาเขียนเป็นคำสั่งในออบเจกต์ Modules ได้ ดังนั้นก่อนการใช้งาน Modules เราต้องเข้าใจหลักการเขียนโปรแกรมก่อน

ทิพวรรณ (2548) ได้นำศึกษาการออกแบบ และพัฒนาระบบฐานข้อมูลการจัดการบริหารทดสอบของ ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำฐานข้อมูลใบคำขอทดสอบ และลดเวลาในการสืบค้นข้อมูล และการจัดทำรายงาน มีประโยชน์ทำให้ลดความผิดพลาดในการถ่ายข้อมูล ลดความซ้ำซ้อนในการจัดทำฐานข้อมูล และลดจำนวนเอกสาร โคนใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์แอคเซส 2000 จัดเก็บบันทึกใบคำขอทดสอบ ใบส่งการทดสอบ และใบนัดรายงานผล และใช้ในการสืบค้นข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการบริการทดสอบ ผลจากการศึกษาพบว่าสามารถลดระยะเวลาในการค้นหาข้อมูลได้ 43.11 นาที

ปรกรณ์ (2548) ได้นำเสนอวิธีการพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลในการผลิต เพื่อการจัดการของบริษัท ยูเนียน เทคโนโลยี จำกัด เพื่อลดเวลาในการค้นหาข้อมูล และลดการทำงานที่ซ้ำซ้อนในการจัดทำรายงาน โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์แอคเซส เวอร์ชัน 2002 (Microsoft Access Version 2002) มีการตรวจสอบความถูกต้อง ของข้อมูลด้วยการกำหนดชนิดของข้อมูล (Data Type) และขนาดของฟิลด์ (Field Size) เป็นการป้องกันการป้อนข้อมูลผิดประเภทของผู้ใช้งาน เมื่อป้อน ข้อมูลผิดเงื่อนไข คอมพิวเตอร์จะแสดงข้อความผิดพลาด (Error) ผลที่ได้จากการทดสอบระบบใหม่ สรุปได้ว่าสามารถเพิ่มความสะดวกในการนำข้อมูลเข้า ร้อยละ 37.5 เพิ่มความสะดวกในการแก้ไข เพิ่มเติมข้อมูลร้อยละ 50 เพิ่มความเร็วในการค้นหาข้อมูลร้อยละ 75 ลดความซ้ำซ้อนในการจัดทำรายงานร้อยละ 100 ลดจำนวนบุคลากรที่ใช้ในการป้อนข้อมูลร้อยละ 66.66 สรุปได้ว่าระบบฐานข้อมูลที่ออกแบบสามารถใช้ได้ตามวัตถุประสงค์

สามภพ (2550) ได้ออกแบบระบบฐานข้อมูล เพื่อการจัดการเกี่ยวกับการทำงานผิดพลาดของระบบป้องกันทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ของฝ่ายบำรุงรักษาไฟฟ้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการบันทึกข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การค้นหาข้อมูล การวางแผน การจัดการเกี่ยวกับ Spare Relay และการนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์ออฟฟิตแอคเซส 2003 ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถลดเวลาในการปฏิบัติงานได้ 88.15%

สุรเชษฐ์ (2550) ได้ออกแบบระบบฐานข้อมูลเพื่อการจัดการงานบริหารการอนุญาตพาดสายสื่อสาร โทรคมนาคมของหน่วยงานภายนอกบนเสาไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อลดเวลาในการดำเนินการขออนุมัติ งานพาดสายสื่อสารโทรคมนาคม ค่าใช้จ่าย ลดเวลาในการดำเนินการตัดแยก และรวบรวมข้อมูลต่างๆ ประโยชน์ที่ได้รับ สามารถลดเวลาที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลและค่าใช้จ่ายลดลงประมาณ 33% ลดเวลาที่ใช้ในการรวบรวมจัดทำสรุปรายงานต่อ 1 ไตรมาส ได้ประมาณ 98% และสามารถลดเวลาในการดำเนินการเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูลการอนุญาตพาดสาย ของลูกค้า และค่าใช้จ่าย ได้ถูกต้องรวดเร็วกว่าเดิม 65.50%

Osama (2005) ได้นำเสนอวิธีการออกแบบ และรูปแบบการนำฐานข้อมูลไปใช้สำหรับงานบำรุงถนนในชนบทเทศบาล เพื่อจัดทำฐานข้อมูลส่วนกลางใช้สำหรับการบริหารงานซ่อมบำรุงรักษา โดยการออกแบบภายใต้ความต้องการพื้นฐานของงานซ่อมบำรุงถนนในชนบทของ รัฐมิชิแกน สหรัฐอเมริกา ประกอบด้วยการออกแบบฟอร์ม สำหรับการรวบรวมข้อมูล การสร้าง ใบงาน และการติดตามงาน โดยมีความผิดพลาดน้อย และสามารถจัดทำรายงานได้อย่างรวดเร็ว ผลที่ได้จากการออกแบบ ทำให้ฐานข้อมูลสามารถใช้งานได้ครอบคลุมการบริหารงานซ่อมบำรุง รวมทั้งการวางแผนงาน การจัดโครงสร้างการดำเนินงาน และการควบคุมการก่อสร้าง

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สถานที่ทำการศึกษา

ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ.พี.เค เอ็นจิเนียริง แอนด์ ซัพพลาย เป็นผู้ให้บริการงานซ่อมบำรุงมอเตอร์และเครื่องจักรกลหมุนในงานโรงงานอุตสาหกรรม เริ่มจัดตั้งครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2545 ถึงปัจจุบัน โดยจะให้บริการ ในพื้นที่เขตภาคตะวันออกเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีรายชื่อลูกค้าอ้างอิงมากกว่า 60 บริษัท มีพนักงานรวม 30 คน แบ่งออกเป็นพนักงานชาย 26 และพนักงานหญิง 4 คน โดยในปี พ.ศ. 2552 มียอดการซ่อมเครื่องจักรกลหมุนทั้งสิ้น 2,197 ตัว เป็นมูลค่า 18,175,489 บาท หรือปริมาณการซ่อมต่อวันจะอยู่ที่ 10 ตัวต่อวัน โดยพนักงานด้านเอกสารคนเดียว ทำให้การจัดทำเอกสารใบเสนอราคา ใบส่งสินค้า ใบเสร็จรับเงินมีความล่าช้า เนื่องจากการจัดทำเอกสารที่ไม่เป็นระบบ และขาดโปรแกรมสนับสนุนในการทำงาน มีผลกระทบทำให้ใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ย 40 นาทีต่องาน รวมถึงการค้นหาประวัติใช้เวลานาน บางครั้งเอกสารสูญหาย ดังมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1 เวลาที่ใช้ในการทำเอกสารแบบระบบเดิม

ตารางที่ 3.1 เวลาที่ใช้ในการทำเอกสารแบบระบบเดิม

| รับเวลาครั้งที่ | พิมพ์ใบเสนอราคา (นาที) | พิมพ์ใบส่งสินค้า (นาที) | พิมพ์ใบเสร็จรับเงิน (นาที) | ค้นหาเอกสาร (นาที) |
|-----------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| 1 | 6.44 | 3.41 | 4.43 | 21.53 |
| 2 | 4.53 | 4.03 | 3.50 | 25.35 |
| 3 | 8.04 | 4.19 | 4.29 | 24.38 |
| 4 | 7.51 | 4.11 | 4.52 | 22.51 |
| 5 | 4.39 | 4.40 | 4.10 | 25.24 |
| 6 | 6.50 | 4.55 | 5.48 | 21.43 |
| 7 | 7.03 | 5.56 | 6.28 | 22.53 |
| 8 | 5.28 | 4.09 | 3.52 | 18.54 |
| 9 | 7.54 | 4.56 | 4.76 | 26.39 |
| 10 | 8.32 | 7.41 | 5.24 | 18.09 |
| เฉลี่ย | 7 | 5 | 5 | 23 |
| เวลารวม | 40 นาที | | | |

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

(ก) ศึกษากระบวนการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงมอเตอร์และเครื่องจักรกลหมุนของ หจก. เอ.พี.เค เอ็นจิเนียริง แอนด์ ซัพพลาย ในปัจจุบันเพื่อที่จะทำการออกแบบระบบฐานข้อมูล

(ข) ศึกษากระบวนการบันทึก การสั่งงานและการจัดเก็บเอกสารขององค์กรเพื่อที่จะทำการออกแบบระบบฐานข้อมูล

(ค) ศึกษาทฤษฎีและโปรแกรมไมโครซอฟต์แอคเซส

(ง) เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของระบบงานการซ่อมบำรุงมอเตอร์และเครื่องจักรกลหมุน โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์แอคเซส

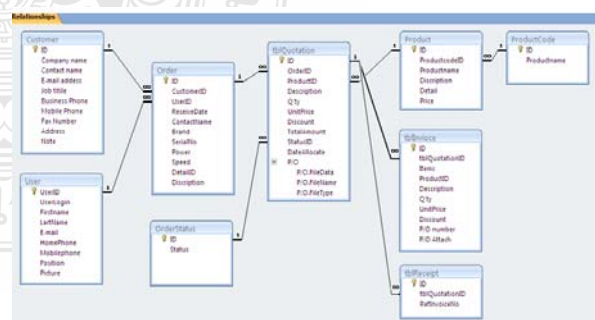
(ฉ) ติดตั้งและทดสอบการใช้งานของระบบโปรแกรม

(ช) บันทึกผลการทดสอบโปรแกรม เพื่อสรุปผลการใช้งาน และเสนอแนะต่างๆ

3.3 แนวทางการแก้ไขปัญห

3.3.1 สืบหาข้อมูลในระบบเอกสารที่มีความเกี่ยวข้องมาทำความเข้าใจข้อมูลกันโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยใช้ในด้านการจัดเก็บข้อมูล

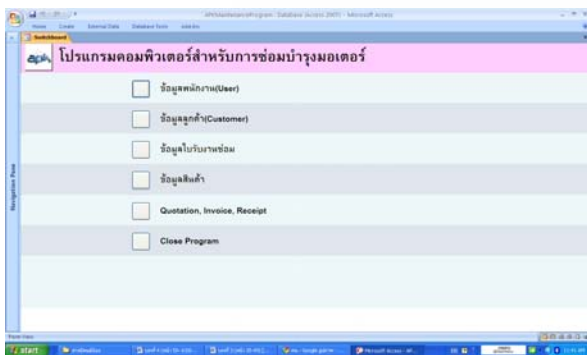
3.3.2 จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้มีความสัมพันธ์ระหว่างเอกสารในส่วนที่เกี่ยวข้องกันดังภาพที่ 3-1



รูปที่ 3-1 แสดงความสัมพันธ์ของตารางข้อมูล

4. ผลของการวิจัย

จากการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มาช่วยในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์ โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์แอสเซส 2007 ที่เป็นการออกแบบให้ผู้ใช้งานได้สะดวกและง่าย ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวจะใช้ในการบันทึกข้อมูลพนักงาน ลูกค้า ราคาค่าบริการ ใบบังงาน ใบเสนอราคา ใบส่งของ ใบเสร็จรับเงิน และรายงานผลการซ่อมบำรุงของมอเตอร์ตัวนั้นๆ ดังแสดงหน้าจอการทำงานหลักดังภาพที่ 4-1 โปรแกรมจะเรียกรหัสการใช้งานทุกครั้งที่เปิดโปรแกรม



ภาพที่ 4-1 แสดงภาพหน้าจอหลัก

จากการทดสอบการใช้งาน โดยเปรียบเทียบผลของการทำงานระบบงานเดิมกับระบบงานใหม่ในแต่ละกิจกรรม โดยการจับเวลาและสอบถามจากผู้ปฏิบัติงาน ผลที่ได้จากการทดสอบการทำงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์ ดังแสดงตามตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ตารางจับเวลาการทำเอกสารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

| จับเวลาครั้งที่ | พิมพ์ใบเสนอราคา(นาที) | พิมพ์ใบส่งสินค้า(นาที) | พิมพ์ใบเสร็จรับเงิน(นาที) | ค้นหาเอกสาร(นาที) |
|-----------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|
| 1 | 4.44 | 1.41 | 1.43 | 2.19 |
| 2 | 4.53 | 2.03 | 1.50 | 3.20 |
| 3 | 4.04 | 2.19 | 2.09 | 4.28 |
| 4 | 5.51 | 2.11 | 2.02 | 3.51 |
| 5 | 4.39 | 1.40 | 2.10 | 5.14 |
| 6 | 4.50 | 1.45 | 1.48 | 4.31 |
| 7 | 5.03 | 1.56 | 2.18 | 4.50 |
| 8 | 5.28 | 2.09 | 1.52 | 3.18 |
| 9 | 4.45 | 1.54 | 1.47 | 3.30 |
| 10 | 3.54 | 1.40 | 1.57 | 3.51 |
| เฉลี่ย | 5 | 2 | 2 | 5 |
| เวลารวม | 14 นาที | | | |

5. สรุป

จากผลการดำเนินการศึกษานี้ เมื่อพิจารณาในด้านประสิทธิภาพการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานซ่อมบำรุงมอเตอร์ แบบระบบเดิมกับระบบใหม่ โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์แอสเซส 2007 สามารถช่วยลดเวลาในการทำงานทางด้านเอกสารได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ โดย สามารถ ลดเวลาโดยรวมลงได้ 26 นาที จาก 40 นาที คิดเป็น 65 % จึงถือได้ว่า การประยุกต์ใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์แอสเซส เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดเวลาในการบริหารจัดการงานให้บริการซ่อมบำรุงมอเตอร์ได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

[1] รวีวรรณ เทนอิสสระ. การออกแบบระบบฐานข้อมูล. กรุงเทพมหานคร : เวิร์ดเวฟเอ็ดดูเคชั่น, 2543.

[2] ณัฐพันธ์ เขจรนันท์ และไพบูลย์ เกียรติโกมล. ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management

Information System). กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2545.

[3] ทิพวรรณ พานิชการ. การพัฒนาระบบการบริการทดสอบโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กรณีศึกษา ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. โครงการปัญหาพิเศษวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.

[4] ปกรณ์ บุญเลี้ยง. การพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลเพื่อจัดการ กรณีศึกษา บริษัทยูเนี่ยนเทคโนโลยีจำกัด. โครงการปัญหาพิเศษวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.

[5] สามภพ วชิรบรรจง. การออกแบบระบบฐานข้อมูลเพื่อจัดการความผิดพลาดในระบบป้องกันทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า. สารนิพนธ์ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

[6] สุรเชษฐ์ มณีท่าโพธิ์. การออกแบบระบบฐานข้อมูลเพื่อจัดการงานบริหารการอนุญาตพาดสายสื่อสารโทรคมนาคม ของหน่วยงานภายนอกบนเสาไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. กรณีศึกษา ฝ่ายสื่อสารและโทรคมนาคม การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

ภาษาอังกฤษ

[7] Osama, A. et al. "The Design and Implementation of a Maintenance information Model for Rural Municipalities." Journal of Advances in Engineering Software. 36 (2005)

ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตและการปรับเทียบสำหรับการหลีกเลี่ยง การชนของหุ่นยนต์ในการทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ

วีระชัย คำเวียงสา¹ และรองศาสตราจารย์ ดร.จรัมพร หรรษมนตร์²

¹ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail: Weerachai-K@hotmail.com

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์เป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิตขั้นสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเข้ามาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ เพื่อให้ได้ความเร็วและความแม่นยำเพิ่มขึ้น ความแม่นยำของแขนหุ่นยนต์เป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาเพื่อนำมาใช้กับเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ มีหลายครั้งที่แขนหุ่นยนต์ชนกับชิ้นสำหรับใส่ฮาร์ดดิสก์เพื่อทดสอบหลังทำการเคลื่อนที่ไปตำแหน่งเดิมเหตุการณ์นี้ทำให้ฮาร์ดดิสก์เสียหายตลอดจนส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ ช่วงขำนาญการจะต้องตั้งค่าตำแหน่งของแขนหุ่นยนต์ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการสอบเทียบแขนหุ่นยนต์เพื่อที่จะปรับปรุงความแม่นยำของแขนหุ่นยนต์วิธีการต้องการให้มีการสอบเทียบแผ่นทดสอบพร้อมกับเซ็นเซอร์ที่จะปรับระยะแขนหุ่นยนต์ การสอบเทียบจะเปรียบเทียบระหว่าง (1) การสอบเทียบได้โดยไม่มีถาดฮาร์ดดิสก์และฮาร์ดดิสก์ (2) การสอบเทียบกับถาดฮาร์ดดิสก์แต่ไม่มีฮาร์ดดิสก์ (3) การสอบเทียบกับถาด

ฮาร์ดดิสก์และฮาร์ดดิสก์ แสดงให้เห็นวิธีการพัฒนาในระบบการผลิตสามารถลดความถี่ของปัญหาการชนของหุ่นยนต์จาก 13 ครั้งต่อเดือนเหลือเพียง 1 ครั้งต่อเดือน นอกจากนี้สามารถตรวจสอบความแม่นยำของหุ่นยนต์หลังปรับปรุงโดยใช้การทดสอบการทำซ้ำ

คำสำคัญ : หุ่นยนต์อุตสาหกรรม, ความถี่ของปัญหาการชนของหุ่นยนต์, ฮาร์ดดิสก์

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์เป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิตขั้นสูงและมีความต้องการทางการตลาดอย่างมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเข้ามาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ ทั้งทางด้านกระบวนการประกอบและกระบวนการทดสอบประสิทธิภาพฮาร์ดดิสก์เพื่อสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้รวดเร็ว ทำให้ต้นทุนการผลิตต่อชิ้นต่ำลง ลดแรงงาน เพิ่มความถูกต้องและลดความเสียหายที่เกิดขึ้น แต่ในปัจจุบันหุ่นยนต์อุตสาหกรรมยังมีราคาสูงและยากต่อการแก้ไข

ปัญหาของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ปัญหาการชนของหุ่นยนต์และเคลื่อนที่ไม่ตรงตำแหน่ง เป็นปัญหาที่สำคัญของการทำงานของหุ่นยนต์ เมื่อเกิดปัญหาขึ้นต้องให้ผู้ชำนาญการณ์ในการปรับตั้งและแก้ไข ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายสูง ด้วยเหตุนี้เองจึงเกิดงานวิจัยนี้ขึ้นเพื่อศึกษาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ศึกษาหาวิธีการป้องกันและศึกษาหาวิธีแก้ไขเพื่อลดความถี่ของปัญหาการชนของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ดังนั้นจึงออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมร่วมกับแผ่นสำหรับสอบเทียบ เพื่อลดความถี่ของปัญหาการชนของหุ่นยนต์ในเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมในเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนภัทร สังข์รัตน์ (2009) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดตำแหน่งแนวเชื่อมโดยการประยุกต์ใช้กระบวนการประมวลผลภาพสำหรับงานเชื่อมอัตโนมัติด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรม กระบวนการเชื่อมอัตโนมัติคือการสร้างวิถีของหัวเชื่อมให้ตรงตามตำแหน่งแนวเชื่อมที่ต้องการ พัฒนาการหาตำแหน่งของแนวเชื่อมโดยใช้กระบวนการประมวลผลภาพ [1]

Lee and Jeong (2001) ทำการศึกษาทดลองการหาตำแหน่งของระยะการติดกล้อง CCD Camera เพื่อให้ได้ภาพชัดเจนและวิเคราะห์การคำนวณสมการหลายตัวแปรเพื่อหาตำแหน่งและระยะที่เหมาะสมที่สุดของ กล้องชนิด CCD Camera ผลลัพธ์จากการทดลอง

หลังทำการทดลองที่ตำแหน่งกล้องถ่ายรูปที่แตกต่างกัน 4 ตำแหน่ง คือ ระยะ 240, 255, 270, 285 มิลลิเมตร [2]

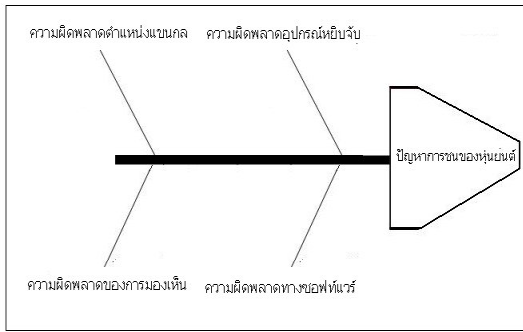
Shik et al. (2001) ทำการศึกษาออกแบบระบบ สำหรับควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ โดยคอมพิวเตอร์ในการควบคุมเพื่อตอบสนองการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพโดยเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน Real Time Operating System (RTOS) ระบบควบคุมแบบตอบสนองทันที เก็บข้อมูลการทำงาน ตำแหน่งของอุปกรณ์และประมวลผลการทำงานลักษณะต่างๆ ของหุ่นยนต์ ให้สอดคล้องกับโปรแกรมควบคุมตามที่ตั้งจุดมุ่งหมายไว้ [3]

Xie et al. (2008) ทำการศึกษาออกแบบอัลกอริทึมและเขียนโปรแกรม Lab View สำหรับควบคุมการเคลื่อนไหวและพฤติกรรมการมองเห็นของหุ่นยนต์ Kuka โดยใช้กล้องชนิด CCD Camera เป็นอุปกรณ์ถ่ายและบันทึกภาพ [4]

3. การดำเนินงานวิจัย

3.1 การศึกษาวิเคราะห์สาเหตุและหาวิธีแก้ปัญหการชนของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ

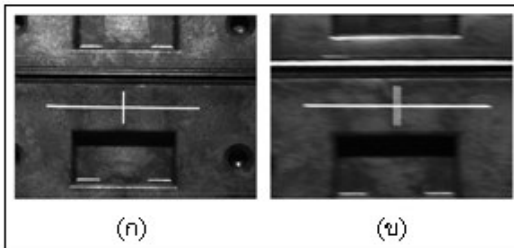
เริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับสาเหตุและวิเคราะห์ของปัญหาการชนของหุ่นยนต์ เพื่อลดความถี่ของปัญหาการชนของหุ่นยนต์ในเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ ดังรูปที่ 1



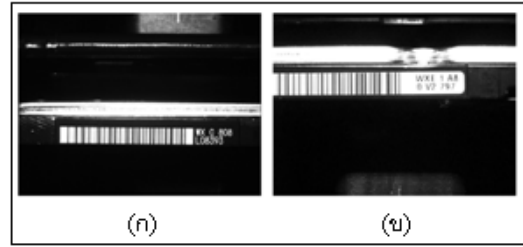
รูปที่ 1. แผนภูมิแก๊งปลาแสดงสาเหตุปัญหาการชนของหุ่นยนต์

จากรูปที่ 1 แสดงสาเหตุของปัญหาการชนของหุ่นยนต์ โดยแบ่งเป็น 4 สาเหตุ คือ ความผิดพลาดตำแหน่งแกนกล ความผิดพลาดอุปกรณ์ยึดจับ ความผิดพลาดของการมองเห็น และความผิดพลาดทางซอฟต์แวร์ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการสอบเทียบหุ่นยนต์ เพื่อลดความถี่ของปัญหาการชนของหุ่นยนต์

ลักษณะภาพที่ได้จากการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์คลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งที่กำหนดในการจับภาพเป้าหมาย จึงทำให้ภาพที่จับได้ไม่สามารถนำไปใช้ในการประมวลผลภาพ เพื่อเก็บค่าและหาตำแหน่ง ดังรูปที่ 2 และ 3



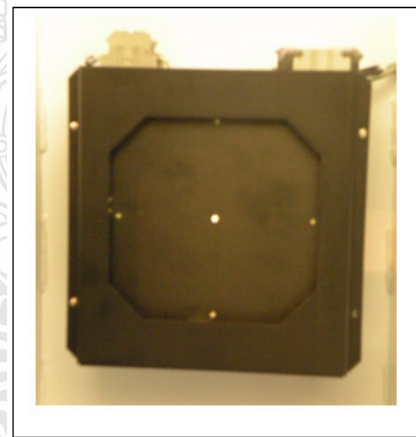
รูปที่ 2. แสดงภาพการมองเห็น (ก) ลักษณะที่ถูกต้อง (ข) ลักษณะที่ไม่ถูกต้อง



รูปที่ 3. แสดงภาพการมองเห็น (ก) ลักษณะที่ถูกต้อง (ข) ลักษณะที่ไม่ถูกต้อง

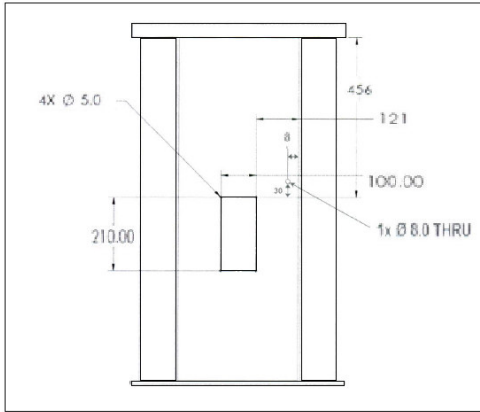
3.2 การออกแบบโครงสร้างและวงจรไฟฟ้าของเครื่องมือช่วยลดความถี่ของปัญหาการชนของหุ่นยนต์

ออกแบบโครงสร้างเครื่องมือสำหรับสอบเทียบหุ่นยนต์และช่วยลดความถี่ของปัญหาการชนของหุ่นยนต์ เพื่อเป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่สอบเทียบหุ่นยนต์ก่อนทำงานตามเป้าหมายที่กำหนด ดังรูปที่ 4



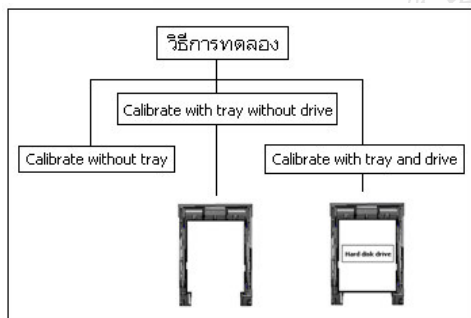
รูปที่ 4. แสดงเครื่องมือสำหรับสอบเทียบและช่วยลดความถี่ของปัญหาการชนของหุ่นยนต์

การติดตั้งเครื่องมือสำหรับสอบเทียบหุ่นยนต์ มีวิธีการติดตั้งและเจาะรูบนฐานของหุ่นยนต์และยึดเครื่องมือ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. แสดงตำแหน่งยึดเครื่องมือเพื่อช่วยลดความถี่ของปัญหาการชนของหุ่นยนต์

จากการศึกษาวิเคราะห์สาเหตุ ดังนั้นจึงตั้งสมมุติฐาน เพื่อนำไปทดสอบสมมุติฐานโดยออกแบบการทดลองเป็น 3 แบบ กับเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์ 3 เครื่อง คือ MC001, MC002 และ MC003 แสดง ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6. ภาพแสดงลักษณะการเก็บผลการทดลอง

ขั้นตอนลักษณะของการทดสอบสมมุติฐาน โดยการเก็บข้อมูลของหุ่นยนต์เพื่อหาค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างการเสียหาย (MTBF) ของหุ่นยนต์ โดยวิธี

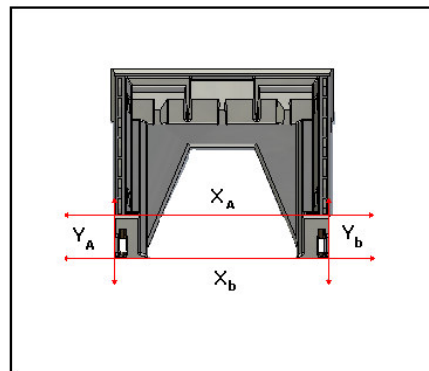
ก. การสอบเทียบได้โดยไม่มีถาดฮาร์ดดิสก์และฮาร์ดดิสก์ (Calibrate without Tray) โดยมีการวัดและสอบเทียบความแม่นยำ ที่เที่ยงตรงของตำแหน่งกับแผ่นสำหรับสอบเทียบ ขั้นตอนและ

วิธีการสอบเทียบหุ่นยนต์ปราศจากถาดวางฮาร์ดดิสก์ กับเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ

ข. การสอบเทียบกับถาดฮาร์ดดิสก์แต่ไม่มีฮาร์ดดิสก์ (Calibrate with tray without drive) โดยมีการวัดและสอบเทียบความแม่นยำ ที่เที่ยงตรงของตำแหน่งกับแผ่นสำหรับสอบเทียบ ขั้นตอนและวิธีการสอบเทียบหุ่นยนต์พร้อมถาดวางฮาร์ดดิสก์กับเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ

ค. การสอบเทียบกับถาดฮาร์ดดิสก์และฮาร์ดดิสก์ (Calibrate with tray and drive) โดยมีการวัดและสอบเทียบความแม่นยำ ที่เที่ยงตรงของตำแหน่งกับแผ่นสำหรับสอบเทียบ ขั้นตอนและวิธีการสอบเทียบหุ่นยนต์พร้อมถาดวางฮาร์ดดิสก์และฮาร์ดดิสก์กับเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ

การหาตำแหน่งขอบของถาดใส่ฮาร์ดดิสก์กับเครื่องมือสอบเทียบ เพื่อใช้ในการคำนวณค่าชดเชยของตำแหน่งของแขนกล ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7. แสดงตำแหน่งของถาดใส่ฮาร์ดดิสก์

X_A คือ ตำแหน่งของขอบบน

X_B คือ ตำแหน่งของขอบล่าง

Y_A คือ ตำแหน่งของขอบซ้าย

Y_B คือ ตำแหน่งของขอบขวา

ตารางที่ 1. แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการ

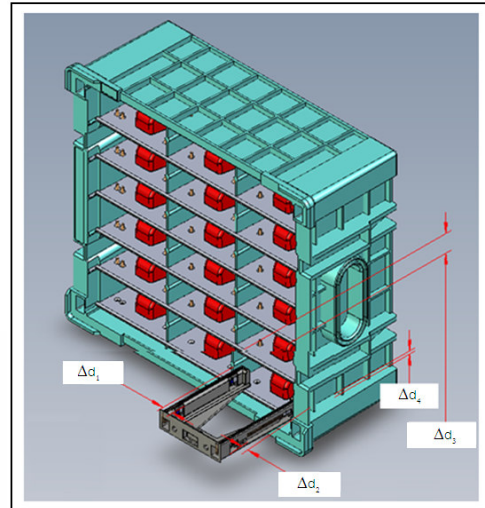
เก็บข้อมูลการชนของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

| เครื่องทดสอบ | มิถุนายน | กรกฎาคม | สิงหาคม | กันยายน | ตุลาคม | พฤศจิกายน |
|--------------|----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| | กรกฎาคม | สิงหาคม | กันยายน | ตุลาคม | พฤศจิกายน | ธันวาคม |
| MC001 | WO/T | WO/T | WO/T | WO/H | W/H | W/H |
| MC002 | WO/T | WO/H | W/H | WO/H | W/H | W/H |
| MC003 | WO/T | W/H | WO/H | WO/H | W/H | W/H |
| MC001 | WO/T | WO/T | WO/H | W/H | W/H | W/H |
| MC002 | WO/H | W/H | WO/H | W/H | W/H | W/H |
| MC003 | W/H | WO/H | WO/H | W/H | W/H | W/H |

จากตารางที่ 1 การเปรียบเทียบลักษณะการเก็บข้อมูลการชนของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมในแต่ละเดือนกับลักษณะการทดลองทั้ง 3 แบบ ซึ่งลักษณะการเก็บข้อมูลการชนของหุ่นยนต์ WO/T คือ การสอบเทียบได้โดยไม่มีถาดฮาร์ดดิสก์และฮาร์ดดิสก์ W/T คือ การสอบเทียบกับถาดฮาร์ดดิสก์แต่ไม่มีฮาร์ดดิสก์ และ W/HDD คือ การสอบเทียบกับถาดฮาร์ดดิสก์และฮาร์ดดิสก์

3.2 การทดลองแบบจำลองภาพของกล่องใส่ฮาร์ดดิสก์กับอุปกรณ์จับปล่อยฮาร์ดดิสก์

โดยการจำลองภาพที่ได้จากเก็บค่าของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จาก (P_1) ไปตำแหน่งเป้าหมาย (T_1-T_{18}) ทั้งหมด 18 ตำแหน่ง เพื่อวิเคราะห์ตำแหน่งหาค่าคลาดเคลื่อนเบี่ยงเบนจากตำแหน่งศูนย์กลาง ระยะห่างจากด้านบนและด้านล่าง ความสมมาตรของระยะห่างด้านข้างของทั้งสองข้าง ดังรูปที่ 8



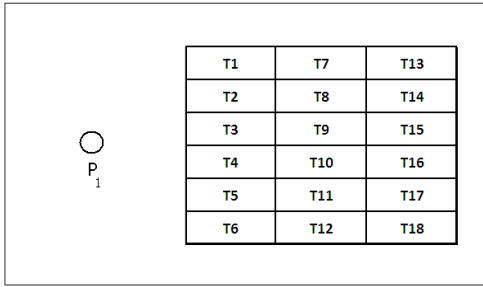
รูปที่ 8. แสดงการจำลองของกล่องใส่ฮาร์ดดิสก์

กับอุปกรณ์จับปล่อยฮาร์ดดิสก์

ดังนั้นหากการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เกินกว่าค่าสูงสุดที่ได้จากการจำลองจะทำให้หุ่นยนต์เกิดการชนกับกล่องสำหรับโหลดฮาร์ดดิสก์เข้าออกของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ

3.3 การทดลองทำซ้ำแบบจากตำแหน่งเริ่มต้นไปตำแหน่งเป้าหมายตำแหน่งเดียว

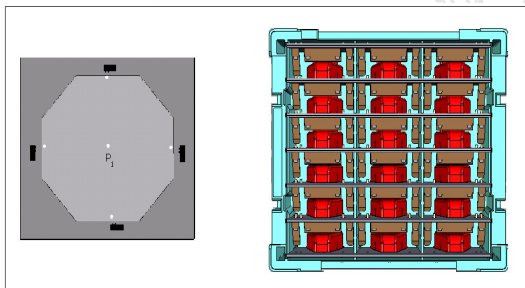
โดยทำการทดลองสั่งให้หุ่นยนต์ทำการเคลื่อนที่จากศูนย์กลางของแผ่นสำหรับสอบเทียบในเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ (P_1) ไปตำแหน่งเป้าหมาย (T_{18}) ทั้งหมด โดยทำ 30 รอบ เพื่อเก็บบันทึกค่าและนำค่ามาวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของการทำซ้ำของหุ่นยนต์ จากการเก็บข้อมูลตำแหน่งเป้าหมาย (T_{18}) เป็นตำแหน่งที่หุ่นยนต์มีความถี่ในการชนมากที่สุด ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9. แสดงตำแหน่งของการเก็บผลการทดลองแบบทำซ้ำเป้าหมายตำแหน่งเดียว

3.4 การทดลองทำซ้ำแบบตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งเป้าหมายหลายตำแหน่ง

โดยการทดลองสั่งให้หุ่นยนต์ทำการเคลื่อนที่จากศูนย์กลางของแผ่นสำหรับสอบเทียบในเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ (P₁) ไปตำแหน่งเป้าหมาย (T₁-T₁₈) ทั้งหมด 18 ตำแหน่ง โดยทำ 5 รอบ เพื่อเก็บบันทึกค่าและนำค่ามาวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของการทำซ้ำของหุ่นยนต์ ดังรูปที่ 10

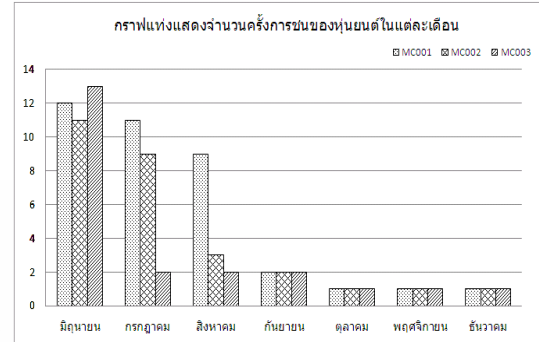


รูปที่ 10. แสดงตำแหน่งเริ่มต้นและเป้าหมายในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ของการวิเคราะห์ค่าการทำซ้ำ

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การแก้ปัญหาการชนของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ

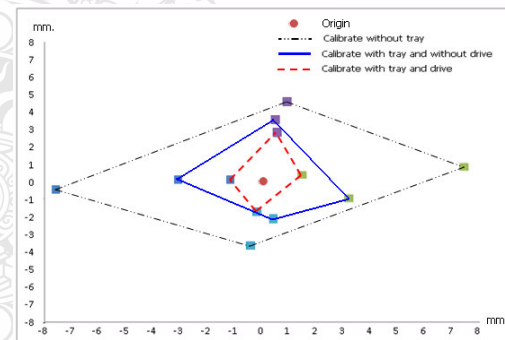
โดยการเก็บผลการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์กับลักษณะการทดลองทั้ง 3 แบบ ตามตารางที่ 1 จะได้ผลการทดลอง ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11. แสดงแผนภาพการเก็บข้อมูลการชนของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

จากรูปที่ 11 แสดงให้เห็นว่าหลังจากทำการทดลองและสอบเทียบ ความถี่ของการชนของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมลดลงตามลำดับ จึงแสดงให้เห็นว่าหลังปรับปรุงสามารถลดความถี่ของการชนของหุ่นยนต์ได้ตามวัตถุประสงค์

4.2 ผลการทดลองแบบจำลองภาพของกล่องใส่ฮาร์ดดิสก์กับอุปกรณ์จับปล่อยฮาร์ดดิสก์

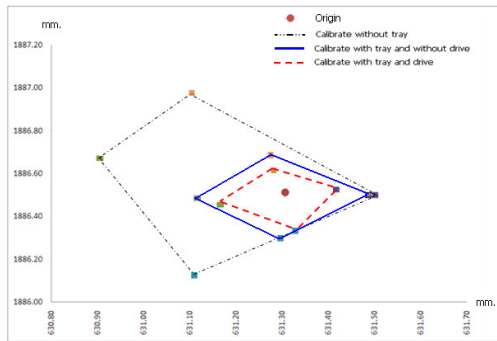


รูปที่ 12. ภาพแสดงผลการทดลองแบบการจำลองภาพก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

จากทดลองแบบการจำลองภาพหลังทำการปรับปรุงค่าเฉลี่ยของ Δd_1 , Δd_2 , Δd_3 และ Δd_4 มีค่าน้อยกว่าก่อนการปรับปรุง

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์ที่ทำการทดลองและสอบเทียบ มีความเที่ยงตรงและแม่นยำของการเคลื่อนที่จาก (P₁) ไปตำแหน่งเป้าหมาย (T₁-T₁₈) ทั้งหมด 18 ตำแหน่งมากกว่าก่อนทำการปรับปรุง

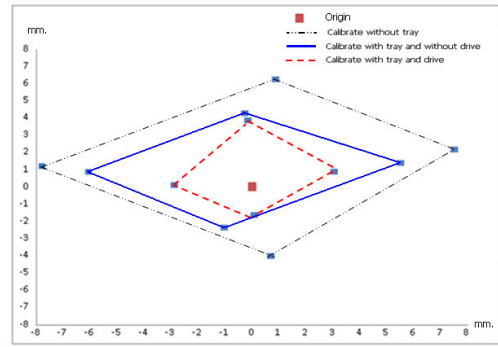
4.3 ผลการทดลองทำซ้ำแบบจากตำแหน่งเริ่มต้นไปตำแหน่งเป้าหมายตำแหน่งเดียว



รูปที่ 13. ภาพแสดงค่าเฉลี่ยของผลการทดลองแบบทำซ้ำเป้าหมายตำแหน่งเดียวก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

จากรูปที่ 13 แสดงให้เห็นว่าหลังทำการปรับปรุง มีความเที่ยงตรงและแม่นยำของการเคลื่อนที่จากตำแหน่ง (P₁) ไปยังอีกตำแหน่งเป้าหมาย (T₁₈) มากกว่าก่อนการปรับปรุง ดังนั้น จากผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าหลังทำการปรับปรุง สามารถช่วยการทำงานของหุ่นยนต์ให้มีความแม่นยำเที่ยงตรงและสามารถลดความถี่ของการชนของหุ่นยนต์

4.4 ผลการทดลองทำซ้ำแบบตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งเป้าหมายหลายตำแหน่ง



รูปที่ 14. ภาพแสดงค่าเฉลี่ยของผลการทดลองแบบทำซ้ำเป้าหมายตำแหน่งหลายตำแหน่ง ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

จากรูปที่ 14 แสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์ที่ทำการทดลองและสอบเทียบ มีความเที่ยงตรงและแม่นยำของการเคลื่อนที่จากตำแหน่ง (P₁) ไปตำแหน่งเป้าหมาย (T₁-T₁₈) ทั้งหมด 18 ตำแหน่งมากกว่าก่อนทำการปรับปรุงโดยมีค่าคลาดเคลื่อนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด

จากผลการทดลองเพื่อลดความถี่ของปัญหาการชนของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมของเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ แบ่งลักษณะการออกแบบการทดลองเป็น 3 ลักษณะ ซึ่งความถี่ของการชนของหุ่นยนต์แสดงในตารางที่ 2 ตารางที่ 2. ตารางแสดงผลข้อมูลการชนของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

| เดือน | MC001 | MC002 | MC003 |
|-----------|-------|-------|-------|
| มิถุนายน | 12 | 11 | 13 |
| กรกฎาคม | 11 | 9 | 2 |
| สิงหาคม | 9 | 3 | 2 |
| กันยายน | 2 | 2 | 2 |
| ตุลาคม | 1 | 1 | 1 |
| พฤศจิกายน | 1 | 1 | 1 |
| ธันวาคม | 1 | 1 | 1 |

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าก่อนการปรับปรุงมีความถี่ของการชนของหุ่นยนต์

มากกว่าหลังทำการปรับปรุง จึงสรุปได้ว่าการทดลองและสอบเทียบ ทำให้สามารถลดความถี่ของการชนของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมในเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้เสนอการทดลองและปรับปรุงเพื่อลดความถี่ของการชนของหุ่นยนต์ในเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์อัตโนมัติ จากผลการทดลองและปรับปรุงสามารถลดความถี่ของการชนของหุ่นยนต์จาก 13 ครั้งต่อเดือน เหลือเพียง 1 ครั้งต่อเดือน ซึ่งสามารถลดความถี่ของการชนของหุ่นยนต์ได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและพัฒนาคือควรมีการปรับปรุงการทำงานของโปรแกรมให้เหมาะสมกับสถานะการณ์การผลิตจริง เช่น เพิ่มความเร็วของทำงานต่อ 1 รอบการทำงาน ความยืดหยุ่นในการหยิบฮาร์ดดิสก์และพัฒนาโปรแกรมให้สามารถตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ทางกายภาพ เช่น ความหนา บาง สั้นและยาว ให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ต้องปรับตั้งเครื่องทดสอบฮาร์ดดิสก์

เอกสารอ้างอิง

วิทยานิพนธ์

[1] ธนภัทร สังขรัตน์, การกำหนดตำแหน่งแนวเชื่อมโดยการประยุกต์ใช้กระบวนการประมวลผลภาพสำหรับงานเชื่อมอัตโนมัติด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรม วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2550.

English Journal

[2] Lee J. and Jeong Y. CCD Camera Calibrations and Projection Error Analysis.

Computer and Information Communications Engineering, University of Ulsan, 2000.

[3] Shik H. et al., A PC-based Open Robot Control System. Robotics and Computer Integrated Manufacturing.17 (2001) : 355–365.

[4] Xie. S. Q. et al., Three-Dimensional Object Recognition System for Enhancing the Intelligence of a Kuka robot. Mechanical Engineering, University of Auckland, 2008.

การออกแบบชุดหยิบจับและส่งผ่านชิ้นงานต้นแบบ ในเครื่องปั๊มโลหะ ขนาด 300 ตัน

วสันต์ ธิวัชสุวรรณ¹ และ รองศาสตราจารย์ ดร.จรัมพร วรรณมนตรี²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail: mhin_mte@yahoo.com

บทคัดย่อ

ในการผลิตชิ้นส่วนโลหะปั๊มขึ้นรูปสำหรับอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์นั้น แต่ละขั้นตอนจะใช้เครื่องปั๊มโลหะจำนวน 1 เครื่อง ควบคุมด้วยคนจำนวน 1 คน ลักษณะการทำงานเช่นนี้ทำให้ยากต่อการปรับปรุงการผลิต เพื่อหาวิธีการที่ดีกว่าและลดการทำงานด้วยคนลง ระบบส่งผ่านชิ้นงานจึงถูกออกแบบขึ้นเพื่อส่งผ่านชิ้นงานในระหว่างขั้นตอนการปั๊มขึ้นรูป โดยรวมขั้นตอนการปั๊มจำนวน 4 ขั้นตอนจากเครื่องปั๊มโลหะขนาด 80 ตัน 4 เครื่อง มาไว้ในเครื่องปั๊มโลหะขนาด 300 ตัน เพียงเครื่องเดียวและนำระบบส่งผ่านชิ้นงานซึ่งสามารถหยิบจับชิ้นงานได้พร้อมกัน 5 ชิ้นต่อครั้ง มาหยิบจับชิ้นงานจากอุปกรณ์โหลดชิ้นงานและแม่พิมพ์โลหะทั้ง 4 แม่พิมพ์ หลังจากนั้นจะนำชิ้นงานไปวางยังแม่พิมพ์ตัวถัดไป โดยชิ้นงานแต่ละชิ้นก็จะผ่านขั้นตอนการปั๊มจนครบทั้ง 4 ขั้นตอน ระบบส่งผ่านชิ้นงานนี้ได้ถูกออกแบบและจัดสร้างขึ้นพร้อมทดสอบการทำงาน ซึ่งผลการทดสอบการทำงานสามารถทำงานได้โดยใช้เวลาประมาณ 10.1 วินาทีต่อชิ้น คิดเป็น 356 ชิ้นต่อชั่วโมง

คำสำคัญ เครื่องปั๊ม, ระบบส่งผ่าน, แม่พิมพ์โลหะ

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตโดยเฉพาะอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนโลหะปั๊มในรถยนต์นั้นมีการแข่งขันกันสูง ซึ่งการผลิตชิ้นส่วนโลหะปั๊มขนาดเล็กแต่ละชิ้นส่วน จะต้องผ่านกระบวนการปั๊มบนเครื่องปั๊มขนาด 80 ตันหลายๆ เครื่อง ซึ่งจำนวนเครื่องหรือจำนวนขั้นตอนในการปั๊มก็ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของชิ้นงานที่ต้องการปั๊ม ลักษณะการทำงานแบบนี้จะทำให้เราต้องใช้จำนวนคนเท่ากับจำนวนขั้นตอนในการปั๊มซึ่งมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น จึงได้เกิดแนวคิดที่จะนำแม่พิมพ์ขนาดเล็กเหล่านี้มาจัดวางเรียงรวมกันตามลำดับการปั๊มขึ้นรูป โดยวางอยู่บนเครื่องปั๊มขนาด 300 ตัน เพียงเครื่องเดียวและในระหว่างแม่พิมพ์แต่ละตัวก็จะจัดสร้างระบบส่งผ่านชิ้นงาน จากแม่พิมพ์หนึ่งไปยังแม่พิมพ์หนึ่งซึ่งจะทำให้ขั้นตอนการทำงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องและลดการใช้แรงงานคนลงเหลือเพียงหนึ่งคนเท่านั้น ด้วยเหตุนี้เองจึงเกิดงานวิจัยนี้ขึ้น

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุเทพ แจ่มใส (1996) ได้ทำการออกแบบหุ่นยนต์จับวางชิ้นงานแบบ 3 มิติ ควบคุมด้วย PLC สามารถทำงานในแนวแกนได้ 3 แกน โดยแกน x และ y ใช้กลไกของบอลสกรู ขับเคลื่อนด้วยสเต็ปมอเตอร์ ส่วนแกน z จะติดตั้งชุดมือจับและใช้ระบบนิวแมติกส์เป็นตัวขับเคลื่อน [1]

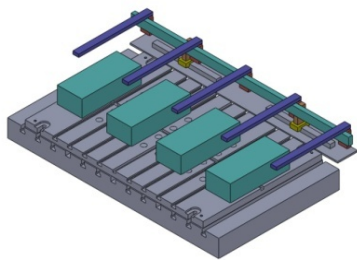
Satoru Sakai และคณะ (2008) ได้นำเสนอ การออกแบบแขนหุ่นยนต์ใช้ในการเก็บผลแตงโมที่มีขนาด 6-12 กิโลกรัม ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์เป็นแบบขนาน (Parallel) ในส่วนของการออกแบบระบบควบคุมได้เลือกวิธีการควบคุมแบบปิด (Closed Loop Control) มาควบคุมตำแหน่งในการเคลื่อนที่ [2]

3. การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งลักษณะงานที่สำคัญด้วยกัน 3 ส่วนคือ การออกแบบโครงสร้างและกลไกการเคลื่อนที่, การออกแบบระบบควบคุมและการโปรแกรมควบคุมการทำงาน ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินงานวิจัยดังนี้

3.1 การออกแบบโครงสร้างและกลไกการเคลื่อนที่

เนื่องจากลักษณะการทำงานจะเป็นการหยิบชิ้นงานจากตำแหน่งหนึ่งไปวางอีกตำแหน่งหนึ่ง (Pick and Place) ลักษณะการเคลื่อนที่จะเป็นเส้นตรงใน 2 แนวแกนด้วยกัน คือ การเคลื่อนที่ขึ้น-ลงและเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา จากแนวคิดดังกล่าวจึงได้ถูกนำมาใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบ โดยลักษณะรูปแบบของระบบส่งผ่านแสดงดังรูปที่ 1

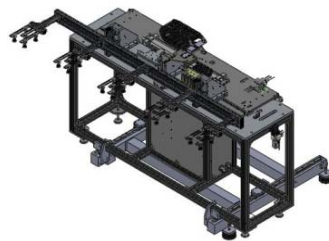


รูปที่ 1 ลักษณะรูปแบบของชุดหยิบจับและส่งผ่านชิ้นงาน

สิ่งที่เราจะต้องพิจารณาต่อมาคือ ระบบขับเคลื่อน ซึ่งระบบขับเคลื่อนนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายระบบ งานวิจัยนี้เลือกใช้ระบบนิวแมติกส์มาเป็นระบบขับเคลื่อนหลัก นอกจากนั้นได้เลือกใช้กลไกไกด์นำทางแบบลิเนียร์ไกด์ (Linear Guide) มาใช้ร่วมในการออกแบบครั้งนี้ด้วย

หลังจากนั้นจะเป็นขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดของส่วนประกอบย่อย ซึ่งงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 6 ส่วน

คือ ชุดฐานสไลด์ (Slide Support Unit) ทำหน้าที่ในการรองรับน้ำหนักของชิ้นส่วนทั้งหมด, โครงสร้างฐานจะวางอยู่บนชุดฐานสไลด์และเป็นส่วนที่ติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้า, ชุดกลไกสำหรับตอนเปลี่ยนแม่พิมพ์ มีขึ้นเพื่อให้สามารถเปลี่ยนแม่พิมพ์ได้ง่าย, ชุดส่งผ่านชิ้นงานระหว่างแม่พิมพ์ (Transfer Unit) จะทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา, ชุดเคลื่อนที่ขึ้น-ลง (Lifter Unit) มีหน้าที่ในการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง และส่วนสุดท้ายคือ ชุดหยิบจับชิ้นงาน มีหน้าที่ในการหยิบจับชิ้นงานด้วยหัวจับสุญญากาศ ซึ่งส่วนประกอบทั้งหมดที่ได้หลังการออกแบบ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชุดหยิบจับและส่งผ่านชิ้นงานที่ออกแบบ

ขั้นตอนต่อมาคือ การกำหนดอุปกรณ์วงจรมอเตอร์และเลือกขนาดอุปกรณ์นิวแมติกส์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การหาขนาดของกระบอกสูบ เราสามารถหาขนาดกระบอกสูบได้จากสมการที่ (1)

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\eta\pi P}} \quad (1)$$

โดยที่ D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ (มม.), F คือ ขนาดของโหลด (นิวตัน), P คือ ความดันใช้งาน (เมกกะปาสคาล), η คือ ค่าอัตราส่วนภาระโหลด (Load Ratio) [3]

จากขนาดของกระบอกสูบที่คำนวณได้คือ 31.92 มม. และ 29.43 มม. นำมาเลือกขนาดของกระบอกสูบมาตรฐาน โดยเลือกขนาด 40 มม. สำหรับชุดส่งผ่านชิ้นงานและเลือกขนาด 32 มม. สำหรับชุดเคลื่อนที่ขึ้น-ลง

2. การหาอัตราการสิ้นเปลืองลมที่นำมาใช้กับอุปกรณ์ทำงาน สามารถหาได้จากสมการที่ (2)

$$Q = 2 \times A \times L \times \frac{(P+1.013)}{1.013} \times 10^{-6} \times n \quad (2)$$

โดยที่ Q คือ อัตราการสิ้นเปลืองลมต่อนาที (ลิตร/นาที), A คือ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ (มม.²), L คือ ระยะการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ (มม.), P คือ ความดันใช้งาน (บาร์), n คือ จำนวนรอบการทำงานใน 1 นาที [3]

เมื่อทำการแทนค่าต่างๆ ลงในสมการที่ (2) จะได้ อัตราการสิ้นเปลืองลมของชุดส่งผ่านชิ้นงานคือ 67.31 ลิตร/นาที และชุดเคลื่อนที่ขึ้น-ลงคือ 25.77 ลิตร/นาที

3. การหาขนาดวาล์วควบคุมทิศทาง ซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลในสมการที่ (3), (4) และ (5)

$$C_V = \frac{Q}{400\sqrt{(P_1 - P_2)(P_2 + 1.013)}} \quad (3)$$

$$Q = \frac{q \times 60}{t} \quad (4)$$

$$q = A \times L \times \frac{(P + 1.013)}{1.013} \times 10^{-6} \quad (5)$$

โดยที่ C_V คือ ค่าสัมประสิทธิ์การไหล, Q คือ อัตราไหลที่ความดันบรรยากาศ (ลิตร/นาที), q คือ ปริมาณลมที่ใช้ (ลิตร), A คือ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ (มม.²), L คือ ระยะการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ (มม.), t คือ เวลาในการเคลื่อนที่ (วินาที), P คือ ความดันใช้งาน (บาร์), P_1 คือ ความดันก่อนผ่านวาล์ว (บาร์), P_2 คือ ความดันหลังผ่านวาล์ว (บาร์) [3]

จากค่าสัมประสิทธิ์การไหลที่คำนวณได้คือ 0.55, 0.10 และ 0.08 นำมาเลือกขนาดของวาล์วควบคุมทิศทางโดยชนิดและขนาดของวาล์วที่เลือกใช้สำหรับชุดส่งผ่านชิ้นงานจะเป็นวาล์วควบคุม 5 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งกลางปิด มีค่าสัมประสิทธิ์การไหลอยู่ที่ 0.63 ส่วนชุดเคลื่อนที่ขึ้น-ลงและชุดกลไกสำหรับตอนเปลี่ยนแม่พิมพ์ จะเป็นวาล์วควบคุม 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง มีค่าสัมประสิทธิ์การไหลอยู่ที่ 0.77

4. การหาขนาดอุปกรณ์สร้างสุญญากาศ สามารถหาได้จากสมการที่ (6), (7), (8) และ (9)

$$Q_{\max} = 2 \times Q \quad (6)$$

$$Q = \frac{V \times 60}{t} + Q_L \quad (7)$$

$$V = \frac{\pi D^2}{t} \times L \times \frac{1}{1000} \quad (8)$$

$$T_2 = 3 \times T_1 \quad (9)$$

โดยที่ Q_{\max} คือ อัตราไหลสูงสุดที่ผ่านหัวจับสุญญากาศ (ลิตร/นาที), Q คือ อัตราไหลเฉลี่ยที่ผ่านหัวจับสุญญากาศ (ลิตร/นาที), Q_L คือ อัตราการรั่วของสุญญากาศ (ลิตร/นาที), V คือ ปริมาตรภายในของท่อสุญญากาศ (ลิตร), D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อสุญญากาศ (มม.), L คือ ความยาวของท่อสุญญากาศ (เมตร), T_1 คือ เวลาที่เกิดความดันสุญญากาศ 63% (วินาที), T_2 คือ เวลาที่เกิดความดันสุญญากาศ 95% (วินาที) [3]

จากค่าอัตราไหลสูงสุดที่ผ่านหัวจับสุญญากาศที่คำนวณได้คือ 36.26 ลิตร/นาที นำมาเลือกขนาดของอุปกรณ์ โดยขนาดของอุปกรณ์ที่เลือกใช้สามารถสร้างอัตราไหลสูงสุดได้ถึง 38 ลิตร/นาที (l/min)

5. การหาขนาดหัวจับสุญญากาศ สามารถหาได้จากสมการที่ (10)

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{1}{P} \times \frac{W}{n} \times t \times 1000} \quad (10)$$

โดยที่ D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.), W คือ ขนาดไหล (นิวตัน), P คือ ความดันสุญญากาศ (กิโลปาสกาล), n คือ จำนวนหัวจับสุญญากาศ, t คือ ค่าความปลอดภัย (Safety factor) [3]

เมื่อแทนค่าต่างๆ ลงในสมการที่ (10) จะได้ขนาดของหัวจับสุญญากาศอยู่ที่ 13.49 มม. จากนั้นจึงเลือกขนาดของหัวจับสุญญากาศ โดยขนาดของหัวจับที่เลือกใช้นั้นอาจมีการปรับเปลี่ยนตามจำนวนหัวจับสุญญากาศและลักษณะของชิ้นงานที่นำมาหยิบจับ

3.2 การออกแบบระบบควบคุมการทำงาน

ในการออกแบบระบบควบคุมจะเริ่มจากการกำหนดและเลือกอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าควบคุม สำหรับงานวิจัยนี้มีอุปกรณ์หลักในวงจรไฟฟ้าควบคุมดังนี้

1. โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ (Programmable Controller) ในการเลือกใช้จะเริ่มจากการกำหนดจำนวนหน่วยอินพุตและเอาต์พุตของวงจรควบคุม ซึ่งงานวิจัยนี้มีจำนวนหน่วยอินพุตและเอาต์พุตที่ต้องใช้คือ 21 อินพุตและ 18 เอาต์พุต จึงทำการเลือกอุปกรณ์ควบคุมจากผู้ผลิต โดย

ขนาดที่เลือกใช้จะอยู่ที่ 32 อินพุตและ 32 เอาต์พุต

2. อุปกรณ์เชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน (Human Machine Interface) ในที่นี้เรียกว่า ระบบหน้าจอสัมผัส (Touch Screen) จะเป็นอุปกรณ์ที่รับคำสั่งและส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับชุดหีบจับและส่งผ่านชิ้นงาน

3. แหล่งจ่ายไฟฟ้าในวงจรควบคุม (Power Supply) งานวิจัยนี้จะใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าด้วยกัน 2 ขนาดคือ แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ 90 วัตต์ และแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 24 โวลต์ 50 วัตต์

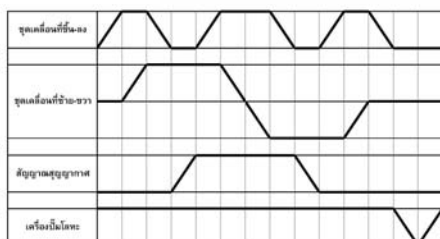
4. เซอร์คิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) หรือเรียกชื่อย่อว่า ซี บี (CB) การกำหนดขนาดเซอร์คิตเบรกเกอร์จะเผื่อขนาดไว้ประมาณ 25% ของการใช้งานจริง ซึ่งจะได้ขนาดของเซอร์คิตเบรกเกอร์ = $(1.25 \times 90)/220 = 0.52$ แอมป์

5. ตัวกรองสัญญาณรบกวน (Noise Filter) การเลือกขนาดของอุปกรณ์ชนิดนี้ จะต้องสามารถทนกระแสไฟฟ้าได้สูงกว่าขนาดของเซอร์คิตเบรกเกอร์เป็นอย่างน้อย

3.3 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน

ในการออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานจะเริ่มจากการกำหนดรูปแบบการทำงานของระบบ (Operation Mode) โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบหลักดังนี้

1. รูปแบบการทำงานแบบอัตโนมัติ (Automatic Mode) สามารถทำงานได้ทั้งแบบหนึ่งรอบการทำงาน (One Cycle) และแบบรอบการทำงานต่อเนื่อง (Continuous Cycle) ซึ่งทั้งสองรูปแบบสามารถเขียนเป็นไดอะแกรมแสดงลำดับการเคลื่อนที่ (Motion Step Diagram) ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ไดอะแกรมแสดงลำดับการเคลื่อนที่

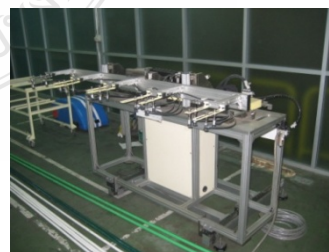
2. รูปแบบการทำงานด้วยมือ (Manual Mode) จะประกอบด้วยรูปแบบการทำงานย่อย 2 แบบคือ การสั่งงานกลับจุดเริ่มต้น (Origin Mode) ส่วนอีกรูปแบบคือ การสั่งงานแบบแยกการควบคุม (Individual Mode)

ในขั้นตอนต่อมาเป็นการออกแบบหน้าจอใช้งานระบบหน้าจอสัมผัส พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมในอุปกรณ์โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเริ่มจากการกำหนดตำแหน่งของอินพุตและเอาต์พุตของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์และระบบหน้าจอสัมผัส รวมถึงการกำหนดอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบตัวเลข (Data Registers) หลังจากนั้นก็จะทำการเขียนแผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน (Sequential Function Chart) ในรูปแบบของแผนภาพการไหล (Flow Chart)

ขั้นตอนสุดท้ายก็จะเป็นขั้นตอนการเขียนโปรแกรมสำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ภาษาแลดเดอร์ (Ladder Diagram) ในการเขียนโปรแกรม โดยการเขียนโปรแกรม PLC จะเขียนตามแผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน เพื่อให้ชุดหีบจับและส่งผ่านชิ้นงานสามารถทำงานได้ถูกต้องตามต้องการ

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยทำให้เราได้อุปกรณ์ชุดหีบจับและส่งผ่านชิ้นงานต้นแบบที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชุดหีบจับและส่งผ่านชิ้นงานที่ได้จากงานวิจัย

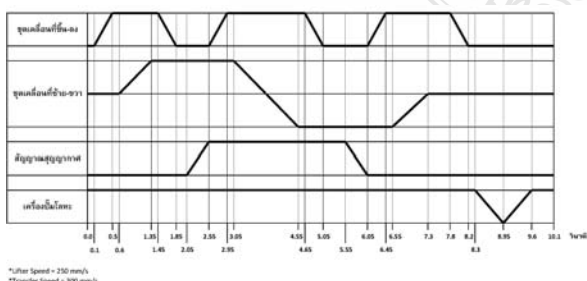
ในส่วนของการทดสอบการทำงาน ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ การทดสอบการทำงานแบบตัวเปล่าผ่านสายการผลิตและการทดสอบการทำงานกับเครื่องปั๊มโลหะ 300 ตัน ซึ่งมีผลการทดสอบดังนี้

4.1 ผลการทดสอบแบบตัวเปล่าผ่านสายการผลิต

ผลการทดสอบการทำงานแบบตัวเปล่าสามารถทำงานในรูปแบบการทำงานด้วยมือ (Manual Mode) และแบบอัตโนมัติ (Automatic Mode) สามารถทำงานได้ถูกต้องตามคำสั่งงานของผู้ใช้งานและไดอะแกรมแสดงลำดับการเคลื่อนที่ ที่ได้กำหนดไว้ ในส่วนของการเคลื่อนที่พบว่า การเคลื่อนที่เป็นไปอย่างราบรื่นไม่มีการสะดุดหรือติดขัด แต่จะมีการกระแทกกันระหว่างอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่กับอุปกรณ์กันกระแทกขณะหยุดการเคลื่อนที่ ทำให้ไม่สามารถใช้ความเร็วที่สูงมากได้

4.2 ผลการทดสอบกับเครื่องปั๊มโลหะ 300 ตัน

หลังจากการทดสอบการทำงานกับเครื่องปั๊มโลหะ 300 ตัน ผลปรากฏว่าชุดหีบจับและส่งผ่านชิ้นงานกับเครื่องปั๊มโลหะสามารถทำงานได้ถูกต้องตามโปรแกรมและไดอะแกรมแสดงลำดับการเคลื่อนที่ ที่ได้ออกแบบและกำหนดไว้ โดยใช้เวลาในการทำงานต่อรอบการทำงาน (Cycle Time) อยู่ที่ 10.1 วินาทีต่อชิ้น เมื่อคิดเป็นจำนวนชิ้นงานที่ทำได้จะอยู่ที่ 356 ชิ้นต่อชั่วโมง ซึ่งเวลาในการทำงานทั้งหมดของแต่ละขั้นตอนสามารถนำเขียนเป็นไดอะแกรมการเคลื่อนที่เทียบกับเวลา (Motion Time Diagram) ได้ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ไดอะแกรมการเคลื่อนที่เทียบกับเวลาที่ได้จากการทดสอบการทำงาน

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ชุดหีบจับและส่งผ่านชิ้นงานต้นแบบที่ได้จากงานวิจัยนี้ สามารถทำงานได้ถูกต้องตามไดอะแกรมแสดงลำดับการเคลื่อนที่และใช้เวลาในการทำงานต่อรอบการทำงาน (Cycle Time) อยู่ที่ 10.1 วินาทีต่อชิ้น คิดเป็นจำนวนชิ้นงานที่ทำได้ 356 ชิ้นต่อชั่วโมง ซึ่งเราสามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบส่งผ่านแบบเดิมและระบบส่งผ่านแบบใหม่ได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบส่งผ่าน

| รายละเอียดของระบบ | ระบบส่งผ่านแบบเดิม | ระบบส่งผ่านแบบใหม่ |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| ความต่อเนื่อง | ต่ำ-ปานกลาง | สูง |
| จำนวนคนทำงาน | 4 คน | 1 คน |
| ความปลอดภัย | ค่อนข้างต่ำ | สูง |
| เครื่องปั๊มขัดข้อง | ทำงานได้บางส่วน | หยุดการทำงาน |
| กำลังการผลิต | 500 ชิ้น/ชั่วโมง | 356 ชิ้น/ชั่วโมง |

อย่างไรก็ตามชุดหีบจับและส่งผ่านชิ้นงานที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นเพียงอุปกรณ์ต้นแบบที่ยังไม่ได้นำไปใช้จริงในการผลิต ซึ่งหากมีการนำไปใช้จริงในการผลิต ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและพัฒนาคือ ลดน้ำหนักในส่วนที่มีการเคลื่อนที่ลงและเปลี่ยนขนาดของอุปกรณ์กันกระแทกให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้สามารถเพิ่มความเร็วของการเคลื่อนที่ขึ้นได้และสามารถทำกำลังการผลิตให้ใกล้เคียงกับระบบเดิมได้

เอกสารอ้างอิง

วิทยานิพนธ์

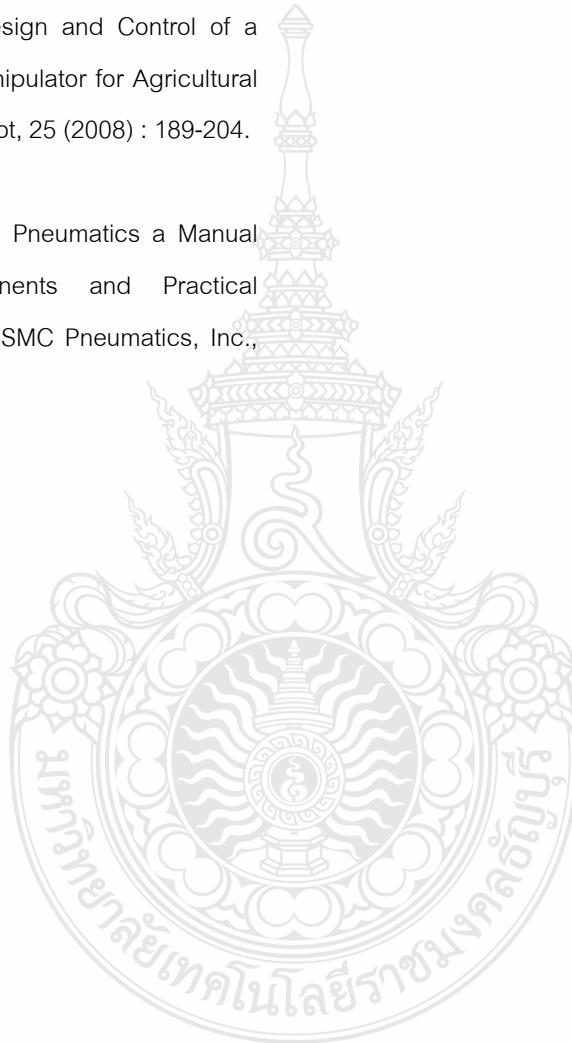
[1] สุเทพ แจ่มใส, การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์จับวาง
ชิ้นงานแบบ 3 มิติควบคุมด้วย พี.แอล.ซี., วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
, กรุงเทพฯ, 2539.

English Journal

[2] Satoru, Sakai., et al. Design and Control of a
Heavy Material Handling Manipulator for Agricultural
Robots. Journal of Auton Robot, 25 (2008) : 189-204.

Book

[3] SMC Pneumatics. Basic Pneumatics a Manual
for Fluid Power Components and Practical
Applications. Indianapolis : SMC Pneumatics, Inc.,
1997.



การประหยัดพลังงานในระบบอากาศอัดสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

มานิช วงศ์ธนุกฤษฏ์ กิริติ ชยะกุลศิริ

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร 0-2579-1111 ต่อ 2272 โทรสาร 0-2561-1111 ต่อ 2147

E-mail: manoch1280@hotmail.com

บทคัดย่อ

ระบบอากาศอัด(Compressed air systems) เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ และมีหลายแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบอากาศอัด เช่นการลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ การลดแรงดันให้ต่ำเหมาะกับการใช้งานพร้อมกับป้องกันรอยรั่วต่างๆในระบบ และจัดการการทำงานของเครื่องอัดอากาศ(air compressor)โดยใช้เครื่องควบคุมความเร็วรอบ(Inverter) และตัวควบคุมอัตโนมัติแบบหลายหน่วย (Auto Multiple Unit Control) บทความนี้เสนอแนวทางการออกแบบ ติดตั้งระบบอากาศอัด เลือกใช้เครื่องอัดอากาศแบบโรตารีสกรู และอุปกรณ์ต่างๆที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย และกราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศที่ความดันและอุณหภูมิของอากาศเข้าต่างๆ สามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ 30,058 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี และลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศได้ 9,116.88 กิโลกรัมต่อปี

คำสำคัญ การประหยัดพลังงาน, ระบบอากาศอัด, ลดอุณหภูมิอากาศเข้า

1. บทนำ

วิกฤตการณ์พลังงาน และปัญหาค่าน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้นทำให้ภาครัฐฯได้แก่งานคณะกรรมการนโยบาย

พลังงานแห่งชาติกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จัดทำแผนอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้ผู้ประกอบการนำแนวทางการอนุรักษ์พลังงานไปปฏิบัติอย่างจริงจัง และต่อเนื่อง[1] ประเมินการใช้พลังงานและผลประหยัดที่เกิดจากการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมใช้ข้อมูลตัวแทนที่เป็นค่าเฉลี่ยค่าตรวจวัดหรือค่าที่สภาวะออกแบบเพียงค่าเดียวมาใช้คำนวณปริมาณการใช้พลังงานและผลประหยัดตลอดปี โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ไม่ได้นำแนวทางการอนุรักษ์พลังงานไปปฏิบัติอย่างจริงจังและต่อเนื่อง ทำให้การใช้พลังงานมากขึ้นส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต ปัญหาดังกล่าวเป็นสาเหตุทำให้มีการศึกษาพัฒนาการออกแบบระบบอัดอากาศสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

บทความนี้เสนอแนวทางการออกแบบ ติดตั้งระบบอากาศอัด โดยเลือกใช้เครื่องอัดอากาศแบบโรตารีสกรู และอุปกรณ์ต่างๆที่มีประสิทธิภาพสูง ตรวจวัดการใช้พลังงานและผลการประหยัดพลังงานได้จริงโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายที่แสดงเส้นโค้งสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศที่ความดันและอุณหภูมิของอากาศเข้า

2. ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบอากาศอัด (Compressed Air Systems)

โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปนิยมใช้ระบบอากาศอัดในกระบวนการผลิต เช่นการใช้ลมขับเคลื่อนกระบอกลูกสูบเครื่องฉีดพลาสติก การพ่นสีรถยนต์ เป็นต้น เพราะลมอัดเป็นพลังงานสะอาดและไม่มีอันตราย ระบบอากาศอัดเป็น

ระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก เนื่องจากต้องการความดันของอากาศอัดสูงและต้นทุนการผลิตอากาศอัดจะยิ่งสูงขึ้นหากมีการรั่วไหลในระบบ ระบบอากาศอัดมีส่วนประกอบที่สำคัญทั้งหมด 3 ส่วนดังต่อไปนี้

1. ส่วนการสร้างอากาศอัดส่วนนี้จะประกอบไปด้วย เครื่องอัดอากาศ(Air Compressor) เครื่องกรองอากาศและระบบเสียงทางเข้า(Silencer/Filter) ถังเก็บอากาศ(Air Receiver Tank) เครื่องอบอากาศ(Air Dryer)

2. ส่วนจ่ายอากาศประกอบด้วย ท่อจ่ายลมหลัก(Supply Pipe Line) ท่อแยก(Branch Pipe) อุปกรณ์กรองฝุ่นและความชื้น อุปกรณ์จ่ายน้ำมันหล่อลื่น(Lubricator) และอุปกรณ์ควบคุมระดับความดันลม

3. ส่วนการใช้อากาศอัดส่วนนี้จะประกอบด้วย อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ลมในการทำงาน เช่น กระบอกลูกสูบ เครื่องเป่าลม เป็นต้น

2.2 การออกแบบระบบอากาศอัด

การออกแบบสร้างและใช้งานระบบอากาศอัดนั้นจะต้องเลือกอุปกรณ์ต่างๆ ให้เหมาะกับการใช้งาน โดยมีส่วนประกอบและอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1. ท่อลมเข้า(Air Intake Pipe) อากาศที่ถูกดูดเข้าไปในเครื่องอัดอากาศมีอุณหภูมิสูง ทำให้ความหนาแน่นของมวลอากาศลดลง ต้องใช้พลังงานในการอัดมากขึ้น หากอุณหภูมิของอากาศที่จะอัดลดลง สามารถลดพลังงานที่ใช้อัดอากาศลงได้ ควรติดตั้งช่องสำหรับดูดลมเข้าเครื่องอัดอากาศในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ การระบายความร้อนที่ไม่เพียงพอในอุปกรณ์ระบายความร้อน ทำให้เครื่องอัดอากาศทำงานหนักและต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ตรวจสอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศเป็นประจำ ท่อส่งลมอัด ท่อสาขาซึ่งแยกออกจากท่อเมนเพื่อไปใช้งานนั้น ต้องต่อขึ้นทางด้านบนและงอโค้งลงมา เพื่อป้องกันน้ำกลั่นตัวที่มากับกระแสลมอัดไหลเข้าสู่อุปกรณ์นิวแมติกส์ ดังนั้นหาว่าความดันลดในท่อส่งลมอัดได้จาก [1]

$$P_i = \frac{KL}{5.3} \left(\frac{Q}{Rd} \right)^2 \quad (1)$$

โดยที่ P_i คือ ความดันลดในท่อส่งลมอัด K คือ ค่าคงที่

เท่ากับ 800 L คือ ความยาวทั้งหมดของท่อเป็นเมตร Q คือ ปริมาณของอากาศอิสระ dm^3/s R คือ อัตราการอัด หรือ Compression Ratio d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อเป็นมิลลิเมตร

2. เครื่องอัดอากาศ ระบบอัดอากาศจะมีเครื่องอัดอากาศเป็นอุปกรณ์หลัก เครื่องอัดอากาศมีหลายประเภท แต่ละประเภท มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่างกันต้องเลือกให้เหมาะกับลักษณะการใช้งาน การเลือกขนาดและชนิดของเครื่องอัดอากาศ มีข้อควรพิจารณาดังนี้

2.1 ขนาดของเครื่องอัดอากาศ

2.2 จำนวนขั้น(Stage)การอัดอากาศ

การคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศสามารถหาได้จากสมการ [1] ข้างล่าง

$$\eta = \frac{V}{Rt} \quad (2)$$

โดยที่ η คือประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ V คือ ปริมาตรถังเก็บอากาศ (ลิตร) R คือ อัตราการอัดอากาศสูงสุด(ลิตร/วินาที) t คือ เวลาที่ใช้อัดอากาศ(วินาที)

การทำงานของเครื่องอัดอากาศเริ่มจากดูดอากาศเข้าทางท่อลมเข้าเพื่อส่งเข้าไปยังเครื่องอัดอากาศ บริเวณทางเข้าเครื่องอัดอากาศจะติดตั้งเครื่องกรองอากาศเพื่อกรองสิ่งเจือปนต่างๆ ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับเครื่องอัดอากาศ อากาศจะถูกเก็บไว้ในถังเก็บอากาศ ซึ่งมีความดันสูงและมีอุณหภูมิสูง แต่ลดอุณหภูมิให้ต่ำลงด้วยอุปกรณ์ระบายความร้อนด้วยเครื่องอบอากาศ อากาศที่มีความดันสูงจะถูกส่งผ่านจากท่อจ่ายอากาศหลักและแยกไปใช้งานตามจุดต่าง ๆ ผ่านท่อแยก

3. ถังเก็บอากาศ ขนาดของถังเก็บอากาศมีความสำคัญต่อการลดความต้องการสูงสุดของอากาศที่อัด สามารถหาขนาดของถังเก็บอากาศจากสมการ[1] การติดตั้งถังเก็บอากาศเพิ่ม ณ จุดใช้งาน ช่วยรองรับความต้องการใช้อากาศได้ทันที โดยไม่ต้องเพิ่มกำลังผลิตของเครื่องอัดอากาศ หากมีน้ำอยู่ในถังเก็บอากาศอัดต้องระบายน้ำออก

$$C = tQ_s P_s Y \left(\frac{(1-Y)}{(P_u - P_l)} \right) \quad (3)$$

โดยที่ C คือ ปริมาตรของถังเก็บอากาศ (m^3) t คือ เวลาทำงานเริ่มต้นระหว่างไม่มีภาวะไหลและไหล (min) Q_s คือ Suction Air Pressure (absl.) (m^3/min) P_s คือ แรงดันเริ่มต้นตอนไม่มีภาวะไหล (Mpa) P_u คือ แรงดันตอนไม่มีภาวะไหล ($kgf/cm^2.G$) P_l คือ แรงดันตอนมีภาวะไหล ($kgf/cm^2.G$) Y คือ Load Factor

แม้ว่าจะสูญเสียความดันลมบ้าง แต่ผลที่ได้รับคุ้มค่าโดยติดตั้งอุปกรณ์ดักน้ำอัตโนมัติ(auto drain)

2.3 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานระบบอากาศอัด

การอนุรักษ์พลังงานในระบบอากาศ มีแนวทางดังนี้

1. ลดอุณหภูมิของอากาศ ก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ ลดอุณหภูมิอากาศทุกๆ $3^{\circ}C$ สามารถลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 1 ของกำลังการผลิต(ΔW) ตามสมการ [3] ผลประหยัดพลังงาน(P) ที่ได้จากการลดอุณหภูมิของอากาศเข้าเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Inter Cooler) ในเครื่องอัดอากาศ

$$\Delta W = \frac{ikR_w(T_1 - T_2)}{k-1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\left(\frac{k-1}{i*k} \right)} - 1 \right] \quad (4)$$

2. การลดแรงดันในการผลิตอากาศอัด ปรับตั้งความดันลมให้เหมาะสมกับการใช้งานทั่วไปการลดแรงดันในการผลิตอากาศอัดลง 1 บาร์ สามารถลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 7.25 ลดการสูญเสียเนื่องจากการรั่วไหลเพราะแรงดันอากาศอัดที่สูงยอมรั่วไหลในปริมาณที่สูง เมื่อลดแรงดันในการผลิตลง เครื่องอัดอากาศสามารถผลิตอากาศอัดได้มากขึ้น ผลประหยัดพลังงานจากการลดความดันหาได้จากสมการ [3]

3. เลือกใช้เครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์ในระบบที่มีประสิทธิภาพสูง ป้องกันการรั่วของลมจากจุดต่าง ๆ และจากตัวเครื่องอัดอากาศ

4. จัดการระบบอากาศอัดให้ใช้งานมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยจัดลำดับการทำงานให้เหมาะสม

$$\Delta W = \frac{ikR_w T}{k-1} \left[\frac{(P_{21})^{\left(\frac{k-1}{i*k} \right)} - (P_{22})^{\left(\frac{k-1}{i*k} \right)}}{(P_1)^{\left(\frac{k-1}{i*k} \right)}} \right] \quad (5)$$

$$W = \frac{ikR_w T}{k-1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\left(\frac{k-1}{i*k} \right)} - 1 \right] \quad (6)$$

$$P = \Delta W * D_a * FAD * \%L_{DU} \quad (7)$$

โดยที่ D_a คือ ความหนาแน่นของอากาศที่ $15^{\circ}C$ เท่ากับ 1.225×10^{-3} ($kg/liter$) L_{DU} คือ เปอร์เซ็นต์การ ON-LOAD ใน 1 รอบการทำงาน i คือ จำนวนขั้นตอนการอัด (Stage Compressor) k คือ 1.4 Isentropic of Air Constant T คือ อุณหภูมิปกติ 288 K ($273 K + 15^{\circ}C$) T_1 คือ อุณหภูมิก่อนการปรับปรุง T_2 คือ อุณหภูมิหลังการปรับปรุง R_w คือ 0.2871 ($kJ/kg.K$) ค่าคงที่ของก๊าซสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ $15^{\circ}C$ ที่ระดับน้ำทะเล P_1 คือ ความดันที่ 1 บรรยากาศ (1.013 bar) P_2 คือ แรงดันอากาศอัดที่ผลิต P_{21} คือ แรงดันอากาศอัดที่ก่อนการปรับปรุง P_{22} คือ แรงดันอากาศอัดที่จะปรับปรุง FAD คือ กำลังการผลิตของเครื่องอัดอากาศ

3 วิธีการศึกษา

3.1 ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูลจากความต้องการของเจ้าของโครงการ เอกสาร วารสารต่างๆที่เกี่ยวข้อง ตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลจากการออกแบบระบบอากาศอัดและระบบการผลิตของโรงงาน

3.2 ก่อสร้างตามแบบแปลนที่ออกแบบตามหลักวิศวกรรม เลือกเครื่องจักรและอุปกรณ์ตามที่ออกแบบทดสอบการทำงานและตรวจวัดประสิทธิภาพของระบบอากาศอัดและระบบไฟฟ้า

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา แบบแปลนสำหรับก่อสร้างระบบอากาศอัด และเครื่องมือสำหรับตรวจวัด

ระบบอากาศอัดและระบบไฟฟ้า ได้แก่ มาตรวัดแรงดัน เครื่องวัดความเร็วและปริมาณลม เครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องมือบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้า เครื่องมือวัดแรงดัน และกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

4. ผลการศึกษา

การศึกษาวิจัยจากการรวบรวมเอกสาร ออกแบบ และดำเนินการปรับปรุงระบบอากาศอัดของโรงงาน เอ็นเอ็มบี มินีแบร์ไทย จำกัด ให้เหมาะสมกับการใช้งาน เมื่อเดือนมกราคม 2553 ดังรูปที่ 1 แสดงภาพระบบอากาศอัดที่ออกแบบและปรับปรุงระบบ พร้อมกับตรวจวัดค่าตัวแปรต่างๆ ตามมาตรการสำหรับอนุรักษ์พลังงาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2553 ถึง ธันวาคม 2553



รูปที่ 1. ระบบอากาศอัดที่ติดตั้งการระบายความร้อนทิ้ง

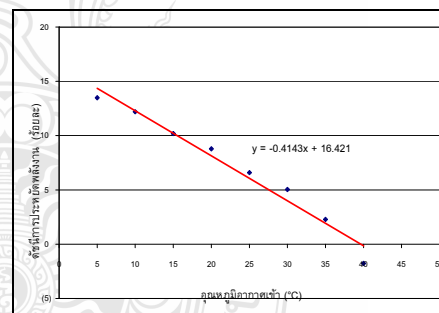
พบว่า การออกแบบก่อสร้างและเลือกใช้เครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์ต่างๆ เมื่อเพิ่มโหลดและวัดค่าการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์ทั้งหมด ใช้พลังงานทั้งหมด 11,725.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และมีกำลังผลิตอากาศอัดได้ 50,075 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เมื่อปรับปรุงระบบอากาศอัด ประหยัดพลังงานได้ 983.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ได้ 379.75 กิโลกรัม ตามมาตรการต่างๆ ดังนี้

(1) การลดแรงดันในการผลิตอากาศอัด ปรับตั้งความดันอากาศอัดในถังเก็บอากาศ 7 บาร์เพราะถ้าแรงดันต่ำกว่านี้ ไม่สามารถใช้อากาศอัดได้ และจัดให้เครื่องอัดอากาศทำงานที่สภาวะมีโหลด 80 % ผลิตแรงดันลมระหว่าง 6.2 – 7.1 บาร์ สามารถลดพลังงานได้ร้อยละ 5.25

ตารางที่ 1. ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์

| ภาระโหลด (%) | กำลังการผลิตของเครื่องอัดอากาศ (m ³ /min) | พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW) | อัตราการผลิตอากาศอัด 7 บาร์ (kW/m ³ /min) |
|--------------|--|-------------------------|--|
| 100 | 12.3 | 93.25 | 7.58 |
| 90 | 11.0 | 90.75 | 8.25 |
| 80 | 9.8 | 88.35 | 9.02 |
| 70 | 8.5 | 85.95 | 10.11 |
| 60 | 7.0 | 82.85 | 11.84 |
| 50 | 6.1 | 81.15 | 13.30 |

(2) การลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ ควบคุมอุณหภูมิอากาศ 25°C ลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 6.59 โดยติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบน้ำเย็นเพื่อจ่ายลมเย็นให้กับเครื่องอัดอากาศ



รูปที่ 2. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการประหยัดและอุณหภูมิของอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ

(3) ใช้เครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์ในระบบที่มีประสิทธิภาพสูง เป็นเครื่องอัดอากาศแบบโรตารีสกรูสามารถอัดอากาศ 12.3 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ทั้งหมด 4 เครื่องให้เครื่องที่ 1 เป็นเครื่องหลักติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วรอบ

(4) ป้องกันการรั่วของลมจากจุดต่างๆ ของระบบท่อ และจากตัวเครื่องอัดอากาศ โดยระบบท่อทั้งหมดใช้การเชื่อมประสานตามจุดต่อต่างๆ และทำการทดสอบรอยรั่วด้วยการอัดแรงดันที่สูงกว่าแรงดันใช้งานปกติ 1.5 เท่า

ตารางที่ 2. ผลการใช้พลังงานเมื่อลดอุณหภูมิอากาศขาเข้าเมื่อปรับลดแรงดันของเครื่องอัดอากาศ 7 บาร์

| อุณหภูมิอากาศเข้า (°C) | กำลังผลิตของเครื่องอัดอากาศ (m ³ /min) | พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW) | อัตราพลังงาน kW/m ³ /min | ดัชนีการประหยัดพลังงานร้อยละ |
|------------------------|---|-------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 40 | 11.48 | 91.59 | 7.978 | (1.77) |
| 35 | 12.30 | 87.95 | 7.150 | 2.28 |
| 30 | 12.67 | 85.46 | 6.745 | 5.04 |
| 25 | 13.04 | 84.07 | 6.447 | 6.59 |

(5) จัดการระบบทำงานของเครื่องอัดอากาศให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยการใช้ตู้ควบคุมอัตโนมัติแบบหลายหน่วย ควบคุมให้เครื่องอัดอากาศทำงานตามลำดับ ใช้แรงดันของลมอัดเป็นตัวควบคุม ให้เครื่องที่ 1 ทำงานที่แรงดัน 6.2 – 6.5 บาร์ เครื่องที่ 2 ทำงานที่แรงดัน 6.3 – 6.6 บาร์ เครื่องที่ 3 ทำงานที่แรงดัน 6.4 – 6.7 บาร์ และเครื่องที่ 4 ทำงานที่แรงดัน 6.5 – 7.1 บาร์

ตารางที่ 3. ผลประหยัดพลังงานเมื่อปรับลดแรงดันของเครื่องอัดอากาศ

| แรงดันลมอัด (บาร์) | กำลังผลิตของเครื่องอัดอากาศ (m ³ /min) | พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW) | พลังงานสำหรับผลิตอากาศอัด kW/m ³ /min | ดัชนีการประหยัดพลังงานร้อยละ |
|--------------------|---|-------------------------|--|------------------------------|
| 6.0 | 8.1 | 84.15 | 10.39 | 9.76 |
| 6.5 | 8.5 | 88.15 | 10.37 | 5.47 |
| 7.0 | 13.4 | 88.35 | 6.59 | 5.25 |
| 7.5 | 12.3 | 89.85 | 7.30 | 3.65 |
| 8.0 | 11.5 | 90.85 | 7.90 | 2.57 |
| 8.5 | 11.0 | 93.25 | 8.48 | 0.00 |

ตารางที่ 4. ผลการประหยัดพลังงานเมื่อปรับปรุงระบบอากาศอัด

| ข้อมูลการตรวจวัด | ก่อนปรับปรุง | หลังปรับปรุง |
|---|--------------|--------------|
| พลังงานที่วัดได้ (kW-H) | 357,423 | 327,365 |
| กำลังผลิตอากาศอัด (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง) | 50,757 | 52,641 |
| CO ₂ emissions reduction potential (kg-CO ₂) | 2,485.51 * | 11,602.9 |

5. สรุป

การศึกษานี้เป็นการออกแบบ เลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง และปรับปรุงระบบอากาศอัดของโรงงานเอ็นเอ็มบี มินิแบร์ไทย จำกัด เพื่อให้ประหยัดพลังงานสูงสุด ผลการตรวจวัดพบว่า สามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ 30,058 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศได้ 9,116.88 กิโลกรัมต่อปี จากสภาพการใช้พลังงานของโรงงานที่ได้ออกแบบและก่อสร้าง นอกจากนี้สามารถนำข้อมูลมาใช้สำหรับออกแบบระบบอากาศอัดและใช้เป็นข้อมูล สำหรับวางแผนการจัดการพลังงานให้กับโรงงานอื่นๆได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน., “มาตรการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมโรงงานอุตสาหกรรมอาคารธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก” กรุงเทพฯ, 2551.
- [2] วริทธิ อึ้งภากร. (2531). การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ เอเชียเพรส.
- [3] คู่มือการจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน, สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม และ ECCJ, 2552 [available online: www.teenet.tei.or.th]
- [4] The basics of industrial compressed air systems, Enhancement Happen Part 2, Enersize Ltd, 2010, [available online: www.cetim.fr]

การศึกษาการลดของเสียซึ่งเกิดจาก การตัดแยกงานเกินความจำเป็น ของกระบวนการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์

ศักดิ์สิทธิ์ สุกใจ¹ มณฑล ศาสนนันท์²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ.ปทุมธานี 12120

E-mail: tochi_physic@yahoo.com

บทคัดย่อ

จากการเก็บข้อมูลการผลิตตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 ถึง พฤษภาคม พ.ศ.2553 พบว่าผลิตภัณฑ์ ชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ มีงานเสียเนื่องจากการ การตัดแยกงานเกินความจำเป็น ของความต้านทานไฟฟ้าชนิด TAN-D ของเครื่อง ตรวจสอบค่าทางไฟฟ้า ในแต่ละเดือนเป็นจำนวนมาก ซึ่งตัวเสียเหล่านี้ทำให้ทางบริษัทเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะลดจำนวนตัวเสียดังกล่าว โดยการประยุกต์ใช้แนวทางการแก้ปัญหาตามแบบแผนของระบบการควบคุมคุณภาพ (QC Story) มาทำการวิเคราะห์และแก้ปัญหา โดยอ้างอิงข้อมูล เหตุผล และความรู้ทางวิชาการ เพื่อลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งในกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ทำการวิจัยได้ใช้เทคนิคของ QC 7 Tool, การวิเคราะห์สมมติฐานทางสถิติ และทฤษฎีสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) มาทำการวิเคราะห์และทำการแก้ปัญหา ซึ่งหลังจากที่ได้ทำการแก้ปัญหาโดยใช้หลักการดังกล่าวแล้ว สามารถทำให้จำนวนตัวเสียลดลงจากเดิมได้ประมาณ 72.05 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ ความต้านทานไฟฟ้าชนิด TAN-D(DF), Tantalum Capacitor , การแก้ปัญหาตามแบบแผนของระบบการควบคุมคุณภาพ

1. บทนำ

ในการผลิตยุคปัจจุบันที่มีการแข่งขันสูง การผลิตด้วยต้นทุนที่ต่ำเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้องค์กรอยู่รอดได้ การผลิตด้วยต้นทุนต่ำนั้นต้องเกิดจากการผลิตที่ไม่มีของเสียที่เกิดจากการผลิต หรือเกิดของเสียจากการผลิตน้อยที่สุด จากสภาพปัจจุบันของกระบวนการผลิต ได้มีของเสียที่เกิดจากการตัดแยกงานเกินความจำเป็น ของกระบวนการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้า โดยจากการเก็บข้อมูลการผลิตตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ.2553 ถึง พฤษภาคม พ.ศ.2553 พบว่าผลิตภัณฑ์ ชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ มีงานเสียเนื่องจากการ การตัดแยกงานเกินความจำเป็น ของเครื่องตรวจสอบค่าทางไฟฟ้า ในแต่ละเดือนเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในการวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้ การแก้ปัญหาตามแบบแผนของระบบการควบคุมคุณภาพ มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดจากการตัดแยกงานเกินความจำเป็น ของตัวเสียชนิด DF ในกระบวนการผลิต ชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ ของบริษัทกรณีศึกษาแห่งหนึ่ง

2. วิธีการวิจัย

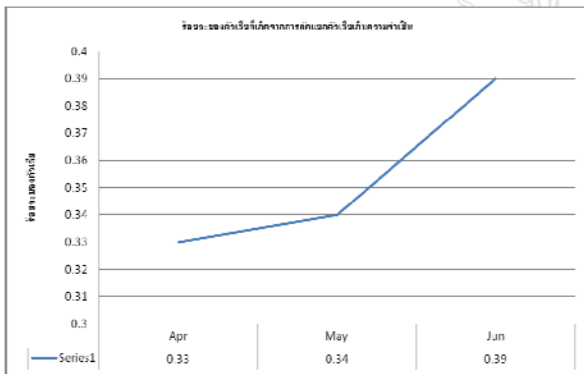
วิธีการวิจัยเริ่มจากการเก็บข้อมูลชิ้นงานเสียในสายการผลิต ชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ ของบริษัทกรณีศึกษาวิจัยส่งผลต่อตัวเสียดังกล่าว หลังจากที่ได้วิจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อตัวเสียแล้ว จึงนำปัจจัยต่างๆ เหล่าๆนั้นมาทำการพิสูจน์ โดยใช้กระบวนการทางสถิติต่างๆ ซึ่งหลังจากที่ได้วิจัยที่ส่งผลต่อปัญหาจริงๆแล้ว จึง

เอาปัจจัยเหล่านั้นไปทำการแก้ปัญหา โดยใช้เทคนิคต่างๆ เช่น ทฤษฎีสมการถดถอยเชิงเส้น จากนั้นจึงทำการทดลองแก้ไข, วิเคราะห์ผลการทดลอง, สรุปผลการทดลอง และประเมินผลการวิจัย

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 สภาวะสภาพปัจจุบันที่เกิดจากกระบวนการผลิต

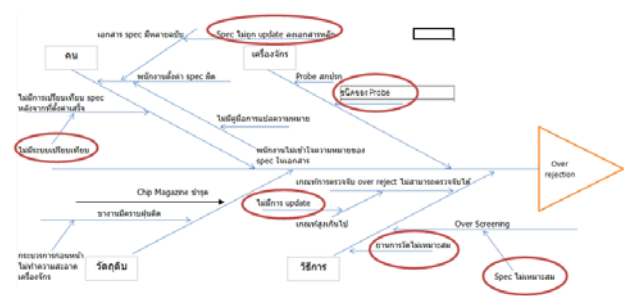
ในกระบวนการคัดแยกตัวเสียบค่าทางไฟฟ้า (Electrical Inspection process) สิ่งที่พบคือ การเกิดตัวเสียบค่าความต้านทานชนิด DF ที่เกิดจากการคัดแยกงานเสียเกินความจำเป็น (Over screening and over rejection) ซึ่งหลังจากนำตัวเสียดังกล่าวมาวัดค่าทางไฟฟ้าต่างๆแล้วพบว่า เป็นงานดีทั้งหมดและเมื่อได้ทำการเช็คข้อมูลจากการผลิตสามเดือนย้อนหลัง พบว่า ตัวเสียบที่เกิดจากการคัดแยกงานเสียเกินความจำเป็นเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ร้อยละของตัวเสียบที่เกิดจากการคัดแยกงานเสียเกินความจำเป็น สามเดือนย้อนหลัง

3.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดปัญหา

จากการระดมสมองของทีมข้ามสายงาน (Cross functional team) ซึ่งประกอบไปด้วยวิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ, วิศวกรฝ่ายผลิต, วิศวกรฝ่ายเครื่องจักร จะได้แผนผังก้างปลา ดังรูปที่ 2



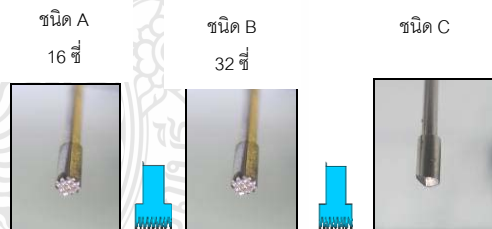
รูปที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการคัดแยกงานเสียเกินความจำเป็น

โดยปัจจัยที่ได้จากก้างปลาคือ ชนิดของ Probe ไม่เหมาะสม การไม่มีระบบเปรียบเทียบหลังจากตั้งค่าเสร็จ มาตรฐาน (spec) ไม่ถูกเอาลงในเอกสารหลัก ไม่มีการ update เกณฑ์การตรวจจับความผิดปกติ Spec ไม่เหมาะสม และย่านการวัดไม่เหมาะสม

4. การพิสูจน์สาเหตุของปัญหา

4.1 ชนิดของหัววัดไม่เหมาะสม

ซึ่งในกระบวนการผลิตจะมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 3 ชนิด ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ชนิดของหัววัด

ซึ่งในการพิสูจน์สาเหตุนี้เราจะใช้ การทดสอบโดยการจำแนกทางเดียว (One-Way ANOVA) มาทำการวิเคราะห์ว่าใช้สาเหตุของปัญหาหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.5 ดังรูปที่ 4

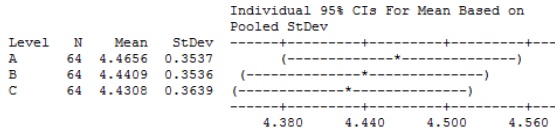
Residuals vs Fits for DF

Residuals vs Order for DF

One-way ANOVA: DF versus Probe

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|--------|-----|--------|-------|------|-------|
| Probe | 2 | 0.041 | 0.021 | 0.16 | 0.851 |
| Error | 189 | 24.103 | 0.128 | | |
| Total | 191 | 24.144 | | | |

S = 0.3571 R-Sq = 0.17% R-Sq(adj) = 0.00%



Pooled StDev = 0.3571

รูปที่ 4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA

จากตารางการวิเคราะห์ ANOVA พบว่าค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.851 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าของระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าชนิดของหัววัด ไม่ส่งผลกระทบต่อความต้านทานของตัวเก็บประจุที่วัดได้ ดังนั้นชนิดของหัววัดไม่ใช่สาเหตุของปัญหา

4.2 การไม่มีระบบเปรียบเทียบหลังจากตั้งค่าเสร็จ

ตัวอย่างการตั้งค่ามาตรฐานของงาน หมายเลข A0J476 มีค่ามาตรฐานของค่าความต้านทานของตัวเก็บประจุคือ 20% พนักงานจะต้องป้อนตัวเลขเป็น "0200" แต่กรณีพนักงานป้อนตัวเลขเป็น "0020" ค่าที่ถูกป้อนเข้าเครื่องจะเป็น 2% ซึ่งต่างกันถึงสิบเท่า ดังนั้นเมื่อเครื่องทำการคัดแยกตัวเสีย เครื่องก็จะระบุว่างานดีเป็นงานเสียทั้งหมด ดังนั้นการไม่มีระบบเปรียบเทียบหลังจากที่ตั้งค่าเสร็จ จึงเป็นสาเหตุของการเกิดการคัดแยกตัวเสียเกินความจำเป็น

4.3 ค่ามาตรฐานไม่ถูกระบุลงเอกสารหลัก

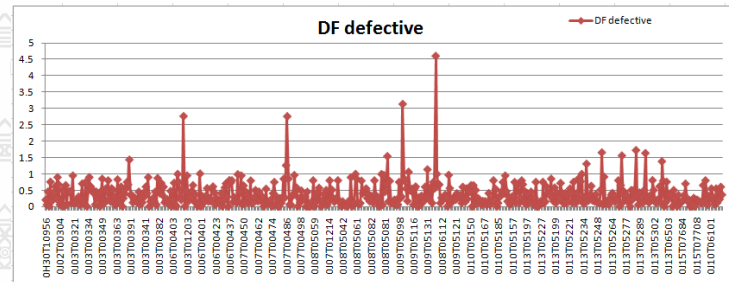
การใช้เอกสารชั่วคราวมีอายุสามเดือน แล้วจะหมดอายุ ซึ่งจะระบุรหัสเอกสารเป็น NIS-XXXXX หรือ NIN-XXXXX เมื่อเอกสารดังกล่าวหมดอายุแต่ไม่ได้ถูกระบุลงในเอกสารมาตรฐานหลัก NSG-XXXXX เอกสารชั่วคราวเหล่านั้นจะถูกนำออกจากกระบวนการผลิต ทำให้งานหมายเลขนั้นๆ ไม่มีมาตรฐานในการผลิตที่ถูกต้อง ดังนั้นการที่ค่ามาตรฐานไม่ถูกระบุลงในเอกสารหลัก จึงเป็น

สาเหตุของการเกิดการคัดแยกงานเสียเกินความจำเป็น

4.3 เกณฑ์การตรวจจับปัญหาไม่เหมาะสม

ในปัจจุบันเราพบว่าเกณฑ์ตรวจจับปัญหาที่ 5% ของสัดส่วนของเสียในปัจจุบันไม่สามารถตรวจจับปัญหาได้ เนื่องจากสัดส่วนของเสียปัจจุบันมีค่าน้อยกว่า 5% ดังรูปที่

5



รูปที่ 5 แนวโน้มการเกิดตัวเสีย DF

ซึ่งถ้าเราลองใช้การทดสอบสมมติฐานเพื่อดูว่าเกณฑ์ทดสอบในปัจจุบันเหมาะสมหรือไม่ โดยที่ตั้งสมมติฐานว่าค่าเฉลี่ยประชากรของสัดส่วนของเสียคือ 0.03(3%) ซึ่งในกรณีที่เราเราสามารถใช้ในการทดสอบสมมติฐาน Z มาใช้ในการทดสอบได้เลย เพราะ np_0 มีค่ามากกว่า 5 และ $n(1-np_0)$ มีค่ามากกว่า 5 และข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ด้วยระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ดังรูปที่ 6

One-Sample Z

* NOTE * Graphs cannot be made with summarized data.

Test of mu = 0.03 vs > 0.03
The assumed standard deviation = 0.36

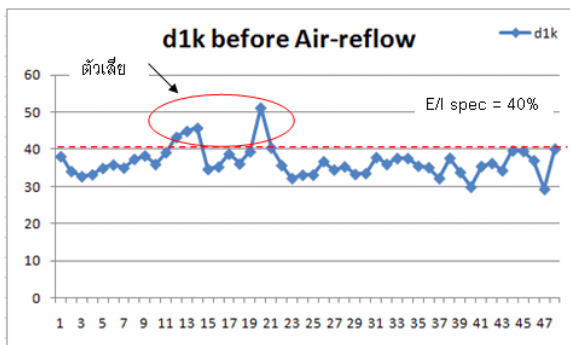
| | N | Mean | SE Mean | 95% Lower Bound | Z | P |
|--|-----|--------|---------|-----------------|-------|-------|
| | 576 | 0.0014 | 0.0150 | -0.0233 | -1.91 | 0.972 |

รูปที่ 6 ผลการทดสอบสมมติฐาน

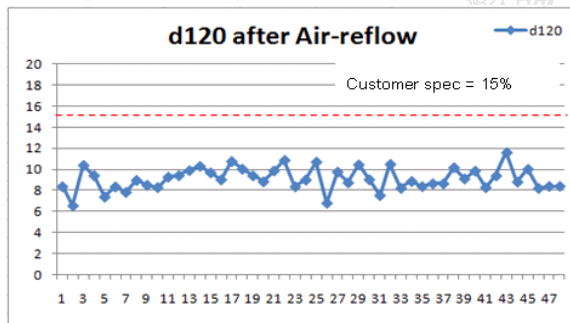
จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.972 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าของระดับนัยสำคัญคือ 0.05 ดังนั้นจึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ ดังนั้นการตรวจจับปัญหาที่ใช้อยู่คือ 5% ไม่สามารถตรวจจับปัญหาได้

4.4 ค่ามาตรฐานไม่เหมาะสม

ในกระบวนการผลิตขณะนี้ทำการคัดแยกตัวเสียที่ 1000Hz ซึ่งจากข้อมูลเราพบว่า มีตัวเสียที่เกิดจากกระบวนการคัดแยกตัวเสียค่าทางไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 4.8 แต่เมื่อทำการวัดด้วยข้อกำหนดที่การันตีกับลูกค้าที่ความถี่ 120Hz แล้วพบว่าผลิตภัณฑ์บางตัวไม่ใช่ตัวเสีย ดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8



รูปที่ 7 กราฟแสดงระดับค่าความต้านทานของตัวเก็บประจุที่วัดได้



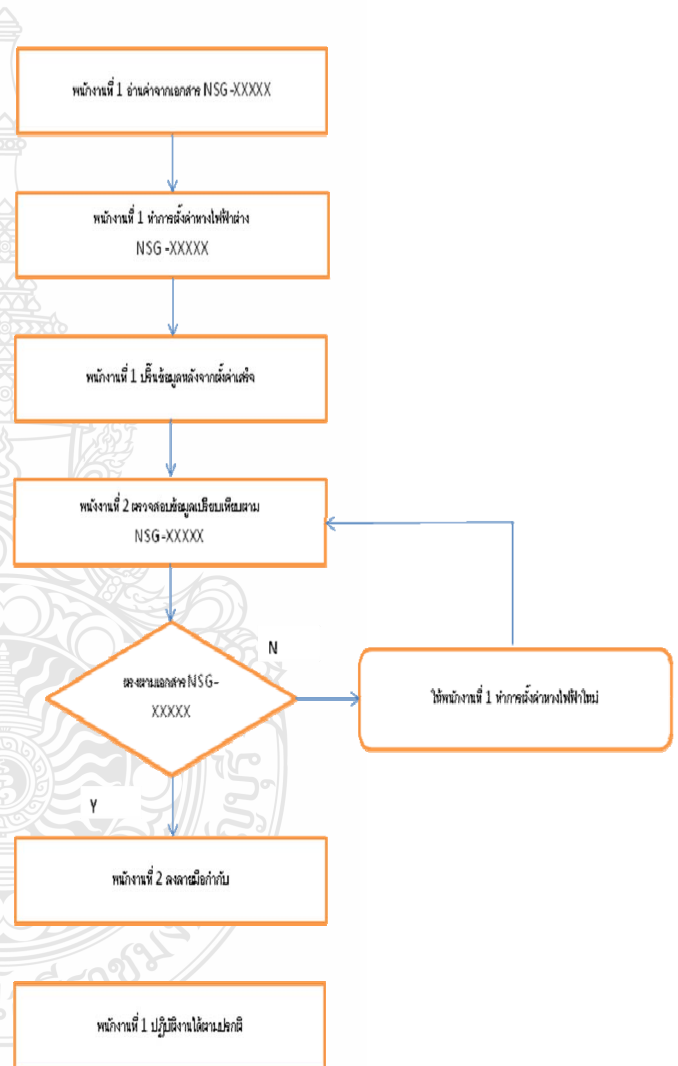
รูปที่ 8 กราฟแสดงระดับ ค่าความต้านทานของตัวเก็บประจุ ที่วัดด้วยข้อกำหนดของลูกค้า

5. การแก้ไขปัญหา

จากที่ผลที่ได้จากการพิสูจน์สาเหตุข้างต้นแล้ว เราพบว่าเหลือปัญหาที่ต้องนำไปแก้ไขคือ การไม่มีระบบเปรียบเทียบหลังจากตั้งค่าเสร็จ ค่ามาตรฐานไม่ถูกระบุลงเอกสารหลัก เกณฑ์การตรวจจับไม่เหมาะสม และค่ามาตรฐานไม่เหมาะสม

5.1 การแก้ปัญหา การไม่มีระบบเปรียบเทียบหลังจากตั้งค่าเสร็จ

สร้างระบบการยืนยันข้อมูลในการตั้งค่าต่างๆของพนักงานขึ้นมา โดยให้พนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ใกล้ๆกัน เป็นคนตรวจสอบเปรียบเทียบกับเอกสารที่รูปค่าทางไฟฟ้าต่างๆไว้ แล้วลงชื่อกำกับเพื่อเป็นการยืนยันให้มั่นใจว่าพนักงานคนแรกไม่มีการตั้งค่าต่างผิด ดังรูปที่ 9



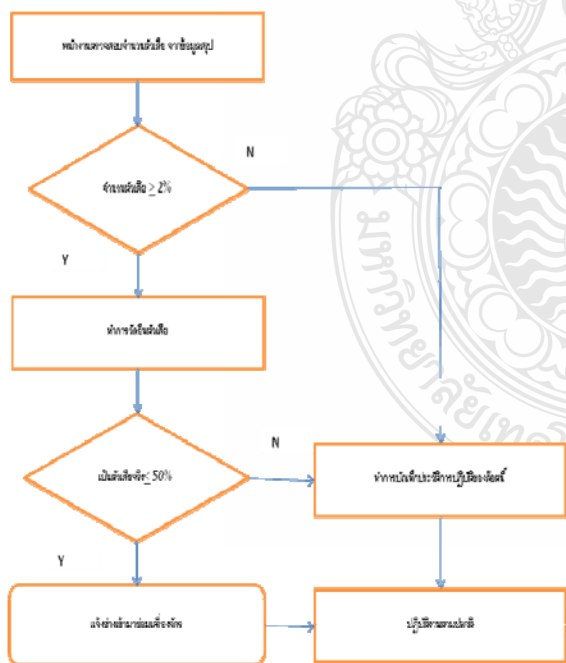
รูปที่ 9 ระบบการยืนยันการตั้งค่าทางไฟฟ้าของพนักงาน

5.2 การแก้ปัญหาค่ามาตรฐานไม่ถูกระบุลงเอกสารหลัก

ได้ทำการตั้งเกณฑ์การหมดอายุของเอกสารขึ้นภายในแผนก ซึ่งจากเดิมเกณฑ์ของบริษัทคือสามเดือน เราได้ลดเกณฑ์ลงมาเป็นสองเดือน และจะต้องทำการเพิ่มรายละเอียดของเอกสารชั่วคราวลงในเอกสารหลักให้เรียบร้อยก่อนที่เอกสารชั่วคราวนั้นจะหมดอายุ แล้วตั้งหัวข้อนี้เป็นเป้าหมายของแผนก ว่า ในแต่ละเดือนจะต้องไม่มีเอกสารชั่วคราวที่หมดอายุแล้วไม่ถูก เราย้ายรายละเอียดไปใส่ในเอกสารหลัก

5.3 การแก้ปัญหาจากเกณฑ์การตรวจจับปัญหาไม่เหมาะสม

เราจึงได้ทำการทดลองลดเกณฑ์ลงมาจาก 5% ลดลงเหลือ 2% แล้วเก็บข้อมูล เราพบว่า 17 ใน 20 ครั้ง เราพบการคัดแยกตัวเสียเกินความจำเป็นเกิดขึ้น (over reject) ดังนั้นขณะนี้เราจึงใช้เกณฑ์ที่ 2% ในการตรวจจับปัญหา และระบบการตรวจสอบและแก้ไขปัญหา ดังรูปที่ 10



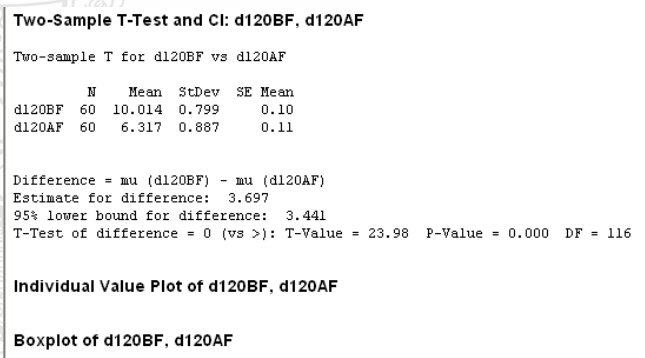
รูปที่ 10 ระบบการตรวจสอบและแก้ไขปัญหาการตรวจจับ over reject

5.4 การแก้ปัญหาที่เกิดจากค่ามาตรฐานไม่เหมาะสม

เราพบว่าค่าความต้านทาน มีพฤติกรรมแบ่งได้ 2 แบบ คือค่าความต้านทานไม่ขึ้นหลังผ่านความร้อน และขึ้นหลังผ่านความร้อน ดังนั้นหัวข้อนี้จึงแบ่งการแก้ไขออกเป็น 2 ส่วน

- ประเภทแรกคือ ค่าความต้านทานไม่ขึ้นหลังผ่านความร้อน เราจะมาทำการพิจารณาที่ 120 Hz และจะใช้การทดสอบสมมติฐานแบบ T เพื่อทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของค่าความต้านทาน ก่อนและหลังผ่านความร้อนมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยจะทำการทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติออกมาพบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าความต้านทานที่วัดได้ก่อน ผ่านความร้อนจึงมีค่ามากกว่าหลังผ่านความร้อน ดังจะแสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ทางสถิติของงาน J1A475 ดังรูปที่

11



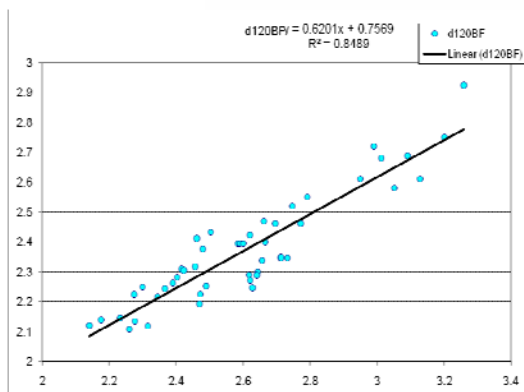
รูปที่ 11 ตัวอย่างผลวิเคราะห์ทางสถิติของงาน J1A475

ซึ่งจากผลของการทดสอบแบบ T จะเห็นว่าค่า P-value = 0 ซึ่งน้อยกว่า α คือ 0.05 ดังนั้นจึงสามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ ดังนั้นค่าเฉลี่ยของค่าความต้านทานที่วัดได้ก่อน ผ่านความร้อนจึงมีค่ามากกว่าหลังผ่านความร้อน ซึ่งหมายความว่าเราสามารถหาค่ามาตรฐานที่ทางลูกค้ากำหนดให้มาได้เลย

- ประเภทที่สองคือ ค่าความต้านทานขึ้นหลังผ่านความร้อน ในส่วนนี้เราจะใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่าย (Simple Linear Regression) มาช่วยในการหาค่ามาตรฐานใหม่ โดยจะพิจารณาความสัมพันธ์

ระหว่างมาตรฐานที่ถูกกำหนดมาคือ การวัดที่ย่านความถี่ 120Hz หลังจากผ่านความร้อน (Air-reflow) กับ การวัดในกระบวนการผลิตที่ 120Hz โดยไม่ผ่านความร้อน โดยที่จะใช้ความสัมพันธ์หาค่ามาตรฐานตามรูปแบบสมการ

โดยที่ Y คือผลตอบสนองในที่นี้คือ ค่าความต้านทานที่ 120 Hz ก่อนผ่านความร้อน และ x คือปัจจัยในที่นี้คือ ค่าความต้านทานที่ 120 Hz หลังผ่านความร้อน จากนั้นนำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่าย ดังแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่ายของงาน P1C105 ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ตัวอย่างการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่ายของงาน P1C105

จากสมการที่ได้คือ $y = 0.6201x + 0.7569$ เมื่อแทน X ด้วยค่ามาตรฐานของลูกค้ำคือ 4.5 เราก็สามารถหาค่า Y ที่จะเป็นค่ามาตรฐานในการผลิตได้ใหม่คือ 3.54 ซึ่งหลังจากที่ได้ลองนำเอาค่าที่หาได้ใหม่นี้ไปลองใช้พบว่าไม่พบตัวเสียเกิดขึ้นเลย ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 การเปรียบเทียบระดับของค่าความต้านทานที่วัดได้ กับค่ามาตรฐานที่คำนวณได้ใหม่ และค่ามาตรฐานของลูกค้ำ

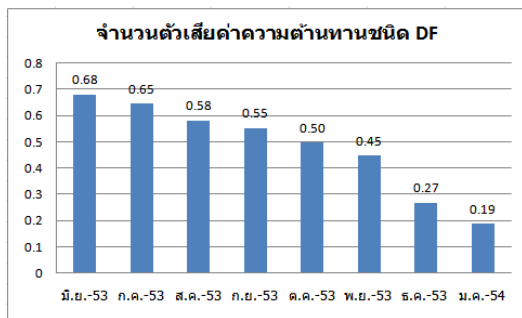
โดยที่จากการสำรวจของเราพบงานประเภทนี้ทั้งหมด 4 ชนิดคือ P1C105, P0J475, B30J476 และ B21C336 ซึ่งจะแสดงค่ามาตรฐานใหม่ที่หาได้จากสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ดังตารางที่ 1

| P/N | สมการถดถอยเชิงเส้น | ค่ามาตรฐานของลูกค้ำที่ 120Hz | ค่ามาตรฐานใหม่ที่คำนวณได้จากสมการ |
|---------|------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| P1C105 | $y = 0.6201x + 0.7569$ | 4.50 | 3.54 |
| P0J475 | $y = 0.7768x - 0.3839$ | 20.00 | 15.00 |
| B30J476 | $y = 0.9341x - 0.6324$ | 12.00 | 10.50 |
| B21C336 | $y = 0.9243x - 0.3376$ | 8.00 | 7.70 |

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่ามาตรฐานหาได้จากสมการถดถอยเชิงเส้น

6. สรุปผลการวิจัย

ผลการแก้ไขปัญหาเพื่อลดงานเสียเนื่องจากปัญหาการคัดแยกงานเสียเกินความจำเป็น โดยทำการปรับปรุงเรื่อง การไม่มีระบบเปรียบเทียบหลังจากตั้งค่าเสร็จ การที่ค่ามาตรฐานไม่ถูกระบุลงเอกสารหลัก เกณฑ์การตรวจจับไม่เหมาะสม และ ปัญหาที่เกิดจากค่ามาตรฐานไม่เหมาะสมนั้น พบว่าก่อนการแก้ไขมีของเสียค่าความต้านทานชนิด DF 0.68% (เดือน มิถุนายน 2553) หลังจากการปรับปรุงของเสียค่าความต้านทานชนิด DF ลดลงเหลือ 0.19% (เดือน มกราคม 2554) ซึ่งสามารถลดจำนวนตัวเสียได้ 72.05% ดังแสดงผล ดังรูปที่ 14



รูปที่ 13 แสดงจำนวนตัวเสียก่อนค่าความต้านทานชนิด DF ก่อนและหลังการปรับปรุง

[8] NEC Corporation, NEC Capacitor Data Book. Japan : NEC Corporation. (Unpublished manuscript), 2002

เอกสารอ้างอิง

หนังสือภาษาไทย

[1] คชทียะ โฮไซตานิ, วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, การแก้ปัญหาแบบคิวซี. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.

[2] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2542). ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างาน คิวซีเซอร์เคิล(QC Circle) .กรุงเทพฯ : บริษัท เทคนิคอล แอปโพรช เคาน์เซลลิ่ง แอนด์ เทรนนิ่ง จำกัด

[3] โยชิโนบุ นายาทานิ , วิฑูรย์ สิมะโชคดีและคณะ, เครื่องมือสู่คุณภาพยุคใหม่, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.

[4] ธานี อ่วมอ้อ , เครื่องมือ 7 อย่างสำหรับ QC, สถาบันพืชผลแห่งชาติ, 2544.

[5] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐและ จันทนา จันทโร, สถิติสำหรับงานวิศวกรรม, กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

Book

[6] Montgomery,D.C. (2005). Design and Analysis of Experiments. The United state of America : John Wiley & Sons.

[7] Ronald E.W. ,Raymond H.M. ,Sharon L.M. and Keying Y. (2007). Probability & Statistics for Engineers & Scientists. The United state of America: Pearson Prentice Hall.

การอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม

สุลักษณ์ เชื้อจิตรี¹ และอัครินทร์ ทิดสม

¹30 ซอยศาลาธนบุรี 27 ถ.พัฒนาการ แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160

E-mail: sulakuachit@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาความยั่งยืนในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นโรงงานได้รับรางวัล Thailand Energy Award 2007 ด้านการอนุรักษ์พลังงาน ประเภทโรงงานควบคุมดีเด่น จำนวน 11 แห่ง โดยประเด็นที่ทำการค้นคว้า ได้แก่ สภาพการดำเนินการในปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) แรงจูงใจและการสนับสนุนการอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนแนวทางในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การดำเนินการหลังจากที่ได้รับรางวัล โรงงานควบคุมดังกล่าวยังคงดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง ในด้านการเก็บข้อมูลการใช้พลังงาน กิจกรรมต่างๆ ที่ให้เกิดการมีส่วนร่วมและสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงาน มีการวางแผนในมาตรการการอนุรักษ์พลังงานทั้งที่ต้องการเงินลงทุนและไม่ใช้เงินลงทุน อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาและอุปสรรค ในการดำเนินการ ได้แก่ การขาดการประชาสัมพันธ์ และการส่งข้อมูลข่าวสารกับโรงงานโดยตรง เช่น กำหนดการและหลักสูตรฝึกอบรม ด้านความชัดเจนของผู้ตรวจสอบการจัดการพลังงานที่กฎหมายบังคับให้ผู้ตรวจสอบทำการตรวจสอบ และผ่านการตรวจรับรองการจัดการพลังงาน แต่เมื่อถึงกำหนดที่ต้องส่งรายงานก็ยังไม่ผู้ตรวจสอบขึ้นทะเบียนกับทางราชการ รวมทั้งยังมีความกังวลด้านค่าใช้จ่ายการว่าจ้างผู้ตรวจสอบที่อาจจะเกิดขึ้นกับทางโรงงาน นอกจากนี้ยังมีประเด็นเกี่ยวกับพระราชบัญญัติ

กับ ISO 50001 มาตรฐานด้านการจัดการพลังงาน ซึ่งถ้าหากแล้วเสร็จ โรงงานควบคุมน่าจะปฏิบัติตามมาตรฐาน เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและป้องกันการกีดกันทางการค้าได้ และด้านแรงจูงใจ จากภาครัฐ ซึ่งได้แก่ สิทธิประโยชน์ทางภาษี การประกวดการอนุรักษ์พลังงาน และสุดท้ายคือ ในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน นั้น ผู้บริหารต้องมีนโยบายอย่างชัดเจน และเห็นความสำคัญเพื่อสนับสนุนคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานในภาคปฏิบัติ เพื่อผลักดันการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง และปลูกจิตสำนึกจึงจะเกิดการความยั่งยืน **คำสำคัญ** อนุรักษ์พลังงาน การจัดการพลังงาน โรงงานควบคุม

1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชนและรวมถึงเป็นปัจจัยพื้นฐานการผลิตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม โดยระดับของความต้องการใช้พลังงานจะเป็นสิ่งบ่งชี้ใน GNP (Gross Nation Product, การคิดว่าเป็นมูลค่าของสินค้าและบริการเฉพาะที่อยู่ในประเทศ ไม่ต้องคิดว่าชาติใดเป็นผู้ผลิต) ซึ่งก็คือ ถ้าราคาของพลังงานมีราคาสูงแล้วย่อมที่จะส่งผลกระทบต่อภาพรวมของเศรษฐกิจของประเทศอย่างมาก นั่นหมายความว่า ถ้าประเทศใดนั้นไม่มีแหล่งพลังงานเป็นของตนเองแล้วย่อมจะเป็นข้อจำกัดต่อพลังงานอำนาจของชาติด้านพลังงาน ถ้าหากราคาพลังงานสูงขึ้นทำให้ส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงกับสถานะเศรษฐกิจโลกอย่างเห็นได้ชัดเพราะหลายประเทศมีความจำเป็นต้องใช้พลังงานเพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต ดังนั้น เมื่อ

ราคาพลังงานสูงขึ้นย่อมจะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตมีราคาสูงขึ้นตามมาด้วยความสำคัญของพลังงานจึงเป็นประเด็นที่หลายประเทศให้ความสนใจ ดังนั้น การที่ประเทศมีพลังงานใช้อย่างเพียงพอ และสามารถตอบสนองความต้องการภาคส่วนต่างๆ ได้อย่างเพียงพอ ในราคาที่เหมาะสม รวมถึงมีคุณภาพที่ดี ย่อมจะส่งผลให้ภาคส่วนต่างๆ ของประเทศมีความมั่นคงพร้อมทั้งมีศักยภาพในการแข่งขันในเวทีโลก

IEA[8] ระบุว่าหากการพัฒนาพลังงานยังคงดำเนินต่อไปโดยไม่ปรับเปลี่ยนนโยบายของรัฐเลย จะยิ่งทำให้ต้องพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง ด้านสภาพภูมิอากาศและความมั่นคงด้านพลังงาน โดยประเทศที่ไม่อยู่ในกลุ่มองค์กรความร่วมมือ และพัฒนาทางเศรษฐกิจ (non-OECD) จะเป็นแหล่งปล่อย CO₂ จากกิจกรรมด้านพลังงานที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะมาจากจีนมากที่สุด รองลงมา คือ อินเดีย และประเทศในตะวันออกกลาง

โดยสรุปสถานการณ์พลังงานของประเทศไทยปี 2552 [1] การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทยในปี 2552 ในแต่ละสาขาเศรษฐกิจพบว่า โดยรวมมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นประกอบด้วยการใช้พลังงานในสาขาเกษตรกรรม 3,477 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ สาขาอุตสาหกรรม 24,060 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ สาขาบ้านอยู่อาศัย 10,089 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ สาขารุขกิจการค้า 4,940 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบและสาขาขนส่ง 23,132 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ทั้งนี้สาขาเกษตรกรรมมีการใช้พลังงานในสัดส่วนร้อยละ 5.2 สาขาอุตสาหกรรมร้อยละ 36.1 สาขาบ้านอยู่อาศัยร้อยละ 15.1 สาขารุขกิจการค้าร้อยละ 7.4 และสาขาขนส่งร้อยละ 36.2 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด

ซึ่งหากมีการดำเนินการตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานจะทำให้เกิดการประหยัดทางด้านบริหารจัดการพลังงานพร้อมทั้งเป็นผลดีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการอนุรักษ์พลังงานหรือการใช้พลังงานให้เกิดประสิทธิภาพอย่างสูงสุดจะเป็นผลดีต่อประเทศและ

ผู้ประกอบการอันจะนำมาซึ่งการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศที่มีการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระยะยาวต่อไป

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่มีผลต่อดำเนินการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550)

1.1.2 เพื่อศึกษาแรงจูงใจและการสนับสนุนที่ทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม

1.1.3 เพื่อศึกษาแนวทางในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

1.2.1 กำหนดขอบเขตการอนุรักษ์พลังงานภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550)

1.2.2 การวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาโรงงานควบคุมที่ได้รับรางวัล Thailand energy Award ในปี 2007 ประเภทโรงงานควบคุมดีเด่น จำนวน 11 โรงงานด้วยวิธีการสัมภาษณ์การดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นการดำเนินการจัดการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุม ซึ่งมีกฎหมายและข้อกำหนดต่างๆ ที่ทางโรงงานควบคุมต้องปฏิบัติตาม โดยทางโรงงานควบคุมจะต้องได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่ายพร้อมทั้งการมีจิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้มีความยั่งยืนต่อไป

2.1 กฎหมายและพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในส่วนของโรงงานควบคุม[6]

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้ผ่านการพิจารณาจากสภานิติบัญญัติแห่งชาติและได้มีพระบรมราชโองการฯ ให้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2535 โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2535 แต่เนื่องจากมี

บทบัญญัติบางประการไม่เหมาะสมกับสภาวการณ์ในปัจจุบัน ฝ่ายนิติบัญญัติจึงเห็นสมควรแก้ไขเพิ่มเติมบทบัญญัติซึ่งได้ตรา พรบ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ขึ้นใช้บังคับ โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 4 ธันวาคม 2550 และให้มีผลใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนด 180 วันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา ซึ่งมีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2551 เป็นต้นไป

พรบ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2553 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดย พรบ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 มีวัตถุประสงค์หลักอยู่ 3 ประการ ดังนี้

1. เพื่อกำกับดูแล ส่งเสริม และสนับสนุนให้ผู้ที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายมีการอนุรักษ์พลังงานด้วยการผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด
2. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานขึ้นใช้ในประเทศ และให้มีการใช้อย่างแพร่หลาย
3. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นรูปธรรม โดยการจัดตั้ง “กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน” เพื่อใช้เป็นกลไกในการให้ความช่วยเหลือทางการเงินแก่ผู้ที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย

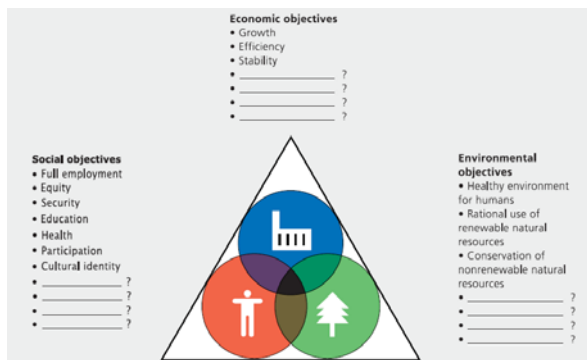
2.2 การอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม

การจัดการพลังงาน คือ การทำให้มั่นใจว่าได้มีการจัดการทรัพยากรพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อบรรลุเป้าหมายขององค์กร นิยมใช้คำว่า “การอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม” การอนุรักษ์พลังงาน คือ การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ คำว่ามีส่วนร่วม คือ การบูรณาการความคิด การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจการแสดงออกและความภูมิใจในผลของงานของผู้เกี่ยวข้องในสถานประกอบการ เพื่อให้บังเกิดผลบรรลุเป้าหมายขององค์กร [2] การจัดการในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มุ่งเน้นที่หลัก 3 ประการ คือ คุณภาพ (Quality) ต้นทุน (Cost) และ

กำหนดเวลา (Delivery) [3] โดยมีการนำระบบการบริหารคุณภาพเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต แต่ยังคงพบว่าส่วนใหญ่ไม่ให้ความสำคัญในเรื่องการสูญเสียพลังงานซึ่งหากวิเคราะห์อย่างละเอียดแล้วการสูญเสียในเรื่องดังกล่าวเป็นตัวแปรหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นและมีผลต่อการแข่งขันเชิงธุรกิจได้ ทั้งนี้หากหันมองในแง่ความสูญเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นและสามารถจัดการได้โดยง่าย เช่น การใช้แสงจากหลอดไฟฟ้าแทนที่จะนำแสงธรรมชาติมาใช้งาน การใช้อุปกรณ์เครื่องจักรที่มีขนาดเกินความต้องการ การรั่วไหลของระบบอากาศอัด เป็นต้น ความสูญเสียเหล่านี้สามารถค้นพบได้ โดยอาศัยแนวคิดของ VE (Value Engineering) ที่ว่า ประโยชน์การใช้งานที่จำเป็นโดยประยุกต์ใช้ร่วมกับ 5 M's ได้แก่ Man Machine Material Method และ Management เพื่อสร้างและพัฒนาบุคลากรขององค์กรให้มีความรู้และสามารถร่วมกันคิดแนวทางการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองการพัฒนาองค์ความรู้ดังกล่าวมีความจำเป็นต้องสร้างทีมงานในการอนุรักษ์พลังงานขององค์กรขึ้นมาเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ ทักษะคิดและการทำงานร่วมกัน โดยผลักดันให้เกิดโครงการด้านอนุรักษ์พลังงานที่เป็นรูปธรรมและเห็นผลได้ชัดเจน

2.3 การพัฒนาอย่างยั่งยืน

สภาโลกว่าด้วยสิ่งแวดล้อมกับการพัฒนาได้ให้ความหมายของการพัฒนาแบบยั่งยืนว่าการพัฒนาแบบยั่งยืนหมายถึง การพัฒนาที่สนองตอบต่อความต้องการของคนในรุ่นปัจจุบัน โดยไม่กระทบกระเทือนความสามารถของคนรุ่นต่อไป ในการที่จะสนองตอบความต้องการของตนเอง[7] (Sustainable development is development which meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs) การพัฒนาแบบยั่งยืนตามความหมายดังกล่าว ดังรูปที่ 1 ประกอบด้วยแนวคิดอย่างน้อย 3 ประการคือ ประการแรก เป็นแนวคิดเกี่ยวกับความต้องการของมนุษย์ ประการที่สอง เป็นแนวคิดเกี่ยวกับขีดจำกัดและ ประการที่สาม เป็นแนวคิดเกี่ยวกับความยุติธรรมในสังคม



รูปที่ 1. วัตถุประสงค์ของการพัฒนาอย่างยั่งยืน[9]

2.4 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นางสุภา วุฒิเวทย์[4] สรุปผลการวิจัย: โรงงานมีปัญหาอยู่ในระดับมากได้แก่ด้านการประชาสัมพันธ์จากรัฐถึงโรงงานโดยตรง การจัดกลุ่มฝึกอบรม ขึ้นตอนและระยะเวลาจัดทำรายงานของที่ปรึกษาด้านพลังงาน ระยะเวลาดำเนินการตรวจสอบของที่ปรึกษาตรวจสอบและเจ้าหน้าที่รัฐและขั้นตอนการตรวจสอบรายงานตามกฎหมาย ที่ปรึกษาตรวจสอบขาดความรู้ทางด้านเทคนิค

นายสุบรร มุลสาร [5] ได้การศึกษาความสอดคล้องกันของมาตรฐานการจัดการพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2550 (ฉบับที่ 2) กับมาตรฐานการจัดการพลังงานของ International Organization for Standardization หรือ ISO ผลจากการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของไทยกับมาตรฐาน ISO 50001 โดยมาตรฐานการจัดการพลังงานทั้งสองพัฒนาขึ้นตามแนวทาง PDCA ดังนั้นจึงจะเห็นได้ว่า โดยเนื้อหาหลักๆ มาตรฐานทั้งสองมีความสอดคล้องกันเป็นอย่างมาก แต่มีความแตกต่างกันในแต่ละขั้นตอนของการดำเนินการจัดการพลังงานแตกต่างกันในรายละเอียดบ้างเท่านั้นตามมาตรฐานทั้งสอง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ใช้วิธีการเก็บข้อมูล คือ การสัมภาษณ์ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานของโรงงานควบคุม ที่ชนะการประกวดรางวัล Thailand Energy Awards 2007 ด้านอนุรักษ์พลังงาน

ประเภทโรงงานควบคุมดีเด่น โดยสันนิษฐานว่าเป็นตัวอย่างที่ดีต่อการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อศึกษาแนวทางในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสัมภาษณ์รายบุคคล โดยมุ่งเน้นสอบถามข้อมูล 5 ประเด็น ได้แก่

1. ข้อมูลสถานภาพโดยทั่วไปของผู้ให้ข้อมูล และสภาพโดยทั่วไปของโรงงาน
2. ข้อมูลสภาพการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม
3. ข้อมูลปัญหาและอุปสรรคที่มีผลต่อการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม
4. ข้อมูลแรงจูงใจและการสนับสนุนที่จะส่งผลให้สภาพการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
5. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม

อุปสรรคการทำวิจัยนี้ คือ การขอข้อมูลการใช้พลังงาน, ปริมาณการผลิต, แผนการดำเนินการ เนื่องจากเป็นข้อมูลทางโรงงานที่ไม่อนุญาตให้เผยแพร่และการเข้าร่วมประกวด TEA2011 จากที่ต้องเว้นไป 3 ปี

4. สรุปผลการศึกษา

สรุปผลการวิจัยกลุ่มประชากรเป้าหมายเป็นตามการสันนิษฐานว่าเป็นตัวอย่างที่ดีต่อการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานหลังจากที่ได้รับรางวัล ยังคงมีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างต่อเนื่อง โดยทีมงานด้านพลังงานดำเนินการปฏิบัติตามกฎหมายและสร้างกิจกรรมให้เกิดการมีส่วนร่วมเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามยังคงพบปัญหาดังต่อไปนี้

- ด้านผู้ตรวจสอบพลังงาน ที่ยังไม่มี ความชัดเจนแต่กฎหมายได้บังคับใช้แล้ว โดยทางโรงงานมีความกังวล ในเรื่องของ ค่าใช้จ่ายที่จะต้องเกิดขึ้นนั้นเป็นเท่าไร, อัตราการคิดค่าใช้จ่ายของการตรวจสอบพลังงาน, การเก็บข้อมูลของทางโรงงานไม่ให้รั่วไหลไปยังบริษัทอื่น, ความรู้ความสามารถ, มาตรฐาน, จรรยาบรรณ

- ด้านการฝึกอบรมของหน่วยงานรัฐ ในหัวข้อการฝึกอบรมเป็นหลักสูตกรทั่วไปๆ ที่ยังไม่ครอบคลุมทุกอุตสาหกรรม ขาดการประชาสัมพันธ์ไปสู่โรงงานโดยตรง ช่วงเวลาในการฝึกอบรมนานเกินไป
- ด้านมาตรการที่สนับสนุนในการลงทุน มีความไม่สะดวกในด้านมาตรการ ขั้นตอน เอกสาร การอนุมัติ ทำให้ทางโรงงานตัดสินใจดำเนินการเองจะรวดเร็วกว่าและเนื่องจากมูลค่าในการลงทุนไม่สูงมากทำให้ทางโรงงานดำเนินการได้
- ด้านมาตรฐานการจัดการพลังงานของ ISO 50001 โรงงานบางส่วนยังไม่ทราบถึงมาตรฐานนี้ที่จะเกิดขึ้น โรงงานบางส่วนทราบถึงมาตรฐานแต่ไม่ทราบในรายละเอียด โดยทางโรงงานให้ความสำคัญในการปฏิบัติตามกฎหมายก่อนแต่ถ้าหากมีมาตรฐาน ISO 50001 เกิดขึ้นแล้วมีประโยชน์ต่อการทำธุรกิจทางโรงงานจะต้องทำตามมาตรฐานด้วย ทำให้อาจมีงาน เอกสาร ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น พร้อมทั้งความชัดเจน
- ด้านเชื้อเพลิง จากความผันผวนของราคาเชื้อเพลิงทำให้มาตรการที่ได้ดำเนินการแล้วใช้ระยะเวลาคืนทุนนานขึ้นจากที่คาดการณ์ไว้ รวมทั้งเกิดความลังเลในการตัดสินใจลงทุนในมาตรการต่อไป

ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย คือ โรงงานให้ความสำคัญต่อการอนุรักษ์พลังงานเนื่องจากผลที่ได้จากการอนุรักษ์พลังงานนั้นเป็นผลดีกับทางโรงงานโดยตรงในการลดต้นทุนด้านการผลิตพร้อมทั้งลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้พลังงาน

ข้อเสนอแนะที่ได้ คือ ทางภาครัฐต้องเร่งรัดและดำเนินตามกฎหมายที่ได้บังคับใช้และมีความชัดเจนพร้อมทั้งสร้างมาตรการในการจูงใจให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน การศึกษาวิจัยต่อไปควรศึกษามาตรการจูงใจในแต่ละอุตสาหกรรมเพื่อความเหมาะสมและเงื่อนไขในการสนับสนุนการลงทุนของอุตสาหกรรมนั้น

เอกสารอ้างอิง

วารสารภาษาไทย

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, รายงานพลังงานของประเทศไทยปี 2552; น.16-17, 2553.
- [2] บริษัท เอ็นเนอร์ยี ดีไซน์ คอนเซ็ปท์ จำกัด, บทความพลังงาน การจัดการพลังงาน, 9 กุมภาพันธ์ 2553, <http://www.edco.co.th>

วิทยานิพนธ์

- [3] นพพร พุกษะวัน, การศึกษาการดำเนินการแบบมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมควบคุม, ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, กรุงเทพฯ, เมษายน 2548.
- [4] นางสุภา อุดมเวทย์, การศึกษาสภาพการดำเนินงาน ปัญหาและอุปสรรค การอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535, วิทยานิพนธ์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2547
- [5] นายสุบรร มุลสาร, การศึกษาความสอดคล้องกันของมาตรฐานการจัดการพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2550 (ฉบับที่ 2) กับมาตรฐานการจัดการพลังงานของ International Organization for Standardization หรือ ISO, รายงานการศึกษาระยะปริญญา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552

หนังสือภาษาไทย

- [6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, คู่มือคำอธิบายพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) สำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม, ฉบับวันที่ 17 สิงหาคม 2552
- [7] กิตติภณ กิตยานุรักษ์, การบริหารการพัฒนา, มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Book

- [8] International Energy Agency, World Energy Outlook 2009 Executive Summary.

[9] Tatyana P. Soubbotina, The International Bank for Reconstruction and Development/THE WORLD BANK, Beyond Economic Growth An Introduction to Sustainable Development Second Edition, September 2000



การพัฒนาบุคลากร บนพื้นฐานสมรรถนะ (Competency)

กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

เกษร พักเย็นใจ และ ธราธร กุลภัทรนิรันดร์

หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร 10530

โทรศัพท์ 0-2988-3666 โทรสาร 0-2988-4040

E-mail: kasom @ mut.ac.th

บทคัดย่อ

แนวทางการพัฒนาบุคลากร บนพื้นฐานสมรรถนะ (Competency) มีพื้นฐานว่าการที่บุคคลจะแสดงสมรรถนะใด สมรรถนะหนึ่งได้นั้นจะต้องมีองค์ประกอบทั้งด้านความรู้ ทักษะ ความสามารถที่เกี่ยวข้องกับงานนั้น และคุณลักษณะที่จำเป็นส่วนบุคคลเอง การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษา สมรรถนะหลัก และสมรรถนะในงาน ของพนักงานสนับสนุนการเรียนการสอนภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร โดยได้มีการประเมิน จัดลำดับความสำคัญ และสร้างเกณฑ์ ในการวัดสมรรถนะหลัก และสมรรถนะในงานสำหรับตำแหน่งงานต่างๆ ขึ้นมา จากนั้นได้ทำการประเมินสมรรถนะตำแหน่งงานต่างๆ ด้วยวิธีการประเมินแบบ 180 องศา และได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงสมรรถนะที่ควรต้องได้รับการพัฒนาของตำแหน่งงานต่างๆ กับแผนการฝึกอบรมของฝ่ายบุคลากร จากการศึกษาพบว่าการพัฒนาบุคลากรบนพื้นฐานสมรรถนะของมหาวิทยาลัยฯ จำเป็นต้องพัฒนาสมรรถนะในงาน เช่น ความรู้ในเชิงเทคนิคเฉพาะงาน และพัฒนาคุณลักษณะที่จำเป็นต่อผลสำเร็จของงานอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น การมุ่งผลสัมฤทธิ์ ความรับผิดชอบ เป็นต้น อย่างไรก็ตามแนวทางในการพัฒนาบุคลากรนอกจากการฝึกอบรมแล้วยังสามารถใช้วิธีการอื่นๆ ประกอบได้ด้วย

คำสำคัญ การพัฒนาบุคลากรสมรรถนะหลัก สมรรถนะในงาน

บทนำ

ในการพัฒนาบุคลากรขององค์กรนั้นถือว่าเป็นสิ่งสำคัญต่อการสนับสนุนประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน เนื่องจากในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วด้านสภาพแวดล้อมในการดำเนินงาน ได้แก่ สภาพทางสังคม เศรษฐกิจ การเมือง การแข่งขัน ความเจริญของเทคโนโลยี ความคาดหวังของลูกค้าที่เพิ่มขึ้นสูงขึ้นเรื่อยๆ และความก้าวหน้าของวิทยาการจัดการ เป็นต้น

สิ่งต่างๆ เหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อ การดำเนินงานขององค์กรทั้งสิ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้องค์กรจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ในการดำเนินงานของตนอย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงที่องค์กรกำลังเผชิญอยู่ สิ่งที่ตามมาคือ สมรรถนะการทำงาน (competency) ของบุคลากรแต่ละตำแหน่งอาจเปลี่ยนแปลงไปองค์กรจึงต้องให้ความสนใจต่อการพัฒนาสมรรถนะการทำงานของบุคลากร เพื่อรักษาไว้ซึ่งผลการดำเนินงานที่องค์กร พึ่งประสงค์ รวมถึงการรักษาไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขัน การพัฒนาสมรรถนะการทำงานของบุคลากรยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาความก้าวหน้าในอาชีพของบุคลากรอีกด้วย

การพัฒนาบุคลากรจึงควรตั้งอยู่บนพื้นฐานของการนำสมรรถนะการทำงานมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา เพื่อตอบสนองเป้าหมายการดำเนินงานขององค์กร และเพื่อความก้าวหน้าของแต่ละบุคคล [1], [2], [3] และในปัจจุบันก็มีองค์กรหลายๆ องค์กรที่ได้นำสมรรถนะเข้า

มาใช้ในการพัฒนาบุคลากรซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจ [4], [5], [6]

มหาวิทยาลัยฯ ตระหนักและให้ความสำคัญกับกระบวนการบริหารทรัพยากรบุคคล โดยมีนโยบายนำหลักการสมรรถนะ (Competency) เข้ามาจัดการกับความสามารถของบุคลากร เพื่อนำมาเป็นกรอบและแนวทางในการพัฒนาบุคลากรที่เหมาะสมตามลักษณะงาน และมีพฤติกรรมการทำงานตามที่องค์กรคาดหวัง (Expected Work Behaviors) อันนำไปสู่การปฏิบัติงานที่ดีที่สุด (Best Performance) สัมฤทธิ์ผลตามเป้าหมายและสอดคล้องกับวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในงานที่บุคลากรแต่ละคนรับผิดชอบ โดยการฝึกอบรมและพัฒนาสมรรถนะบุคลากรแต่ละคนเพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการวัดสมรรถนะว่าจำเป็นต้องพัฒนาด้านใดจึงจะตรงกับเป้าหมายขององค์กร ดังนั้นเพื่อให้การพัฒนาบุคลากรของมหาวิทยาลัยฯ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และตรงกับความต้องการขององค์กรอย่างแท้จริง การศึกษาครั้งนี้จะเป็นแนวทางให้ผู้บริหารและผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องได้ทราบ และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาสมรรถนะของพนักงานสนับสนุนการเรียนการสอนภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิผลของมหาวิทยาลัยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาสมรรถนะ (Competency) พนักงานสนับสนุนการเรียนการสอนภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร โดยการประเมิน จัดลำดับความสำคัญ และสร้างเกณฑ์ในการวัดสมรรถนะหลัก และสมรรถนะในงานของตำแหน่งงานต่างๆ และเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงสมรรถนะที่ต้องได้รับการพัฒนาของตำแหน่งงานต่างๆ กับแผนการฝึกอบรมของฝ่ายบุคลากร ของมหาวิทยาลัยฯ ว่าสอดคล้องกันหรือไม่อย่างไร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบลำดับความสำคัญของสมรรถนะในแต่ละตำแหน่งงาน และเกณฑ์ในการวัดสมรรถนะ
2. ได้ทราบแนวทางการพัฒนาบุคลากร บนพื้นฐานสมรรถนะ และนำผลจากการศึกษาไปจัดทำแผนพัฒนาบุคลากรได้จริง ตรงเป้าหมาย และมีประสิทธิภาพ เพื่อให้บรรลุผลในทางปฏิบัติ และนำความสำเร็จมาสู่องค์กร

วิธีการศึกษา

1. ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตทางด้านเนื้อหา ประยุกต์จากแนวคิดสมรรถนะ และแนวคิดประสิทธิผลองค์กรมากำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยคือ สมรรถนะบุคคลส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิผลขององค์กร ตัวแปรสมรรถนะบุคคลที่นำมาศึกษา เป็นรายการสมรรถนะที่ผู้วิจัยประยุกต์ใช้จาก [1], [7], [8], [9] ซึ่งประกอบด้วย สมรรถนะหลัก 5 ด้าน คือ การมุ่งผลสัมฤทธิ์ การบริการที่ดี การส่งมอบความเชี่ยวชาญในงาน จริยธรรม และความร่วมแรงร่วมใจ โดยมีสมรรถนะในงาน 5 ด้าน คือ ความรู้ในเทคนิคเฉพาะงาน ความเข้าใจระบบและขั้นตอนการทำงาน การคิดอย่างเป็นระบบ การปรับปรุงกระบวนการทำงาน และยอมรับผิดชอบ

ขอบเขตด้านประชากร ผู้ศึกษาทำการศึกษาความคิดเห็นจาก พนักงานสนับสนุนการเรียนการสอน ได้แก่ หน่วยงานจัดการเรียนการสอน 22 หน่วยงาน และหน่วยงานสนับสนุนการเรียนการสอน 27 หน่วยงาน ประกอบด้วย แบบสอบถามจาก 49 หน่วยงาน จำนวน 540 ชุด

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยการศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยประยุกต์มาจากแบบประเมินที่ใช้พฤติกรรมเป็นตัวกำหนดระดับสมรรถนะ (Behaviorally Anchored Rating Scale - BARS) กับพจนานุกรมสมรรถนะ (Competency Dictionary) เข้า

ด้วยกัน แบบประเมินที่ใช้พฤติกรรมเป็นตัวกำหนดระดับสมรรถนะสามารถสังเกตและวัดได้อย่างเป็นรูปธรรม ลักษณะของแบบประเมินประกอบด้วย ตัวชี้วัดพฤติกรรม (Behavioral Indicators) และระดับของพฤติกรรมที่วัดได้ (Proficiency Scales) โดยแบบสอบถามสำหรับงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ชุด โดยวิธีการสำรวจเชิงปริมาณ (Quantitative survey methods) ดังนี้

ชุดที่ 1 เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อสอบถามผู้บังคับบัญชาจากหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อหาระดับสมรรถนะที่คาดหวังตามลักษณะงาน

ชุดที่ 2 เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อสอบถามผู้บังคับบัญชาจากหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อประเมินสมรรถนะของเจ้าหน้าที่ในหน่วยงาน

ชุดที่ 3 เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อสอบถามเจ้าหน้าที่จากหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อให้เจ้าหน้าที่ประเมินสมรรถนะของตนเอง และระบุสมรรถนะที่ตนเองคาดหวัง

นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1. สมรรถนะ (Competency) หมายถึง บุคลิกลักษณะของบุคคลที่สะท้อนให้เห็นถึงความรู้ ทักษะ ทักษะคิด ความเชื่อ และอุปนิสัย ที่จะช่วยส่งเสริมให้บุคลากรสามารถสร้างผลงานได้สูงกว่ามาตรฐาน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า “สมรรถนะ” ก็คือ กลุ่มพฤติกรรมที่องค์กรต้องการจากผู้ปฏิบัติงาน

2. สมรรถนะหลัก (Core Competency) หมายถึง สมรรถนะที่บุคลากรในองค์กรจำเป็นต้องมีเหมือนกันทุกคนไม่ว่าจะอยู่ในสายงานใด หรือระดับตำแหน่งใดก็ตาม เพราะถือได้ว่าเป็นคุณลักษณะที่สำคัญยิ่งขององค์กรที่จะช่วยให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานในองค์กรได้

3. สมรรถนะในงาน (Functional Competency) หมายถึง สมรรถนะที่เป็นความรู้ ความสามารถ ทักษะที่จำเป็นในการปฏิบัติงานตามสายงานหนึ่งๆ เช่น ผู้ทำงานอยู่ในแผนกบุคคลก็จำเป็นต้องมีสมรรถนะในสายงานบุคคล เป็นต้น

4. ความรู้ (knowledge) หมายถึง ข้อมูล หรือสิ่งที่ถูกส่งสมมาจากการศึกษาทั้งในสถาบันการศึกษา สถาบันฝึกอบรม/สัมมนา หรือการศึกษาด้วยตนเอง รวมถึงข้อมูลที่ได้รับจากการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และประสบการณ์กับผู้รู้ทั้งในสายวิชาชีพเดียวกัน และต่างสายวิชาชีพ

5. ทักษะ (skills) หมายถึง สิ่งที่จะต้องพัฒนา และฝึกฝนให้เกิดขึ้นโดยจะต้องใช้ระยะเวลาเพื่อฝึกปฏิบัติให้เกิดทักษะนั้นขึ้นมา

6. คุณลักษณะส่วนบุคคล (attributes) หมายถึง ความคิด ความรู้สึก เจตคติ ทักษะคิด แรงจูงใจ ความต้องการส่วนบุคคล พบว่า คุณลักษณะส่วนบุคคลนั้นจะเป็นสิ่งที่ติดตัวมา และไม่ค่อยจะเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาที่เปลี่ยนไป

7. การฝึกอบรม หมายถึง กระบวนการการเรียนรู้ อย่างหนึ่งที่ทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดทักษะ ความรู้ ความสามารถ และสมรรถนะส่วนบุคคล ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้ปฏิบัติงานให้ดียิ่งขึ้น ส่งผลถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการปฏิบัติงานเป็นไปตามวิสัยทัศน์ พันธกิจ และความต้องการขององค์กร

8. การพัฒนาบุคลากร หมายถึง กระบวนการที่ช่วยให้บุคคลได้รับการพัฒนาศักยภาพเพิ่มขึ้น และสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง โดยการนำความรู้ เทคนิคไปใช้ในการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของงานให้บรรลุตามเป้าหมายของหน่วยงาน

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาโดยได้มีการประเมิน จัดลำดับความสำคัญ และสร้างเกณฑ์ ในการวัดสมรรถนะในตำแหน่งงานต่าง ๆ พบว่าจากการประเมินและจัดลำดับความสำคัญสมรรถนะหลักจะแตกต่างกันไปตามลักษณะงานหรือตำแหน่งงาน ทั้งนี้ได้คัดเลือกลำดับที่มีความสำคัญมากที่สุดมาแสดง โดยมีรายละเอียดแยกตามด้าน ดังนี้

1. ด้านการบริการที่ดี ได้แก่ลักษณะงาน เจ้าหน้าที่ธุรการ เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค เจ้าหน้าที่พรีคลินิก เจ้าหน้าที่โรงพยาบาล หน่วยงานจัดการเรียนการสอน และเจ้าหน้าที่ธุรการ เจ้าหน้าที่บรรณารักษ์ เจ้าหน้าที่สำนักหอสมุด เจ้าหน้าที่ศูนย์หนังสือ เจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการ เจ้าหน้าที่ฝ่ายอัตราเงินเดือน เจ้าหน้าที่ฝ่ายจัดซื้อ เจ้าหน้าที่ฝ่ายพัสดุ เจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน เจ้าหน้าที่สำนักกิจการนักศึกษา เจ้าหน้าที่สำนักฝึกอบรมและพัฒนาทรัพยากรบุคคล หน่วยงานสนับสนุนการเรียนการสอน

2. ด้านการมุ่งผลสัมฤทธิ์ ได้แก่ลักษณะงาน สัตวแพทย์ หน่วยงานจัดการเรียนการสอน วิศวกร โปรแกรมเมอร์ เจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคลากร เจ้าหน้าที่ฝ่ายบัญชี หน่วยงานสนับสนุนการเรียนการสอน

3. ด้านการส่งเสริมความเชี่ยวชาญในงาน ได้แก่ลักษณะงาน วิศวกร นักวิจัย หน่วยงานจัดการเรียนการสอน และเจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค หน่วยงานสนับสนุนการเรียนการสอน

4. ด้านความร่วมมือแรงร่วมใจ ได้แก่ ลักษณะงาน เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ หน่วยงานจัดการเรียนการสอน เจ้าหน้าที่สำนักงานอาคารสถานที่ เจ้าหน้าที่สำนักงานยานพาหนะ

5. ด้านจริยธรรม ได้แก่ลักษณะงาน เจ้าหน้าที่ฝ่ายกองเงินทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา เจ้าหน้าที่สำนักทะเบียน เจ้าหน้าที่สำนักประชาสัมพันธ์ หน่วยงานสนับสนุนการเรียนการสอน

การประเมินและจัดลำดับความสำคัญสมรรถนะในงานจะแตกต่างกันไปตามลักษณะงานหรือตำแหน่งงาน ทั้งนี้ได้คัดเลือกลำดับที่มีความสำคัญมากที่สุดมาแสดง โดยมีรายละเอียดแยกตามด้าน ดังนี้

1. ด้านความรับผิดชอบ ได้แก่ลักษณะงาน เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ หน่วยงานจัดการเรียนการสอน และโปรแกรมเมอร์ เจ้าหน้าที่ศูนย์หนังสือ เจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคลากร เจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการ เจ้าหน้าที่ฝ่ายจัดซื้อ เจ้าหน้าที่ฝ่ายพัสดุ เจ้าหน้าที่ฝ่ายบัญชี เจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน เจ้าหน้าที่สำนักกิจการนักศึกษา เจ้าหน้าที่

สำนักงานอาคารสถานที่ .เจ้าหน้าที่สำนักงานยานพาหนะ หน่วยงานสนับสนุนการเรียนการสอน

2. ด้านความรู้ในเทคนิคเฉพาะงาน ได้แก่ลักษณะงาน วิศวกร นักวิจัย สัตวแพทย์ เจ้าหน้าที่พรีคลินิก เจ้าหน้าที่โรงพยาบาล หน่วยงานจัดการเรียนการสอน และเจ้าหน้าที่ธุรการ เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค วิศวกร เจ้าหน้าที่บรรณารักษ์ เจ้าหน้าที่สำนักหอสมุด เจ้าหน้าที่ฝ่ายอัตราเงินเดือน เจ้าหน้าที่สำนักฝึกอบรมและพัฒนาทรัพยากรบุคคล หน่วยงานสนับสนุนการเรียนการสอน

3. ด้านความเข้าใจระบบและขั้นตอนการทำงาน ได้แก่ลักษณะงาน เจ้าหน้าที่ธุรการ เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค หน่วยงานจัดการเรียนการสอน เจ้าหน้าที่ฝ่ายกองเงินทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา เจ้าหน้าที่สำนักทะเบียน เจ้าหน้าที่สำนักประชาสัมพันธ์ หน่วยงานสนับสนุนการเรียนการสอน จากผลการศึกษาพบว่า สมรรถนะในงานด้านการคิดอย่างเป็นระบบ และการปรับปรุงกระบวนการทำงาน เป็นสมรรถนะมีความสำคัญเช่นกันแต่มีใช้ลำดับแรกของสมรรถนะในตำแหน่งงานนั้นๆ

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงสมรรถนะที่ต้องได้รับการพัฒนาของตำแหน่งต่างๆ พบว่า

1. ด้านการมุ่งผลสัมฤทธิ์ ได้แก่ลักษณะงาน สัตวแพทย์ เจ้าหน้าที่โรงพยาบาล หน่วยงานจัดการเรียนการสอน

2. ด้านการบริการที่ดี ได้แก่ลักษณะงาน เจ้าหน้าที่ธุรการ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ พรีคลินิก หน่วยงานจัดการเรียนการสอน

3. ด้านความร่วมมือแรงร่วมใจ ได้แก่ลักษณะงาน วิศวกร นักวิจัย หน่วยงานจัดการเรียนการสอน

4. ด้านการส่งเสริมความเชี่ยวชาญในงาน ได้แก่ลักษณะงานช่างเทคนิค หน่วยงานจัดการเรียนการสอน และผลการศึกษายังพบว่า สมรรถนะด้านจริยธรรมเป็นสมรรถนะมีความสำคัญเช่นกันแต่ไม่มีตำแหน่งงานใดเห็นว่าควรได้รับการพัฒนาเป็นลำดับแรก

1. ด้านความรู้ในเทคนิคเฉพาะงาน ได้แก่ลักษณะงาน เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค วิศวกร เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ สัตวแพทย์ เจ้าหน้าที่พรีคลินิก หน่วยงานจัดการเรียนการสอน และเจ้าหน้าที่ธุรการ เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค วิศวกร บรรณารักษ์ เจ้าหน้าที่สำนักหอสมุด เจ้าหน้าที่ฝ่ายอัตราเงินเดือน เจ้าหน้าที่สำนักฝึกอบรมฯ หน่วยงานสนับสนุนการเรียนการสอน

2. ด้านความรับผิดชอบ ได้แก่ลักษณะงาน โปรแกรมเมอร์ เจ้าหน้าที่ศูนย์หนังสือ เจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคลากร เจ้าหน้าที่ธุรการ เจ้าหน้าที่จัดซื้อ เจ้าหน้าที่ฝ่ายพัสดุ เจ้าหน้าที่ฝ่ายบัญชี เจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงิน เจ้าหน้าที่สำนักกิจการนักศึกษา เจ้าหน้าที่อาคารสถานที่ เจ้าหน้าที่ยานพาหนะ หน่วยงานสนับสนุนการเรียนการสอน

3. ด้านความเข้าใจระบบและขั้นตอนการทำงาน ได้แก่ลักษณะงาน เจ้าหน้าที่ธุรการ หน่วยงานจัดการเรียนการสอน และเจ้าหน้าที่ฝ่ายกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา เจ้าหน้าที่สำนักทะเบียน เจ้าหน้าที่สำนักประชาสัมพันธ์ หน่วยงานสนับสนุนการเรียนการสอน

4. ด้านการคิดอย่างเป็นระบบ ได้แก่ ลักษณะงานนักวิจัย หน่วยงานจัดการเรียนการสอน

5. ด้านการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ได้แก่ ลักษณะงาน เจ้าหน้าที่โรงพยาบาล หน่วยงานจัดการเรียนการสอน

สรุปผลการศึกษา

จากการประเมิน จัดลำดับความสำคัญ และสร้างเกณฑ์ในการวัดสมรรถนะหลักและสมรรถนะในงานสำหรับตำแหน่งงานต่างๆ โดยใช้วิธีการประเมิน 180 องศาที่ให้ค่าน้ำหนักผู้บังคับบัญชามากกว่า พบว่าแต่ละตำแหน่งงานให้ความสำคัญของสมรรถนะแต่ละด้านแตกต่างกันตามตำแหน่งงาน เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงสมรรถนะที่ต้องได้รับการพัฒนาของตำแหน่งงานต่างๆ พบว่าสมรรถนะที่ควรได้รับการพัฒนามากที่สุด คือ ความรู้ในเทคนิคเฉพาะงาน รองลงมาคือ ความรับผิดชอบ การมุ่งผลสัมฤทธิ์ ความเข้าใจระบบและขั้นตอนการทำงาน การ

บริการที่ดี ความร่วมแรงร่วมใจ การสั่งสมความเชี่ยวชาญในงาน การคิดอย่างเป็นระบบ การปรับปรุงกระบวนการทำงาน และจริยธรรม ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแผนการฝึกอบรมของฝ่ายบุคลากรของมหาวิทยาลัยฯ จะเห็นได้ว่าหลักสูตรที่มหาวิทยาลัยฯ จัดเป็นหลักสูตรที่พัฒนาความรู้ และทักษะ เช่น หลักสูตรภาษาอังกฤษ หลักสูตรคอมพิวเตอร์ และหลักสูตรการบริหารจัดการ เช่น พัฒนาการให้บริการ เป็นต้น ซึ่งสนับสนุนสมรรถนะในการทำงาน ทั้งนี้หลักสูตรดังกล่าวอาจไม่เพียงพอ จากการศึกษาพบว่าการพัฒนาบุคลากรบนพื้นฐานสมรรถนะของมหาวิทยาลัยฯ จำเป็นต้องพัฒนาสมรรถนะในงาน คือ ความรู้ในเชิงเทคนิคเฉพาะงาน ความเข้าใจระบบและขั้นตอนการทำงาน ความร่วมแรงร่วมใจ การสั่งสมความเชี่ยวชาญในงาน การปรับปรุงกระบวนการทำงาน และพัฒนาคุณลักษณะที่จำเป็นต่อผลสำเร็จของงานอื่นๆ เพิ่มเติมคือ ความรับผิดชอบ การมุ่งผลสัมฤทธิ์ บริการที่ดี การคิดอย่างเป็นระบบ จริยธรรม โดยใช้แนวทางในการพัฒนาบุคลากรด้วยหลักสูตรอบรมทั้งภายในองค์กร โดยมีผู้เชี่ยวชาญมาเป็นวิทยากร หรือการจัดทำบทเรียนออนไลน์ และการฝึกอบรมภายนอกองค์กรเพื่อส่งบุคลากรเป้าหมายไปอบรมเพื่อกลับมาถ่ายทอดความรู้ วิธีการอบรมล้วนเป็นการพัฒนาทักษะในการปฏิบัติงาน ทั้งนี้ยังพบว่าควรพัฒนาความรู้ในเทคนิคเฉพาะงานให้มากขึ้น และจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้บุคลากรแสดงพฤติกรรมอันพึงประสงค์ เช่น มีความรับผิดชอบ มุ่งผลสัมฤทธิ์ เป็นต้น การฝึกอบรมเป็นวิธีการหนึ่งในการพัฒนาสมรรถนะเท่านั้น ยังคงมีอีกหลากหลายวิธีนอกจากการฝึกอบรม ซึ่งเป็นวิธีในการพัฒนาสมรรถนะบุคคลได้อีก คือ การเรียนรู้ในงาน/ การสอนงาน (Coaching) เพื่อพัฒนาขีดสมรรถนะให้ เป็นไปตามมาตรฐานของงาน การประชุมเพื่อแก้ปัญหา (Meeting) เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา พัฒนาเทคนิค การแก้ปัญหา ระบุความสามารถของแต่ละบุคคล การหมุนเวียนงาน (Job Rotation) เพื่อพัฒนาให้มีความรู้กว้างขวางในงานที่หลากหลาย การมอบหมายโครงการพิเศษ (Project Assignment) เพื่อพัฒนาขีดสมรรถนะทาง

เทคนิค พัฒนาความเชี่ยวชาญและความชำนาญ การมอบหมายงานเป็นทีม (Team Assignment) เพื่อพัฒนาความสามารถที่จะนำและมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่ม พัฒนาทักษะการจัดการในเบื้องต้น การเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาทักษะในการปฏิบัติงานให้กับตนเอง การศึกษาแบบทางการคือการสนับสนุนให้บุคลากรศึกษาต่อในระดับสูง เป็นต้น

[9] สุภัญญา รัศมีธรรมโชติ, Competency : เครื่องมือการบริหารที่ปฏิเสธไม่ได้, Productivity. 9(53) (พ.ย.-ธ.ค.); น. 44 – 48, 2547

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงาน ก.พ., คู่มือสมรรถนะราชการพลเรือนไทย, สำนักงาน ก.พ, 2548.

[2] จรัมพร ประถมบุรณ์, Competency: การพัฒนาเจ้าหน้าที่ให้เป็นเลิศ, 2547.

[3] สุภัญญา รัศมีธรรมโชติ. 2548. แนวทางการพัฒนาศักยภาพมนุษย์ด้วย Competency. กรุงเทพฯ : ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์ จำกัด (มหาชน).

[4] พิมพ์กานตร์ ไชยสังข์, สมรรถนะของพนักงานในบริษัทที่ปรึกษาด้านบัญชีและการเงินแห่งหนึ่ง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2546.

[5] บุษยมาศ มารดาตร์, การประเมินขีดความสามารถในการปฏิบัติงานของนักพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ กรณีศึกษาการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, ภาคนิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2542.

[6] เรขา ชูสุวรรณ, รูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของสมรรถนะบุคคลที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้, วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 2550.

[7] อารณีย์ ภูวิทย์พันธ์ุ. 2547. Career Development in Practice. กรุงเทพฯ : เอช อาร์ เซ็นเตอร์ จำกัด.

[8] ณรงค์วิทย์ แสนทอง. 2547. มา รู้จัก Competency กันเถอะ. กรุงเทพฯ : เอช อาร์ เซ็นเตอร์.

พัฒนาวิธีการออกแบบเพื่อจัดกลุ่มชิ้นส่วนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน

จิกมณ ลุยจันทร์¹ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง¹

ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

E-mail: jinkamon_mate01@hotmail.com^{*}

บทคัดย่อ

จากสภาวะการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันส่งผลให้หลายบริษัทผู้ผลิตสินค้าต้องปรับตัวและพัฒนากลยุทธ์การดำเนินงานเพื่อตอบสนองต่อความหลากหลายตามความต้องการของลูกค้าเฉพาะราย (Individualized Product) ด้วยเหตุนี้ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาวิธีการในการจัดกลุ่มชิ้นส่วนเพื่อรองรับต่อสภาวะการดังกล่าวโดยสามารถปรับแต่ง (Modify) เฉพาะกลุ่มชิ้นส่วน โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนด้วยวิธีเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix, DSM) จากนั้นคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Dependency Coefficient) เพื่อใช้ในการสร้างโมดูลของชิ้นส่วนประกอบด้วยวิธีการจัดกลุ่มแบบขั้นตอน (Hierarchical Clustering) ซึ่งวิธีการที่พัฒนาขึ้นได้นำไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษา แบบโครงสร้างตัวถังรถยนต์โดยสาร ผลที่ได้เกิดการสร้างโมดูลย่อยภายใต้โมดูลเดิมทำให้ง่ายต่อการปรับเปลี่ยนการออกแบบ (Re-Design) ในแต่ละโมดูลโดยไม่กระทบต่อโครงสร้างหลักของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จะสนับสนุนให้ผู้ผลิตสามารถตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะของลูกค้าแต่ละรายได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ เมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix), การจัดกลุ่ม (Clustering)

1. บทนำ

จากสถานการณ์ปัจจุบันที่บริษัทผู้ผลิตต้องเผชิญกับความท้าทายเพิ่มขึ้นในการออกแบบและผลิตสินค้า ซึ่งลูกค้าแต่ละรายมีความต้องการที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันกระบวนการในการออกแบบและผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก ยังคงอาศัยประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเป็นหลัก ซึ่งยังไม่มีวิธีการที่เหมาะสมในการจัดกลุ่มโมดูลของชิ้นส่วนประกอบเพื่อให้ง่ายต่อการตอบสนองต่อความต้องการที่แตกต่างของลูกค้าแต่ละราย และลดความซับซ้อนในการปรับเปลี่ยนการออกแบบ ซึ่งอาจนำไปสู่ข้อผิดพลาดระหว่างกระบวนการออกแบบและผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อนจากการที่มีชิ้นส่วนประกอบจำนวนมาก ความผิดพลาดใดๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการออกแบบ มักส่งผลให้ต้องสูญเสียเวลาและต้นทุนไปกับการแก้ไขปรับแต่งผลิตภัณฑ์ (Rework) ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องศึกษากระบวนการออกแบบเพื่อให้มีความสามารถที่จะปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ที่เคยผลิตเพื่อตอบสนองต่อความต้องการหรือข้อจำกัดใหม่ที่เกิดขึ้น โดยจัดแบ่งโครงสร้างหลักของผลิตภัณฑ์ออกเป็นกลุ่มย่อยเพื่อลดความซับซ้อนของการออกแบบและเพื่อให้ง่ายต่อการปรับเปลี่ยนแก้ไขเป็นส่วนๆ ด้วยวิธีการออกแบบ แบบโมดูลล่า (Modular design)

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบ แบบโมดูลล่า (Modular design) เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการจัดกลุ่มของชิ้นส่วนประกอบ ด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละชิ้นส่วน เนื่องจาก

วิธีการดังกล่าวสามารถลดความซับซ้อนในการออกแบบใหม่ (Re-design) ได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้เสนอวิธีการดังกล่าว เพื่อช่วยในการจัดกลุ่มชิ้นส่วนอย่างต่อเนื่อง อาทิเช่น [1] ได้นำเสนอวิธีการลดความซับซ้อนในการออกแบบด้วยเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วน โดยแบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ (1) แบ่งแยกออกเป็นระบบย่อย (Decomposition) (2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละระบบและนำเสนอด้วยเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (3) ทำการรวบรวมกลุ่มใหม่ตามความสัมพันธ์โดยใช้ interaction network [2] ได้ประยุกต์ใช้ axiomatic design ในการกำหนดโครงสร้างของระบบ (System architecture) โดยจัดกลุ่มตามความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันการทำงานและชิ้นส่วนอุปกรณ์ และ [3] ได้นำเสนอการจัดกลุ่มชิ้นส่วนโดยการแบ่งความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบออกเป็นสี่ประเภท ประกอบด้วย ด้านพื้นที่ (Spatial interaction) ด้านการส่งข้อมูล (Signal interaction) ด้านพลังงาน (Energy interaction) และด้านวัสดุ (Material interaction) เพื่อรองรับต่อการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์ที่มีการประกอบร่วมกันของ ชิ้นส่วนไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และชิ้นส่วนงานกล ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการออกแบบผลิตภัณฑ์ในยุคปัจจุบัน [4] ได้ทำการมุ่งเน้นพัฒนาเครื่องมือช่วยในการแก้ไขแบบโครงสร้างรถยนต์โดยสารโดยประยุกต์ใช้หลักการ Size Ranges and Modular Product ในการแบ่งกลุ่มโครงสร้างรถยนต์โดยสาร และอาศัยเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix) ในการกำหนดเงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มชิ้นงาน (Module) [5] ได้ทำการมุ่งเน้นศึกษาพัฒนาโมเดลอยู่บนพื้นฐานของรูปแบบหน้าที่ (Functional model) โดยการประยุกต์ใช้หลักการของ Function-behavior-state (FBS) model และ เมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix, DSM) มารวมเข้าด้วยกัน โดยที่ความสัมพันธ์ได้มาจากระบบผู้เชี่ยวชาญ (expert knowledge) [6] ได้นำเสนอหลักการเมตริกซ์ความสัมพันธ์

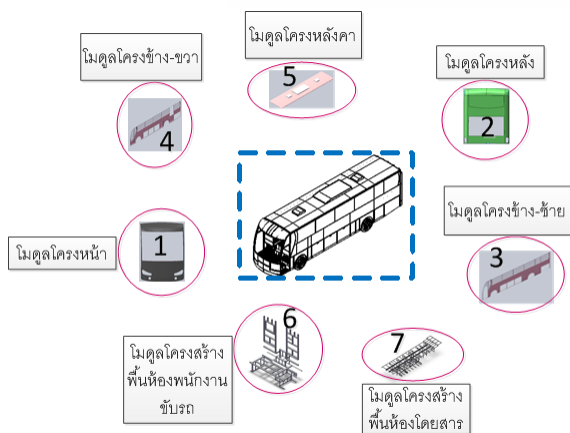
(Design Structure Matrix, DSM) ซึ่งเป็นรูปแบบแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลสำหรับงานหรือผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน ซึ่งวิธีการนี้ช่วยให้ผู้ใช้สามารถลำดับขั้นตอนการดำเนินงานได้ในรูปแบบตารางเมตริกซ์ ซึ่ง เมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix) สามารถแบ่งประเภทของข้อมูลได้เป็น 4 รูปแบบ คือ (1) ข้อมูลบนพื้นฐานของงาน (Task-based) (2) พารามิเตอร์ (Parameter-based) (3) ทีมงาน (Team-based) (4) ส่วนประกอบ (Component-based) [7] ได้มุ่งเน้นการพัฒนาวิธีการในการออกแบบลำดับการประกอบ โดยการวิเคราะห์ลำดับการประกอบจากความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบซึ่งแสดงในรูปแบบของเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix, DSM) ร่วมกับเทคนิคการประยุกต์หลักการสังเคราะห์เวลาตามระบบ MTM-2

จากการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เพื่อใช้ในการจัดกลุ่มชิ้นส่วน สามารถแบ่งออกเป็นสองลักษณะ คือ (1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบ ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถนำ Design Structure Matrix มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ซึ่งวิธีข้างต้นเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์ที่มีการออกแบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว (2) วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่การทำงาน (Function) กับชิ้นส่วนประกอบซึ่งเหมาะสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ และในรายละเอียดวิธีการจัดกลุ่มจะขึ้นอยู่กับระดับของความสัมพันธ์ต่าง ๆ เหล่านี้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงดำเนินการศึกษาด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนด้วยวิธี Design Structure Matrix เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างรถยนต์โดยสาร และศึกษาแนวทางในการจัดกลุ่มชิ้นส่วน (โมดูล) ที่เหมาะสมเพื่อรองรับต่อการปรับเปลี่ยนแก้ไขตามความต้องการของลูกค้าแต่ละราย ซึ่งประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาอุตสาหกรรมการต่อตัวถังรถยนต์โดยสาร

3. วิธีการจัดกลุ่มชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาการแบ่งโครงสร้างผลิตภัณฑ์รถยนต์โดยสารในปัจจุบันพบว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีการแบ่งโครงสร้างออกเป็น 7 โมดูล ซึ่งประกอบไปด้วย (1) โมดูลโครงหน้า (2) โมดูลโครงหลัง (3) โมดูลโครงข้าง-ซ้าย (4) โมดูลโครงข้าง-ขวา (5) โมดูลโครงหลังคา (6) โมดูลโครงสร้างพื้นห้องพนักงานขับรถ (7) โมดูลโครงสร้างพื้นห้องโดยสาร ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างรถยนต์โดยสาร

3.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบ โดยประยุกต์ใช้เมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix)

Design Structure Matrix (Steward, 1981) เป็นเมตริกซ์จัตุรัส (Square matrix) ที่ใช้ในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดเครื่องหมาย "X", "●" หรือ "จำนวนเต็ม" แทนความสัมพันธ์ระหว่างสองชิ้นส่วนประกอบหรือชิ้นส่วน และกำหนดเครื่องหมาย "0" หรือ ไม่ทำเครื่องหมายใด ๆ เมื่อระหว่างชิ้นส่วนไม่มีความสัมพันธ์

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนโครงหน้าตัวถังรถโดยสาร สามารถกำหนดความสัมพันธ์และแสดงผลในเมตริกซ์ดังแสดงในรูปที่ 2

| | FS_01 | FS_02 | FS_03 | FS_04 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| โครงหน้า_01 | FS_01 | 1 | 1 | 1 |
| โครงหน้า_02 | FS_02 | 1 | FS_02 | 1 |
| โครงหน้า_03 | FS_03 | 1 | 1 | FS_03 |
| โครงหน้า_04 | FS_04 | 1 | 1 | 1 |
| โครงหน้า_05 | FS_05 | 1 | 1 | 1 |
| โครงหน้า_06 | FS_06 | 1 | 1 | 1 |
| โครงหน้า_07 | FS_07 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_08 | FS_08 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_09 | FS_09 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_10 | FS_10 | 0 | 0 | 0 |

รูปที่ 2 แสดงเมตริกซ์ความสัมพันธ์ของโมดูลโครงหน้า

3.2 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Dependency coefficient)

โดยส่วนใหญ่เมื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบและกำหนดค่าความสัมพันธ์ในเมตริกซ์ พบว่าจะไม่มีการเรียงตัวหรือไม่มีแบบแผน (Pattern) ที่แน่นอนซึ่งเป็นผลมาจากการที่ไม่ได้มีการวิเคราะห์เพื่อการจัดกลุ่มชิ้นส่วนมาก่อน ดังแสดงในรูปที่ 2 ดังนั้นเพื่อนำไปสู่การจัดกลุ่มชิ้นส่วนหรือกำหนดโมดูลที่เหมาะสม จึงจำเป็นต้องคำนวณหาความสัมพันธ์ (Dependency Coefficient) เพื่อนำค่าระดับความสัมพันธ์มาทำการจัดกลุ่มชิ้นส่วน โดยพิจารณาจากคะแนนความสัมพันธ์ของแต่ละคู่ของชิ้นส่วนประกอบ โดยคะแนนที่ได้มาจากการคำนวณหาความแตกต่างระหว่างคู่ชิ้นส่วนที่พิจารณาด้วยวิธี Jaccard [8] โดยระดับของความแตกต่างหามาจากการจำนวนสมาชิกร่วมเทียบกับจำนวนรวมทั้งหมดของความสัมพันธ์ของคู่ชิ้นส่วนที่พิจารณา ดังแสดงในสมการที่ (1) และ (2)

$$Jsim(A, B) = \frac{A \cap B}{A \cup B} \quad (1)$$

$$Jdist(A, B) = 1 - Jsim(A, B) \quad (2)$$

โดย

- Jsim คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความแตกต่างระหว่างคู่ชิ้นส่วนประกอบ
- A คือ ข้อมูลที่ A

B คือ ข้อมูลที่ B
Jdist คือ ระยะทางระหว่างกลุ่มข้อมูล

โดยการพิจารณาสมาชิกร่วมระหว่างชั้นส่วน A และ B สามารถกำหนดได้โดย

- เมื่อ A = 1 B = 1 หมายถึง มีความสัมพันธ์กัน
- เมื่อ A = 0 B = 1 หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์กัน
- เมื่อ A = 1 B = 0 หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นตัวอย่างการพิจารณาหาค่าความแตกต่างของคู่ชั้นส่วนโดยกำหนดให้

- คอดัมน์ "a" หมายถึง กรณี A = 1 และ B = 1
- คอดัมน์ "b" หมายถึง กรณี A = 0 และ B = 1
- คอดัมน์ "c" หมายถึง กรณี A = 1 และ B = 0

| | | Attribute | | | | |
|-------------------|---|-----------|---|---|---|---|
| | | A | B | a | b | c |
| หน่วย | A | 1 | 1 | 1 | | |
| | B | 0 | 1 | | 1 | |
| | C | 1 | 0 | | | 1 |
| | D | 1 | 1 | 1 | | |
| | E | 1 | 0 | | | 1 |
| ผลรวมของค่าเฉลี่ย | | 2 | 1 | 2 | | |

รูปที่ 3 แสดงตารางความถี่ของชุดข้อมูล

เมื่อนำตัวอย่างข้อมูลค่าความสัมพันธ์ของแต่ละคู่ชั้นส่วนของโครงสร้างด้านหน้าจากรูปที่ 2 มาดำเนินการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์จะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 4

| | FS_01 | FS_02 | FS_03 | FS_04 |
|-------------|-------|--------|--------|--------|
| โครงหน้า_01 | FS_01 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| โครงหน้า_02 | FS_02 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| โครงหน้า_03 | FS_03 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| โครงหน้า_04 | FS_04 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| โครงหน้า_05 | FS_05 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| โครงหน้า_06 | FS_06 | 0.2000 | 0.2000 | 0.2000 |
| โครงหน้า_07 | FS_07 | 0.9375 | 0.9375 | 0.9375 |
| โครงหน้า_08 | FS_08 | 0.9375 | 0.9375 | 0.9375 |
| โครงหน้า_09 | FS_09 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| โครงหน้า_10 | FS_10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

รูปที่ 4. แสดงผลค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของโครงด้านหน้า

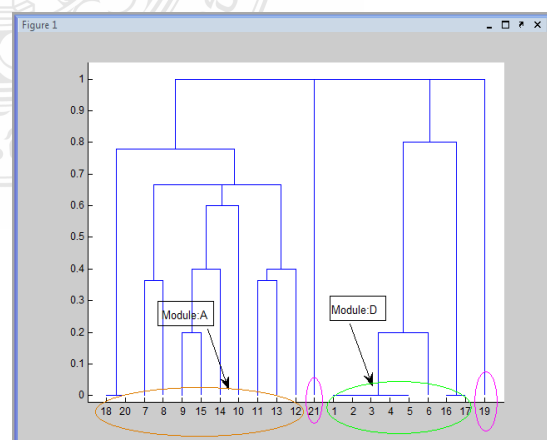
3.3 จัดกลุ่มชั้นส่วนโดยอาศัยวิธีการจัดกลุ่มแบบขั้นตอน (Hierarchical Cluster Algorithm) ด้วยเทคนิค Agglomeration

เมื่อได้ค่าความแตกต่างระหว่างคู่ชั้นส่วนหรือเรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ ดังแสดงในรูปที่ 4 สำหรับโครงสร้างด้านหน้า จากนั้นจะนำผลของค่าดังกล่าวมาดำเนินการจัดกลุ่มโดยพิจารณาจากน้ำหนักคะแนนที่คำนวณได้ โดยค่าน้ำหนักคะแนนที่มีค่าใกล้เคียงกันจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยพิจารณาที่ละคู่จากน้ำหนักคะแนนมากที่สุดไปสู่น้ำหนักคะแนนน้อยสุด ก็จะได้ลักษณะการจัดกลุ่มแบบโครงสร้างเชิงลำดับ ซึ่งวิธีการนี้เป็นการจัดกลุ่มแบบขั้นตอนด้วยเทคนิค แบบ Agglomeration [9] โดยอาศัยสมการที่ (3) และ (4) และผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นกลุ่มชั้นส่วนที่ควรจัดให้อยู่ในโมดูลเดียวกันดังแสดงในภาพที่ 5

$$D(c_i, c_j) = \max_{x \in c_i, y \in c_j} Jdist(x, y) \quad (3)$$

$$D((c_i \cup c_j), c_k) = \max_{x \in c_i, y \in c_j} (Jdist(x, x_k), d(x_j, x_k)) \quad (4)$$

โดยที่
D(. . .) คือ ระยะระหว่าง 2 กลุ่ม
Jdist(. . .) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์



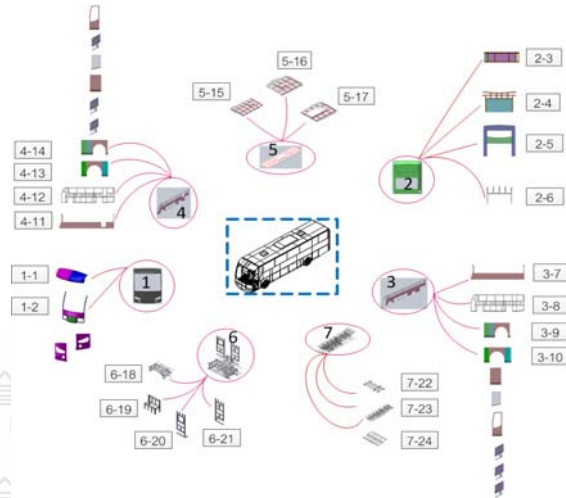
รูปที่ 5. แสดงภาพ Dendrogram ของโมดูลโครงหน้า

ผลจาก Dendrogram ดังแสดงในรูปที่ 5 สามารถพิจารณาแบ่งรายการชิ้นส่วนทั้งหมดของโครงหน้าออกเป็น 2 โมดูลหลัก (โมดูล A และ โมดูล D) และ 2 ชิ้นส่วนประกอบย่อย จากนั้นดำเนินการนำผลจาก Dendrogram มาจัดลำดับชิ้นส่วนและกลุ่มของชิ้นส่วนใหม่ในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ ดังแสดงในรูปที่ 6

| โครงส่วนหน้า | AF5_18 | AF5_20 | FR_07 | FR_08 | FR_09 | FR_10 | FR_11 | FR_12 | FR_13 | FR_14 | FR_15 | FR_16 | FR_17 | FR_18 | FR_19 | AF5_16 | AF5_17 | AF5_19 |
|-------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| คอมโพสิตถังน้ำ_18 | AF5_18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ถังน้ำ_20 | AF5_20 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_07 | FR_07 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_08 | FR_08 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_09 | FR_09 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_15 | FR_15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_14 | FR_14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_10 | FR_10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_11 | FR_11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_13 | FR_13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_12 | FR_12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| คอมโพสิตถังน้ำ_21 | AF5_21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_01 | FR_01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_02 | FR_02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_03 | FR_03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_04 | FR_04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_05 | FR_05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| โครงหน้า_06 | FR_06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| คอมโพสิตขา_16 | AF5_16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| คอมโพสิตขา_17 | AF5_17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| คอมโพสิตขา_19 | AF5_19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

รูปที่ 6. แสดงผลการจัดกลุ่มชิ้นส่วนใหม่ของโครงหน้าในเมตริกซ์ความสัมพันธ์

จากการทดสอบวิธีการจัดกลุ่มของโครงหน้าทำให้พบว่าวิธีการดังกล่าวที่ได้นำเสนอเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถสร้างโมดูลกลุ่มชิ้นส่วนที่มีลักษณะแตกต่างไปจากการออกแบบเดิม และสามารถรองรับต่อการปรับแต่งเฉพาะจุดเพื่อรองรับต่อความต้องการของลูกค้าได้โดยไม่กระทบต่อโครงสร้างหลักของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงได้ทำการขยายผลการดำเนินงานในการจัดกลุ่มชิ้นส่วนทั้งหมดของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งจากการออกแบบเบื้องต้นก่อนการศึกษาพบว่ามีโมดูลเป็น 7 โมดูลหลัก และหลังจากได้นำวิธีการจัดกลุ่มมาใช้กับโครงสร้างตัวถังรถยนต์โดยสาร ผลที่ได้ประกอบด้วย 24 โมดูลหลักที่สามารถปรับแต่งตามความต้องการของลูกค้าเฉพาะจุดโดยไม่มีผลกระทบซึ่งกันและกัน



รูปที่ 7. แสดงผลจากการจัดกลุ่มโครงสร้างรถยนต์โดยสาร

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาวิธีการออกแบบเพื่อจัดกลุ่มชิ้นที่มีความซับซ้อน โดยการศึกษานี้ได้มีการทวนสอบผลของวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นโดยการวิเคราะห์ชิ้นส่วนโครงสร้างตัวถังรถโดยสาร ซึ่งจัดได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อนและมีชิ้นส่วนประกอบเป็นจำนวน โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วน และแสดงผลความสัมพันธ์ดังกล่าวในเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix) ซึ่งเป็นรูปแบบการแสดงผลที่ง่าย จากนั้นดำเนินการจัดกลุ่มชิ้นส่วนใหม่ (Module) ด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์โดยอาศัยวิธีการจัดกลุ่มแบบขั้นตอน (Hierarchical Clustering) ผลที่ได้สามารถนำไปสู่การแตกกลุ่มย่อยที่รองรับต่อการปรับแต่งแก้ไขเฉพาะจุดโดยไม่กระทบกับโครงสร้างหลักของผลิตภัณฑ์ซึ่งสามารถรองรับต่อการรับงานสั่งทำหรือรองรับต่อการปรับเปลี่ยนการออกแบบตามความต้องการของลูกค้า

เอกสารอ้างอิง

[1] Steven D. Eppinger. 1997. A Planning method for integration of large-scale engineering systems. International conference on engineering design, 97: 199-204.

[2] Jason D. 1999. Hintersteiner. A Fractal Representation for Systems. Proceedings of the 1999 International CIRP Design Seminar, 1-10.

[3] Pimpler, T. and Eppinger, S.D. 1994. Integration analysis of product decompositions, Design Theory and Methodology DTM 94, 68: 1-10.

[4] ณัฐพงศ์ มุสิกะ, การพัฒนาการออกแบบโครงสร้างรถโดยสารบนพื้นฐานรูปแบบตัวแปร, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2552.

[5] Van Beek, T.J., Erden, M.S. and Tomiyama, T. 2010. Modular Design of Mechatronic Systems with Function Modeling, Mechatronics, 20: 850–863.

[6] Yassine, A..A. 2004. Introduction to Modeling and Analyzing Complex Product Development Processes Using the Design Structure Matrix (DSM) Method. Quaderni di Management, 9 : 1-17.

[7] นราธิป แสงชัย และ วรณลักษ์ณ์ เหล่าทวีทรัพย์, การพัฒนาวิธีการสำหรับการออกแบบลำดับการประกอบเฟอร์นิเจอร์ไม้, IE Network 2011.

[8] Guojun Gan, Chaoqun Ma and Jianhong Wu. 2007. Data Clustering Theory Algorithm, and Applications. Virginia : SIAM.

[9] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2550. การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ธรรมสาร.

การบริหารประสบการณ์เพื่อสร้างพฤติกรรมความจงรักภักดีของลูกค้า กรณีศึกษา ซูเปอร์เซ็นเตอร์ในประเทศไทย

ทรงศักดิ์ วิจัยธรรมฤทธิ์¹ และ ดร.ธีระ เตชะมณีสถิตย์²

¹ภาควิชาบริหารธุรกิจดุสิตบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

²ภาควิชาบริหารธุรกิจดุสิตบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

E-mail: boatbigc@hotmail.com *

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาถึงรูปแบบของประสบการณ์ที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความจงรักภักดีของลูกค้า โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาถึงลักษณะประสบการณ์ที่มีคุณค่า จากกระบวนการตัดสินใจซื้อสินค้า เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงประสบการณ์ที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมความจงรักภักดี ในกลุ่มธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่รูปแบบซูเปอร์เซ็นเตอร์ จากปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความจงรักภักดีของลูกค้าอันได้แก่ ตราสินค้า ราคา โปรโมชัน ใช้อุปทาน สถานที่ การโฆษณา หนีบห่อการบรรจุ การบริการ และบรรยากาศ ระเบียบวิธีในการวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการวิจัยเชิงปริมาณโดยการออกแบบสอบถามและเลือกประชากรจากการสุ่มตัวอย่างแบ่งกลุ่มหลายขั้นตอน ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยทั้ง 9 มิติดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับความจงรักภักดีของลูกค้าอย่างมีนัยสำคัญ โดยความจงรักภักดีของลูกค้า นั้นก่อให้เกิด ความพึงพอใจของลูกค้าซึ่งทำให้เกิดการขายที่เพิ่มมากขึ้น ผลที่ตามมาคือการเจริญเติบโตของรายรับส่วนแบ่งตลาดที่เพิ่มมากขึ้น และกำไรที่เพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ การบริหารประสบการณ์ลูกค้า, ความจงรักภักดี
ซูเปอร์เซ็นเตอร์

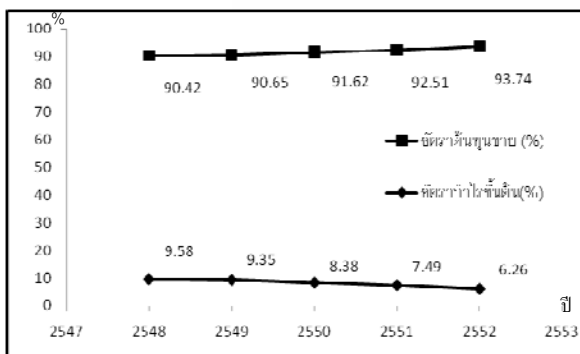
1. บทนำ

ปัจจุบันการค้าปลีกเป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจซึ่งมีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยจากรายงานข้อมูลทางเศรษฐกิจของธนาคารแห่งประเทศไทย (ธปท.) [1] พบว่าในปี 2552 ภาคการค้า (Trade sector) ซึ่งประกอบด้วยการค้าส่งและการค้าปลีก เป็นหมวดการผลิตที่มีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 14.64 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP)

จากแนวโน้มที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่า ลักษณะของการแข่งขันของร้านค้าปลีกสมัยใหม่ในปัจจุบันนั้นมีความรุนแรงมากขึ้น ร้านค้าปลีกที่ไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพการณ์ของโลกในปัจจุบันได้นั้นจะเสียเปรียบในเชิงการค้าและการแข่งขัน ตัวอย่างตัวเลขในงบกำไรขาดทุนของบริษัท บิ๊กซี ซูเปอร์เซ็นเตอร์ จำกัด (มหาชน) ในช่วงระหว่างปี 2550 - 2552 [2] พบว่ามีแนวโน้มของอัตราต้นทุนขายที่สูงขึ้น (Increasing Cost of Goods Sold) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากต้นทุนกิจกรรมทางการตลาดที่มี

อย่างต่อเนื่องตลอดจนต้นทุนวัตถุดิบที่มากขึ้นจากผู้จัดส่ง นอกจากนี้จากรายงานยังพบว่า การส่งเสริมการขายด้วยการแข่งขันด้านราคาเป็นอีกสาเหตุที่ทำให้ต้นทุนขายสูงขึ้น

ซึ่งจากรายงานทางการเงิน เมื่อนำรายได้จากการขายหักด้วยต้นทุนขาย เราจะเห็นได้ว่ากำไรขั้นต้นมีแนวโน้มที่ลดลง ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1



รูปที่ 1. แสดงแนวโน้มอัตรารายได้ ต้นทุนสินค้า และกำไรขั้นต้น บริษัท บิ๊กซี ซูเปอร์เซ็นเตอร์ จำกัด

ทั้งนี้จึงได้มีการศึกษาถึงข้อมูลทางการเงินของร้านค้าปลีก Wal-Mart ผู้ประกอบการค้าปลีกรายใหญ่ที่สุดในโลก กลับพบข้อมูลทางการเงินที่ดีมาก เมื่อพิจารณาในด้านของงบกำไรขาดทุน พบว่า Wal-Mart มียอดขายที่เพิ่มขึ้นทุกปี ในปี 2553 มียอดขายทั่วโลกสูงถึง 405,046 พันล้านเหรียญสหรัฐ เพิ่มขึ้นจากปี 2552 และ 2551 ถึงร้อยละ 0.98 และร้อยละ 7.3 ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มอัตราต้นทุนขายลดลงอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้จากการศึกษาข้อมูลเชิงลึกในด้านของกลยุทธ์ทางการตลาดของ Wal-Mart (แบบแสดงรายการข้อมูลประจำปี Wall Mart, 2010) [3] พบว่า Wal Mart มีการนำ “การบริหารประสบการณ์เพื่อสร้างความภักดีของลูกค้า หรือ Customer Experience Management (CEM)” มาใช้ในการจัดการด้านกลยุทธ์ดังกล่าว

2.1 ภูมิหลังของการศึกษา (Background of the study)

จากการใช้ทฤษฎีทางการตลาดในรอบทศวรรษที่ผ่านมา นักการตลาดได้ใช้ การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ (Customer- Relationship Management) ในการสร้างความจงรักภักดี (Customer Loyalty) อย่างต่อเนื่อง ซึ่ง Kamaladevi (2010) [4] ได้กล่าวถึงจุดอ่อนหรือข้อเสียเปรียบของการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ไว้ดังนี้

- การบริหารลูกค้าสัมพันธ์โดยส่วนใหญ่เน้น ทุกครั้งที่บริษัทและลูกค้าปฏิสัมพันธ์กัน บริษัทได้แต่คาดเดาความต้องการของลูกค้าผ่านข้อมูลที่เก็บจากลูกค้า ดังนั้นบริษัทไม่สามารถรู้ถึงความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าได้
- การบริหารลูกค้าสัมพันธ์ไม่มีการรายงานว่าเกิดข้อผิดพลาดอย่างไรในกรณีที่ไม่เป็นไปตามการคาดคะเนของเหตุการณ์ ไม่สามารถบอกได้ว่าข้อผิดพลาดของสมมุติฐานเกิดขึ้นได้อย่างไร

จากปัญหาดังกล่าว การบริหารประสบการณ์ของลูกค้า (Customer Experience Management) จึงได้ถูกนำมาพิจารณาในการสร้างความจงรักภักดีต่อรูปแบบร้านค้าปลีกสมัยใหม่ในงานวิจัยนี้ ซึ่งให้เห็นว่า “การตีค่าของประสบการณ์ขึ้นอยู่กับเปรียบเทียบระหว่างความคาดหวังของลูกค้าและสิ่งกระตุ้นที่มาจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบริษัทกับสิ่งที่เสนอซึ่งอ้างอิงจากจุดสัมผัส (touch points)” การศึกษานี้ทำให้เข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับประสบการณ์ของลูกค้าในมุมมองของลูกค้าเอง

2.2 ความจงรักภักดีของลูกค้า (Customer -Loyalty)

จากบทความของ รักพงษ์ ไชยพุ่ม (2542) [5] ได้กล่าวว่า “ความจงรักภักดีของลูกค้า (Customer Loyalty) คือการที่ผู้บริโภคมีทัศนคติที่ดีต่อสินค้าหรือบริการหนึ่งไม่ว่าจะเกิดจากความเชื่อมั่น การนึกถึง และหรือการตรง

ใจผู้บริโภค และเกิดการซื้อซ้ำต่อเนื่องตลอดมา" ซึ่งอาจจะสรุปว่าความภักดีของผู้บริโภคมีความสำคัญ 3 ประการ ดังนี้คือ สร้างปริมาณยอดขายให้สูงขึ้น (High Sale-Volume) เพิ่มราคาให้สินค้าสูงขึ้น (Premium Pricing-Ability) และการรักษาลูกค้าให้คงอยู่ (Customer Retention) ซึ่งในงานวิจัย เจริญ (2549) [6] กล่าวว่า พฤติกรรมความจงรักภักดีประกอบด้วย การซื้อที่เพิ่มขึ้น (Increased Purchase) การซื้อสินค้าอื่นๆที่เพิ่มมากขึ้น (Cross- buying) การซื้อสินค้าที่ราคาสูงขึ้น (Up Buying) การมีคำ-บอกเล่าที่ดีต่อผู้อื่น (Word of Mouth) และการซื้อซ้ำ (Repeat - Buying) ในการทดสอบความจงรักภักดีของลูกค้า (Customer Loyalty)

2.3 ประสบการณ์ของลูกค้า (customer experience)

จากผลการวิจัยของ Kamaladevi [6] ได้แบ่งประสบการณ์ของลูกค้าออกเป็น 9 มิติหลัก ได้แก่

- ตราสินค้า – ชื่อที่คุ้นเคย, ชื่อที่อยู่นาน, เป็นผู้นำ, คำแนะนำจากคนรู้จัก
- ราคา – ราคาสมเหตุสมผล
- โปรโมชั่น – การส่งเสริมการขาย, หลากหลายสนุก, สอดคล้องกับฤดูกาล, โปรโมชั่นอื่นๆ, Gift Voucher, สะสมแต้ม, บัตรสมาชิก
- โชู้ปทาน – มีร้านค้าอื่นๆ, มีแหล่งบันเทิงอื่น, สินค้าหลากหลาย, สินค้ามีเติม, สินค้าสดใหม่, มีสินค้าเมื่อออกผลิตภัณฑ์ใหม่, จัดกลุ่มสินค้าดี, รถเข็น-เพียงพอ, มีผลิตภัณฑ์อื่นๆเพิ่มเติม, มีตู้ ATM ใกล้พื้นที่ขาย
- สถานที่ – ใกล้บ้าน, ใกล้ที่ทำงาน, มีที่จอดรถ, การตกแต่งห้าง, หาสินค้าง่าย, สะอาด, ห้องน้ำเพียงพอ, ทางเดินกว้าง
- การโฆษณา – จัดรายการพิเศษ, กิจกรรมที่แปลกใหม่, ป้ายบอกชัดเจน, ที่วีขนาดเล็กโฆษณา, พนักงานโพน

ขายสินค้า, จุดหมายและแค็ตตาล็อก, การพูดคุยกับบุคคลที่รู้จัก, การช่วยเหลือสังคม

- หีบห่อและการบรรจุ – ถูกมีความเหมาะสม, สีดู, โปสเตอร์อ่านง่าย
- การบริการ – บริการทอ อย่าง บั้ง สำหรับอาหารสด, เทศกาล, สาธิตสินค้า, พนักงานสุภาพ, แต่งกายดี, พนักงานมีความรู้, ชำระเงินง่าย, คิวสั้น, ส่งสินค้าที่บ้านฟรี, ค่าชอขอบคุณ, การดอวยพร, มีกิจกรรมอื่นๆให้ทำ, รับประกันความพอใจ, รับเปลี่ยนคืนสินค้า, ติดตั้งเฟอร์นิเจอร์ที่บ้าน, มีรถสาธารณะรับส่ง
- บรรยากาศ – อุณหภูมิพอเหมาะ, เพลงประกอบที่เหมาะสม, ไม่มีกลิ่นเหม็นของอาหารสด

3. กระบวนการในการวิจัย (Research Methodology)

3.1 การสุ่มตัวอย่าง

ในการดำเนินการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) โดยการออกแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยจากการคำนวณค่าของจำนวนกลุ่มตัวอย่าง (Sample Size) ในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากไม่สามารถระบุจำนวนประชากรได้ชัดเจน จึงประมาณสัดส่วนของประชากรจากวิธีการของ Taro Yamane สามารถหาค่าตัวอย่างได้ดังนี้ กัลยา วานิชย์บัญชา [7]

$$n = Z^2 / 4E^2$$

โดยที่ n แทน ขนาดตัวอย่างทั้งหมด

e แทน ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง(ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ความคลาดเคลื่อน 0.70)

Z คือ ค่าปกติมาตรฐานที่ได้จากตารางการแจกแจงแบบปกติ (ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ระดับความ

เชื่อมั่นที่ระดับ 93 % เนื่องจากคุณลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างมีความใกล้เคียงกับ ดังนั้น $z = 1.81$

$$(1.81)^2 / 4(0.07)^2 = 167.15 \sim 170 \text{ ตัวอย่าง}$$

โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบ่งกลุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage cluster sampling)

ขั้นตอนที่ 1 ใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบวิจักษณ์ญาณ หรือ แบบเจาะจง (Judgement or Purposive Sampling) เนื่องจากรูปแบบการดำเนินธุรกิจนี้มีมาตรฐานในการดำเนินงานที่เท่าเทียมกันจึงเลือกกลุ่มตัวอย่างซูเปอร์เซ็นเตอร์มาจำนวน 10 สาขา จากผู้ประกอบการในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล

ขั้นตอนที่ 2 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบโควตา (Quota sampling) โดยแจกแจงแบ่งสัดส่วนตามขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 170 ตัวอย่าง ออกเป็นสาขาละ 17 ตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 3 ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความสะดวก (Convenience) ซึ่งเป็น Non-probability โดยใช้แบบสอบถามตามกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้ จึงออกเก็บข้อมูลตามผู้ประกอบการที่เลือกไว้ในขั้นตอนแรก เพื่อให้เข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคมากที่สุด

3.2 การทดสอบความเชื่อถือได้ของแบบสอบถาม

เพื่อใช้วัดความสอดคล้องของคำถามในแบบสอบถามงานวิจัยนี้สามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัคส์ (Cronbachs' alpha coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.9474 ซึ่งมีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับที่ดีมาก

3.3 ตั้งสมมติฐานและสถิติที่ใช้ในการทดสอบ

(Hypothesis Testing & Testing Statistics)

โดยมีสมมติฐานหลักในการศึกษาคือ

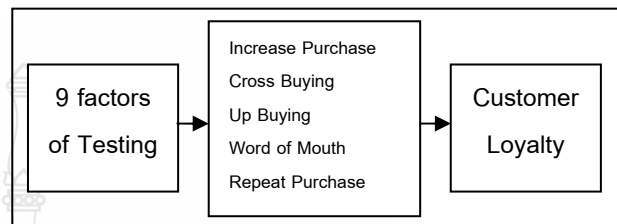
$H_0 =$ ประสิทธิภาพทั้ง 9 มิติไม่มีความสัมพันธ์ต่อ

พฤติกรรมความจงรักภักดีของลูกค้า

$H_1 =$ ประสิทธิภาพทั้ง 9 มิติมีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมความจงรักภักดีของลูกค้า

โดยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ (The χ^2 - Test)

ในการทดสอบสมมติฐานที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งแผนภาพรวมของงานวิจัยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. แสดงแผนภาพรวมของงานวิจัย

4. ผลการวิจัย (Results of the Study)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลถึงผลของปัจจัยทั้ง 9 มิติ ประสิทธิภาพของลูกค้าที่มีต่อ 5 พฤติกรรมความจงรักภักดีของลูกค้า (Customer Loyalty) จากการทดสอบสมมติฐานสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ค่าระดับนัยสำคัญในการทดสอบสมมติฐาน

| Factor | IP | CB | UB | WM | RP |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Brand | 0.001 | 0.002 | 0.000 | 0.014 | 0.041 |
| Price | 0.000 | 0.006 | 0.000 | 0.000 | 0.010 |
| promotion | 0.108 | 0.037 | 0.000 | 0.031 | 0.737 |
| SCM | 0.019 | 0.000 | 0.021 | 0.012 | 0.006 |
| Location | 0.011 | 0.000 | 0.034 | 0.050 | 0.020 |
| Advertising | 0.045 | 0.003 | 0.514* | 0.000 | 0.423* |
| Package | 0.264* | 0.857* | 0.741* | 0.036 | 0.342* |
| Service | 0.108 | 0.000 | 0.039 | 0.018 | 0.536* |
| atmosphere | 0.732* | 0.033 | 0.240* | 0.867* | 0.431* |

* มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05

5. สรุปผลการวิจัย (Research Conclusion)

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การบริหาร ประสบการณ์ของลูกค้า (Customer Experienced Management) โดยผ่านปัจจัย ทั้ง 9 มิติในการจัดการร้านค้าปลีกซูเปอร์เซ็นเตอร์ในประเทศไทยนั้นมีความสัมพันธ์กับความจงรักภักดีของลูกค้า (Customer Loyalty) ในมิติ ราคาสินค้า ราคา โปรโมชั่น ไซ้ชูปทาน และสถานที่ มีผลต่อทั้ง 5 พฤติกรรมความจงรักภักดี โดยการบริการ และการโฆษณา มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความจงรักภักดีในบาง พฤติกรรม ซึ่งบรรยากาศและ การหีบห่อการบรรจุมีเพียง ความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อสินค้าอื่น ๆ ที่เพิ่มมากขึ้น (Cross- buying) และ การมีคำ-บอกเล่าที่ดีต่อผู้อื่น (Word of Mouth) ตามลำดับ

โดยผลการศึกษา มีความสอดคล้องกับผล การศึกษาของ Chareon. (2006) ในด้านของพฤติกรรม ความจงรักภักดีของลูกค้าที่เกิดจากการบริหารประสบการณ์ ของลูกค้า และ Kamaladevi, B. (2009) ในด้านของมิติของ ประสบการณ์ที่มีผลต่อพฤติกรรมของลูกค้า

จึงสามารถสรุปได้ว่า การบริหารประสบการณ์ของ ลูกค้าร้านค้าปลีกสมัยใหม่แบบซูเปอร์เซ็นเตอร์สามารถสร้าง พฤติกรรมความจงรักภักดีของลูกค้าได้ อันยังประโยชน์ต่อ โอกาสทางธุรกิจในการหลีกเลี่ยงการแข่งขันกันด้านราคาของ สินค้าเพียงอย่างเดียว โดยสามารถพัฒนาเป็นกลยุทธ์การ แข่งขันทางการตลาดอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

การศึกษาในอนาคตผู้วิจัยจะทำการศึกษาเพื่อ ขยายความชัดเจนในเรื่องของความจงรักภักดีที่เกิดจาก ประสบการณ์ในประเด็นของผลการเจริญเติบโตของรายรับ ส่วนแบ่งตลาดที่เพิ่มมากขึ้น และกำไรที่เพิ่มมากขึ้น ให้มี ความชัดเจนต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณในความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ ให้การสนับสนุน แนะนำเทคนิคและแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ ให้งานวิจัยชิ้นนี้สมบูรณ์

ขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยเป็นกำลังใจ อยู่เสมอมา พร้อมการให้ความช่วยเหลืออยู่ตลอดเวลา นอกจากบุคคลที่กล่าวมาแล้วขอขอบคุณทุกคนที่ให้ความ ช่วยเหลือทั้งทางตรงและทางอ้อมไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง (Bibliography)

- [1] ธนาคารแห่งประเทศไทย, รายงานข้อมูลทาง เศรษฐกิจปี 2552; น. 2-4, 2552.
- [2] บิ๊กซี ซูเปอร์เซ็นเตอร์. 2552. แบบแสดงรายการข้อมูล ประจำปี สิ้นสุดวันที่ 31 ธันวาคม 2552. ค้นเมื่อ 25 มกราคม 2554, จาก <http://www.set.or.th>.
- [3] Walmart Supercenter. 2010. Annual Report. 2010.
- [4] Kamaladevi, B. 2009. Customer Experience Management in Retailing, Business Intelligence Journal, January, 2010. Vol.3.No.1.
- [5] รักพงษ์ ไชยพัฒน์. 2542. ความภักดีในตราสินค้า. เอกสารประกอบโครงการจัดทำข้อมูลองค์ความรู้วอดที่ 1. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2542.
- [6] Russametummachot, Chareon. 2006. Customer Experience Management: The Differential Roles of Search, Experience, And Reinforcement Cues, Doctoral Degree Dissertation, JDBA, May, 2006.
- [7] กัลยา วาณิชย์บัญชา. 2550. สถิติสำหรับงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ เพื่อสร้างคุณค่าตราสินค้า

ณัฐกาญจน์ สุวรรณธรา¹ และ ดร.ธีระ เตชะมณีสถิตย์²

¹ ภาควิชาบริหารธุรกิจดุสิตบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

² ภาควิชาบริหารธุรกิจดุสิตบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

E-mail: nattkarn2010@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ เพื่อสร้างคุณค่าตราสินค้า เป็นบทบาทหนึ่งที่สำคัญในการวางแผนกลยุทธ์ตลาด และหากต้องการแข่งขันกับตราสินค้าต่างประเทศการแข่งขันยิ่งรุนแรงมากขึ้น เพราะมีผลกระทบในเรื่องของการดำเนินธุรกิจ การเปลี่ยนแปลงของวัฒนธรรม และรายได้ของประเทศ และในขณะนี้ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางในประเทศไทย มีการแข่งขันกันสูงมาก สืบเนื่องมาจากที่ประเทศไทย มีข้อตกลงการการค้าเสรี ในการนำเข้าของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางต่างประเทศโดยไม่มีภาษี เริ่มปี พ.ศ.2553 เป็นต้นไป ทำให้ผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางไทยต้องเผชิญกับการแข่งขันที่รุนแรงขึ้น

ดังนั้น การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการเพื่อสร้างคุณค่าตราสินค้าเครื่องสำอางของไทยจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ ผลการวิจัย พบว่ารูปแบบการสื่อสารที่สำคัญที่สุดคือการโฆษณา สำคัญน้อยสุดคือการจัดแสดงสินค้า สำหรับคุณค่าตราสินค้าสามารถทำให้ผู้บริโภคได้รู้จักในระดับมากแต่ ความเชื่อมโยงและความภักดีอยู่เพียงระดับปานกลางเท่านั้น

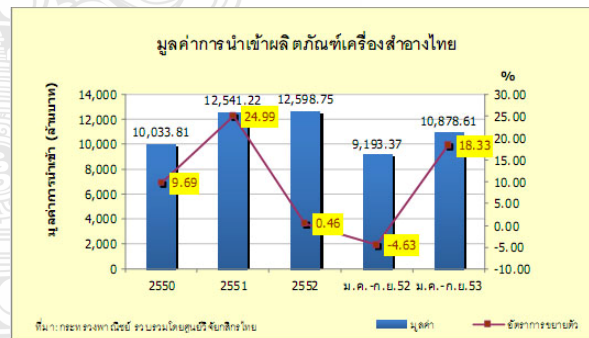
คำสำคัญ การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ, คุณค่าตราสินค้า, เครื่องสำอางไทย

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของผู้บริโภคมากขึ้นไม่เฉพาะกลุ่มสตรีเท่านั้นแต่สามารถเข้าถึงผู้บริโภคทุกกลุ่ม ทุกวัย และยัง

พบว่าตลาดเครื่องสำอางมีความหลากหลายทั้งในเรื่องของราคา และคุณภาพที่สามารถเข้าถึงและสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ชัดเจน

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย คาดว่าในปีพ.ศ.2554 มูลค่าตลาดเครื่องสำอางนำเข้าจะมีมูลค่าไม่ต่ำกว่า 17,000 ล้านบาท เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 15 คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 50 ของมูลค่าตลาดเครื่องสำอางของไทยโดยเฉพาะเครื่องสำอางที่นำเข้าทั้งจากประเทศกลุ่มประเทศตะวันตกเช่น สหรัฐฯ สหภาพยุโรป และกลุ่มประเทศเอเชีย โดยเฉพาะญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1



รูปที่ 1 มูลค่าการนำเข้าผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางไทย

จากข้อมูลดังกล่าว ทำให้ผู้ประกอบการเครื่องสำอางในประเทศไทยจะต้องมีการวางแผนทางการตลาดที่ดี มิฉะนั้น ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางในต่างประเทศจะเข้ามามีบทบาททางการตลาดเหนือเครื่องสำอางในประเทศไทย กลยุทธ์การแข่งขันทางการตลาดที่นิยมนำมาใช้ในการ

วางแผนทางการตลาดในธุรกิจปัจจุบันนี้คือ การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ ซึ่งมีรูปแบบที่หลากหลาย นักการตลาดจะต้องวางแผนในการเลือกรูปแบบการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อศึกษาการรับรู้ของผู้บริโภคที่มีต่อรูปแบบการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ และคุณค่าตราสินค้าของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางไทย

3. แนวคิดและทฤษฎีในการศึกษา

3.1 แนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ

การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ (integration marketing communication) หรือ imc ชิม(Shimp.,2010) ให้ความหมายไว้ว่า เป็นการดูแลขององค์การโดยต้องปฏิบัติอย่างครบถ้วน และเป็น การสื่อสารที่ร่วมกันโดยใช้ช่องทางการสื่อสารที่หลากหลาย ธีรพันธ์ โล่ห์ทองคำ (2553) ลักษณะเด่นๆ ของ IMC ว่ามีคุณสมบัติพิเศษ 5 ประการคือ 1.มุ่งหวังผลต่อพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมาย 2. การเริ่มต้นวางแผนส่วนใหญ่เกิดจากความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย 3.การกำหนดจุดยืนของตราสินค้าให้ชัดเจน 4.ต้องบรรลุการทำงานร่วมกัน 5.จะต้องสร้างความสัมพันธ์กับกลุ่มเป้าหมาย สำหรับ ชูทล์และคณะ(Schultz,et al.,2008) ได้ให้ความหมายไว้ว่าคือ กระบวนการพัฒนาและนำโปรแกรมการสื่อสารในรูปแบบต่างๆ มาใช้เพื่อจูงใจกลุ่มลูกค้าในปัจจุบัน ดันแคน (Duncan., 2002) การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ หมายถึง กระบวนการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ ที่มีส่วนผลักดันมูลค่าตราสินค้า

นอกจากนั้น ชูทล์และชูทล์(Schultz and Schultz., 2009) ได้สรุปความหมายการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการว่า เกิดจากการนำกิจกรรมหลายๆ อย่างมาผสมผสานกันอย่างเหมาะสมประกอบด้วย โฆษณา ประชาสัมพันธ์ ส่งเสริมการขาย การขายโดยพนักงานขาย ตลาดทางตรง การจัดกิจกรรม การจัดงานแสดงสินค้า และตลาด

อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น กลุม(Groom.,2008) การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ มีลักษณะพัฒนาและปรับเปลี่ยนตามพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป

ดังนั้น การใช้รูปแบบการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ จะต้องมีการผสมผสานกันอย่างเหมาะสมและที่สำคัญจะต้องสะดวก และสามารถวัดผลประสิทธิภาพได้

3.2 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างคุณค่าตราสินค้า

แนวคิดเรื่อง “คุณค่าตราสินค้า” (brand equity) ชิมฮันดู และ ฮาลิน (Himhundu and Hamlin., 2007) ให้ความหมาย คุณค่าตราสินค้า ไว้ว่ามีความสำคัญกับผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่าย เนื่องจากตราสินค้า เป็นสิ่งที่ลูกค้าใช้แยกแยะสินค้าและช่วยสร้างยอดขายให้กับผู้ผลิตสินค้า คอทเลอร์และอาร์มสตรอง (kotler and Armstrong, 2007) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ตราสินค้าเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก เพราะตราสินค้าที่มีประสิทธิภาพจะส่งผลต่อการสร้างผลกำไรที่ยั่งยืนสำหรับ อาซ่า (Asa, et al., 2008) ให้ความหมายว่า ตราสินค้า เป็นทรัพย์สินของบริษัท และเป็นการสื่อสารลักษณะเฉพาะของบริษัท สอดคล้องกับ ดันแคน (Duncan.,2002) ที่กล่าวไว้ว่าตราสินค้าคือ สิ่งที่มีมูลค่าที่จับต้องไม่ได้และอยู่นอกเหนือสินทรัพย์ที่กิจการมี การศึกษางานวิจัยของ ริชและคณะ (Reid, et al., 2009) ได้สนับสนุนแนวคิดดังกล่าวซึ่งงานวิจัยพบว่าการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่าง การกำหนดทิศทางของการตลาด และการกำหนดทิศทางของตราสินค้า ทั้ง 2 ส่วน มีการเชื่อมโยงและเกี่ยวข้องกัน

เอเคอร์(Aaker.,2007) ได้ให้ความหมายของมูลค่าตราสินค้าไว้ว่า มูลค่าตราสินค้าหมายถึง ความต่อเนื่องของสินทรัพย์ (assets) และหนี้สิน(liabilities) ที่เชื่อมโยงกันตราสินค้า (brand name)และสัญลักษณ์ (symbol) ที่ช่วยเพิ่มหรือลดมูลค่าของสินค้าหรือบริการต่อองค์การหรือต่อลูกค้าขององค์การซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มาดฮาวาราม(Madhavaram,et al.,2007) ได้กล่าวไว้ว่า ความสำเร็จการสร้างตราสินค้าจากการสื่อสารการตลาดเชิง

บูรณาการที่มีประสิทธิภาพนั้นทำให้ตราสินค้ามีเอกลักษณ์
ของตราสินค้า (brand identity) นอกจากนั้น เอเคอร์

(Aaker) ได้แบ่งประเภทของการวัดมูลค่าตราสินค้าไว้ 3
ประเภท ดังนี้

1. การรู้จักชื่อตราสินค้า (brand awareness)
2. ความเชื่อมโยงกับตราสินค้า (brand associations)
3. ความภักดีต่อตราสินค้า (brand loyalty)

ซึ่งนักการตลาด จะต้องมีการตรวจสอบการรับรู้
คุณค่าตราสินค้าอยู่เสมอเพื่อจะได้รู้ว่าคุณค่าตราสินค้า
ขององค์การอยู่ในระดับใด

4. ระเบียบวิธีวิจัย

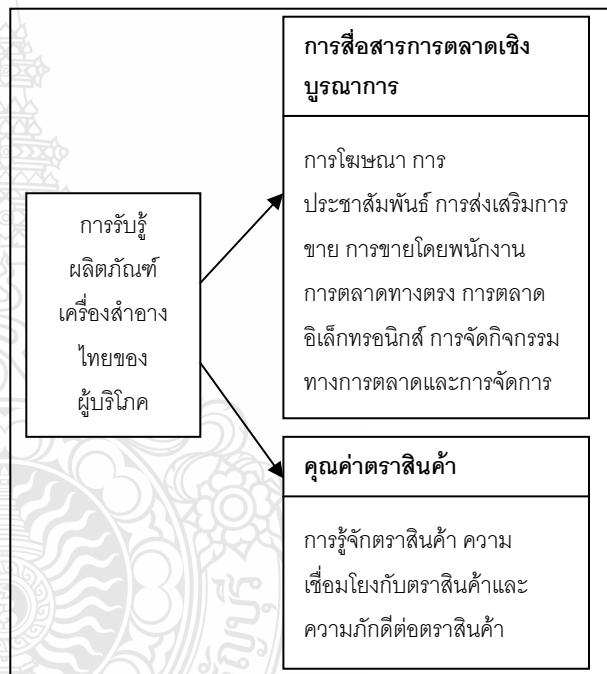
ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ การวิจัย
เชิงปริมาณ (quantitative research) โดยใช้แบบสอบถาม
จำนวน 400 ชุด ในเขตกรุงเทพมหานครและนำข้อมูลที่ได้
มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ วิธีการสุ่ม
แบบรายบุคคล หลังจากนั้นนำแบบสอบถามไปทดสอบ
ความน่าเชื่อถือได้โดยวิธีคำนวณสัมประสิทธิ์แอลฟา
ของครอนบัค (Cronbachs' alpha coefficient) พบว่าค่า
สัมประสิทธิ์แอลฟามีค่าเท่ากับ 0.96 ซึ่งถือว่ามีความ
น่าเชื่อถือได้ (reliability) และมีความตรง (validity)
ด้วยระดับความสำคัญ 96% ตารางข้างล่างแสดงถึงค่า
จากการทดสอบสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค

| Inter-item | Mean | Minimum | Maximum | Range | Max/Min |
|---------------------------|----------|---------|---------|--------|---------|
| Correlations | .3856 | -.7025 | 1.0000 | 1.7025 | -1.4236 |
| Variance | | | | | .1128 |
| Reliability Coefficients | 51 items | | | | |
| Alpha = | .9716 | | | | |
| Standardized item alpha = | .9697 | | | | |

รูปที่ 2 แสดงผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา

4.1 แผนภาพรวมของงานวิจัย

รูปแบบทฤษฎีการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการของ
(Don Schultz) ซึ่งแบ่งออกได้ 8 ด้าน การโฆษณา
การประชาสัมพันธ์ การส่งเสริมการขาย การขายโดย
พนักงาน การตลาดทางตรง การตลาดอิเล็กทรอนิกส์ การ
จัดกิจกรรมทางการตลาดและการจัดการแสดงสินค้า และ
ทฤษฎีคุณค่าตราสินค้าของ (David Aaker) แบ่งออกเป็น
3 ด้าน การรู้จักตราสินค้า ความเชื่อมโยงกับตราสินค้าและ
ความภักดีต่อตราสินค้า ถูกนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดใน
การวิจัยดังแสดงไว้ดังนี้



รูปที่ 3 แสดงแผนภาพรวมของงานวิจัย

5. ผลการศึกษา

ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 400 คน ส่วนมากเป็น
เพศหญิง มีอายุ 21-30 ปี ระดับการศึกษาปริญญาตรี มี
อาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน และมีรายได้ระหว่าง
15,001-20,000 บาท

ตารางที่ 1 ระดับการรับรู้ของผู้บริโภคที่มีต่อการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางไทย

| รูปแบบการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางไทย | ระดับการรับรู้ |
|--|----------------|
| 1. การโฆษณา | มากที่สุด |
| 2. การประชาสัมพันธ์ | มาก |
| 3. การส่งเสริมการขาย | มาก |
| 4. การขายโดยพนักงาน | มาก |
| 5. การตลาดทางตรง | มาก |
| 6. การตลาดอิเล็กทรอนิกส์ | มาก |
| 7. การจัดกิจกรรมทางการตลาด | ปานกลาง |
| 8. การจัดงานแสดงสินค้า | น้อย |

จากตารางที่ 1 สรุปว่า รูปแบบการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการของเครื่องสำอางไทย โดยภาพรวม ผู้บริโภคมีการรับรู้ในระดับมาก หากพิจารณาในรายละเอียดพบว่า การโฆษณามีผลต่อการรับรู้ของผู้บริโภคในระดับมากที่สุด ซึ่งผู้บริโภคมักมีการรับรู้อย่างกว้างขวาง และรวดเร็ว สำหรับการประชาสัมพันธ์ ส่งเสริมการขาย ขายโดยพนักงานขาย ตลาดทางตรง และตลาดอิเล็กทรอนิกส์ การรับรู้ของผู้บริโภคอยู่ในระดับมาก นอกจากนี้ผลการวิจัยยังพบว่า การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการประเภทการจัดกิจกรรมทางการตลาดระดับการรับรู้ของผู้บริโภคอยู่ในระดับปานกลาง และการจัดแสดงสินค้าอยู่ในระดับน้อย ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ระดับการรับรู้ของผู้บริโภคที่มีต่อคุณค่าตราสินค้าของเครื่องสำอางไทย

| คุณค่าตราสินค้าของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางไทย | ระดับการรับรู้ |
|--|----------------|
| 1. การรู้จักตราสินค้า | มาก |
| 2. ความเชื่อมโยงกับตราสินค้า | ปานกลาง |
| 3. ความภักดีต่อตราสินค้า | ปานกลาง |

จากตารางที่ 2 สรุปว่า การรับรู้คุณค่าตราสินค้าของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางไทย ของผู้บริโภคในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง พิจารณาในรายละเอียดพบว่าคุณค่าตราสินค้าในระดับการรู้จักตราสินค้าอยู่ในระดับมาก หมายความว่าผู้บริโภคมีความรู้จักตราสินค้าเครื่องสำอางไทย สำหรับคุณค่าตราสินค้าไทยในระดับการเชื่อมโยงกับตราสินค้า อยู่ในระดับปานกลาง การที่การเชื่อมโยงกับตราสินค้าอยู่ในระดับปานกลาง จึงทำให้ คุณค่าตราสินค้าในระดับความภักดีต่อตราสินค้าอยู่ในระดับปานกลาง เช่นกัน

6. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการเพื่อสร้างคุณค่าตราสินค้า ของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางไทย สรุปได้ดังนี้คือ

1. ระดับการรับรู้ของผู้บริโภคต่อการใช้รูปแบบการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการแตกต่างกัน สำหรับรูปแบบการสื่อสารที่มีผลต่อการรับรู้มากที่สุดคือ การโฆษณา ผู้บริโภคมีการรับรู้มากที่สุด ดังนั้นนักการตลาดควรให้ความสำคัญกับการสื่อสารการโฆษณา เพราะมีการรับรู้ที่กว้างขวางและรวดเร็ว นักการตลาดควรสร้างสรรคงานโดยการโฆษณาเพื่อเข้าถึงผู้บริโภคให้มากขึ้นสำหรับการประชาสัมพันธ์ ส่งเสริมการขาย ขายโดยพนักงานขาย ตลาดทางตรง และตลาดอิเล็กทรอนิกส์ การรับรู้ของผู้บริโภค อยู่ในระดับมาก แต่ผู้บริโภคมักมีการรับรู้ทางตลาดอิเล็กทรอนิกส์มากกว่ารูปแบบอื่น ๆ ที่อยู่ในระดับมาก

ดังนั้นนักการตลาด ควรให้ความสำคัญกับการสื่อสารทางตลาดอิเล็กทรอนิกส์เพราะเป็นช่องทางทางการสื่อสารที่เข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างรวดเร็ว เข้าถึงง่าย สามารถสื่อสารได้สองทางและค่าใช้จ่ายในการสื่อสารน้อยกว่าสื่อประเภทอื่น ๆ แต่มีระดับการรับรู้คุณค่าตราสินค้าเท่ากัน นอกจากนี้ รูปแบบการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ การจัดกิจกรรมทางการตลาด อยู่ในระดับปานกลาง เป็นเพราะการจัดกิจกรรมทางการตลาด เช่น การออกบูธของเครื่องสำอางไทยยังไม่พบมากเท่าไรนัก

ทำให้การรับรู้อยู่ในระดับปานกลาง สำหรับสื่อกลางแจ้งมีระดับการรับรู้ในระดับน้อย ดังนั้นผู้ประกอบการควรมีการปรับปรุงสื่อกลางแจ้งเช่น ด้านสถานที่ตั้ง หรือข้อมูลที่จะสื่อสารออกไปจะต้องมีสิ่งที่น่าสนใจให้มากขึ้น

2. คุณค่าตราสินค้า ของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางไทย โดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง นั้นหมายความว่าเครื่องสำอางไทย ผู้บริโภคส่วนมากยังไม่เห็นคุณค่าเท่าไรนัก เป็นเพราะปัจจุบันตลาดเครื่องสำอางของต่างประเทศเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในประเทศไทย สำหรับการพิจารณาคุณค่าตราสินค้าในรายละเอียด ระดับการรู้จักตราสินค้าไทยอยู่ในระดับมาก หมายความว่าผู้บริโภครู้จักตราสินค้าเครื่องสำอางของไทย สามารถแยกแยะได้ว่าตราสินค้าใดเป็นของไทยหรือตราสินค้าต่างประเทศแต่การตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค ในปัจจุบันมีแนวโน้มจะตัดสินใจซื้อตราสินค้าเครื่องสำอางจากต่างประเทศมากกว่า เพราะผลการวิจัยพบว่าคุณค่าตราสินค้าในระดับการเชื่อมโยงกับตราสินค้าอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งหมายความว่าสัญลักษณ์ เอกลักษณ์ คุณภาพสินค้าของตราสินค้าเครื่องสำอางไทยยังไม่สามารถทำให้ผู้บริโภคนึกถึงตราสินค้าไทยได้มากนัก จึงทำให้ระดับคุณค่าตราสินค้านี้ระดับการเชื่อมโยงอยู่ในระดับปานกลางเท่านั้น จากผลการวิจัยการเชื่อมโยงตราสินค้าเป็นเช่นนี้ จึงส่งผลกระทบต่อคุณค่าตราสินค้าในระดับความจงรักภักดีต่อตราสินค้าอยู่ในระดับปานกลางเช่นกัน หมายความว่า ผู้บริโภคมีโอกาสจะเปลี่ยนไปบริโภคเครื่องสำอางต่างประเทศได้ หากมีข้อเสนอที่ดีกว่า หรือการสื่อสารการตลาดตรงกับความต้องการของผู้บริโภค

จากผลการวิจัยเรื่องการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการ เพื่อสร้างคุณค่าตราสินค้าของเครื่องสำอางไทยดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้นักการตลาดหรือผู้ประกอบการเครื่องสำอางไทยจะต้องมีการวางแผนในการใช้รูปแบบการสื่อสารการตลาดเชิงบูรณาการอย่างรอบครอบเพื่อให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนั้นจะต้องตรวจสอบคุณค่าของตราสินค้าเครื่องสำอางไทยด้วยว่ามี

คุณค่าตราสินค้าอยู่ในระดับใด และจะต้องพยายามสร้างคุณค่าตราสินค้าเครื่องสำอางไทยให้อยู่ในระดับจงรักภักดีต่อตราสินค้าให้ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, เครื่องสำอางค้ำนำเข้าขยายตัวต่อเนื่อง ผู้ประกอบการไทยเร่งปรับตัว, วารสารศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2980) น.1-6 2553
- [2] Terence A. Shimp. "Integrated Marketing Communications in Advertising and Promotion" University of South Carolina. 2010
- [3] ธีรพันธ์ โล่ทองคำ. 2545, Brandage: IMC IN ACTION. กรุงเทพฯ:
- [4] Don Schultz, Gayle Kerr, Charles Patti, and Ilchul Kim. "An inside-out approach to integrated marketing communication" International Journal of Advertising, 27, no 4. (2008):511-548.
- [5] Duncan, T.R. (2002). IMC using advertising and promotion to build brands. Boston: McGraw-Hill/Irwin.
- [6] Don Schultz, Heidi Schultz. IMC The Next Generation. McGraw Hill, 2009.
- [7] Alyssa S. Groom. "Integrated Marketing Communication Anticipating the Age of Engage" Communication research Trends. 27.no 4 (2008) : (3019)
- [8] Chindhundu, Ranga, and Robert Hamlin. "Future of the brand management structure in FMCG." Journal of Brand Management 14, No.3 (February 2007):232-239.
- [9] Kotler, Philip and Gary, Armstrong. Principles of Marketing. Prentice-Hall, Inc., 2007.
- [10] Wallstrom, Asa, Karlsson, Ted, and Esmail Salehi-Sangari. "Building a corporate brand: The internal brand building process in Swedish service firms." Journal of Brand Management 16, no. 1/2 (August 2008): 40-50

[11] Mike Reid, Sandra Luxton, and Felix Mavondo. "The Relationship Between Integrated Marketing Communication, Marketing Orientation, and Brand Orientation". Ph.D., Marketing. Monash, 2009.

[12] David A. Aaker. Strategic Market Management. John Wiley & Sons, 2007.

[13] Sreedhar Madhavaram, Vishag Badrinarayanan, and Robert E. McDonald. "Integrated Marketing Communication (IMC) and Brand Identity as Critical Components of Brand Equity Strategy". Ph.D., Marketing. Texas Tech, 2007.



การพัฒนาโปรแกรมคำนวณต้นทุนการผลิตและราคาขาย สำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

สาโรช เวโรจน์¹ นิธิ อัทธิต^{2*} วุฒินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ² ชาญเดช หลูอนันต์² อัมพร โพธิ์ไย² และวีระเดช วุฒิพรพันธ์¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

²ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) สังกัด ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

51/4 หมู่ที่ 1 ถนนสุวินทวงศ์ ตำบลวังตะเคียน อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

E-mail: nithi.atthi@nectec.or.th*

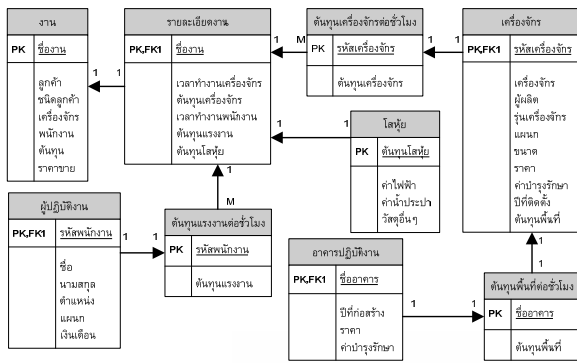
บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลและโปรแกรมคำนวณต้นทุนการผลิตและราคาขายสำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำของศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ โดยออกแบบให้เป็นโปรแกรมที่สามารถทำงานบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ภาษาจาวาและภาษามายด์เอสคิวแอล (MySQL) ในการพัฒนาความสามารถของโปรแกรมจะครอบคลุมถึงการวิเคราะห์ต้นทุนแรงงาน ต้นทุนวัสดุและสารเคมี รวมถึงต้นทุนค่าเสียหายอื่นๆ การออกแบบการทำงานของโปรแกรมได้ออกแบบให้สอดคล้องกับการทำงานของระบบควบคุมการผลิตภายในศูนย์ฯ นอกจากนั้นโปรแกรมยังสามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลในแต่ละล็อตการผลิตและหาจุดคุ้มทุนโดยอาศัยข้อมูลทางการตลาดของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เพื่อกำหนดกลยุทธ์ด้านการตลาดในการแข่งขัน จากการสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อโปรแกรมหักด้วยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 จากคะแนนเต็ม 5.0 คะแนน ซึ่งถือว่ามีค่าความพึงพอใจมากในการใช้งานโปรแกรม

คำสำคัญ ต้นทุนกิจกรรม กระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ โปรแกรมคำนวณต้นทุนการผลิต

1. บทนำ

กระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจัดว่าเป็นกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนอาจมีขั้นตอนการผลิตสูงถึง 1,500 ขั้นตอน ซึ่งมีการใช้เครื่องจักร พนักงาน และวัตถุดิบในการผลิตเป็นจำนวนมาก อีกทั้งมีอายุของผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างสั้น [1] และต้องแก้ไขข้อมูลต้นทุนให้เป็นปัจจุบันเสมอ จึงทำให้การคำนวณต้นทุนการผลิตมีความยุ่งยากและซับซ้อน ปัจจุบันทางศูนย์ฯได้ใช้งานโปรแกรมคำนวณต้นทุนที่พัฒนาจากโปรแกรมประเภทตาราง ที่อาศัยการส่งข้อมูลและการคำนวณแบบเชื่อมต่อเซลล์ จึงทำให้โปรแกรมมีข้อจำกัดคือ (1) ต้องใช้โปรแกรมดังกล่าว 1 ไฟล์ ต่อการคำนวณ 1 ครั้ง (2) การแก้ไขค่าคงที่ในการคำนวณจะต้องแก้ไขในทุกๆ ไฟล์ที่ได้คำนวณไปแล้วในอดีต (3) ไม่สามารถนำข้อมูลในแต่ละล็อตการผลิตมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบปัจจัยร่วมกัน และ (4) โปรแกรมในปัจจุบันมีการทำงานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลไม่สามารถทำงานบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ทำให้ไม่สะดวกในการใช้งานงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคำนวณต้นทุนและราคาขายสำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทำงานบนระบบเครือข่าย โดยจะพัฒนาในส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานและการวิเคราะห์ผล ให้มีความสะดวกต่อการใช้งานและสามารถปรับเปลี่ยนค่าคงที่และต้นทุนที่ใช้ในการคำนวณจากไฟล์ฐานข้อมูลหลักได้



รูปที่ 3. แผนภาพความสัมพันธ์ของกลุ่มข้อมูลต้นทุน

2.4 การพัฒนาส่วนคำนวณต้นทุนการผลิต ราคาขาย และการวิเคราะห์ข้อมูลทางการตลาด

จากการเปรียบเทียบวิธีการคำนวณต้นทุนการผลิตที่ใช้ในปัจจุบันพบว่ามีความถูกต้องตามหลักการคำนวณต้นทุนตามกิจกรรม ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้สมการคำนวณต้นทุนตามรูปแบบโปรแกรมในปัจจุบันและได้เปรียบเทียบความถูกต้องของผลการคำนวณในขั้นตอนของการสรุปผลการทดลอง ทั้งนี้ในส่วนคำสั่งของโปรแกรมและการคำนวณทั้งหมด ผู้วิจัยได้เลือกใช้ภาษาจาวาและโปรแกรมอีclipse เพื่อการพัฒนาเนื่องจากทั้งคู่เป็นโปรแกรมแบบเปิด (Open source) ที่มีแหล่งความรู้เป็นจำนวนมาก และสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องซื้อลิขสิทธิ์ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาโปรแกรมให้ใช้งานบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้ดี [3] ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรมอาพาเซ่ทอมแคท (Apache Tomcat) สำหรับการจำลองระบบเครือข่าย ขอบเขตการทำงานของโปรแกรมจะครอบคลุมการให้บริการทุกด้านของศูนย์ฯ ประกอบด้วย (1) การผลิตต้นแบบลายวงจร (2) การผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (3) การให้บริการด้านเครื่องมือวิเคราะห์ และ (4) การบริการให้คำแนะนำ การบันทึกข้อมูลจะมีทั้งแบบการกรอกข้อมูลด้านเวลาการให้บริการตามแบบฟอร์มที่กำหนด และการให้โปรแกรมหาต้นทุนการผลิตตามขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกันในแต่ละล็อตการผลิต นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถวิเคราะห์ต้นทุน จุดคุ้มทุนในการผลิตตามข้อมูลประสิทธิภาพของการผลิต ส่วนลดราคาขาย รวมถึงวิเคราะห์

ข้อมูลทางการตลาด และความต้องการของลูกค้า เพื่อสร้างรายงานสรุปต้นทุนและราคาขายสำหรับผู้บริหาร และสามารถออกไปเสนอราคาโดยอัตโนมัติ

2.5 การประเมินการออกแบบและการทำงานของโปรแกรมด้วยแบบสอบถามและการวิเคราะห์เชิงสถิติ

หลังจากการพัฒนาโปรแกรม ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบผลการคำนวณของโปรแกรมว่ามีความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณด้วยโปรแกรมในปัจจุบันเพียงใด และได้จัดทำแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจากผู้ใช้งานของศูนย์ฯ โดยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง [4] จำนวน 10 คน ในแบบประเมินความพึงพอใจได้แบ่งหัวข้อคำถามออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ (1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน (2) ประสิทธิภาพในการใช้โปรแกรมคำนวณต้นทุน และ (3) ความพึงพอใจต่อการใช้งานโปรแกรมที่พัฒนา จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจด้วยวิธีการแบ่งช่วงคะแนนของลิเคิร์ต (Likert Scale) [5] ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ช่วงคะแนนการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจ

| ช่วงคะแนน | ความพึงพอใจ |
|-------------|-------------------------|
| 1.00 - 1.80 | ไม่พึงพอใจ |
| 1.81 - 2.60 | พึงพอใจในระดับน้อย |
| 2.61 - 3.40 | พึงพอใจในระดับปานกลาง |
| 3.41 - 4.20 | พึงพอใจในระดับมาก |
| 4.21 - 5.00 | พึงพอใจในระดับมากที่สุด |

3. ผลการวิจัย

3.1 การทำงานของโปรแกรม

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างหน้าต่างการใช้งานของโปรแกรมที่ได้พัฒนาในส่วนของการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำซึ่งเป็นส่วนที่ซับซ้อนที่สุด เนื่องจากระบบต้องสืบค้นฐานข้อมูลต่างๆ เพื่อการวิเคราะห์ต้นทุนรวมของขั้นตอนการผลิตในแต่ละล็อตที่มีขั้นตอนการผลิตแตกต่างกันและ ผู้ใช้งานจะต้องกำหนดข้อมูลที่จำเป็นให้กับโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณต้นทุนการผลิต โดยในหน้าการป้อนข้อมูล ผู้ใช้งานสามารถกำหนด (1) รายละเอียดปริมาณการผลิต

(2) ข้อมูลด้านการตลาดและความต้องการของลูกค้า ดังแสดงในรูปที่ 4

(1) **Marketing optimizer**

Operator type = Operator_only
 Wafer size = 100 mm
 Device in die = 1 Pieces
 Wafer type = Prime_wafer_N-type_5-8_ohmic

Mask set cost = 300 Baht/project
 Packaging cost = 120 Baht/die
 administration cost = 150 Baht/project
 Other expense cost = 200 Baht/project

(2) **Marketing optimizer**

TMEC target cost/device = 35 \$/device
 TMEC target profit/device = 10 % from cost
 # of device ordering = 100000 device
 Customer target prices/device = 65 \$/device
 Device market prices = 65 \$/device
 Process yield (Lot yield) = 100 %
 Process yield (die yield) = 100 %

รูปที่ 4. หน้าจอบันทึก (1) รายละเอียดปริมาณการผลิต

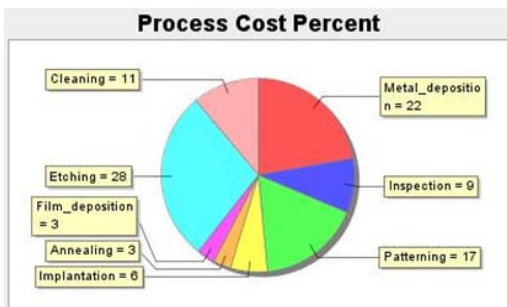
(2) ข้อมูลด้านการตลาดและความต้องการของลูกค้า

โปรแกรมสามารถค้นหาข้อมูลต้นทุนจากฐานข้อมูล และแสดงขั้นตอนการผลิตตามกระบวนการผลิตดังรูปที่ 5 เพื่อคำนวณต้นทุนในแต่ละขั้นตอนการผลิต ต้นทุนต่อหน่วยการผลิต รวมถึงสัดส่วนของต้นทุนและเวลาในแต่ละขั้นตอนของการผลิตในรูปแบบแผนภูมิวงกลมดังแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7 นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทดสอบความถูกต้องของผลการคำนวณจากกระบวนการผลิตจำนวน 80 ขั้นตอนที่ได้จากโปรแกรมปัจจุบันเปรียบเทียบกับผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา ซึ่งผลการคำนวณที่ได้นั้นถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ของทุกกระบวนการผลิต ดังแสดงข้อมูลการเปรียบเทียบในรูปที่ 8

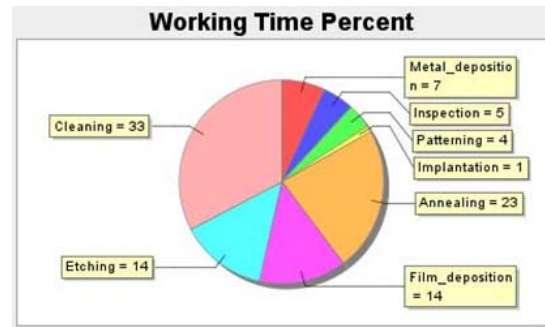
Process Step Detail

| No. | Process | Stage | Machine | Recipe | Time(h) | Time(m.) |
|-----|-----------------|------------|---------|--------|---------|----------|
| 1. | Cleaning | AWB | AWB1 | AAA | 1 | 0 |
| 2. | Filmdeposition1 | DRYOX | TFN1 | BBB | 2 | 0 |
| 3. | Thicknessmeas | THK_MEA | ESM1 | CCC | 0 | 20 |
| 4. | Filmdeposition2 | SIN | LPD1 | DDD | 3 | 0 |
| 5. | Thicknessmeas | THK_MEA | ESM1 | EEE | 0 | 20 |
| 78. | Ashing | ASH | HAS1 | XXx | 1 | 0 |
| 79. | Cleaning | STRIP_BACK | MQB1 | YYy | 0 | 20 |
| 80. | Sintering | SINTER | TRF1 | ZZz | 1 | 0 |

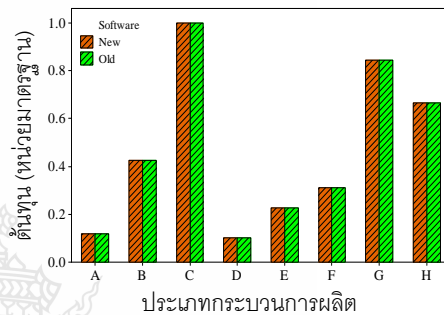
รูปที่ 5. หน้าจอแสดงขั้นตอนและรายละเอียดของกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 6. แผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนต้นทุนในการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 7. แผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนเวลาในการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 8. แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมใหม่และโปรแกรมปัจจุบัน

นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนที่สัมพันธ์กับค่าประสิทธิภาพการผลิต อัตราการผลิต ราคาเป้าหมายของลูกค้า ปริมาณความต้องการของลูกค้า และปัจจัยทางการตลาดที่กำหนดขึ้นมา เพื่อกำหนดปริมาณการผลิตและราคาขายที่เหมาะสมสามารถแข่งขันได้ โดยจะแสดงข้อความ "Accepted" ดังรูปที่ 9 อีกทั้งยังสามารถเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตสำหรับล็อตการผลิตต่างๆ ตั้งแต่ 2 กระบวนการผลิต เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตระหว่างล็อตที่มีผลต่อต้นทุนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 10

| No. wafer | Project cost | Total Device | Device cost | Device cost (by yield) | Cost conclusions |
|-----------|--------------|--------------|-------------|------------------------|------------------|
| 1 | 100,035.63 | 530 | 188.75 | 188.75 | |
| 2 | 106,711.63 | 1,060 | 100.67 | 100.67 | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 150 | 1,285,977.23 | 79,500 | 16.18 | 16.18 | |
| 175 | 1,497,509.06 | 92,750 | 16.15 | 16.15 | |
| 200 | 1,698,393.64 | 106,000 | 16.02 | 16.02 | Accepted |
| 225 | 1,909,925.47 | 119,250 | 16.02 | 16.02 | Accepted |

รูปที่ 9. หน้าจอแสดงการคำนวณหาจุดคุ้มทุนและเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกำหนดราคาขาย

| No. | Project | Lot | Costproject (Baht) | Total # of wafer (lot Yield) | Total # of device (die yield) | Cost/wafer (Baht) | Cost/device (Baht) | No. of steptlot | Time(hr.) |
|---------|-----------|-----|--------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|-----------|
| 1 | Project_A | A_3 | 12,109,303.00 | 25.00 | 100,000.00 | 484,372.00 | 121.00 | 31.00 | 23.90 |
| 2 | Project_A | A_1 | 260,259.00 | 25.00 | 100,000.00 | 10,410.00 | 2.00 | 80.00 | 45.75 |
| Summary | | | 260,259.83 | Same | Same | 10,410.39 | 2.60 | 31.00 | 23.90 |

| No. | Project | Lot | Prices/device (Baht) | Profit/wafer (Baht) | Profit/device (Baht) | % of profit (actual yield) | Discount margin (Baht) | |
|---------|-----------|-----|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|------|
| 1 | Project_A | A_3 | 191.00 | 281,997.00 | 70.00 | 58.00 | 58.00 | 0.00 |
| 2 | Project_A | A_1 | 12.00 | 39,640.00 | 9.00 | 380.00 | 380.00 | 0.00 |
| Summary | | | 12.51 | 39,640.05 | 9.91 | 58.22 | 58.22 | Same |

รูปที่ 10. ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยการผลิตระหว่างล๊อตที่มีผลต่อต้นทุนการผลิต

3.2 การวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจต่อโปรแกรม

ผลการสำรวจโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อโปรแกรมและสรุปผลความพึงพอใจออกมา ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจในทุกๆ ด้านเท่ากับ 4.13 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.81 โดยมีหัวข้อที่ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดได้แก่ความสามารถของโปรแกรมครอบคลุมต่อความต้องการการจัดหมวดหมู่ของโปรแกรมง่ายต่อการเข้าถึง และความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล จึงสรุปได้ว่าผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจต่อโปรแกรมในระดับมาก

ตารางที่ 2. คะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม

| รายการ | \bar{X} | ระดับความพึงพอใจ |
|---|-----------|------------------|
| 1. การรักษาความปลอดภัยของระบบ | 4.00 | มาก |
| 2. ความสามารถของโปรแกรมครอบคลุมต่อความต้องการ | 4.62 | มากที่สุด |
| 3. การจัดหมวดหมู่ของโปรแกรมง่ายต่อการเข้าถึง | 4.40 | มากที่สุด |

| รายการ | \bar{X} | ระดับความพึงพอใจ |
|--|-----------|------------------|
| 4. รูปแบบของการจัดวางอ่านง่าย | 3.80 | มาก |
| 5. ความสะดวกของการกรอกค่า | 3.90 | มาก |
| 6. ความสะดวกในการเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง | 3.60 | มาก |
| 7. ความเสถียรของโปรแกรม | 4.10 | มาก |
| 8. ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล | 4.63 | มากที่สุด |
| คะแนนเฉลี่ย | 4.13 | มาก |

4. สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรมคำนวณต้นทุนและราคาขายสำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำของศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ โดยโปรแกรมจะทำงานบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตภายในและมีระบบฐานข้อมูลเพื่อการคำนวณ อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์จุดคุ้มทุนการผลิต เปรียบเทียบต้นทุนในแต่ละล๊อต สร้างรายงานสรุปผล และออกไปเสนอราคาโดยอัตโนมัติ ซึ่งจากการสำรวจความพึงพอใจพบว่าผู้ใช้งานมีความพอใจต่อโปรแกรมนี้ในระดับมาก

เอกสารอ้างอิง

วิทยานิพนธ์

- [1] นิธิ อัดถิ, การศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโครงสร้างจุลภาค 3 มิติ ด้วยกระบวนการถ่ายแบบลายวงจรขึ้นตอนเดียวโดยใช้กระจกต้นแบบชนิดความหนาชั้นฟิล์มหลายระดับ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2551.
- [2] สิริมา คำของ, การปรับปรุงต้นทุนการผลิตโดยใช้วิธีต้นทุนกิจกรรม กรณีศึกษาโรงงานผลิตสีไม้เพื่อการเรียนรู้สำหรับเด็ก, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ, 2548.

[3] จำรัส โล่ห์สถาพรพิทักษ์, การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อให้บริการข้อมูลต้นทุนในการก่อสร้างอาคาร, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, 2551.

[4] ทรรษา มิ่งมาลัยรักษ์, การพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่องานการคำนวณต้นทุนการผลิตเครื่องจักร กรณีศึกษา: ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอส.วี.แมชชีนเนอร์รี่, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2545.

[5] ธเนศ วงศ์ศรีชลาลัย, การประยุกต์ใช้ระบบต้นทุน กิจกรรม ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ, 2543.



การพัฒนาเครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติด้วยวิธีการวิเคราะห์จำแนกประเภท

สายัณห์ เชนวิถีสุข¹ และ จิรศิริพงษ์ เจริญภักดิ์ทาร์กษ²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จังหวัดปทุมธานี 12120

E-mail: sayanc@scg.co.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการตรวจสอบคัดแยกกระเบื้องแต่ละรุ่น เพื่อให้มีกระเบื้องที่มีสีเหมือนกันอยู่ในรุ่นเดียวกันยังคงใช้พนักงานตรวจสอบด้วยสายตา ซึ่งพบว่าเกิดความคลาดเคลื่อนสูง บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาปรับปรุงวิธีการตรวจสอบสีกระเบื้องเพื่อให้ได้เครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องแบบอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วยระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์และโปรแกรมการวิเคราะห์จำแนกประเภท จากการทดลองใช้เครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นในการตรวจสอบสีกระเบื้อง 2 รุ่น ขนาด 300 mm. x 300 mm. ได้แก่ รุ่น 34 จำนวน 440 แผ่น และรุ่น 70 จำนวน 330 เปรียบเทียบกับการใช้พนักงานตรวจสอบ พบว่าเครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติสามารถจำแนกการแบ่งกลุ่มได้ถูกต้องร้อยละ 96.88 พนักงานสามารถจำแนกการแบ่งกลุ่มได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 67.5

คำสำคัญ การวิเคราะห์จำแนกประเภท, การตรวจสอบสีกระเบื้อง, ระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์

1. บทนำ

ในกระบวนการผลิตกระเบื้องเซรามิกนั้นต้องการผลิตให้กระเบื้องมีสีเหมือนกันทุกแผ่นรวมถึงในการผลิตซ้ำก็ต้องให้มีสีเหมือนเดิม แต่เนื่องจากการปัจจัยต่างๆในการผลิต เช่น คุณภาพของวัตถุดิบ อุณหภูมิในการเผา หรือปัจจัยอื่นๆ อีกหลายปัจจัยทำให้การผลิตกระเบื้องไม่สามารถควบคุมสีให้เหมือนกันได้ทั้งหมด และในการ

ตรวจสอบสีของกระเบื้องนั้นปัจจุบันจะใช้พนักงานตรวจสอบด้วยการดูเปรียบเทียบกับกระเบื้องตัวอย่าง มาตราฐานว่าสีเหมือนกันหรือแตกต่างกัน การใช้คนตรวจสอบนั้นจะมีความผิดพลาดสูงเนื่องจากใช้วิจารณญาณส่วนตัวในการทำงานมาประกอบการตัดสินใจ ซึ่งมาตราฐานของแต่ละบุคคลนั้นไม่เหมือนกันทำให้พบว่ามีกรร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องกระเบื้องมีสีเข้มอ่อนไม่เหมือนกัน งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติ โดยการแปลงข้อมูลภาพ (Image Data) ของกระเบื้อง เป็นข้อมูลตัวเลข (Numerical Data) ของค่าสีแดง, เขียวและน้ำเงิน และประยุกต์เทคนิคการวิเคราะห์จำแนกประเภท (Discriminant Analysis) เพื่อสร้างฟังก์ชันการจำแนกรุ่นกระเบื้อง สำหรับตรวจสอบสีคัดแยกรุ่นกระเบื้อง ซึ่งส่งผลให้ลดความผิดพลาดจากการตรวจสอบสีกระเบื้องของพนักงานผลิตและสามารถลดจำนวนพนักงานผลิตในการตรวจสอบสีกระเบื้องลงได้

การวิเคราะห์การจำแนกประเภท (Discriminant Analysis) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์หรือการหาสาเหตุเทคนิคหนึ่ง โดยมีตัวแปรตาม 1 ตัว (Y) ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ และมีตัวแปรอิสระ p ตัว (X_1, X_2, \dots, X_p) โดย $p \geq 1$ การวิเคราะห์การจำแนกประเภทคล้ายกับการวิเคราะห์ความถดถอย คือ มีตัวแปรตาม 1 ตัว ตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว ต่างกันตรงที่ลักษณะหรือชนิดของตัวแปรตาม โดยที่การวิเคราะห์ความถดถอยตัวแปรตามคือตัวแปรเชิงปริมาณ ในขณะที่การวิเคราะห์การจำแนก

ประเภท ตัวแปรตามคือตัวแปรเชิงคุณภาพหรือตัวแปรเชิงกลุ่ม [1]

ตัวแปรตามเชิงคุณภาพหรือตัวแปรเชิงกลุ่ม (Y) ของการวิเคราะห์จำแนกประเภท เรียกว่าเป็นตัวแปรที่แสดงกลุ่ม นั่นคือ การวิเคราะห์จำแนกประเภทเป็นเทคนิคที่มีการแบ่งกลุ่มคน สัตว์ สิ่งของ องค์กร ฯลฯ ออกเป็นกลุ่มย่อยอย่างน้อย 2 กลุ่มขึ้นไป ดังนั้น ตัวแปรตามจะระบุกลุ่มที่แต่ละหน่วยอยู่ เช่น ถ้าแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ตัวแปรตาม Y จะมีค่า 1 หรือ 2 หรือ 3 โดยผู้ศึกษาจะต้องเป็นผู้แบ่งกลุ่มมาก่อนที่จะให้แต่ละหน่วยอยู่กลุ่มใด และแต่ละกลุ่มจะไม่มี การซ้ำซ้อนกัน โดยมีหลักเกณฑ์ในการแบ่ง คือ ให้หน่วยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมีความคล้ายกันในปัจจุบันหรือตัวแปรที่ใช้ในการแบ่งกลุ่ม ส่วนหน่วยที่อยู่ต่างกลุ่มกันจะมีความแตกต่างกันในตัวแปรที่ใช้แบ่งกลุ่ม ดังนั้นผู้ศึกษาจะต้องเป็นผู้กำหนดจำนวนกลุ่มและเป็นผู้ทำการแบ่งประเภทจากข้อมูลที่มีอยู่ นั่นคือการแบ่งกลุ่มต้องทำมาก่อนและใช้เทคนิคการวิเคราะห์จำแนกประเภท โดยการสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม กับตัวแปรที่คาดว่าเป็นสาเหตุ แล้วนำสมการที่ได้พยากรณ์ข้อมูลรายใหม่ว่าจะอยู่ในประเภทใด

สำหรับการตรวจสอบนั้นถ้าใช้ข้อมูลทั้งหมดสร้างฟังก์ชัน แล้วใช้ฟังก์ชันที่สร้างขึ้นพยากรณ์ข้อมูลชุดเดิมกรณีนี้จะทำให้ร้อยละของการพยากรณ์ถูกต้องค่อนข้างสูง [5] จึงจะแบ่งหน่วยข้อมูลเป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 : กลุ่มตัวอย่างในการสร้างฟังก์ชันการจำแนก (Training Data) เพื่อสร้างฟังก์ชันจำแนกประเภท

ส่วนที่ 2 : กลุ่มตัวอย่างในการตรวจสอบ (Testing Data) นำฟังก์ชันจำแนกประเภทที่สร้างจากข้อมูลส่วนที่ 1 มาพยากรณ์ข้อมูลในส่วนที่ 2 แล้วจึงทำการหาอัตราส่วนการจำแนกได้ถูกต้อง (Hit Ratio) จะเป็นสิ่งที่ชี้ว่าฟังก์ชันจำแนกสามารถจัดกลุ่มได้ถูกต้องเพียงใด อัตราส่วนการจำแนกได้ถูกต้องที่ยอมรับได้ควรมีค่าร้อยละที่สูงเพียงพอ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วิธีการทดลองการตรวจสอบสีกระเบื้อง

2.1.1 การตรวจสอบสีกระเบื้องจากกระเบื้องตัวอย่างโดยพนักงานตรวจสอบคุณภาพ

ในการตรวจสอบสีกระเบื้องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกกลุ่มกระเบื้องในรุ่น 34 และรุ่น 70 เพื่อจะนำไปทดลองกับเครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องที่สร้างขึ้น โดยจะใช้กระเบื้องแบบสี่เหลี่ยมไม่มีลวดลายชื่อ นวพล ขนาด 300 มม. X 300 มม. รุ่น 34 และรุ่น 70 กล่าวคือกระเบื้องรุ่น 34 เป็นกระเบื้องที่มีสีอ่อนกว่ารุ่น 70 โดยให้พนักงานตรวจสอบคุณภาพแบ่งกระเบื้องออกเป็น 2 ชุด คือ

ชุดที่ 1 กลุ่มตัวอย่างในการสร้างฟังก์ชันการจำแนกรุ่นกระเบื้อง (Training Data) โดยจะใช้กระเบื้องรุ่น 34 และ รุ่น 70 อย่างละ 10 แผ่น ซึ่งกระเบื้องที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการสร้างฟังก์ชันการจำแนกรุ่นกระเบื้องนี้จะ เป็นกระเบื้องที่พนักงานตรวจสอบสามารถจำแนกกลุ่มรุ่น 34 และรุ่น 70 ได้อย่างถูกต้องชัดเจน

ชุดที่ 2 กลุ่มตัวอย่างในการทดสอบ (Testing Data) เพื่อทดสอบฟังก์ชันการจำแนกรุ่นกระเบื้องที่จะสร้างขึ้นมาว่าสามารถจัดกลุ่มรุ่นกระเบื้องได้ถูกต้องหรือไม่ โดยจะใช้กระเบื้องรุ่น 34 จำนวน 440 แผ่น และรุ่น 70 จำนวน 330 แผ่น ซึ่งกระเบื้องทั้งหมดนี้พนักงานตรวจสอบจะเป็นผู้ทำการคัดแยกรุ่นและตรวจสอบความถูกต้องทั้งหมดก่อน

2.1.2 การตรวจสอบสีกระเบื้องจากกระเบื้องตัวอย่างโดยเครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติ

การตรวจสอบสีโดยใช้เครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างฟังก์ชันการจำแนกรุ่นกระเบื้องด้วยข้อมูลตัวอย่างชุดที่ 1 และทดสอบด้วยข้อมูลตัวอย่างชุดที่ 2 โดยใช้กระเบื้องกลุ่มตัวอย่างที่คัดแยกโดยพนักงานตรวจสอบคุณภาพจากหัวข้อ 2.1.1

เครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องตามรูปที่ 1 กระเบื้องจะถูกลำเลียงมาบนสายพานการผลิต และจะถูกถ่ายภาพด้วยกล้อง CCD ทีละแผ่น โปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual Basic) จะทำการแปลงข้อมูลภาพให้เป็นข้อมูลเชิงตัวเลขของค่าเฉลี่ยสีแดง, สีเขียว, สีน้ำเงิน, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สีแดง, สีเขียวและสีน้ำเงิน และเก็บข้อมูลเชิงตัวเลขทั้งหมดนี้ด้วยตารางของโปรแกรมไมโครซอฟท์แอคเซส (Microsoft Access) เพื่อจะนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS 13.0 [1] และ [2] ในการสร้างฟังก์ชันการจำแนกประเภทกระเบื้องต่อไป หลังจากนั้นจึงใช้กระเบื้องตัวอย่างชุดที่ 2 จำนวน 770 แผ่น ชุดเดียวกันกับที่ใช้ในหัวข้อ 2.1.1 ทดสอบฟังก์ชันว่ามีความสามารถในการแยกกลุ่มกระเบื้องเพียงพอรึหรือไม่

2.2 การพัฒนาฟังก์ชันที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มกระเบื้อง

ในการพัฒนาตัวแบบหรือฟังก์ชันที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มกระเบื้องมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 1 เครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติ

1. กำหนดองค์ประกอบของฟังก์ชันดังนี้

ตัวแปรตาม (Dependent Variable) เป็นค่าตัวเลขที่ใช้จำแนกกลุ่มกระเบื้องซึ่งคำนวณมาจากฟังก์ชันการจำแนกกลุ่มกระเบื้องที่สร้างขึ้นมา เพื่อใช้ในการบอกว่กระเบื้องนั้น ๆ อยู่ในรุ่น 34 หรือรุ่น 70

ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่

- 1) ค่าเฉลี่ยสีแดง
- 2) ค่าเฉลี่ยสีเขียว
- 3) ค่าเฉลี่ยน้ำเงิน
- 4) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสีแดง
- 5) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสีเขียว
- 6) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสีน้ำเงิน

2. นำข้อมูลเชิงตัวเลขของค่าเฉลี่ยสีแดง, สีเขียว, สีน้ำเงิน, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสีแดง, สีเขียวและสีน้ำเงิน

ของกระเบื้องกลุ่มตัวอย่างสำหรับสร้างฟังก์ชันการจำแนกประเภท (Training Data) จากข้อ 2.1.1 ไปใช้ในการสร้างฟังก์ชันการจำแนกกลุ่มกระเบื้องโดยใช้โปรแกรม SPSS 13.0

3. ทำการตรวจสอบคุณสมบัติของตัวแปรอิสระว่าสามารถนำไปใช้ในการสร้างฟังก์ชันจำแนกกลุ่มได้

4. การทดสอบความถูกต้องของฟังก์ชันการจำแนกรุ่นกระเบื้อง โดยใช้ข้อมูลตัวอย่างชุดที่ 2 จากหัวข้อ 2.1.1

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการวิเคราะห์จำแนกประเภท

การตรวจสอบคุณสมบัติของตัวแปรอิสระ พบว่ามีคุณสมบัติเหมาะสม สามารถนำไปใช้ในการสร้างฟังก์ชันจำแนกประเภทได้ [3] นั่นคือ

1. ตัวแปรอิสระทุกตัวมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)
2. เมทริกซ์ความสัมพันธ์ร่วม (Variance – Covariance Matrix) ของแต่ละกลุ่มเท่ากัน

ผลจากการวิเคราะห์จำแนกประเภทโดยใช้ตัวแปรอิสระทั้งหมด 6 ตัวแปร ทำให้ได้ฟังก์ชันจำแนกรุ่นกระเบื้องดังสมการ (1) ดังนี้

$$Z = -16.658 \times (\text{Red}) + 21.090 \times (\text{Green}) - 10.573 \times (\text{Blue}) + 50.784 \times (\text{RedSD}) + 4.123 \times (\text{GreenSD}) - 31.572 \times (\text{BlueSD}) + 137.305 \quad (1)$$

ค่า Z ที่คำนวณได้จากฟังก์ชันของตัวแปรอิสระทั้ง 6 ตัวแปรจะเป็นค่าคะแนนที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มกระเบื้องซึ่งค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรอิสระเป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ยังไม่ได้ปรับให้อยู่ในรูปมาตรฐาน แต่เนื่องจากใช้วิธีการคำนวณการจำแนกโดยตรงจากตัวแปรอิสระทุกตัว (Simultaneous หรือ Direct method) จึงจะให้ความสำคัญกับตัวแปรอิสระทุกตัวเท่าๆกัน [4] และ [5]

เมื่อได้ฟังก์ชันจากการวิเคราะห์จำแนกประเภทแล้ว ขั้นตอนต่อมา คือ การคำนวณหาจุดแบ่งแยก (Cutoff

Point) ซึ่งเป็นจุดแบ่งระดับคะแนนจำแนกประเภทว่าควรเป็นสมาชิกของกลุ่มใด โดยใช้ค่าจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่ม (Group Centroids) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ค่าจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มกระเบื้อง (Group Centroids) และจุดแบ่งแยก (Cut off Point)

| กลุ่มกระเบื้อง | ค่ากลางแต่ละกลุ่ม | จุดแบ่งแยก |
|----------------|-------------------|------------|
| 34 | -4.705 | $Z < 0$ |
| 70 | 4.705 | $Z > 0$ |

จากตารางที่ 1 พบว่าระดับคะแนนจำแนกประเภทที่เป็นจุดแบ่งแยกซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นสมาชิกของแต่ละกลุ่ม คือ 0 นั่นคือ หากกระเบื้องแผ่นใดมีค่า Z น้อยกว่า 0 จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มกระเบื้องรุ่น 34 และหากกระเบื้องแผ่นใดมีค่า Z มากกว่า 0 จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มกระเบื้องรุ่น 70

3.2 ผลการทดสอบความสามารถของฟังก์ชันในการแบ่งกลุ่มของกระเบื้องทดสอบ

ในการทดสอบความสามารถในการแบ่งกลุ่มของฟังก์ชันแบ่งกลุ่มกระเบื้องโดยใช้ค่าเฉลี่ยของสี Red, Green, Blue และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ Red, Green, Blue จากการถ่ายภาพด้วยกล้อง CCD ของกระเบื้องสีขาว นวพล ขนาด 300 mm. x 300 mm. จำนวน 2 กลุ่ม คือ กระเบื้องรุ่น 34 จำนวน 440 แผ่น และรุ่น 70 จำนวน 330 แผ่นซึ่งกระเบื้องทั้งหมดได้ผ่านการตรวจแบ่งกลุ่มจากพนักงานตรวจสอบคุณภาพแล้ว โดยผลการทดสอบความสามารถฟังก์ชันแบ่งกลุ่มกระเบื้องได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. การทดสอบความถูกต้องในการแบ่งกลุ่มกระเบื้องของฟังก์ชัน

| ชนิดกระเบื้อง | ผลการแบ่งกลุ่มกระเบื้องจากฟังก์ชัน | | รวม (แผ่น) |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------|------------|
| | รุ่น 34 | รุ่น 70 | |
| รุ่น 34 (จำนวน 440 แผ่น) | 433 (แผ่น) (98.40%) | 7 (แผ่น) (1.60%) | 440 (100%) |
| รุ่น 70 (จำนวน 330 แผ่น) | 17 (แผ่น) (5.15%) | 313 (แผ่น) (94.85%) | 330 (100%) |

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าฟังก์ชันแบ่งกลุ่มกระเบื้องสามารถแบ่งกลุ่มได้ถูกต้องจำนวน 746 แผ่น จากจำนวนทั้งหมด 770 แผ่น คิดเป็นร้อยละ 96.88 โดยสามารถจำแนกกลุ่มกระเบื้องรุ่น 34 ได้ถูกต้องจำนวน 433 แผ่น จากกระเบื้องรุ่น 34 ทั้งหมด 440 แผ่น คิดเป็นร้อยละ 98.40 และสามารถจำแนกกลุ่มกระเบื้องรุ่น 70 ได้ถูกต้องจำนวน 313 แผ่น คิดเป็นร้อยละ 94.85 ทั้งนี้มีการจำแนกกลุ่มกระเบื้องที่ผิดพลาดอยู่ 24 แผ่น จากจำนวนกระเบื้องทั้งหมด 770 แผ่น คิดเป็นร้อยละ 3.12

3.3 การเปรียบเทียบผลกับพนักงาน

ในการทดสอบความสามารถของพนักงานในการตรวจสอบการแบ่งกลุ่มกระเบื้องโดยใช้กระเบื้องสีขาว นวพล ขนาด 300 mm. x 300 mm. จำนวน 2 กลุ่ม คือ กระเบื้องรุ่น 34 จำนวน 20 แผ่น และรุ่น 70 จำนวน 20 แผ่น ได้ผลการทดสอบความสามารถในการแบ่งกลุ่มกระเบื้องของพนักงาน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. ความถูกต้องในการแบ่งกลุ่มกระเบื้องของพนักงาน

| ชนิดกระเบื้อง | เปรียบเทียบ%ความถูกต้องในการแบ่งกลุ่ม | |
|---------------|---------------------------------------|---------|
| | เครื่องตรวจสอบสี | พนักงาน |
| รุ่น 34 | 98.40% | 65.0% |
| รุ่น 70 | 94.85% | 70.0% |
| รวม | 96.88% | 67.5% |

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าพนักงานสามารถจำแนกกลุ่มได้ถูกต้องจำนวน 27 แผ่น จากจำนวนทั้งหมด 40 แผ่น คิดเป็นร้อยละ 67.5 โดยสามารถจำแนกกลุ่มกระเบื้องรุ่น 34 ได้ถูกต้องจำนวน 13 แผ่น จากกระเบื้องรุ่น 34 ทั้งหมด 20 แผ่น คิดเป็นร้อยละ 65.0 และสามารถจำแนกกลุ่มกระเบื้องรุ่น 70 ได้ถูกต้องจำนวน 14 แผ่น คิดเป็นร้อยละ 70.0 ทั้งนี้มีการจำแนกกลุ่มกระเบื้องที่ผิดพลาดอยู่ 13 แผ่น จากจำนวนกระเบื้องทั้งหมด 40 แผ่น คิดเป็นร้อยละ 32.5

4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่าสามารถประยุกต์เทคนิคการวิเคราะห์จำแนกประเภท (Discriminant Analysis) เพื่อสร้างฟังก์ชันใช้แบ่งกลุ่มกระเบื้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ สามารถนำมาใช้ร่วมกับระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ และพัฒนาเป็นเครื่องตรวจสอบสีกระเบื้องอัตโนมัติ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจากการเปรียบเทียบผลการแบ่งกลุ่มกระเบื้องในรุ่น 34 และรุ่น 70 ระหว่างฟังก์ชันแบ่งกลุ่มรุ่นกระเบื้องและพนักงานคัดแยกนั้น พบว่าฟังก์ชันที่ได้จากการวิเคราะห์จำแนกประเภทสามารถแบ่งกลุ่มกระเบื้องได้ถูกต้องถึงร้อยละ 96.88 ในขณะที่ความถูกต้องในการแบ่งกลุ่มของพนักงาน มีเพียงร้อยละ 67.5 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4. การเปรียบเทียบความถูกต้องในการแบ่งกลุ่มกระเบื้องของเครื่องตรวจสอบสีกับพนักงาน

| ชนิดกระเบื้อง | ผลการแบ่งกลุ่มกระเบื้องจากฟังก์ชัน | | รวม (แผ่น) |
|-------------------------|------------------------------------|----------------------|--------------|
| | รุ่น 34 | รุ่น 70 | |
| รุ่น 34 (จำนวน 20 แผ่น) | 13 (แผ่น) (65.0%) | 7 (แผ่น) (35.0%) | 20 (100%) |
| รุ่น 70 (จำนวน 20 แผ่น) | 6 (แผ่น) (30.0%) | 14 (แผ่น) (70.0%) | 20 (100%) |

เอกสารอ้างอิง

- [1] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2551. "การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล". พิมพ์ครั้งที่ 11. บริษัทธรรมสาร จำกัด.
- [2] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2551. "การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows". พิมพ์ครั้งที่ 6. บริษัทธรรมสาร จำกัด.
- [3] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2551. "การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร". พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัทธรรมสาร จำกัด.
- [4] ชุตติกาญจน์ ชำนาญพฤกษา. "ความสัมพันธ์ของดัชนีชี้วัดทางการเงินกับการจัดอันดับเครดิตของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย". วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาการบัญชี คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2547
- [5] ศิริชัย กาญจนวาสี. 2550. "การวิเคราะห์พหุระดับ MULTI – LEVEL ANALYSIS". พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการมีผู้ผลิตขึ้นส่วนในประเทศไทย : กรณีศึกษาขึ้นส่วนรถยนต์

สรายุทธ ใหม่อ่อง และ จิรวิรัตน์ ธีระวราพฤษ์
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121
E-mail: sarayut@tims-tech.co.th

บทคัดย่อ

จากการเติบโตของความต้องการรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน ส่งผลให้ความต้องการขึ้นส่วนรถยนต์เกิดการขยายตัวตามไปด้วย โดยในปัจจุบัน การผลิตขึ้นส่วนรถยนต์จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบบางประเภทที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ในการศึกษาขึ้นส่วนวัตถุดิบที่ทำการศึกษาเพื่อลดการนำเข้าประกอบด้วย 8 รายการ ซึ่งทั้งหมดนั้นเป็นการนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อที่จะหาแนวทางในการลดการนำเข้าขึ้นส่วนวัตถุดิบทั้ง 8 รายการ ซึ่งผลจากการศึกษาสรุปได้ว่า แนวทางการลดการนำเข้าขึ้นส่วนวัตถุดิบที่เหมาะสม คือการจ้างบริษัทในประเทศไทยทำการผลิตขึ้นส่วนเพื่อทดแทนการนำเข้าขึ้นส่วนทั้ง 8 รายการ

คำสำคัญ การศึกษาความเป็นไปได้ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ การทดแทนการนำเข้า

1. บทนำ

การดำเนินธุรกิจในปัจจุบันอยู่ในสภาพที่มีการแข่งขันสูงทำให้แต่ละองค์กรพยายามที่จะลดต้นทุนการผลิตเพื่อให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งในตลาดได้ อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการแข่งขันสูง บริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นบริษัทผลิตขึ้นส่วนยานยนต์จึงจำเป็นต้องให้ความพยายามในการลดต้นทุนการผลิตลงผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา คือขึ้นส่วนจับยึดประตูรถยนต์ซึ่งโดยปกติแล้วลูกค้าพยายามให้ทางบริษัท

กรณีศึกษาลดต้นทุนการผลิตของบริษัทลงทางบริษัทกรณีศึกษาเองจึงต้องพยายามที่จะลดต้นทุนการผลิต ซึ่งต้นทุนที่สูงส่วนหนึ่งเกิดจากการนำเข้าขึ้นส่วนประกอบ 8 รายการจากประเทศญี่ปุ่น บริษัทกรณีศึกษาจึงมีแนวทางที่จะทำการลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้โดยศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะทำการผลิตขึ้นส่วนเพื่อทดแทนการนำเข้า แต่เนื่องจากทางบริษัทกรณีศึกษามีข้อจำกัดในเรื่องของความรู้ (Core Competency) ในการผลิตขึ้นส่วนทั้ง 8 รายการ ดังนั้น การจ้างบริษัทในประเทศไทย (Supplier) ทำการผลิตขึ้นส่วนทั้ง 8 รายการเพื่อทดแทนการนำเข้าจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม ซึ่งการจ้างบริษัทในประเทศไทยทำการผลิตขึ้นส่วนทั้ง 8 รายการเพื่อทดแทนการนำเข้านั้นจำเป็นต้องมีการลงทุน ดังนั้น บริษัทกรณีศึกษาจึงทำการวิเคราะห์ถึงความคุ้มค่า ในการจ้างบริษัทในประเทศไทยทำการผลิตขึ้นส่วนทั้ง 8 รายการเพื่อทดแทนการนำเข้า และทำการวิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าในการลงทุนในมุมมองของผู้ผลิตขึ้นส่วนทั้ง 8 รายการเพื่อกำหนดราคาที่เหมาะสม โดยในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์นี้จะใช้วิธีการศึกษาที่เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย กล่าวคือ ผ่านมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value; NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return; IRR) [1] เพื่อเป็นดัชนีชี้วัดที่สำคัญในการสนใจในการจ้างบริษัทในประเทศไทยทำการผลิต

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV) เป็นการหามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิของโครงการ การลงทุนในแต่ละปีซึ่งเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดเข้า (Cash Inflows) หักด้วยมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดออก (Cash Outflow) โดยใช้ต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเงินทุนของโครงการเป็นอัตราคิดลด เมื่อรวมกระแสเงินสดที่คิดมูลค่าปัจจุบันแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้ คือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เกณฑ์ในการประเมินโครงการโดยวิธีมูลค่าปัจจุบันนี้สามารถสรุปได้ว่าหากโครงการลงทุนใดที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ มากกว่าศูนย์ ($NPV > 0$) ผู้วิเคราะห์สามารถยอมรับโครงการลงทุนนั้นได้ ในทางตรงกันข้ามหากโครงการลงทุนใดมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ น้อยกว่าศูนย์ ($NPV < 0$) ผู้วิเคราะห์สามารถปฏิเสธโครงการนั้นได้ ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าโครงการลงทุนนั้นจะน่าสนใจลงทุนหากมีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก และหากโครงการลงทุนใดที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับศูนย์ ($NPV = 0$) ผู้วิเคราะห์อาจยอมรับหรือปฏิเสธโครงการก็ได้ เนื่องจากมูลค่าของบริษัทจะไม่มี ความแตกต่างไม่ว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธโครงการนั้น [1]

2.2 อัตราผลตอบแทนภายใน

อัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุนหนึ่งๆ นั่นคือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้ค่า NPV ของโครงการลงทุนนั้นมีค่าเท่ากับศูนย์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ IRR ของการลงทุน คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้เงินที่ลงทุนไปมีค่าเท่ากับเงินที่ได้รับกลับคืนเมื่อพิจารณาด้วยมูลค่าของเงินตามเวลา (Time Value of Money) ซึ่งอัตราผลตอบแทนภายในนี้จัดว่าเป็นอัตราคิดลด (Discount Rate) ที่ใช้คำนวณมูลค่าของเงินตามเวลาเช่นเดียวกับอัตราดอกเบี้ย และต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเงินทุน [1]

2.3 ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period หรือ PB) หมายถึง ระยะเวลาที่การลงทุนนั้นใช้ไปในการลงทุน เพื่อให้กระแสเงินสดรับสุทธิที่ได้จากการลงทุนคุ้มค่างับ

ต้นทุนที่ต้องลงทุนไป โดยที่ระยะเวลาคืนทุนเป็นการคำนวณหาจุดคุ้มทุนของโครงการที่ทำโดยมีหน่วยวัดเป็นระยะเวลาว่าเมื่อมีการลงทุนในโครงการนั้นแล้วจะใช้ระยะเวลาดังกล่าวในการคืนทุน ซึ่งโดยปกติแล้วในการลงทุนมักจะประมาณการกระแสเงินสดในแต่ละงวดมีหน่วยเป็นปี ซึ่งในการวิเคราะห์ระยะเวลาในการคืนทุนนั้นจะมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี นั่นก็คือ การพิจารณาอัตราคิดลดและการไม่พิจารณาอัตราคิดลด ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้เราจะใช้วิธีของการไม่พิจารณาอัตราคิดลด [1]

2.4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Breakeven Analysis) เป็นการแสดงค่าของตัวแปรหรือพารามิเตอร์ของโครงการหรือทางเลือกที่ทำให้ค่าของรายรับรายจ่ายมีค่าเท่ากัน เช่น ปริมาณยอดขายที่ทำให้รายได้มีค่าเท่ากับต้นทุน [2]

3. การรวบรวมข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการจ้างบริษัทในประเทศไทยทำการผลิตชิ้นส่วน 8 รายการเพื่อทดแทนการนำเข้าโดยทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนโดยใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value; NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return; IRR) เพื่อเป็นดัชนีชี้วัดที่สำคัญในการตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธการจ้างบริษัทในประเทศไทยทำการผลิตโดยวิเคราะห์ความคุ้มค่าทั้งในส่วนของบริษัทกรณีศึกษาและบริษัทผู้ผลิต (Supplier)

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

จากปริมาณความต้องการชิ้นส่วนสำเร็จรูปของปี พ.ศ. 2554 สามารถแสดงเป็นปริมาณความต้องการของชิ้นส่วน 8 รายการได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ปริมาณความต้องการชิ้นส่วน 8 รายการ

หน่วย : ชิ้น

| รายการ | ปริมาณความต้องการ |
|----------|-------------------|
| TA100421 | 733,052 |
| TA100420 | 733,052 |
| TA100415 | 366,526 |
| TA100416 | 366,526 |
| TA100422 | 733,052 |
| TA100406 | 1,466,104 |
| TA100407 | 1,466,104 |
| TA100410 | 733,052 |

ข้อมูลในตารางที่ 1 แสดงปริมาณความต้องการของชิ้นส่วนประกอบทั้ง 8 รายการสำหรับปริมาณความต้องการชิ้นส่วนสำเร็จรูปในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว ตารางที่ 2 และ 3 แสดงถึงค่าใช้จ่ายสำหรับการนำเข้าชิ้นส่วนทั้ง 8 รายการจากประเทศญี่ปุ่นและค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อชิ้นส่วนทั้ง 8 รายการจากบริษัทในประเทศไทย

ตารางที่ 2. ต้นทุนการนำเข้าชิ้นส่วน 8 รายการ

หน่วย : บาท

| รายการ | ต้นทุนการนำเข้า | | |
|----------|-----------------|------------|-----------------|
| | ราคาสินค้า | อากรนำเข้า | ภาษีมูลค่าเพิ่ม |
| TA100421 | 4,926,109 | 492,611 | 379,310 |
| TA100420 | 1,363,477 | 136,348 | 104,988 |
| TA100415 | 1,330,489 | 133,049 | 102,448 |
| TA100416 | 1,396,464 | 139,646 | 107,528 |
| TA100422 | 1,913,266 | 191,327 | 147,321 |
| TA100406 | 3,694,582 | 369,458 | 284,483 |
| TA100407 | 2,287,122 | 228,712 | 176,108 |
| TA100410 | 1,062,925 | 106,293 | 81,845 |
| รวม | 17,974,434 | 1,797,443 | 1,384,031 |

ตารางที่ 3. ต้นทุนการสั่งซื้อชิ้นส่วน 8 รายการจากบริษัทในประเทศไทย

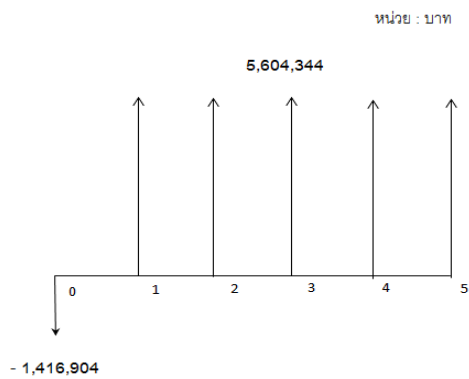
หน่วย : บาท

| รายการ | ต้นทุนการว่าจ้าง | | |
|----------|------------------|------------|-----------------|
| | ราคาสินค้า | อากรนำเข้า | ภาษีมูลค่าเพิ่ม |
| TA100421 | 3,907,167 | - | 273,502 |
| TA100420 | 1,238,858 | - | 86,720 |
| TA100415 | 1,092,247 | - | 76,457 |
| TA100416 | 1,139,896 | - | 79,793 |
| TA100422 | 1,495,426 | - | 104,680 |
| TA100406 | 3,518,649 | - | 246,305 |
| TA100407 | 2,052,546 | - | 143,678 |
| TA100410 | 527,797 | - | 36,946 |
| รวม | 14,972,586 | - | 1,048,081 |

จากตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 สามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นได้ว่าการจ้างบริษัทในประเทศไทยทำการผลิตชิ้นส่วน 8 รายการเพื่อทดแทนการนำเข้านั้นมีแนวโน้มที่บริษัทกรณีศึกษาสามารถจะประหยัดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อชิ้นส่วนประกอบทั้ง 8 รายการลงได้ 24% หรือ 5,135,242 บาทต่อปี

3.2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าสำหรับบริษัทกรณีศึกษาในการจ้างบริษัทในประเทศไทยทำการผลิตชิ้นส่วน 8 รายการเพื่อทดแทนการนำเข้า

จากส่วนต่างของต้นทุนที่ลดลงจากการจ้างบริษัทในประเทศไทยทำการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปทั้ง 8 รายการเพื่อทดแทนการนำเข้าทำให้สามารถนำเอาข้อมูลมาวิเคราะห์ผ่านกระแสเงินสดเพื่อหาค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value; NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return; IRR) [7] โดยการวิเคราะห์นี้จะใช้ข้อมูลปริมาณความต้องการจากสัญญาที่ได้ระบุไว้กับทางลูกค้า (Request for Quotation; RFQ) และกำหนดค่าอัตราคิดลดที่ 7% ต่อปีซึ่งสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1. กระแสเงินสดสำหรับการจ้างบริษัทในประเทศไทย
ทำการผลิตชิ้นส่วน 8 รายการเพื่อทดแทนการนำเข้า

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จากกระแสเงิน
ในรูปที่ 1 จะได้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ
21,562,027 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่า
เท่ากับ 395% และระยะเวลาคืนทุนที่ 0.268 ปี หรือ 3.21
เดือน แต่ในการตัดสินใจที่จะลงทุนทำการจ้างบริษัทใน
ประเทศไทยทำการผลิตชิ้นส่วน 8 รายการเพื่อทดแทนการ
นำเข้านั้นบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนเองก็ต้องเกิดความคุ้มค่า
ในการลงทุนเช่นกัน ดังนั้นในส่วนต่อไปจึงได้ทำการ
วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนของบริษัทผู้ขายชิ้นส่วน
ให้กับบริษัทกรณีศึกษา

3.3. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าสำหรับบริษัทใน ประเทศไทยทำการผลิตชิ้นส่วน 8 รายการเพื่อ ทดแทนการนำเข้า

บริษัทกรณีศึกษาทำการวิเคราะห์ในมุมมองของ
บริษัทผู้ผลิตถึงความคุ้มค่าในการลงทุน โดยจากการ
สำรวจและคัดเลือกบริษัทผู้ขายในเบื้องต้น พบว่า มีบริษัท
ที่มีแนวโน้มที่จะผ่านการประเมินของบริษัทกรณีศึกษา
จำนวน 4 บริษัท ที่จะทำการขายชิ้นส่วน 8 รายการที่กล่าว
มาแล้ว โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. บริษัท A ทำการผลิตชิ้นส่วน 5 รายการได้แก่
TA100420, TA100421, TA100415, TA100416 และ
TA100422

2. บริษัท B ทำการผลิตชิ้นส่วน 1 รายการได้แก่
TA100407

3. บริษัท C ทำการผลิตชิ้นส่วน 1 รายการได้แก่
TA100410

4. บริษัท D ทำการผลิตชิ้นส่วน 1 รายการได้แก่
TA100406

ซึ่งจากการวิเคราะห์โดยใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net
Present Value; NPV) และ อัตราผลตอบแทนภายใน
(Internal Rate of Return; IRR) [8] ได้ผลดังนี้ คือ

1. บริษัท A มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ
1,965,966 บาท, อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่า
เท่ากับ 38.03%

2. บริษัท B มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ
296,769 บาท, อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่า
เท่ากับ 18.79%

3. บริษัท C มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ
20,808 บาท, อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ
8.36%

4. บริษัท D มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับ
371,136 บาท, อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่า
เท่ากับ 38.33%

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า บริษัทผู้ขายชิ้นส่วนทั้ง 4
บริษัท มีความคุ้มค่าในการลงทุนเพื่อทำการผลิตและ
จำหน่ายชิ้นส่วนให้กับบริษัทกรณีศึกษา และเพื่อศึกษา
และวิเคราะห์ความคุ้มค่าในเชิงลึก จึงได้ทำการวิเคราะห์
ทางเศรษฐศาสตร์ในชิ้นส่วนแต่ละรายการ ผลการวิเคราะห์
แสดงในตารางที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ชิ้นส่วนทุกรายการ
คุ้มค่าในการลงทุนผลิตและจำหน่ายให้กับบริษัท
กรณีศึกษา

ตารางที่ 4. มูลค่าปัจจุบัน (NPV), อัตราผลตอบแทน (IRR), และจุดคุ้มทุน (BP) ของชิ้นส่วนทั้ง 8 รายการ

| รายการ | ดัชนีชี้วัด | | |
|----------|-------------|---------|-----------|
| | NPV (บาท) | IRR (%) | BP (ชิ้น) |
| TA100421 | 1,552,604 | 95.05 | 105,309 |
| TA100420 | 44,028 | 10.07 | 346,730 |
| TA100415 | 86,306 | 18.62 | 145,026 |
| TA100416 | 71,381 | 16.69 | 150,746 |
| TA100422 | 211,647 | 21.12 | 276,340 |
| TA100406 | 371,136 | 38.33 | 880,345 |
| TA100407 | 296,769 | 18.79 | 680,931 |
| TA100410 | 20,808 | 8.36 | 536,155 |

ตารางที่ 5. เปรียบเทียบราคาจากใบเสนอราคากับราคาที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ของชิ้นงานทั้ง 8 รายการ

หน่วย : บาท

| รายการ | ราคาชิ้นงาน | |
|----------|-------------|----------------|
| | ราคาเสนอ | ราคาที่เหมาะสม |
| TA100421 | 5.33 | 4.62 |
| TA100420 | 1.69 | 1.64 |
| TA100415 | 2.98 | 2.87 |
| TA100416 | 3.11 | 3.02 |
| TA100422 | 2.04 | 1.92 |
| TA100406 | 2.40 | 2.31 |
| TA100407 | 1.40 | 1.29 |
| TA100410 | 0.72 | 0.68 |

3.4. การกำหนดราคาที่เหมาะสม

ในการเสนอราคาของผู้ผลิตและจำหน่ายชิ้นส่วนให้กับบริษัทกรณีศึกษานั้น ทางบริษัทผู้ผลิตได้กำหนดกำไรจากการผลิตและจำหน่ายในใบเสนอราคาเรียบร้อยแล้ว แต่ข้อมูลในส่วนของคุณด้านอื่น ๆ ของบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายนั้นเป็นข้อมูลโดยประมาณ ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการสำรวจข้อมูลด้านต้นทุนโดยละเอียด เพื่อใช้ในการคำนวณหาราคาที่เหมาะสม โดยกำหนดให้กำไรของทางบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายชิ้นส่วนให้กับบริษัทกรณีศึกษามีค่าเท่ากับกำไรที่ทางบริษัทได้แจ้งไว้ในใบเสนอราคา ดังนั้นหลังจากที่ได้ทำเก็บรวบรวมข้อมูลด้านต้นทุนที่แท้จริงโดยละเอียดและกำหนดให้กำไรเป็นไปตามที่บริษัทได้แจ้งไว้แล้วนั้น พบว่า ราคาที่เหมาะสมแสดงในตารางที่ 5

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่า บริษัทกรณีศึกษาสามารถที่จะต่อรองเพื่อขอลดราคากับบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายชิ้นส่วนให้กับบริษัทกรณีศึกษาทั้ง 8 รายการ

4. สรุป

จากผลการวิเคราะห์การศึกษาความเป็นไปได้ในการจ้างบริษัทในประเทศไทยทำการผลิตชิ้นส่วน 8 รายการเพื่อทดแทนการนำเข้านั้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรงกับบริษัทกรณีศึกษาในแง่ของการตัดสินใจในการลงทุน เพราะเนื่องจากจะทำให้ทราบว่าการลงทุนนี้เกิดประโยชน์ทั้งต่อบริษัทกรณีศึกษาและบริษัทผู้ทำการผลิตชิ้นส่วนแล้ว นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์เพิ่มเติมยังทำให้บริษัทกรณีศึกษาทราบถึงราคาต้นทุนที่เหมาะสมที่สุดซึ่งยังคงเป็นราคาที่ทำให้บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนแต่ละรายมีกำไรจากการผลิตชิ้นส่วนตามที่บริษัทต้องการ ซึ่งจากข้อมูลเหล่านี้ทางบริษัทกรณีศึกษาสามารถนำไปใช้ในการต่อรองราคากับทางบริษัทผู้ผลิตได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะทำให้บริษัทกรณีศึกษามีต้นทุนในการผลิตที่ลดลง ซึ่งผลการวิเคราะห์บริษัทกรณีศึกษาสามารถประหยัดต้นทุนลงได้อีก 7% หรือ 1,136,023 บาทต่อปี

เอกสารอ้างอิง

หนังสือภาษาไทย

- [1] สถาบันพัฒนาความรู้ตลาดทุนตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. 2548. การเงินธุรกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด.
- [2] กรกฎ ไยบัวเทศ, วัชระ ทองงอก, คมกฤต เล็กสกุล. 2549. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด.

วิทยานิพนธ์

- [3] สยามผล ห่อกิ่ง, การลดต้นทุนลอจิสติกส์ในโซ่อุปทานอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, 2548
- [4] วิโรจน์ โชติปฏิเวชกุล, ความสามารถในการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้าของอุตสาหกรรมยาในประเทศไทย, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2540
- [5] สุทธิชา โพธาเจริญ, ความสามารถในการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้าถั่วเหลืองในประเทศไทย, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550
- [6] ณรงค์ อ่อนอินทร์, ญี่ปุ่น: การย้ายฐานการผลิตของอุตสาหกรรมมายังประเทศไทย, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2543
- [7] สุมณฑล ปานรัตน์, กรณีศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนโรงงานผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปในจังหวัดอุตรดิตถ์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2539
- [8] จุฬารัตน์ สมพฤษ, กรณีศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนโครงการศูนย์จำหน่ายหัตถกรรมและอาหารพื้นเมืองจังหวัดลำพูน, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550

กรณีศึกษาการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสถานศึกษา ด้วยโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร

ยุทธจักร หินทอง¹ และ ชาญณรงค์ อัครเทศานุกาพ²

¹เทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

99 ม.18 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121 โทรศัพท์ 087-0451223

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

99 ม.18 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121 โทรศัพท์ 02-564-3001-9 ต่อ 3211

E-mail: pange.group@gmail.com, acharnna@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารสถานศึกษา โดยการใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร (eQuest) ซึ่งมุ่งเน้นการใช้พลังงานที่เกิดจากภาวะการทำความเย็นบนพื้นที่ปรับอากาศ ในการศึกษาได้ใช้อาคารอำนวยการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ซึ่งเป็นอาคารเรียนที่มีความสูง 7 ชั้นมาเป็นกรณีศึกษา วิธีการศึกษาคือ การสำรวจและเก็บข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร ได้แก่ โครงสร้างกรอบอาคารและวัสดุ ลักษณะการใช้งานของอาคาร ระบบไฟแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ รวมถึงขนาดและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ในการสร้างแบบจำลองอาคารและข้อมูลนำเข้าให้กับโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร สำหรับใช้ในการคำนวณค่าการใช้พลังงานและค้นหามาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ตัวอย่าง จากการศึกษาพบว่า การปรับปรุงกรอบอาคาร การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงาน และการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ในอาคารตัวอย่างอย่างเหมาะสมจะส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ ซึ่งแนวทางการศึกษาที่นำเสนอในงานวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานของอาคารตัวอย่างต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ ภาวะการทำความเย็น, อีควีส, โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร

1. บทนำ

อาคารเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าร้อยละ 40 ของโลก[1] เมื่อก้าวถึงพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะแรกคือพลังงานที่ใช้ในการผลิตวัสดุและการก่อสร้างอาคาร ระยะต่อมาคือพลังงานที่ใช้ในการดำเนินการในอาคาร และระยะสุดท้ายคือพลังงานที่ใช้ในการรื้อถอนทำลาย ถ้าพิจารณาสัดส่วนการใช้พลังงานทั้ง 3 ระยะแล้ว พลังงานที่ใช้ในการดำเนินการในอาคารก็จะมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุด ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 หมวดหลักๆ คือ พลังงานที่ใช้สำหรับระบบทำความเย็นปรับอากาศ พลังงานสำหรับระบบแสงสว่าง และพลังงานที่ใช้สำหรับอุปกรณ์อื่นๆ ในอาคาร สำหรับอาคารขนาดใหญ่แล้ว พลังงานส่วนใหญ่ใช้ไปกับระบบทำความเย็นปรับอากาศสูงถึงร้อยละ 45 หรือมากกว่าขึ้นอยู่กับประเภทกิจกรรมของอาคาร อาคารที่มีการใช้งานของระบบปรับอากาศที่มากเกินไปหรือไม่เหมาะสมก็จะทำให้สูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะอนุรักษ์พลังงานในอาคารโดยการหาวิธีการที่เหมาะสมซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในอาคาร

2. ข้อมูลทั่วไปของอาคารที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

อาคารอำนวยการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มีความสูง 7 ชั้น (รูปที่ 1) จำนวนคนที่เข้าใช้งานกว่า 1,000 คน บนพื้นที่ใช้สอยรวมกว่า 45,000 ตารางเมตร อาคารหันหน้าไปทางด้านทิศใต้ ช่วงเวลาใช้งานปกติ 8:00-16:00 น. ซึ่งการนำอาคารอำนวยการฯ เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้มีสมมติฐานว่า อาคารดังกล่าวมีอายุการใช้งานมานาน เครื่องปรับอากาศบางส่วนมีอายุการใช้งานมานาน ซึ่งมีศักยภาพในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 1. ด้านหน้าอาคารอำนวยการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

3. ทฤษฎีการคำนวณภาระทำความเย็น[2]

ภาระทำความเย็น (space cooling load) คือ ปริมาณความร้อนที่จะต้องดึงออกจากพื้นที่ปรับอากาศ เพื่อที่รักษาอุณหภูมิให้คงที่

เกนความร้อน(space heat gain) คือปริมาณความร้อนที่ไหลเข้า และ/หรือ ความร้อนที่เกิดขึ้น มีผลโดยตรงต่อการคำนวณภาระทำความเย็น โดยจะเป็นความร้อนที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ปรับอากาศ ณ ขณะนั้น ซึ่งไม่พิจารณาผลของการสะสมความร้อน เกนความร้อนเหล่านี้ได้แก่

เกนความร้อนผ่านผนังภายนอก(heat gain through exterior walls and roofs by TFM) เนื่องจากผนังภายนอกจะได้รับอิทธิพลของรังสีความร้อนและการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาของอุณหภูมิภายนอก ดังนั้นเกนความร้อนผ่านผนังภายนอกเนื่องจากการนำความร้อนจะเป็นแบบไดนามิก ซึ่งสามารถคำนวณโดยวิธี Transfer Function

Method; TFM เพื่อหาเกนความร้อน ณ เวลา t ได้จากสมการ

$$\dot{q}_{cond,t} = A \left[\sum_{n=0} b_n (T_{e,t-n\Delta}) - \sum_{n=1} d_n (\dot{q}_{cond,t-n\Delta} / A) - T_i \sum_{n=0} c_n \right] \quad (1)$$

โดยที่ A คือ พื้นที่ผนังที่ Δ คือ ช่วงเวลา(1 ชม)

T_e คือ อุณหภูมิ sol-air ของพื้นผิวหรือเท่ากับ $T_o + \alpha \cdot I / h_o$

T_i คือ อุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ และ b_n, C_n, d_n คือ สัมประสิทธิ์ของ Conduction Transfer Functions

เกนความร้อนผ่านผนังภายใน(heat gain through interior walls) จะเป็นการนำความร้อนเนื่องผลต่างอุณหภูมิผิวของผนังทั้งสองด้าน(ผนังกันห้อง ผนัง และ เพดาน) ซึ่งโดยปกติจะพิจารณาให้เป็นการถ่ายเทความร้อนแบบสถิตย์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมิมีค่าน้อย สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\dot{q} = U \cdot A \cdot (T_a - T_i) \quad (2)$$

เกนความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง(heat gain through fenestration) สามารถถูกพิจารณาออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การนำความร้อน(conductive heat gain)

$$\dot{q} = U \cdot A \cdot (T_o - T_i) \quad (3)$$

การแผ่รังสีความร้อน(solar heat gain)

$$\dot{q}_{sol} = \dot{q}_{sunlit} + \dot{q}_{shading} \quad (4)$$

$$\dot{q}_{sol} = (A_{sunlit} \times SHGF \times SC) + (A_{shading} \times SHGF_{shading} \times SC) \quad (5)$$

โดยที่ $SHGF$ คือ Solar Heat Gain Factor และ SC คือ Shading Coefficient

เกนความร้อนจากอากาศแทรกซึม (infiltration heat gain) เป็นความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการแทรกซึมของอากาศผ่านรอยรั่วของผนังอาคาร กรอบของประตูหน้าต่าง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\dot{q}_{inf, sen} = \dot{m}_{a, inf} \times C_{p,a} \times (T_o - T_i) \quad (6)$$

$$\dot{q}_{inf, lat} = \dot{m}_{a, inf} \times h_{fg} \times (w_o - w_i) \quad (7)$$

$$\dot{q}_{inf, tot} = \dot{m}_{a, inf} \times (h_o - h_i) \quad (8)$$

เกนความร้อนจากคน (heat gain from occupant) เป็นความร้อนเนื่องจากคนที่ทำกิจกรรมภายในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ

$$\dot{q}_{people, sen} = N_p \times SHG_p \quad (9)$$

$$\dot{q}_{people, lat} = N_p \times LHG_p \quad (10)$$

โดย N_p คือ จำนวนคน SHG_p คือ People Sensible Heat Gain และ LHG_p คือ People Latent Heat Gain

เกนความร้อนจากแสงสว่าง(heat gain from lighting) เป็นความร้อนเนื่องจากการระบบแสงสว่างภายในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ

$$\dot{q}_{light, sen} = W_{lamp} \times N_{lamp} \times F_{use} \times F_{al} \quad (11)$$

โดยที่ N_{lamp} คือ จำนวนหลอดไฟ W_{lamp} คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์) ต่อหนึ่งหลอด F_{use} คือ สัมประสิทธิ์การใช้งาน (lighting usage factor) และ F_{al} คือ lighting special allowance factor

เกนความร้อนจากอุปกรณ์ต่างๆ(heat gain from equipment) เป็นความร้อนเนื่องจากการอุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดความร้อนขึ้นภายในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ พัดลม และเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

$$\dot{q}_{app, sen} = W_{input} \times F_{use} \times F_{radiation} \quad (12)$$

โดยที่ W_{input} คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์) ของอุปกรณ์ F_{use} คือ สัมประสิทธิ์การใช้งาน (equipment usage factor) และ $F_{radiation}$ คือ radiation factor

เกนความร้อนในรูปของการพาความร้อนจะกลายเป็นภาระทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ณ ขณะนั้นทันที แต่สำหรับเกนความร้อนในรูปของการแผ่รังสีความร้อน ได้แก่ แสงอาทิตย์หรือแสงสว่างภายในห้อง จะถูกสะสมอยู่ในมวลของวัตถุ จนทำให้อุณหภูมิผิวของวัตถุมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศในห้องความร้อนในเวลานี้จึงจะกลายมาเป็นภาระทำความเย็น ดังนั้นเราสามารถพิจารณาผลของเกนความร้อนซึ่งจะสัมพันธ์กับภาระการทำความเย็นของพื้นที่ปรับอากาศโดยเทคนิคสัม

ประสิทธิถ่วงน้ำหนัก(Weighting factor method) จาก Room Transfer Function, RTF ดังนี้

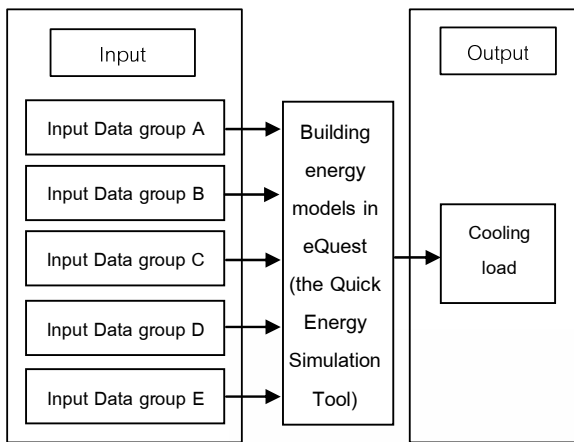
$$\dot{q}_{c,t} = v_0 \dot{q}_{gain,t} + v_1 \dot{q}_{gain,t-\Delta t} + v_2 \dot{q}_{gain,t-2\Delta t} + \dots - w_1 \dot{q}_{c,t-\Delta t} - w_2 \dot{q}_{c,t-2\Delta t} - \dots \quad (13)$$

โดยที่ \dot{q}_c คือ ภาระทำความเย็น \dot{q}_{gain} คือ เกนความร้อน และ v_n, w_n คือ สัมประสิทธิ์ RTF

วิธี Transfer Function ดังกล่าวข้างต้นเป็นวิธีคำนวณหาภาระทำความเย็น ซึ่งมีความซับซ้อนยุ่งยากและจำเป็นที่จะต้องอาศัยการคำนวณซ้ำ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าภาระทำความเย็นที่ต้องการ จึงใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร ที่ชื่อว่า eQuest หรือ "the Quick energy Simulation Tool" ซึ่งสามารถคำนวณการใช้พลังงานของอาคารแล้วแสดงผลการใช้พลังงานเป็นรายชั่วโมงตามข้อมูลสถิติของสภาพภูมิอากาศ eQuest ได้รับความนิยมทั่วไป เนื่องจากความยืดหยุ่นและสะดวกต่อผู้ใช้งาน ทั้งยังช่วยประเมินประสิทธิภาพของการใช้พลังงานในแต่ละอาคารได้เป็นอย่างดี โปรแกรม eQuest นี้ พัฒนามาจากโปรแกรม DOE2 ซึ่งซอฟต์แวร์ดังกล่าวได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและทดลองใช้งานเป็นเวลาหลายสิบปี และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องด้วยการเพิ่มกราฟฟิกเข้าไปในซอฟต์แวร์ของ DOE2 เพื่อให้สะดวกในการใช้งานมากขึ้น และเรียกชื่อใหม่เป็น eQuest[3] ดังนี้

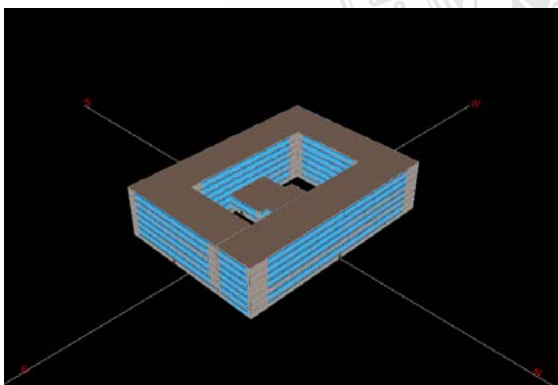
$$eQuest = DOE2 + Wizards + Graphics \quad (14)$$

ในรูปที่ 2 แสดงถึงอินพุตที่ต้องการและเอาพุตที่สนใจสำหรับโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานที่ใช้ในงานวิจัยนี้



รูปที่ 2. แผนภาพการทำงานของโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร eQuest

โดย Input Data group A คือ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (weather data)[4] ในบริเวณที่ทำการศึกษ Input Data group B คือ กรอบอาคาร โครงสร้าง-วัสดุ การบังแสงและการแทรกซึมอากาศ Input Data group C คือ ช่วงเวลาของการใช้พลังงานในอาคาร Input Data group D คือ โหลดภายใน (แสงสว่าง, เครื่องใช้ไฟฟ้า, คนที่เข้าใช้งานในอาคาร) และ Input Data group E คือ เครื่องปรับอากาศและประสิทธิภาพ เมื่อสร้างอินพุตข้อมูลที่ได้จากการสำรวจอาคาร[5] ก็สามารถสร้างแบบจำลองอาคารตัวอย่าง(รูปที่ 3) เพื่อคำนวณหาภาระการทำความเย็นและวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุง



รูปที่ 3. แบบจำลองอาคารอำนวยการ ด้วยโปรแกรม eQuest

4. ผลการศึกษาและการปรับปรุงภาระการทำความเย็นด้วยโปรแกรมจำลองการใช้พลังงาน

ค่าภาระการทำความเย็นของอาคารตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารตามโซนด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และส่วนกลาง มีค่าเท่ากับ 1,160; 1,288; 1,225 1,230 และ 929 btu/hr/m² ตามลำดับซึ่งมีสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ประมาณ 800-1000 btu/hr/m² [6]

ตารางที่ 1. ค่าภาระการทำความเย็น

| โซนอาคาร | ภาระการทำความเย็น(btu/hr/m ²) | |
|----------|---|--------------|
| | ก่อนปรับปรุง | หลังปรับปรุง |
| เหนือ | 1,160 | 869 |
| ใต้ | 1,288 | 938 |
| ตะวันออก | 1,225 | 849 |
| ตะวันตก | 1,230 | 860 |
| ส่วนกลาง | 929 | 798 |

กรอบอาคารของอาคารอำนวยการ มีสัดส่วนของหน้าต่างต่อผนังห้อง (window to wall ratio) สูงถึง 75% ซึ่งเกินความร้อนจากภายนอกจะเข้าสู่อาคารได้มาก ส่งผลให้มีภาระการทำความเย็นบนพื้นที่ปรับอากาศที่สูง ซึ่งสัดส่วนของหน้าต่างต่อผนังห้องที่เหมาะสมอ้างอิงมาตรฐานของ ASHRAE คือไม่เกิน 40% [7] การปรับปรุงด้วยแนวทางนี้โดยใช้โปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารคำนวณหาภาระการทำความเย็น (ตารางที่ 1) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่ลดลงของภาระการทำความเย็นเฉลี่ยถึง 25 %

5. มาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

จากการวิเคราะห์แนวทางที่สามารถกระทำได้เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน คือมาตรการด้านการปรับพฤติกรรมการใช้อาคาร การปรับตั้งเทอร์โมสแตทภายในอาคารที่ต่ำเกินไป ซึ่งส่วนใหญ่ มักจะตั้งไว้ประมาณ 23°C เพื่อให้เกิดสภาวะความสบายต่อผู้ใช้งานในอาคารได้เร็วขึ้น ซึ่งการปรับตั้งเทอร์โมสแตท ที่ประมาณ 25°C [8] และมาตรการ

ปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ภายในอาคาร
อำนวยความสะดวก ติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน มี
ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ
(energy efficiency ratio, EER) เท่ากับ 9.1 ค่าดังกล่าวบ่ง
บอกถึงเครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพการทำงานที่ต่ำ
ส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น เมื่อเทียบกับ
มาตรฐานที่กระทรวงพลังงานกำหนดคือ 11.0[9] ซึ่งการ
เปลี่ยนไปใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจะ
ช่วยลดการใช้พลังงานในอาคารได้อีกทางหนึ่ง

6. สรุป

จากผลการศึกษาการใช้พลังงานในอาคารตัวอย่าง
ด้วยโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคารพบว่าค่า
ภาระการทำความเย็นบนพื้นที่ปรับอากาศภายในอาคารมี
ค่าที่สูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งการปรับปรุงกรอบอาคารสำหรับ
อาคารตัวอย่างได้อย่างเหมาะสมจะส่งผลให้สามารถลด
ภาระการทำความเย็นลงได้ นอกจากนี้มาตรการ
ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงาน และการเพิ่ม
ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศก็จะช่วยประหยัด
พลังงานและประหยัดค่าใช้จ่ายในอาคารได้อีกทางหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

- [1] World Business Council for Sustainable Development(WBCSD). 2009. The Green Race is On. WBCSD's Annual Review, 15th: 30-31
- [2] ชาญณรงค์ อัสวเตชานุกาพ. ภาระการทำความเย็น. เอกสารวิชาการประหยัดพลังงานในอาคาร. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, น. 21, 2553.
- [3] James J.Hirsch & Associates. 2010. eQuest Introductory. Tutorial version 3.64, 14-15.
- [4] U.S. Department of Energy. 2010. Information Resources, Weather Data:Thailand. Retrieved from http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata_about.cfm

[5] สุปรียา, กรองกาญจน์. การปรับปรุงอาคารอำนวยการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ตาม พรบ ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552

[6] ไชยณรงค์ จักรธรานนท์. Equipment in Air Conditioning Systems. เอกสารวิชาการประหยัดพลังงาน ในอาคาร. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, น. 21, 2553.

[7] American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers(ASHRAE). 2007. Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. (ANSI/ASHRAE 90.1).

[8] American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers(ASHRAE). 2007. Thermal Environmental Condition for Human Occupancy. (ANSI/ASHRAE 55).

[9] ประกาศกระทรวงพลังงานเรื่อง การกำหนดค่า สัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพ การให้ ความมเยินและค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเยินของระบบ ปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคาร พ.ศ.2552

การสร้างภาพลักษณ์องค์กร

ศศิธร จัวนพันธ์¹ และ ดร.ธีระ เตชะมณีสถิตย์²

¹ภาควิชาบริหารธุรกิจดุสิตบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

²ภาควิชาบริหารธุรกิจดุสิตบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี 12000

E-mail:3402081@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการสร้างภาพลักษณ์องค์กร (corporate image) กรณีศึกษาธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่ เนื่องจากปัจจุบันการค้าปลีกสมัยใหม่มีการแข่งขันกันสูงขึ้น การสร้างภาพลักษณ์องค์กรสามารถทำให้ธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่เกิดการสร้างภาพลักษณ์ที่ยั่งยืนและผลกำไรในระยะยาวได้ดีขึ้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะและแนวทางปฏิบัติในการสร้างภาพลักษณ์องค์กรสำหรับธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่ เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ (qualitative research) มีการศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นการสัมภาษณ์เชิงลึก (in- depth interview)กับผู้บริหารด้านการค้าปลีกสมัยใหม่และการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างภาพลักษณ์องค์กร จากการศึกษา พบว่าการสร้างภาพลักษณ์องค์กรสำหรับธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่นั้นประกอบไปด้วย ภาพลักษณ์ในการสร้างกิจกรรมเพื่อสังคม (social image)ภาพลักษณ์พนักงาน (image of employees) ภาพลักษณ์สินค้าและบริการ (image of products and services)ภาพลักษณ์การสื่อสารทางการตลาด (image of marketing communications)ภาพลักษณ์ช่องทางจัดจำหน่าย (image channels)ภาพลักษณ์สถานที่และสิ่งแวดล้อม (image of working environment) ภาพลักษณ์อุปกรณ์ที่ทันสมัย (image of modern equipment) จากการค้นพบดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ที่ดีต่อไปในอนาคตสำหรับแนวทางปฏิบัติในการสร้าง

ภาพลักษณ์องค์กรให้กับธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่

คำสำคัญ การสร้างภาพลักษณ์องค์กร, ธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่

1. บทนำ

การศึกษาเรื่องการสร้างภาพลักษณ์องค์กรสำหรับร้านค้าปลีกสมัยใหม่ เป็นการศึกษาถึงการที่จะทำให้ร้านค้าปลีกสมัยใหม่มีภาพลักษณ์ที่ดีขึ้นในสายตาของผู้ที่เกี่ยวข้องในร้านค้าปลีกสมัยใหม่ ทำให้ธุรกิจมีการเติบโตระยะยาว และสามารถสร้างความจงรักภักดีกับผู้บริโภคในตลาดได้มากขึ้น เนื่องจากหลังวิกฤติเศรษฐกิจในปี 2540 เป็นต้นมา ร้านค้าปลีกสมัยใหม่ได้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งล้วนเป็นของกลุ่มของนักลงทุนต่างชาติ โดยนับว่า ในปี 2548 มีร้านค้าปลีกสมัยใหม่โดยรวมประมาณ 4,910 แห่ง มีร้านสะดวกซื้อมากกว่า 4,400 แห่ง ร้านค้าปลีกขนาดใหญ่ 160 แห่ง ซูเปอร์มาร์เก็ต 90 แห่ง ห้างสรรพสินค้า 50 แห่ง และร้านจำหน่ายสินค้าเฉพาะอย่าง 160 แห่ง (กรุงเทพฯธุรกิจ, 2550) ทั้งนี้ หากพิจารณาโครงสร้างร้านค้าปลีกสมัยใหม่ จากโครงสร้างรายได้ จะพบว่า ร้านค้าปลีกขนาดใหญ่ ในรูปแบบ supercenter, cash & carry มีส่วนแบ่งรายได้มากที่สุด รองลงมาคือห้างสรรพสินค้า ซูเปอร์มาร์เก็ต ร้านสะดวกซื้อ ร้านค้าประจําชนิด และร้านค้าเฉพาะอย่างตามลำดับ (นิพนธ์และคณะ, 2550) จึงทำให้การค้าปลีกของไทยตั้งแต่ยุคหลังวิกฤติเศรษฐกิจจนถึงปี 2553 เป็นช่วงของการเติบโตธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่ที่ขยายสาขาอย่างรวดเร็ว

ทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค พร้อมกับการแข่งขันในวงการค้าปลีก มีการใช้กลยุทธ์การลดราคาสินค้ากันมากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคเกิดความจงรักภักดีต่อร้านค้าปลีกสมัยใหม่ลดลง ซึ่งในปี 2546 จะเห็นได้ว่าเป็นช่วงของภาวะสงครามด้านราคาเข้าขั้นวิกฤติ กำไรขั้นต้นของธุรกิจร้านค้าปลีกสมัยใหม่อยู่ในช่วงถดถอยและความจงรักภักดีต่อตราสินค้าในกลุ่มผู้บริโภคลดลง บริการก่อนและหลังการขายเพื่อมัดใจลูกค้า บวกการสร้างภาพลักษณ์ ความเป็นเพื่อนและที่พึ่งของชุมชน จึงเป็นทางออกของธุรกิจร้านค้าปลีกสมัยใหม่ในยุคนี้ และอนาคตข้างหน้าต่อไป แคมเปญสินค้าราคาถูก เคยเป็นกลยุทธ์สำคัญของกลุ่มร้านค้าปลีกทั้งห้างสรรพสินค้า และดีสเคาท์สโตร์ ปรากฏว่าแนวโน้มการแข่งขันเริ่มเปลี่ยนแปลงจากยุคที่มุ่งสร้างจุดขายด้วยสินค้าที่มีราคาถูกกว่า ไม่สามารถใช้ได้เพราะการลดราคาให้ต่ำกว่านี้จะส่งผลต่อการดำเนินงานของบริษัทกลยุทธ์ใหม่จึงเป็นเรื่องของการสร้างภาพลักษณ์องค์กร (corporate image) เสริมด้วยบริการก่อนและหลังการขายกับการสร้างตราสินค้าเพื่อครองใจลูกค้าในระยะยาว

2. วัตถุประสงค์

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะและแนวทางปฏิบัติในการสร้างภาพลักษณ์องค์กรสำหรับธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่

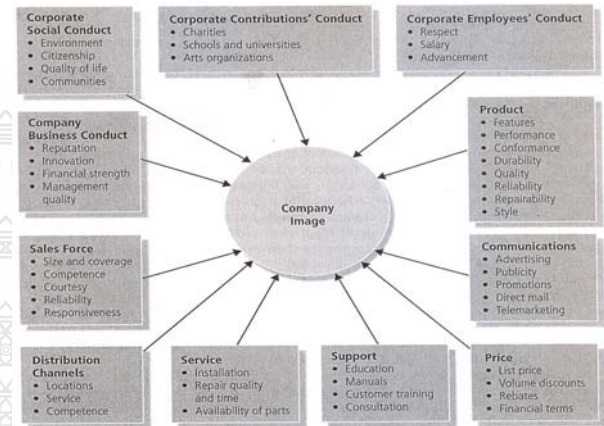
3. ระเบียบวิธีการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) โดยการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) กับผู้บริหารด้านการค้าปลีกสมัยใหม่ และใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (semi structure interview) ขึ้นตอนสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นตามขั้นตอนดังนี้

1. การศึกษาวิจัยจากเอกสาร (documentary research) เป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้าหรืออ้างอิงจากเอกสารทางวิชาการ บทความ งานวิจัย ตำรา

วารสารทางวิชาการ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างภาพลักษณ์องค์กรและธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

2. กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย (conceptual framework) ซึ่งมีดังนี้



Kevin lane Keller .2008. Strategic brand management. 3RD edition, NJ: Prentice – Hall.

3. นำกรอบแนวคิดที่กำหนดไว้มาตั้งเป็นคำถามที่ใช้เป็นแบบในการสัมภาษณ์กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริหารด้านธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่

4. นำแบบสัมภาษณ์เสนอต่อที่ปรึกษางานวิจัยและผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างภาพลักษณ์องค์กร 3 ท่าน เพื่อพิจารณาประเด็นคำถามว่ามีความครอบคลุมถึงข้อมูลที่จะศึกษาตามกรอบแนวคิดที่ได้กำหนดไว้

5. นำคำถามในแบบการสัมภาษณ์ไปปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญที่ได้แนะนำไว้ หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำคำถามที่ใช้ในแบบการสัมภาษณ์ไปทดลองกับบุคคลที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างแต่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้จำนวน 5 ราย ซึ่งสามารถตอบคำถามและเข้าใจคำถามได้ดีก่อนการสัมภาษณ์จริงกับผู้บริหาร จากนั้นจึงนำแบบสัมภาษณ์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริหารด้านธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่โดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) และ นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามหลักการ แนวความคิด และทฤษฎีที่ได้

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง แล้วจึงนำเสนอ ข้อมูลในรูปแบบพรรณนา

4. ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยการสร้างภาพลักษณ์องค์กร กรณีศึกษาธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่โดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) กับผู้บริหารด้านธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่ซึ่งใช้ประเด็นในการสัมภาษณ์โดยนำคำถามมาจากกรอบแนวคิดของการสร้างภาพลักษณ์องค์กร (Kevin lane Keller: 2008) ทั้งหมด 11 ด้านนั้น

พบว่าธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่ใช้การสร้างภาพลักษณ์องค์กรมีด้วยกัน 7 ด้าน ดังนี้

1. การปฏิบัติทางสังคมขององค์กรในธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่ พบว่าการสร้างภาพลักษณ์ องค์กรหลักๆ จะต้องประกอบไปด้วย brand image , brand awareness และ brand community ซึ่ง การที่เราจะสามารถสร้างความเข้มแข็งของ brand ได้จำเป็นที่จะต้องสร้างมิติให้เห็น และตกย้ำใน 3 ส่วนดังกล่าว ซึ่งทั้ง 3 ส่วนจะเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความสำเร็จ และความล้มเหลวขององค์กรได้ ในส่วนของ การจัดกิจกรรมเพื่อสังคม ก็เป็นส่วนหนึ่งของการทำ brand community เพื่อให้เกิดการรับรู้ซึ่งกันและกัน และการสื่อสารให้เห็นถึงความรับผิดชอบต่อสังคมในสังคมที่ธุรกิจได้ดำเนินการอยู่ในพื้นที่นั้น ๆ ในโดยจะใช้วิธีดำเนินการ 2 ส่วน คือการทำกิจกรรมเพื่อสังคม (corporate social responsibility)ในระดับทั่วประเทศ ได้แก่การก่อตั้งมูลนิธิ ที่มีวัตถุประสงค์ในการส่งเสริมทางด้านการศึกษาของเยาวชนเป็นหลัก ซึ่งมีการสร้างอาคารเรียน และการบริจาคหนังสือสารานุกรมให้กับโรงเรียนต่างๆ ทั่วประเทศที่มีสาขาของธุรกิจค้าปลีกตั้งอยู่ในขณะเดียวกัน ส่วนที่ 2 ก็คือ การทำกิจกรรมเพื่อสังคมในระดับสาขา ซึ่งเป็นการช่วยเหลือสังคมในเรื่องเฉพาะสำหรับพื้นที่ที่สาขาต่างๆ ตั้งอยู่ โดยมีกิจกรรมที่แตกต่างกันไป เช่น การช่วยเหลือผู้ประสบภัยน้ำท่วมในจังหวัดที่เกิดอุทกภัยเมื่อปีที่แล้ว และการรณรงค์ในการลดภาวะโลกร้อนร่วมกับบางจังหวัด หรือ การจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริม

ความสามารถของเยาวชนในแต่ละพื้นที่ เป็นต้น

2. การปฏิบัติตัวของพนักงานในองค์กรธุรกิจการค้าปลีก พบว่า ในการบริหารองค์กรที่มีพนักงานสองหมื่นกว่าคน โดยพนักงานส่วนใหญ่เปรียบเสมือนเป็นกระบอกเสียงของบริษัท ที่สามารถจะสร้างชื่อเสียงในเชิงบวก หรือเชิงลบก็ได้ ดังนั้น ในแง่ของการบริหารทรัพยากรมนุษย์ จึงมุ่งเน้นในเรื่องของการปฏิบัติขั้นต่ำต้องได้ตามกฎหมายแรงงาน และมีการเพิ่มเติมในส่วนของรางวัล และกำลังใจให้กับพนักงาน เพื่อให้เกิดความภาคภูมิใจในองค์กร ในขณะเดียวกัน พนักงานต้องสามารถมองเห็นโอกาสและความก้าวหน้าของอาชีพของตนเองได้อย่างชัดเจน ซึ่งธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่จะมีโปรแกรมในการฝึกพนักงาน ,การประเมินผลการทำงาน รวมทั้งการสร้างคู่มือในการทำงาน เพื่อให้พนักงานสามารถเรียนรู้งานที่รับผิดชอบโดยใช้ DVD Training โดยพนักงาน สามารถกลับมาดูได้หากไม่เข้าใจงานที่ดูแล ในขณะเดียวกัน มาตรฐานการปฏิบัติงานของสาขาต้องมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน เพื่อมิให้เกิดความเหลื่อมล้ำ หรือการปฏิบัติแบบ double standard รวมทั้งการเลื่อนขั้นเลื่อนตำแหน่งมีการกำหนดกฎเกณฑ์ไว้อย่างชัดเจน ทำให้พนักงานทุกคนมีเป้าหมายเดียวกัน และมีความภูมิใจในการทำงานกับองค์กร

3. การสร้างภาพลักษณ์องค์กรธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่เกี่ยวข้องกับภาพลักษณ์ตัวสินค้าและบริการที่ดี พบว่า ในเรื่องนี้ เป็นสิ่งที่เราเรียกกันว่า มาตรฐานในการบริหารงานหน้าร้าน เป็น เป้าหมายหลักของธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่ในการที่จะต้องบริการลูกค้าในเรื่องของสินค้า และบริการว่าต้องให้ความสำคัญเป็นอันดับต้นๆ ในการบริหารงานประจำวันจะได้รับเมลล์ของลูกค้าที่พูดถึงในเรื่องของสินค้า และการให้บริการของพนักงาน ทั้งในด้านลบ และด้านบวกผ่านเว็บไซต์ซึ่งทำให้ทางส่วนกลางสามารถทราบปัญหาของลูกค้าได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ในขณะเดียวกัน ยังทำให้การแก้ไขปัญหาทำได้อย่างรวดเร็ว โดยกฎของธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่คือ จะต้องแก้ไขปัญหาของลูกค้าภายใน 24 ชม.ในทุกๆ กรณี และผู้จัดการสาขา

ต้องมีการโทรศัพท์กลับไปหาลูกค้า เพื่อแจ้งผลการดำเนินการรวมทั้งกล่าวขออภัย และขอบคุณลูกค้าสำหรับการให้ข้อมูลดังกล่าว นอกจากนี้ นโยบายของบริษัทต้องดูแลในเรื่องของการหาสินค้าทดแทนกรณีที่ไม่สามารถหาสินค้าดังกล่าวได้ และทำการขายในราคาเดียวกัน เป็นต้น

4. การสร้างภาพลักษณ์ที่ดีในองค์การธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่มีการใช้เครื่องมือสำหรับการสื่อสารทางการตลาด เช่น การโฆษณาที่เข้าถึงกลุ่มเป้าหมาย

การประชาสัมพันธ์ที่มีประสิทธิภาพ พบว่า การสร้างภาพลักษณ์ของธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ จะเน้นการโฆษณาผ่านทางทีวี และหนังสือพิมพ์ รวมทั้งโบว์ชัวร์ต่างๆ เพื่อให้สามารถครอบคลุมกลุ่มเป้าหมายหลักๆ ทั้งหมด โดยการโฆษณาผ่านทีวี ถือเป็นค่าใช้จ่ายที่มากที่สุด แต่ได้ผลดีที่สุดเช่นกัน เพราะ คนไทยกับการอ่านสื่อต่างๆ ไม่ว่าจะหนังสือพิมพ์หรือโบว์ชัวร์ จะน้อยกว่า การนั่งดูโทรทัศน์ ในช่วงเวลาที่มีคนชมมากที่สุดคือละครหลังข่าว โดยการเน้นการสร้าง price image ซึ่งเป็นจุดแข็งของธุรกิจการค้าปลีก ในส่วนของสื่อ bill board มีการดำเนินการในสาขาต่างจังหวัดโดยอนาคตจะมีการใช้สื่อผ่านทางระบบขนส่งมวลชนระบบราง เช่น MRT , BTS

5. การสร้างภาพลักษณ์ที่ดีขององค์การธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่ต้องมีช่องทางการจัดจำหน่ายที่ดีและมีประสิทธิภาพสามารถตอบสนองกับความต้องการของลูกค้าได้ พบว่า เรื่องนี้สำคัญอย่างมาก เพราะในส่วนของธุรกิจที่มีสาขากระจายไปทั่วประเทศ จะได้เปรียบในเรื่องนี้ เพราะจนถึงขณะนี้ ไม่มีลูกค้าในจังหวัดใดจะไม่รู้จักบิ๊กซี เทสโก้โลตัส ในขณะที่เดียวกัน ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ส่งเข้ามาขายที่ธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ ก็เท่ากับว่าสามารถเป็นช่องทางในการจัดจำหน่ายทั่วประเทศในทันทีไม่จำเป็นต้องไปหาตลาดที่ได้อีก

6. สถานที่และสิ่งแวดล้อมที่ดีจะมีส่วนช่วยอย่างยิ่งสำหรับการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีในองค์การ พบว่า ในเรื่องสถานที่และสิ่งแวดล้อมมีส่วนช่วยอย่างมาก การที่จะทำให้งานออกมามีคุณภาพ โดยเฉพาะงานบริการนั้นการจัดสภาพแวดล้อมของสำนักงาน จะเน้นให้เกิดความเป็น

กันเองให้มากที่สุด และพยายามสื่อสารให้พนักงาน เห็นความสำคัญของการให้บริการลูกค้าเช่น การจัดพื้นที่สำหรับแต่งตัว , การมีกระจกบานใหญ่ติดที่หน้าต่างเข้าออกสู่พื้นที่ขาย , การจัดห้องอาหารพนักงาน ให้มีข้อความแสดงถึงทำอย่างไรให้บริการลูกค้าแล้วได้รับคำชมเชย เป็นต้น

7. การมีอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ที่ทันสมัยในองค์การก็เป็นสิ่งหนึ่งซึ่งช่วยในการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์การพบว่าในด้านของธุรกิจค้าปลีก จะเน้นการสร้างความสัมพันธ์ให้กับลูกค้า เพื่อให้เกิดความแปลกใหม่และความสะดวกสบาย และพยายามลดเวลาของลูกค้าในการใช้บริการให้น้อยที่สุด และที่สำคัญต้องทำให้ลูกค้ารู้สึกทันสมัยไปด้วย จะเห็นว่า มีการใช้เครื่องแสดงราคาสินค้าให้กับลูกค้าได้ใช้งาน การชำระเงินโดยการใช้ระบบสแกนสินค้า และการใช้บัตรเครดิตเพื่อความสะดวกของลูกค้า การให้บริการรับชำระค่าสินค้าต่างๆ ในจุดเดียว , บางค้าปลีกได้สร้างแผนกที่มีพนักงานให้คำแนะนำการจัดตกแต่งห้องโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการสร้างภาพลักษณ์องค์การสำหรับธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) กับผู้บริหารด้านธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่นั้น พบว่าการสร้างภาพลักษณ์สำหรับธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่จะประกอบไปด้วย ภาพลักษณ์ในการสร้างกิจกรรมเพื่อสังคม (social image) ภาพลักษณ์พนักงาน (image of employees) ภาพลักษณ์สินค้าและบริการ (image of products and services) ภาพลักษณ์การสื่อสารทางการตลาด (image of marketing communications) ภาพลักษณ์ช่องทางการจัดจำหน่าย (image channels) ภาพลักษณ์สถานที่และสิ่งแวดล้อม (image of working environment) และภาพลักษณ์อุปกรณ์ที่ทันสมัย (image of modern equipment) ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำมาเป็นแนวทางที่ใช้ในการปฏิบัติเพื่อสร้างภาพลักษณ์ที่ยั่งยืน

ให้กับธุรกิจการค้าปลีกสมัยใหม่และสร้างความจงรักภักดี
กับผู้ที่เกี่ยวข้องในธุรกิจได้ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] นิพนธ์ พัวพงศกรและคณะ.การค้าปลีกของไทย:
ผลกระทบของการแข่งขันจากผู้ประกอบการค้าปลีก.
กรุงเทพฯ, สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย, 2550

[2] George, Christodoulides, and Leslie de
Chernatony.2009. Consumer-based brand equity
conceptualization and measurement. International
Journal of Marketing, 52 : 43-65

[3] Gurthan, Canli., Zeynep., Batra.,
Rajeev.2004.When Corporate Image Affects Product
Evaluations: The Moderating Role of Perceived Risk.
Journal of Marketing Research: 197-205

[4] Hart, Allison E., Rosenberger and Philip J. 2004.
The Effect of Corporate Image in the Formation of
Customer Loyalty . Australasian Marketing Journal
: 88-96

[5]Heejung, Lee, Myung-Soo Kang. 2010. The
Impact of Brand Transgressions on Relationship
Strength. Proceedings of the Academy of Marketing
Studies, 1: 29-34

[6] Hsieh,MingHuei.,Pon.,ShanLing.,Setiono.,Rudy.
2005. Product Corporate and Country-Image
Dimensions and Purchase Behavior. Academy of
Marketing Science Journal: 117-125

[7] Paul Baines., John Egan., Frank.Jeffkins. 2004.
Revealing the Corporation: 358

[8] Randle., D. Reggie, Robert P. Leone.2009.
Postscript: Preserving (and growing) brand value in
downturn .Journal of Brand Management, 17: 84-89

[9] Kevin Lane Keller. 2008. Strategic Brand
Management. 3RD edition, NJ: Prentice – Hall.

[10] Kotler and Keller. 2009. Marketing Management.
: Pearson Prentice Hall.

การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำ ประเภทท่อสูบน้ำการเกษตรแบบปรับความยาวได้

นายชิตพงษ์ ชินสันติ¹ และ ผศ.ดร. ดนุพันธ์ วิสุวรรณ²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: chitpong_tan@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำการเกษตรแบบปรับความยาวได้ โดยผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันไม่สามารถปรับความยาวตามพื้นที่ใช้งานได้จึงกลายเป็นข้อจำกัดงานวิจัยนี้จึงพัฒนาท่อสูบน้ำดังกล่าวให้สามารถปรับความยาวได้ตามต้องการ และสามารถจำหน่ายได้ในเชิงพาณิชย์ งานวิจัยเริ่มต้นด้วยการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาดพบว่ายังคงมีอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์นี้เป็นจำนวนมาก จากนั้นจึงศึกษาด้านการผลิตเพื่อรองรับอุปสงค์ ผลการศึกษาพบว่าจะต้องมีการลงทุนในการสร้างโรงงาน, เครื่องจักรทั้งหมด 9 เครื่อง และอื่น ๆ รวมเป็นเงิน 27 ล้านบาท สำหรับการศึกษาด้านการบริหารพบว่าจะต้องใช้บุคลากรจำนวน 43 คนเพื่อปฏิบัติงานในตำแหน่งต่างๆ และเมื่อศึกษาด้านการเงินพบว่าการดำเนินธุรกิจจะให้ผลตอบแทนทางการเงิน มูลค่าเงินปัจจุบัน = 5,147,754 บาท, อัตราผลตอบแทน = 15.17% และระยะเวลาคืนทุน = 3.27 ปี ดังนั้นการดำเนินธุรกิจนี้จึงมีความเป็นไปได้ในการลงทุนเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจ, เครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำการเกษตรแบบปรับความยาวได้

1. บทนำ

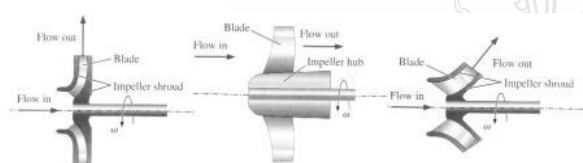
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำการเกษตรแบบปรับความยาวได้ โดยผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ในท้องตลาดปัจจุบันมีลักษณะเป็นท่อยาว ประกอบด้วยท่อเหล็กกลม ภายในมีเพลยาวติดตั้งอยู่ปลายเพลข้างหนึ่งต่อกับเครื่องต้นกำลัง ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งต่อกับใบพัดและจุ่มอยู่ใต้น้ำเพื่อสูบน้ำ ซึ่งมีข้อจำกัดคือไม่สามารถปรับความยาวให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานตามความต้องการของเกษตรกรได้ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สามารถปรับความยาวได้ และให้เหมาะสมเพื่อตอบสนองกับความต้องการมากขึ้น จากนั้นนำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ โดยการศึกษาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในโครงการนี้จะทำการศึกษาในด้านการตลาด เพื่อให้ทราบถึงการดำเนินกลยุทธ์ทางการตลาดที่เหมาะสม การวางแผนการส่งเสริมทางการตลาดและประมาณการยอดขาย ด้านการผลิตและการบริหาร จะศึกษาการเลือกทำเลที่ตั้ง การกำหนดวิธีการผลิต การประมาณความต้องการด้านเครื่องจักรและกำลังคนที่เหมาะสมรวมถึงการจัดโครงสร้างองค์กร ด้านการเงินมีการวิเคราะห์มูลค่าเงินปัจจุบัน, อัตราผลตอบแทน และระยะเวลาคืนทุน ประกอบกัน ผลจากการวิเคราะห์จะสามารถทราบว่าโครงการนี้มีความเป็นไปได้ในการลงทุนหรือไม่ อีกทั้งยังสามารถกำหนดรูปแบบการลงทุนในโครงการเพื่อทำให้เกิดผลกำไรในระดับที่พึงพอใจ

2. ทฤษฎี

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่คือ 1. การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ และ 2. การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจ โดยรายละเอียดดังนี้

2.1 การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

การทำงานของเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำนั้นจะทำงานด้วยการหมุนของใบพัดประกอบด้วยใบพัดหลายอันเรียงตัวรอบเพลลา ซึ่งเรียกว่า วงล้อใบพัด (impeller) เพลลาดังกล่าวมีลักษณะยาวเป็นชิ้นเดียวกัน เมื่อเชื่อมต่อกับชุดส่งกำลัง ใบพัดหมุนครีบทที่ติดอยู่บนใบพัดจะดันของเหลวที่อยู่รอบใบพัดทำให้เกิดการไหล ในส่วนโครงสร้างภายนอกจะมีลักษณะเป็นท่อเพื่อส่งผ่านน้ำจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยต่อดังกล่าวนั้นจะมีความยาวคงที่และประกอบโดยการเชื่อมติด ซึ่งจะไม่สามารถปรับความยาวได้ตามที่ต้องการ



รูปที่ 1. ลักษณะการทำงานของปั้มน้ำ

กระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ จะเริ่มจากการระบุความต้องการของลูกค้า การระบุข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ การสร้างแนวคิดและเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด การสร้างแบบในรายละเอียด การทดสอบและสร้างต้นแบบ ซึ่งระหว่างนี้จะต้องมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งฝ่ายออกแบบ ฝ่ายตลาด ฝ่ายผลิต ฝ่ายจัดซื้อ เพื่อให้การออกแบบนั้นสามารถดำเนินการได้อย่างเหมาะสมทั้งการตอบสนองความต้องการลูกค้า การจัดซื้อและการผลิต ดังนั้นการสื่อสารจึงเป็นสิ่งสำคัญในงานออกแบบ

เมื่อมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยงานจะทำให้ผู้ออกแบบทราบถึงความต้องการและปรับการออกแบบให้เหมาะสม ในกรณีของงานวิจัยนี้เป็นการนำทางเลือก

ด้านวัสดุและด้านการประกอบมาพิจารณาเพื่อแก้ไขข้อจำกัดเดิมและให้สามารถตอบสนองกับความต้องการของลูกค้า

2.2 การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญยิ่งสำหรับผู้ประกอบการที่ริเริ่มจะก่อตั้งกิจการ การศึกษานี้เป็นผลสรุปหรือผลรวมแห่งกระบวนการคิดพิจารณา และการตัดสินใจที่จะเปลี่ยนความคิดของผู้ประกอบการออกมาเป็นโอกาสทางธุรกิจ การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจประกอบทั้งในเรื่องการตลาด การแข่งขัน กลยุทธ์การดำเนินธุรกิจ การผลิต การคาดคะเนทางการเงิน เพื่อให้เห็นว่าธุรกิจที่พิจารณานี้มีความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์หรือไม่ อีกทั้งยังสามารถกำหนดรูปแบบการลงทุนในโครงการและการดำเนินการเพื่อทำให้เกิดผลกำไรในระดับที่พึงพอใจ ในการพิจารณาแบ่งการพิจารณาในด้านต่างๆ ดังนี้

ด้านการตลาด จะมีการวิเคราะห์ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกโดยเครื่องมือ SWOT analysis, การแบ่งส่วนตลาด (STP) การกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาด (4Ps) และการประมาณการยอดขาย

ด้านการผลิตและดำเนินการ จะมีการเลือกทำเลที่ตั้งของโรงงาน การกำหนดกระบวนการและขั้นตอนการผลิต การกำหนดกำลังการผลิต การวางแผนโรงงานหรือสถานประกอบการ การกำหนดความต้องการปัจจัยการผลิตในด้านพื้นที่ เครื่องจักรและกำลังคน และนำข้อมูลมาทำประมาณการรายจ่ายหรือการลงทุน

ด้านการเงิน เมื่อมีการกำหนดแผนด้านการตลาด แผนด้านการบริหารจัดการ และแผนการผลิตได้แล้ว ที่สำคัญคือต้องมีแผนด้านการเงินมารองรับ เนื่องจากในทุกกิจกรรมต้องใช้เงินทั้งสิ้น ในท้ายที่สุดของการศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจจะต้องมีแผนการเงินที่ดี โดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

ผังกระแสเงินสด (Cash Flow Diagram) คือผังแสดงการเคลื่อนไหวของเงินสด โดยจะแสดงถึงรายการได้มาและใช้ไปของเงินสดหรือสิ่งที่เทียบเท่าเงินสด โดยจะได้มา

จากการประมาณการยอดขาย และการประมาณการการลงทุน

การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value - NPV) เป็นการประเมินโดยการนำความสำคัญของค่าของเงินตามเวลาเข้ามาคิดด้วย วิธีการนี้จะหามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับที่เกิดจากโครงการในแต่ละงวดมารวมกัน แล้วเปรียบเทียบกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน โดยกำหนดอัตราส่วนลดหรือผลตอบแทนที่ต้องการ หากมีค่าเท่ากันหรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นศูนย์ แสดงว่าโครงการนั้นคุ้มทุนพอดี หากมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดเข้ารวมกัน มีมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน ถือว่าโครงการนั้นให้ผลตอบแทนสูงกว่าที่เราต้องการหรือคาดหวังไว้ ควรจะลงทุนในโครงการนั้น หากไม่แล้วก็ควรปฏิเสธไม่ลงทุนในโครงการนั้น

การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนของการลงทุน (Internal Rate of Return - IRR) เป็นอัตราส่วนหรืออัตราดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดที่คาดว่าจะต้องจ่ายออกไปเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของเงินสดที่คาดว่าจะได้รับเข้ามาตลอดอายุของโครงการ หรือคือการหาอัตราดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV (Net Present Value) เท่ากับ 0 หาก IRR มากกว่า MARR (Minimum Attractive of Return) ลงทุนถือว่าโครงการนั้นให้ผลตอบแทนสูงกว่าที่เราต้องการหรือคาดหวังไว้ควรลงทุนในโครงการนั้น หากไม่แล้วก็ควรปฏิเสธไม่ลงทุนในโครงการนั้น

การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน คือระยะเวลาที่ทำให้ได้เงินทุนคืนพอดี หรือระยะเวลาที่ทำให้รายรับมีค่าเท่ากับต้นทุนพอดี ซึ่งจะมีหน่วยเป็นช่วงเวลา และมักจะมีหน่วยเป็นปีอย่างไรก็ตามระยะเวลาคืนทุนนั้นไม่สมควรจะใช้เป็นตัววัดเพียงตัวเดียว ในการประเมินและตัดสินใจเลือกทางเลือกแต่สามารถใช้เป็นตัวช่วยในการตัดสินใจ

การวิเคราะห์ความไวต่อสถานการณ์ เมื่อจัดทำงบประมาณทางการเงินแล้ว ลำดับต่อไปจะทำการประเมินสถานการณ์จำลองเป็นการวิเคราะห์ความไวต่อ

สถานการณ์เมื่อเกิดมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นในอนาคต เพื่อใช้ในการตัดสินใจหากเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อไป

3. วิธีการวิจัย

ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำแบบปรับความยาวได้นั้น ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้สามารถปรับได้ตามความต้องการและเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานนั้นๆ โดยเริ่มจากการศึกษาลักษณะเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำทางการเกษตรในปัจจุบัน และค้นหาปัจจัยแห่งความสำเร็จ จากนั้นจึงกำหนดแนวทางการปรับปรุงเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำทางการเกษตร และการจัดทำเป็น Concept Design

การสำรวจสภาพตลาดและการวางแผนการตลาด เมื่อทราบสภาพตลาดแล้วจึงทำการกำหนดกลยุทธ์องค์กร และการวิเคราะห์ให้เกิดความเหมาะสมและสอดคล้องกับตลาด โดยการวิเคราะห์เช่น การวิเคราะห์จุดแข็งจุดอ่อน (SWOT Analysis) วิเคราะห์ความต้องการลูกค้าและกำหนดส่วนผสมทางการตลาด 4Ps และ STP เป็นต้น สุดท้ายจึงนำข้อมูลที่ได้มาประมาณการยอดขาย

การกำหนดแผนด้านการผลิตและบริหาร ในส่วนของ การผลิตจะเริ่มจากการการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน การกำหนดกระบวนการ การวางแผนผังกระบวนการผลิต การพิจารณา 4M ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานในการผลิต และกำหนดความต้องการ จากนั้นจึงทำประมาณการลงทุน

การวิเคราะห์ทางการเงิน เมื่อได้ข้อมูลตามที่กล่าวมาแล้วจะนำตัวเลขการประมาณการรายรับและการประมาณการเงินลงทุนมาเขียนในรูปของ Cash Flow Diagram จากนั้นจึงวิเคราะห์โดยตัวชี้วัดทางการเงินเพื่อตัดสินใจลงทุนคือ การวิเคราะห์มูลค่าเงินในปัจจุบัน (NPV) การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน (IRR) และการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) และการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ก่อนสรุปผล

4. ผลการดำเนินการ

ผลจากการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนการวิจัยเป็นดังนี้

4.1 ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ความต้องการของลูกค้าคือต้องการให้เครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำนั้นสามารถปรับความยาวได้ตามต้องการเพื่อการใช้ประโยชน์ที่หลากหลายขึ้น เมื่อทราบความต้องการแล้วจึงได้กำหนดแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการปรับปรุงครั้งนี้จะยังคงยึดตามแบบปัจจุบันแต่ได้มีการพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนของท่อและเพลาท่อเพื่อให้สามารถปรับความยาวได้ง่าย โดยใช้ท่อ PVC แทนท่อเหล็กเพื่อง่ายต่อการปรับความยาวโดยสามารถถอดประกอบได้ และออกแบบเพลาท่อที่ใช้เกลียวในการขบเพื่อปิดให้หมุนตามชุดส่งกำลัง แต่สามารถถอดออกเป็นท่อนได้เพื่อให้ท่อสูบน้ำนั้นสามารถปรับความยาวที่ต้องการได้ตัวอย่างแสดงดังรูป



รูปที่ 2. ตัวอย่าง Prototype เครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำ การเกษตรแบบปรับความยาวได้

4.2 ด้านการตลาด

จากการศึกษาสภาพตลาดพบว่ามี การเติบโตของผลผลิตการเกษตรเพิ่มขึ้นต่อเนื่องและราคาผลผลิตก็สูงขึ้นเช่นกันโดยเฉพาะข้าว ดังนั้นจะเห็นว่าอัตราการเติบโตของตลาดเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำทางการเกษตรมีแนวโน้มการเติบโตที่สูงขึ้นตามไปด้วย ตลาดเป้าหมายที่สนใจได้แก่ ผู้ทำนาข้าวจังหวัดนครสวรรค์ พิจิตรและพิษณุโลก การกำหนดกลยุทธ์ 4Ps ที่เหมาะสมเป็นดังนี้ 1.ผลิตภัณฑ์เป็นเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำที่มีจุดเด่นคือสามารถปรับความยาวท่อซึ่งเป็น PVC ได้ง่ายตามความต้องการ 2.กำหนดราคาต่ำกว่าสินค้าปัจจุบันประมาณ 10% นั่นคือราคา 3,150 บาทต่อเครื่อง 3.ช่องทางจำหน่าย

ขายผ่านผู้แทนจำหน่ายอุปกรณ์เครื่องจักรกลการเกษตร รายใหญ่ในจังหวัดพื้นที่เป้าหมาย 4.จัดการส่งเสริมการขายให้เหมาะสมกับแต่ละช่วงของวงจรผลิตภัณฑ์ และการประมาณการยอดขายจะอยู่ที่ 14,400 เครื่องต่อปี

4.3 ด้านการผลิตและการบริหาร

ในการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานได้พิจารณาหลายปัจจัยและใช้วิธี Factor Rating Method พบว่าพื้นที่ อ.เมือง จ.พิจิตร เป็นทำเลที่ตั้งที่เหมาะสมที่สุดในการตั้งโรงงาน โดยโรงงานได้วางกำลังการผลิตอยู่ที่ 60 เครื่องต่อวันเพื่อตอบสนองได้ในปริมาณที่ต้องการ ซึ่งสามารถประมาณความต้องการในด้านปัจจัยการผลิตพบว่าต้องใช้เครื่องจักรรวมทั้งหมด 9 เครื่องและการลงทุนอื่น ๆ รวมเป็นเงิน 27 ล้านบาท สำหรับการศึกษาด้านการบริหารพบว่าจะต้องใช้บุคลากรจำนวน 43 คนเพื่อปฏิบัติงานในตำแหน่งต่างๆ ในด้านการวางผังโรงงานได้ใช้ตัวแบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมช่วยในการออกแบบเพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการผลิตและดำเนินการต่อไป

4.4 ด้านการเงิน

จากการประมาณการรายรับซึ่งได้มาจากปริมาณยอดขายคูณกับราคาขาย โดยประมาณการยอดขายนั้นมาจากที่เรา นำผลิตภัณฑ์ไปอธิบายจุดเด่นและข้อได้เปรียบให้กับผู้แทนจำหน่ายเป้าหมายให้รับทราบและพบว่าผู้แทนจำหน่ายนั้นสนใจที่จะนำผลิตภัณฑ์มาวางจำหน่ายโดยประมาณจำนวนขายให้กับเรา เมื่อได้ประมาณการรายรับเมื่อเทียบกับประมาณการรายจ่ายซึ่งได้มากจากเงินลงทุนที่ใช้ในเรื่องพื้นที่ การก่อสร้าง การลงทุนเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบและกำลังคนแล้ว และนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณตัวชี้วัดทางการเงินพบว่า มูลค่าเงินปัจจุบัน = 5,147,754 บาท ซึ่งมีค่ามากกว่าศูนย์, อัตราผลตอบแทน = 15.17% ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราผลตอบแทนที่ต่ำที่สุดที่ยอมรับได้ที่ 8% และระยะเวลาคืนทุน การลงทุนนี้จะคืนทุนก่อนสิ้นอายุโครงการในปีที่ 3.27 ดังนั้นจากผลการศึกษาทั้งหมดซึ่งต้องนำมาพิจารณา ร่วมกันเพื่อใช้ในการตัดสินใจนั้นเป็นผลที่มีความสอดคล้องและเป็นไปในแนวทางเดียวกันนั่นคือ โครงการนี้

มีความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำทางการเกษตรแบบปรับความยาวได้

นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) พบว่าหากปริมาณยอดขายลดลงมากกว่า 3% จากที่ประมาณการหรือต้นทุนวัตถุดิบเพิ่มขึ้นมากกว่า 5% จากที่ประมาณการ จะต้องพิจารณาถึงแผนในการดำเนินการเพื่อรักษาสถานะทางการเงินที่ดีไว้ต่อไป

และจากการศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำทางการเกษตรแบบปรับความยาวได้ในครั้งนี้ ยังมีข้อจำกัดที่ไม่ได้นำมาวิเคราะห์ นั่นคือ ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและด้านกฎหมาย ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องคำนึงถึงเช่นกัน

5. สรุป

การศึกษาคือความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำทางการเกษตรแบบปรับความยาวได้นั้น มีวัตถุประสงค์คือการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อปรับปรุงและแก้ไขปัญหาในการใช้งานของเครื่องสูบน้ำที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน หลังจากนั้นจึงนำมาศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจเชิงพาณิชย์ เมื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดพบว่ายังคงมีอุปสงค์ของผลิตภัณฑ์นี้เป็นจำนวนมาก และได้กำหนดรูปแบบในการดำเนินกลยุทธ์ทางการตลาดที่เหมาะสม ในด้านการผลิตเพื่อให้ได้ตามความต้องการนั้นจะต้องมีปัจจัยด้านการผลิตโดยจัดตั้งโรงงานที่ อ.เมือง จ. พิจิตร และจะต้องใช้เครื่องจักรรวมทั้ง 9 เครื่องและการลงทุนอื่น ๆ รวมเป็นเงิน 27 ล้านบาท สำหรับการศึกษาด้านการบริหารพบว่าจะต้องใช้บุคลากรจำนวน 43 คนเพื่อปฏิบัติงาน และเมื่อนำข้อมูลประมาณการรายรับรวมกับประมาณการรายจ่ายทำให้สามารถคำนวณมูลค่าเงินในปัจจุบัน (NPV) นั้นมีค่า 5,147,754 บาท จากการศึกษาอัตราผลตอบแทน (IRR) ได้ค่าเท่ากับ 15.17% และการศึกษาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) นั้นมีการคืนทุนในระยะเวลาประมาณปีที่ 3.27 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ทางการเงินแล้วทำให้สามารถพิจารณาโดยสรุปกล่าวคือการ

ดำเนินธุรกิจนี้มีความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

หนังสือภาษาไทย

- [1] มณฑลลี ศาสสนันท์. 2550. การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมและวิศวกรรมย้อนรอย. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [2] กตัญญู ธีระกฤษณ์. 2548. การบริหารอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักพิมพ์ บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.
- [3] จริญญา จันทร์ปาน. 2552. การเขียนแผนธุรกิจอย่างมืออาชีพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์, บจก.
- [4] อัจฉรา ชีวะตระกูลกิจ, ฐาปนา ฉื่นไพศาล. 2542. การบริหารโครงการและการศึกษาความเป็นไปได้ : Project Management and Feasibility Study. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ วีระฟิล์ม และไซเท็กซ์, บจก.
- [5] คมสัน ขจรชีพพันธุ์งาม, การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากปลา, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2543.

วิทยานิพนธ์

การประยุกต์ใช้การจัดการความรู้ : กรณีศึกษา

นนทวรรณ ตั้งวรการพานิช และจิรวัฒน์ ธีระวราพฤกษ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

E-mail : thunderstorm448@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในสภาวะที่มีการแข่งขันสูงเช่นปัจจุบัน องค์กรทุก
องค์กรจำเป็นต้องหาวิธีการในการปรับปรุงคุณภาพของ
ผลิตภัณฑ์และต้นทุนการผลิต ในกระบวนการของการ
ปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนการผลิตนั้น
จำเป็นต้องมีความรู้มาเกี่ยวข้อง การจัดการความรู้ที่ดีจึงมี
ส่วนช่วยให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลด
ต้นทุนการผลิต งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงการประยุกต์ใช้
การจัดการความรู้เพื่อให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพของ
ผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนการผลิต โดยได้ศึกษาถึงความรู้ที่
เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลด
ต้นทุนการผลิตของกรณีศึกษา หลังจากนั้นจึงได้ทำการจัด
หมวดหมู่ความรู้ และได้ออกแบบระบบสารสนเทศเพื่อเป็น
เครื่องมือช่วยในการจัดการความรู้ ซึ่งระบบสารสนเทศนี้จะ
ทำให้การเข้าถึงความรู้เป็นไปได้โดยสะดวกและรวดเร็ว อีกทั้ง
ยังสามารถแบ่งปันความรู้ ซึ่งจะก่อให้เกิดการเรียนรู้และ
สามารถนำความรู้นั้นไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของ
ผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย ผลจากการนำ
การจัดการความรู้ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในองค์กร
กรณีศึกษาพบว่า จำนวน ไคเซ็นที่จากการขยายผลอยู่ใน
ระดับร้อยละ 8-17 และความพึงพอใจของผู้ที่เกี่ยวข้องใน
การประยุกต์ใช้การจัดการความรู้ อยู่ในระดับร้อยละ
81-92

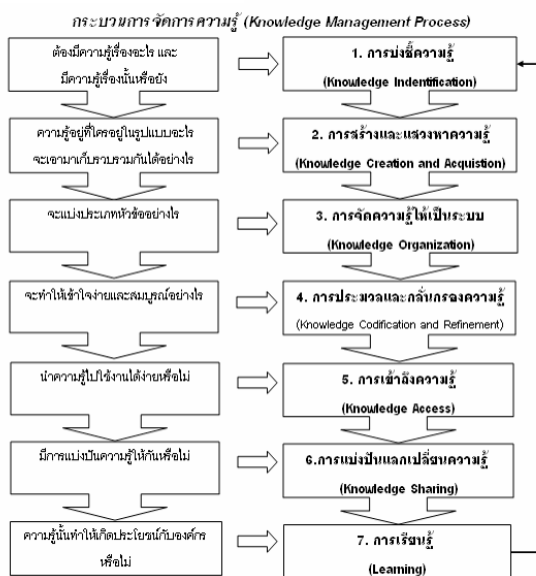
บทนำ

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วน
อิเล็กทรอนิกส์ประเภทแผงวงจรรวม (IC: Integrated
Circuit) เนื่องจากในปัจจุบันมีการแข่งขันทางด้านต้นทุน
การผลิตค่อนข้างสูงทางบริษัทจึงให้ความสำคัญเกี่ยวกับ
ต้นทุนการผลิตเป็นพิเศษ แต่ทางด้านของคุณภาพก็ต้อง
รักษาระดับไว้ จากที่กล่าวมาทางบริษัทจึงมีกิจกรรมเพื่อ
ลดต้นทุนและรักษาระดับคุณภาพ โดยให้พนักงานมีส่วน
ร่วมในการปรับปรุงการทำงาน เรียกกิจกรรมนี้ว่า
MUDADORI Activity กิจกรรมนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วน
คือ 1. MAIZOUKIN เป็นกิจกรรมที่เน้นเกี่ยวกับการลด
ต้นทุนในการผลิต โดยใช้ Value Analysis โดยที่กิจกรรม
จะมีการแข่งขันประกวดรายเดือน 2.Q plus ซึ่งเป็น
กิจกรรมที่เน้นเกี่ยวกับคุณภาพ โดยมีการนำเครื่องมือมา
ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพ คือ Process Flow, CE
Diagram (Cause and Effect Diagram) และ FMEA
(Failure Mode and Effect Analysis) โดยที่กิจกรรมนี้จะ
มีการแข่งขันประกวดรายเดือนๆ ละ 1 ครั้งและจะต้องส่ง
ไคเซ็นทุกสัปดาห์เพื่อให้ทางแผนกของผู้ศึกษาได้คัดแยก
ชนิดของไคเซ็น ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ 1. Quality
2. Cleanwork 3. ESD (Electrostatic Discharge) 4. 5S/
ความปลอดภัย 5. อื่นๆ ในส่วนของการผลิตจะต้องส่ง
จำนวนไคเซ็นให้ได้ตามเป้าหมายที่บริษัทกำหนด จากการ
ที่ทำกิจกรรมเหล่านี้ ทำให้ทางแผนกของผู้ศึกษามีปริมาณ
จำนวนไคเซ็นมาก ขาดการสรุปและประกาศความรู้ให้กับ
กับส่วนการผลิตอื่นๆ ประกอบกับระยะหลังส่วนการผลิต

เริ่มคิดโคเซ็นได้จำนวนน้อยลง ทำให้มีความยากในการทำโคเซ็นให้ได้เป้าหมายของที่บริษัทกำหนดไว้และวิธีการทำงานในแต่ละส่วนการผลิตมีวิธีในการทำงานที่ต่างกันทำให้เกิดความสับสนในการทำงาน เช่น การใช้สี การติดป้ายเตือนหรือสัญลักษณ์ต่างๆ เนื่องจากไม่มีการกำหนดมาตรฐานในการทำงาน

ดังนั้น การศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาหาแนวทางในการจัดการความรู้เพื่อให้เกิดการขยายผลของการดำเนินงานโคเซ็น

กระบวนการจัดการความรู้



รูปที่ 1. กระบวนการจัดการความรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการความรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการความรู้มีหลายประเภทซึ่งอาจแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ เครื่องมือที่ช่วยในการ “เข้าถึงความรู้” และเครื่องมือที่ช่วยในการ “ถ่ายทอดความรู้” เครื่องมือที่ช่วยในการ “เข้าถึงความรู้” ซึ่งเหมาะกับความรู้ประเภท Explicit ได้แก่

1. Common KADS เป็นรูปแบบระเบียบแบบแผนกรอบการทำงานสำหรับวิเคราะห์รายละเอียดของงานและกระบวนการจัดการความรู้ กำหนดกฎสำหรับการแสดง การสร้าง และการเปลี่ยนรูปความรู้ที่ได้มา

2. สมุดหน้าเหลืองใช้แนวคิดสมุดหน้าเหลือง เป็นการบันทึกแหล่งที่มาของความรู้ ประเภทของความรู้ และผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้าน

3. Intranet, Web Based Instruction (WBS), Data warehouse, Data mining เป็นระบบเครือข่ายสื่อสารที่รองรับสำหรับการจัดเก็บฐานความรู้บทเรียนและความสำเร็จ

4. จดหมายอิเล็กทรอนิกส์เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลข่าวสารระหว่างกันผ่านระบบเครือข่ายเครื่องมือที่ช่วยในการ “ถ่ายทอดความรู้” ซึ่งเหมาะสำหรับความรู้ประเภท Tacit ซึ่งต้องอาศัยการถ่ายทอด โดยปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลเป็นหลัก ได้แก่

1. ชุมชนแห่งการเรียนรู้ (Communities of Practice: CoP) คือ ชุมชนที่มีการรวมตัวกันหรือเชื่อมโยงกันอย่างไม่เป็นทางการ มีวัตถุประสงค์เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ เพื่อช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพดีขึ้น

2. การจัดตั้งทีมข้ามสายงาน (Cross-Functional Team) เป็นการจัดตั้งทีมเพื่อมาทำงานร่วมกันในเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่กำหนดขึ้นภายใต้ความเชื่อว่าการทำงานในแต่ละเรื่องต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในหลายๆ ด้านมาแลกเปลี่ยนประสบการณ์และทำงานร่วมกันจึงจะประสบความสำเร็จ

3. Innovation & Quality Circles (IQC) เป็นกลุ่มที่พัฒนามาจากกลุ่ม Quality Circles (QC) ซึ่งสมาชิกของกลุ่มจะมาจากหน่วยงานในองค์กรหรืออาจจะมาจากต่างองค์กร

4. ระบบที่เลี้ยงเป็นวิธีการถ่ายทอด Tacit Knowledge แบบตัวต่อตัวจากผู้มีความรู้และประสบการณ์ที่มากกว่าไปยังบุคลากรรุ่นใหม่

5. เพื่อนช่วยเพื่อนเป็นการประชุมเชิงเชิญสมาชิกจากทีมอื่นมาแบ่งปันประสบการณ์ความรู้ ความเข้าใจให้แก่ทีมงานที่ต้องการความช่วยเหลือ โดยผู้ที่เชิญมาอาจเป็นคนที่อยู่องค์กรอื่นก็ได้

6. การทบทวนหลังการปฏิบัติเป็นการอภิปรายเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหลังการปฏิบัติงานหนึ่งๆ เพื่อพิจารณาข้อดีและแก้ไขข้อผิดพลาด ทำให้สมาชิกในที่มได้เรียนรู้จากทั้งความสำเร็จและความล้มเหลว

7. การเสวนา เป็นการปรับฐานความคิดโดยฟังจากผู้อื่น เพื่อให้ผู้ฟังเกิดความหลากหลายทางความคิด ทำให้สมาชิกเห็นภาพที่ใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นจึงจัดประชุมหรืออภิปรายเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาองค์กรให้ดียิ่งขึ้น

8. การสับเปลี่ยนงานและการยืมตัวบุคลากรมาช่วยงานเป็นการย้ายบุคลากรไปทำงานในหน่วยงานต่างๆ ซึ่งอาจอยู่ในสายงานเดียวกันหรือข้ามสายงานเป็นระยะๆ เป็นวิธีการที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ และประสบการณ์ของทั้งสองฝ่าย

9. เวที สำหรับการแลกเปลี่ยนความรู้ (Knowledge Forum) เพื่อเป็นเวทีให้บุคลากรองค์กรมีโอกาสได้พบปะพูดคุยกัน เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถกระตุ้นให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันได้ เกิดการกระจายความรู้และการเรียนรู้ทั่วทั้งองค์กร

10. เทคโนโลยีสารสนเทศ ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการสื่อสารระหว่างบุคคล เทคโนโลยีที่สามารถนำมาเป็นเครื่องมือ ได้แก่ E-mail, Video Conference, Discussion Boards เป็นต้น

ปัญหาในการดำเนินงานกิจกรรมไคเซ็น

การที่แต่ละแผนกทำไคเซ็นที่จำนวนมากแล้วเก็บไว้และได้มีการส่งมาให้แผนกผู้วิจัยคัดแยกประเภท ซึ่งไคเซ็นส่วนใหญ่ไม่ได้มีการจัดการความรู้ด้านการขยายผลให้กับส่วนการผลิตอื่นๆ จะมีเพียงบางส่วนที่ได้ทำการแบ่งปันความรู้ให้กับแผนกอื่นๆ โดยผ่านการประกวดรายเดือน

ทางผู้วิจัยเลือกใช้การสัมภาษณ์โดยใช้แบบสอบถามเพื่อการทดสอบเครื่องมือในการจัดการความรู้ เพื่อความถูกต้องและครบถ้วนในประเด็นที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยมีการทดสอบเครื่องมือดังนี้ ตรวจสอบแบบสอบถามโดยผู้วิจัยเองเพื่อตรวจสอบประเด็นที่ต้องการสัมภาษณ์ให้ครบถ้วน

เพื่อตรวจสอบความครอบคลุมและความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย โดยสอบถามจากแผนกที่เกี่ยวข้องจำนวน 37 คน

สรุปผลจากการสัมภาษณ์

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจผู้ที่เกี่ยวข้องจำนวน 37 คนในเรื่องการบ่งชี้ความรู้ว่าความรู้ที่มีความสำคัญ และความรู้ที่มีความสำคัญอยู่ในระดับใด ดังตารางที่ 1 และกระบวนการจัดการความรู้อื่นๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1. สรุปผลการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการบ่งชี้ความรู้

| ความรู้เรื่องการขยายผลไคเซ็น | ความสำคัญ | | ระดับความสำคัญ (กรณีเลือกมีความสำคัญ) | | |
|---|-----------|-------|---------------------------------------|---------|------|
| | มี | ไม่มี | มาก | ปานกลาง | น้อย |
| 1.จำนวนผู้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับขั้นตอนในการทำไคเซ็น | 35 | 2 | 28 | 7 | |
| เปอร์เซ็นต์ผู้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับขั้นตอนในการทำไคเซ็น | 95% | 5% | 80% | 20% | |
| 2.จำนวนผู้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ทำไคเซ็น | 32 | 5 | 28 | 4 | |
| เปอร์เซ็นต์ผู้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ทำไคเซ็น | 86% | 14% | 88% | 13% | |
| 3.จำนวนผู้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประเภทของงานเสีย | 35 | 2 | 33 | 2 | |
| เปอร์เซ็นต์ผู้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประเภทของงานเสีย | 95% | 5% | 94% | 6% | |
| 4.จำนวนผู้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดงานเสีย | 37 | | 37 | | |
| เปอร์เซ็นต์ผู้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดงานเสีย | 100% | | 100% | | |
| 5.จำนวนผู้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการแก้ไขและป้องกันงานเสีย | 37 | | 37 | | |
| เปอร์เซ็นต์ผู้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการแก้ไขและป้องกันงานเสีย | 100% | | 100% | | |

ตารางที่ 2.สรุปผลการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการสร้างและแสวงหาความรู้ การจัดการความรู้ให้เป็นระบบ การประมวลและกลั่นกรองความรู้ การเข้าถึงความรู้ การแบ่งปันแลกเปลี่ยนความรู้ และการเรียนรู้

| กระบวนการจัดการความรู้ | กระบวนการ | | ระดับความพึงพอใจ | | | จำเป็นหรือไม่จำเป็น | |
|---------------------------------|-----------|-------|------------------|---------|------|---------------------|-----------|
| | มี | ไม่มี | มาก | ปานกลาง | น้อย | จำเป็น | ไม่จำเป็น |
| 2. การสร้างและแสวงหาความรู้ | 100% | | 95% | 5% | | | |
| 3. การจัดการความรู้ให้เป็นระบบ | 73% | 27% | 37% | 41% | 22% | 100% | |
| 4. การประมวลและกลั่นกรองความรู้ | 86% | 14% | 88% | 6% | 6% | 100% | |
| 5. การเข้าถึงความรู้ | 46% | 54% | 29% | 59% | 12% | 100% | |
| 6. การแบ่งปันแลกเปลี่ยนความรู้ | 70% | 30% | 38% | 58% | 4% | 100% | |
| 7. การเรียนรู้ | 78% | 22% | 38% | 55% | 7% | 100% | |

จากข้อมูลการสอบถามผู้เกี่ยวข้องจำนวน 37 คนจะเห็นได้ว่าขั้นตอนการสร้างและแสวงหาความรู้และขั้นตอนการประมวลและกลั่นกรองรูขุมความรู้ นั้น ผู้เกี่ยวข้องเห็นว่าการองค์กรได้มีการจัดการความรู้ด้านนี้อยู่แล้ว และมีระดับความพึงพอใจมากอยู่ในระดับ 95% และ 88% ส่วนกระบวนการจัดการความรู้ให้เป็นระบบ, การเข้าถึงความรู้,

การแบ่งปันแลกเปลี่ยนความรู้ และการเรียนรู้ นั้นมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ทางผู้วิจัยเห็นว่ากระบวนการเหล่านี้มีความจำเป็นที่จะต้องระบุเป็นประเด็นที่ต้องพัฒนา คือ

1. เรื่องการจัดการความรู้ให้เป็นระบบ ผู้ที่เกี่ยวข้องตอบว่าองค์กรมีการจัดการความรู้ให้เป็นระบบ 73% และอีก 27% คิดว่าองค์กรไม่มีการจัดการความรู้ให้เป็นระบบ เมื่อสำรวจระดับความพึงพอใจของผู้ที่ระบุว่ามีการะบวนการนี้ 37% เห็นว่ามีระดับความพึงพอใจมาก, 41% เห็นว่ามีระดับความพึงพอใจปานกลาง และ 22% เห็นว่ามีระดับความพึงพอใจน้อยส่วนที่ตอบว่าไม่มีในองค์กร ตอบว่าต้องการให้มีถึง 100%

2. เรื่องการเข้าถึงความรู้ ผู้ที่เกี่ยวข้องตอบว่าองค์กรมีการจัดการเข้าถึงความรู้ 46% และอีก 54% คิดว่าองค์กรไม่มีการเข้าถึงความรู้ เมื่อสำรวจระดับความพึงพอใจของผู้ที่ระบุว่ามีการะบวนการนี้ 29% เห็นว่ามีระดับความพึงพอใจมาก, 59% เห็นว่ามีระดับความพึงพอใจปานกลาง และ 12% เห็นว่ามีระดับความพึงพอใจน้อยส่วนที่ตอบว่าไม่มีในองค์กร ตอบว่าต้องการให้มีถึง 100%

3. การแบ่งปันแลกเปลี่ยนความรู้ ผู้ที่เกี่ยวข้องตอบว่าองค์กรมีการแบ่งปันแลกเปลี่ยนความรู้ 70% และอีก 30% คิดว่าองค์กรไม่มีการแบ่งปันแลกเปลี่ยนความรู้เมื่อสำรวจระดับความพึงพอใจของผู้ที่ระบุว่ามีการะบวนการนี้ 38% เห็นว่ามีระดับความพึงพอใจมาก, 58% เห็นว่ามีระดับความพึงพอใจปานกลางและ 4% เห็นว่ามีระดับความพึงพอใจน้อยส่วนที่ตอบว่าไม่มีในองค์กร ตอบว่าต้องการให้มีถึง 100%

4. การเรียนรู้ ผู้ที่เกี่ยวข้องตอบว่าองค์กรมีการเรียนรู้ 78% และอีก 22% คิดว่าองค์กรไม่มีการเรียนรู้เมื่อสำรวจระดับความพึงพอใจของผู้ที่ระบุว่ามีการะบวนการนี้ 38% เห็นว่ามีระดับความพึงพอใจมาก, 55% เห็นว่ามีระดับความพึงพอใจปานกลาง และ 7% เห็นว่ามีระดับความพึงพอใจน้อยส่วนที่ตอบว่าไม่มีในองค์กร ตอบว่าต้องการให้มีถึง 100%

5. การบ่งชี้ความรู้ ผู้ที่เกี่ยวข้องตอบว่า ขั้นตอนในการทำได้เห็น, เครื่องมือที่ใช้ในการทำได้เห็น, ประเภทของงานเสีย, สาเหตุของงานเสีย และวิธีการแก้ไขและป้องกันงานเสีย นั้นมีความสำคัญอยู่ในระดับมาก ผู้วิจัยจะนำความรู้เหล่านี้ไปใช้ในเครื่องมือการจัดการความรู้

เครื่องมือที่เลือกใช้ในการจัดการความรู้

ปัญหาในเรื่องการจัดการความรู้ให้เป็นระบบและการเข้าถึงความรู้ สามารถแก้ไขได้โดยการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการใช้จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ปัญหาในเรื่องการแบ่งปันแลกเปลี่ยนความรู้และการเรียนรู้ สามารถแก้ไขได้โดยการใช้เวทียุทธศาสตร์สำหรับการแลกเปลี่ยนความรู้

1. การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ได้แก่ ระบบ Intranet / Webpage เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเข้าถึงความรู้ได้อย่างรวดเร็วและยังสามารถวางโครงสร้างของความรู้เพื่อจัดการความรู้ให้เป็นระบบ ทำให้ผู้ใช้งานใช้งานได้สะดวกขึ้น สามารถค้นหา และนำความรู้ไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นการให้โอกาสเลือกใช้ความรู้ (Pull) สาเหตุที่เลือกเครื่องมือชนิดนี้เพราะแผนกวิจัยมี webpage เพื่อกิจกรรมกำจัดความสูญเปล่าอยู่แล้ว และสามารถปรับปรุงและเพิ่มเติมในเรื่องการขยายผลได้เช่นได้ง่าย และผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถเข้ามาถึงข้อมูลได้ตลอดเวลา

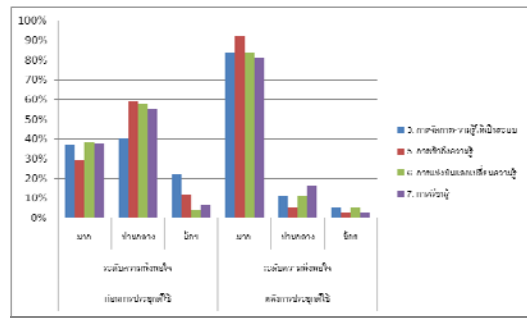
2. การใช้จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเข้าถึงความรู้โดยใช้การติดต่อรับส่งข้อมูลข่าวสารระหว่างกันผ่านระบบเครือข่าย ซึ่งเป็นการป้อนความรู้ (Push) ให้ผู้รับโดยผู้รับไม่ได้รับรองหรือต้องการ สาเหตุที่เลือกเครื่องมือชนิดนี้เพราะข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวกับการปรับปรุงได้ถูกส่งมายังแผนกผู้วิจัยและได้ถูกจัดเก็บลงคอมพิวเตอร์ของผู้วิจัย โดยมีลักษณะเป็นไฟล์นำเสนอแต่ไม่ได้มีการจัดเป็นหมวดหมู่ ดังนั้นถ้าผู้วิจัยนำข้อมูลนี้มาจัดเป็นหมวดหมู่เพื่อที่ผู้สนใจสามารถเข้ามาดูได้ง่ายขึ้นและสามารถนำไปขยายผลในกระบวนการผลิตของตัวเองได้ อีกทั้งการใช้จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ยังสามารถส่งตรงถึงผู้ที่เกี่ยวข้องได้โดยตรง ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการค้นหา

3. การใช้เวทีสำหรับการแลกเปลี่ยนความรู้ (Knowledge Forum) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการถ่ายทอดความรู้ มาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาในเรื่อง การแบ่งปันแลกเปลี่ยนความรู้ และการเรียนรู้ เป็นเวทีให้บุคลากรในองค์กรมีโอกาสได้พบปะพูดคุยกัน เกิดการกระจายความรู้ และการเรียนรู้ทั่วทั้งองค์กร สาเหตุที่เลือกใช้เครื่องมือนี้ เนื่องจาก การทำกิจกรรมปรับปรุงการในแต่ละเดือนนั้น จะมีผู้ที่มีความเชี่ยวชาญและมีแนวคิดในการปรับปรุงการผลิตที่ดี ซึ่งได้รับรางวัลชนะเลิศอยู่บ่อยครั้ง แสดงให้เห็นว่าผู้นั้นมีความรู้ที่ฝังอยู่ในตัว (Tacit Knowledge) ซึ่งถ้าสามารถนำประสบการณ์ ความรู้ของผู้ที่เชี่ยวชาญนี้ ออกมาให้ผู้อื่นเรียนรู้ได้ จะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงการผลิตต่อไป

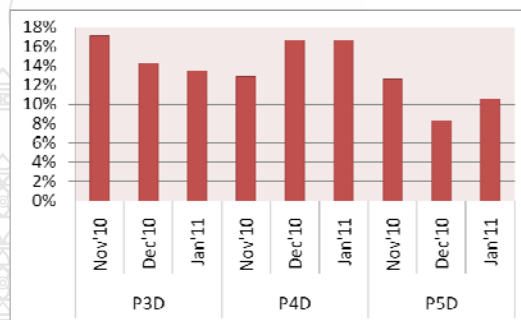
ส่วนเครื่องมืออื่นๆที่ผู้วิจัยไม่ได้เลือกใช้ เช่น ระบบพี่เลี้ยง, เพื่อนช่วยเพื่อน, การเสวนา เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการแก้ไขปัญหาในเรื่อง การแบ่งปันแลกเปลี่ยนความรู้ และการเรียนรู้ คล้ายกับการใช้เวทีแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งสามารถครอบคลุมการกระจายความรู้ได้ทั้งองค์กรอยู่แล้ว ส่วนเครื่องมือ การจัดตั้งทีมข้ามสายงาน และ Innovation & Quality Circles นั้นทางองค์กรของผู้วิจัยได้มีการรวมกลุ่มเพื่อปรับปรุงการผลิต ซึ่งจะมีการแข่งขันกันเป็นประจำทุกเดือนอยู่แล้ว

สรุปหลังดำเนินการ

หลังจากได้ดำเนินการประยุกต์ใช้เครื่องมือในการจัดการความรู้ ได้ทำการสำรวจระดับความพึงพอใจตั้งแต่แสดงในรูปที่ 2 และจำนวนโคเซ็นซีที่เพิ่มมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2. ระดับความพึงพอใจก่อนและหลังดำเนินการ



รูปที่ 3. จำนวนโคเซ็นซีที่เพิ่มขึ้นจากการขยายผล

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

เพื่อแก้ปัญหาเรื่องการจัดการความรู้ให้เป็นระบบ การเข้าถึงความรู้ การแบ่งปันและแลกเปลี่ยนความรู้ และการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้แก้ปัญหาเหล่านี้ด้วยวิธีการจัดการความรู้ที่ดี โดยได้มีการออกแบบและปรับปรุง webpage และได้มีการประกาศความรู้ผ่านทาง E-mail รวมทั้งยังมีการใช้เวทีสำหรับแลกเปลี่ยนความรู้

เอกสารอ้างอิง

หนังสือทั่วไป

- [1] กิริติ ยศยิ่งยง. (2549). การจัดการความรู้ในองค์กรและการศึกษา. กรุงเทพฯ: บริษัทมิสเตอร์ก็อปปี (ประเทศไทย) จำกัด.
- [2] เจนเนตร มณีนาถ. (2546). สร้างองค์กรอัจฉริยะ ในยุคโลกาภิวัตน์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เสริม มิตรการพิมพ์.
- [3] ชัชวาลย์ วงษ์ประเสริฐ. (2548). การจัดการความรู้ในองค์กรธุรกิจ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ธรรมมลการพิมพ์.
- [4] นรินทร์ องคอินทร์. (2548). องค์กรชั้นนำยุค การจัดการคน + ความรู้. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ธรรมมลการพิมพ์.

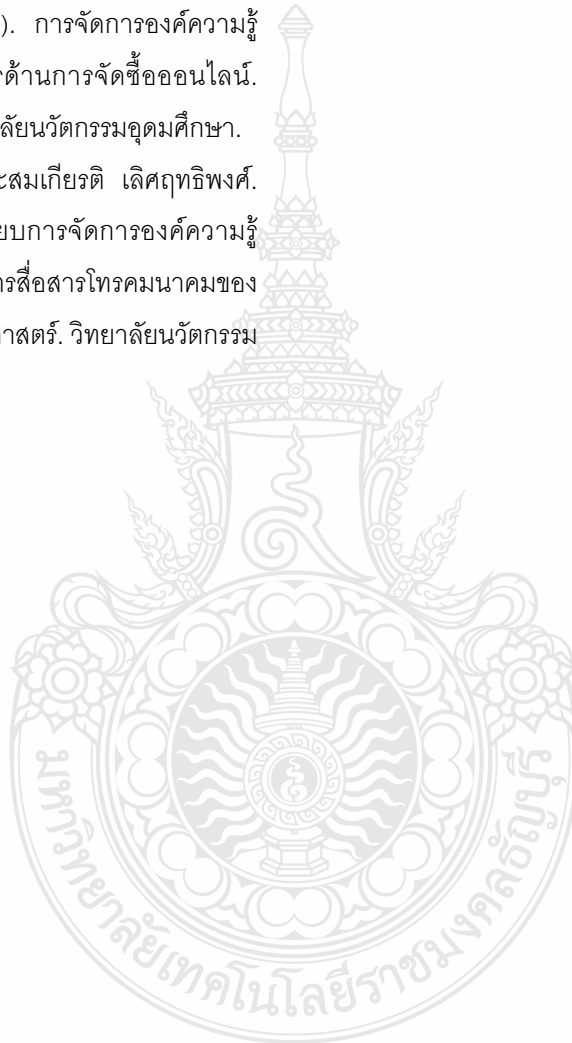
[5] น้ำทิพย์ วิภาวิน. (2547). การจัดการความรู้กับคลังความรู้. กรุงเทพฯ: บริษัท เอสอาร์ พรินติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด.

[6] บุญดี บุญญาภิจ และคณะ. (2547). การจัดการความรู้จากทฤษฎีสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: บริษัทจิรวัดณ์ เอ็กซ์เพรส จำกัด.

วิทยานิพนธ์

[7] เพลิน นวกิจวัฒนา. (2549). การจัดการองค์ความรู้กรณีศึกษาของบริษัทให้บริการด้านการจัดซื้อออนไลน์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. วิทยาลัยนวัตกรรมการศึกษาศาสตร์.

[8] กิตติพล วัฒนะธนาต และสมเกียรติ เลิศฤทธิพงษ์. (2550). การศึกษาเปรียบเทียบการจัดการองค์ความรู้สำหรับองค์กรธุรกิจชั้นนำด้านการสื่อสารโทรคมนาคมของประเทศไทย. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. วิทยาลัยนวัตกรรมการศึกษาศาสตร์.



ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์สินเชื่อในภาคอุตสาหกรรม

ฐิติพร ลวดทอง และจิรวรรณ์ ธีระวราพฤษ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

E-mail: titiporn@smebank.co.th

บทคัดย่อ

ในการลงทุน เกือบทุกองค์กรจะเริ่มดำเนินงานโดยใช้เงินลงทุนส่วนหนึ่งจากการกู้ยืม โดยเฉพาะการลงทุนในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนที่สูง การกู้ยืมหรือการขอสินเชื่อจากธนาคารหรือสถาบันทางการเงินจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์สินเชื่อในภาคอุตสาหกรรม โดยทำการศึกษากับธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย ผลของงานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการวิเคราะห์สินเชื่อให้กับผู้วิเคราะห์สินเชื่อและเป็นแนวทางให้ผู้ลงทุนจัดเตรียมเอกสารและความพร้อมในการขอสินเชื่อ จากการศึกษา พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์สินเชื่อในภาคอุตสาหกรรม ได้แก่ คุณสมบัติของผู้กู้ ความสามารถในการชำระหนี้ เงินทุนหลักประกัน รวมทั้งสภาวะเศรษฐกิจที่เป็นอยู่และแนวโน้ม

คำสำคัญ ปัจจัยที่มีอิทธิพล, สินเชื่อ

1. บทนำ

ในปี พ.ศ. 2545 มีพระราชบัญญัติธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2545 โดยปรับสถานะของบรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมขนาดย่อม เป็น ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อมแห่งประเทศไทย (ธพว. หรือ SME BANK) ภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงการคลังและกระทรวงอุตสาหกรรมเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2545 โดยมีวัตถุประสงค์ “เพื่อประกอบธุรกิจอันเป็นการพัฒนา

ส่งเสริม ช่วยเหลือ และสนับสนุนการจัดตั้ง การดำเนินงาน การขยาย หรือการปรับปรุงวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม โดยการให้สินเชื่อค้ำประกันร่วมลงทุนให้คำปรึกษา แนะนำหรือ ให้บริการที่จำเป็นอื่นตามบทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัตินี้”

จากที่กล่าวมาแล้ว ทำให้ ธพว. มีหน้าที่หลักหน้าที่หนึ่งในการให้สินเชื่อกับภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรมในกรณีที่เป็นวิสาหกิจขนาดกลางและย่อม และในการให้สินเชื่อนั้นจะต้องมีการวิเคราะห์สินเชื่อ โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์สินเชื่อในภาคอุตสาหกรรม

2. ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายและความสำคัญของสินเชื่อ

สินเชื่อ (Credit) มีที่มาจากภาษาละตินว่า Credere แปลว่า ความน่าเชื่อถือ (to trust หรือ to believe) ซึ่งที่มาของคำว่าสินเชื่อมาจากรากฐานเดียวกัน คือ ความเชื่อถือและความไว้วางใจ โดยอาจสรุปสาระสำคัญสำหรับความหมายของสินเชื่อได้ว่า ความเชื่อและไว้วางใจระหว่างบุคคล (นิติบุคคล) 2 ฝ่าย ในการที่จะให้สินค้าหรือบริการไปใช้ก่อน โดยสัญญากำหนดเงื่อนไข และเงื่อนไขเวลาการชำระคืนในอนาคต

การที่ธนาคารพิจารณาสินเชื่อแก่ลูกค้ารายใด ย่อมแสดงให้เห็นว่าธนาคารมีความไว้วางใจในลูกค้า ซึ่งอาจเป็นบุคคล หรือนิติบุคคลที่ได้รับการพิจารณาความเสี่ยง

จากธนาคารมาแล้ว โดยธนาคารจะทำนิติกรรมสัญญาการชำระเงินคืนไว้

หลักการวิเคราะห์หนี้สินเพื่อนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงเพื่อตัดสินใจในการที่จะให้หรือปฏิเสธคำขอสินเชื่อจากลูกค้า คือ หลักของ 5 C's ซึ่งจะพิจารณาในแง่มุมต่างๆ ได้แก่

1.คุณสมบัติของผู้กู้ (Character) ซึ่งเป็นการพิจารณาผู้กู้ในด้านต่าง ๆ เช่น การพิจารณาประวัติส่วนตัว ฐานะทางการเงิน ความรู้ ประสบการณ์ในการบริหารธุรกิจ ลักษณะการดำเนินธุรกิจ เนื่องจากทุกอย่างเริ่มต้นและจบลงที่ตัวลูกค้าผู้ขอสินเชื่อ แม้ว่าการอ่านนิสัยและลักษณะของบุคคล (นิติบุคคล) และหาข้อมูลของผู้กู้เป็นเรื่องยาก แต่จำเป็นต้องทำอย่างยิ่ง ผู้วิเคราะห์หนี้สินจะไม่ให้สินเชื่อแก่บุคคล (นิติบุคคล) ที่ไม่รู้จักดีพอโดยเด็ดขาด

2. ความสามารถในการชำระหนี้ (Capacity) เป็นการคำนึงถึงความสามารถในการชำระหนี้คืนได้ทั้งเงินต้นและดอกเบี้ยได้ตามเงื่อนไขที่ได้ตกลงกันได้ ซึ่งจะพิจารณาจากรายได้ กำไร และกระแสเงินสด

3.เงินทุน (Capital) การลงทุนในสินทรัพย์ของผู้ขอสินเชื่อ นั้น ควรจะมีเงินทุนของตนเองส่วนหนึ่งมาลงทุนด้วยธนาคารมักจะไม่สนับสนุนโครงการที่จะขอเงินกู้ทั้ง 100 % จากธนาคาร เพราะจะทำให้ภาระหนี้สินของโครงการอยู่ในระดับสูงซึ่งจะไปเพิ่มความเสี่ยงทางการเงินของกิจการให้สูงขึ้นด้วย ความมั่นใจของธนาคารผู้ให้สินเชื่อที่มีต่อผู้ขอสินเชื่อว่ามีความมุ่งมั่นและผูกพัน (Commitment) กับโครงการลงทุนที่ขอสินเชื่อมากน้อยเพียงใดนั้น สิ่งที่แสดงเจตนาที่ดีที่สุดคือการนำเงินทุนของตนเอง (Share Capital หรือ Owners' Equity) มาลงทุนในสัดส่วนที่สูงพอที่จะไม่ทำให้ความเสี่ยงทางการเงิน (Financial Risks) ของโครงการสูงมากจนธนาคารรับไม่ได้ เจ้าหน้าที่วิเคราะห์หนี้สินมักจะพิจารณาโดยดูจากสัดส่วนหนี้สินต่อทุน (Debt-to-Equity Ratio) ของโครงการ ซึ่งธนาคารสามารถที่จะควบคุมได้จากการกำหนดตัวเลขทั้งโครงการก่อนพิจารณาให้สินเชื่อไว้ตั้งแต่แรก

4. หลักประกันการให้กู้ยืม (Collateral) เป็นการพิจารณาในแง่ของคุณภาพและสภาพคล่องของหลักประกัน เพื่อใช้ป้องกันความเสี่ยง ประเภทของหลักประกันนั้นอาจเป็น เงินฝาก อสังหาริมทรัพย์ พันธบัตร ใบหุ้น หรือการค้ำประกันโดยบุคคล

5. สภาพเศรษฐกิจที่เป็นอยู่และแนวโน้ม (Condition) ในการอนุมัติสินเชื่อ นั้น แม้ว่าจะวิเคราะห์มาแล้วเป็นอย่างดีว่าลูกค้ามีคุณสมบัติต่าง ๆ ตาม C ทั้ง 4 ข้อข้างต้น ก็ยังไม่ได้หมายความว่า จะเป็นสินเชื่อที่ดีมีคุณภาพได้หากสภาพการณ์ทางด้านปัจจัยภายนอกไม่เอื้ออำนวย เงื่อนไขที่ควรพิจารณา ได้แก่ สภาพทางด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม ปัญหาสงคราม การกีดกันทางการค้า สิ่งแวดล้อม ที่มีผลกระทบต่อความเป็นไปได้ของโครงการลงทุน เจ้าหน้าที่สินเชื่อของธนาคารจึงจำเป็นต้องรู้ข้อมูลเหล่านั้น เพื่อเป็นข้อมูลเกี่ยวกับโอกาสและอุปสรรคสำหรับธุรกิจนั้นประกอบการตัดสินใจให้สินเชื่อหรือไม่ต่อไป

2.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process; AHP)

กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process , AHP) เป็นกระบวนการตัดสินใจที่ใช้ในการวินิจฉัยหรือการวิเคราะห์เพื่อหาเหตุผล ซึ่งได้รับความแพร่หลายมากที่สุดในโลก เนื่องจากเป็นกระบวนการตัดสินใจที่ดีและมีประสิทธิภาพมากที่สุดวิธีหนึ่ง โดยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นนั้นถูกคิดค้นเมื่อปลายปีทศวรรษที่ 1970 โดยศาสตราจารย์ โทมัส ซาตตี (Thomas Saaty) ซึ่งได้รับปริญญาเอกด้านคณิตศาสตร์จากมหาวิทยาลัยเยล ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเป็นการแบ่งองค์ประกอบของปัจจัยออกเป็น ส่วน ๆ ในรูปของแผนภูมิตามลำดับชั้น และทำการกำหนดค่าของการวินิจฉัยเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ และนำค่าจากการวินิจฉัยมาทำการคำนวณ เพื่อพิจารณาว่าปัจจัยและทางเลือกใดมีค่าลำดับความสำคัญสูงสุด การนำกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) นั้นไม่จำเป็นต้องเป็นผู้ใช้หรือผู้วิเคราะห์ต้องศึกษา โดยการฝึกอบรมหรือการเรียนรู้จากประสบการณ์ และไม่จำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญมาคอยให้คำชี้แนะหรือ

ควบคุม เพราะกระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่ง่ายต่อการเข้าใจเนื่องจากมีโครงสร้างเลียนแบบกระบวนการคิดของมนุษย์นั่นเอง AHP เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการช่วยในการตัดสินใจ (Decision Making) ซึ่ง AHP นั้นสามารถช่วยเกี่ยวกับการตัดสินใจที่ซับซ้อนและสามารถช่วยเหลือ หรือระบุกฎเกณฑ์ของการคัดเลือกที่ใช้การ Weight น้ำหนักของปัจจัยหลัก โดยจะทำการหาปัจจัยหลักและปัจจัยย่อยทั้งหมดมาก่อน

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลในการวิเคราะห์สินเชื่อในธุรกิจภาคอุตสาหกรรม : กรณีศึกษาธนาคารพัฒนาวิสาหกิจ ขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย โดยประชากรที่ใช้ในการศึกษาจะทำการสำรวจเฉพาะเจ้าหน้าที่วิเคราะห์สินเชื่อระดับปฏิบัติการ และผู้บริหารระดับต้น ของธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย ซึ่งการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง สำหรับเจ้าหน้าที่วิเคราะห์สินเชื่อระดับปฏิบัติการ ใช้การคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรของ Taro Yamane

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

เมื่อ n คือ ขนาดของกลุ่มประชากร
N คือ จำนวนประชากรทั้งหมด
e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่าง

กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.05

ผลจากการคำนวณได้จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 174 ท่าน สำหรับผู้บริหารระดับต้นนั้นพบว่าผู้บริหารระดับต้นให้ความร่วมมือตอบแบบสอบถามในระดับต่ำมาก จึงกำหนดจำนวนตัวอย่างสำหรับผู้บริหารระดับต้นเท่ากับ 10 ท่าน และใช้เทคนิค Analytic Hierarchy Process (AHP) ช่วยในการวิเคราะห์

จากการศึกษาค้นคว้าจากตำรา และเอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ผู้ดำเนินการศึกษาได้พัฒนาแบบจำลอง โดยนำกรอบการพิจารณาจากหลักการในการวิเคราะห์สินเชื่อ

3P และ 5C มารวมเข้ากับการสอบถามเจ้าหน้าที่ของธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย ซึ่งมีความรู้และประสบการณ์ในด้านที่ทำการศึกษา ทำให้ได้มาซึ่งปัจจัยหลักทั้งสิ้น 5 ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาสินเชื่อ ประกอบด้วย

1) ปัจจัยด้านคุณสมบัติของผู้กู้ ซึ่งมีปัจจัยรอง ได้แก่

1.1) ความเป็นมาของกิจการ 1.2) ระยะเวลาที่ดำเนินกิจการ 1.3) อายุของผู้บริหาร 1.4) วุฒิการศึกษาของผู้บริหาร 1.5) ความชำนาญในกิจการที่ขอสินเชื่อ 1.6) ประสบการณ์ในธุรกิจอื่น 1.7) รางวัลที่เคยได้รับหรือผลงานที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจ 1.8) การกู้เงินกับสถาบันการเงิน การกู้สินเชื่อบริโภคส่วนบุคคล (ผู้กู้ เจ้าของกิจการ ผู้บริหาร) 1.9) ประวัติการติดต่อกับสถาบันการเงิน 1.10) วงเงินสินเชื่อที่มีในปัจจุบัน 1.11) ประวัติการชำระหนี้จากการปรับปรุงโครงสร้างหนี้ 1.12) ระยะเวลาครั้งล่าสุดในการปรับโครงสร้างหนี้

2) ปัจจัยด้านความสามารถในการชำระหนี้ ซึ่งมี

ปัจจัยรอง ได้แก่ 2.1) สัดส่วนการขายลูกค้ารายใหญ่ 2.2) ระยะเวลาติดต่อกับลูกค้ารายใหญ่ 2.3) สัดส่วนการซื้อผู้ขายสินค้ารายใหญ่ 2.4) ระยะเวลาติดต่อกับผู้ขายรายใหญ่ 2.5) สถานประกอบการ(กรรมสิทธิ์) 2.6) ยอดขายของกิจการมีความผันผวนตามฤดูกาลหรือไม่ 2.7) ยอดขาย 2.8) ต้นทุนขาย / ยอดขาย 2.9) ค่าใช้จ่ายขายและบริหาร 2.10) ยอดหนี้รวมของกิจการ 2.11) ทรัพย์สินรวมของกิจการ

3) ปัจจัยด้านเงินทุน ซึ่งมีปัจจัยรอง ได้แก่ 3.1)

แหล่งที่มาของเงินทุนในโครงการ 3.2) สัดส่วนหนี้สิน / ทุน หรือส่วนของเจ้าของ 3.3) ความเหมาะสมในการวางแผนจัดสรรเงินทุน

4) ปัจจัยด้านหลักประกัน ซึ่งมีปัจจัยรอง ได้แก่ 4.1)

ความเพียงพอด้านมูลค่าของหลักประกัน 4.2) ประเภทของหลักประกัน 4.3) กรรมสิทธิ์ในหลักประกัน 4.4) การใช้ประโยชน์ที่เกี่ยวข้องกับกิจการของหลักประกัน

5) ปัจจัยด้านสถานะเศรษฐกิจที่เป็นอยู่และแนวโน้ม

ซึ่งมีปัจจัยรอง ได้แก่ 5.1) พื้นที่ประกอบการมีความเสี่ยง

จากภัยธรรมชาติที่อาจจะกระทบต่อรายได้ และความสามารถในการชำระหนี้ (5.2) เงื่อนไขและข้อจำกัดทางกฎหมายที่ต้องมีการขออนุญาตหรือมีการควบคุมกิจการอย่างเข้มงวด (5.3) ผู้ชอที่มีใบอนุญาตในการดำเนินกิจการครบถ้วนหรือไม่

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) โดยกลุ่มตัวอย่างจะตอบแบบสอบถามด้วยตนเอง ซึ่งลักษณะของแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยตัวแปรด้านข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ ตำแหน่งงานในปัจจุบัน อายุงานในการทำงานกับธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย ประสบการณ์ในการทำงานด้านวิเคราะห์สินเชื่อ และระดับการศึกษา จำนวน 5 ข้อ ส่วนที่สอง เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับการประเมินความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่มีอิทธิพลในการวิเคราะห์สินเชื่อในธุรกิจภาคอุตสาหกรรม โดยแบ่งวงเงินสินเชื่อที่ใช้พิจารณาตามระดับวงเงินอนุมัติสินเชื่อของธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย ได้แก่ 1) วงเงินตั้งแต่ 50,000 บาท แต่ไม่เกิน 15,000,000 บาท 2) วงเงินตั้งแต่ 15,000,001 บาท แต่ไม่เกิน 25,000,000 บาท 3) วงเงินตั้งแต่ 25,000,001 บาท แต่ไม่เกิน 75,000,000 บาท และ 4) วงเงินตั้งแต่ 75,000,001 บาทขึ้นไป

4. ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล

จากแบบสอบถามสำหรับเจ้าหน้าที่วิเคราะห์สินเชื่อระดับปฏิบัติการ ผู้ตอบแบบสอบถามมีสัดส่วนของเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ผู้ตอบแบบสอบถามกลุ่มใหญ่ที่สุด (ร้อยละ 36.87) มีตำแหน่งงานในปัจจุบันเป็นเจ้าหน้าที่วิเคราะห์สินเชื่อระดับ 7 เมื่อพิจารณาถึงอายุงานในการทำงานกับธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามกลุ่มใหญ่ที่สุด (ร้อยละ 53.07) มีอายุงาน 6 ปีขึ้นไป และถ้าพิจารณาถึงประสบการณ์ในการทำงานด้านสินเชื่อรวม จะ

พบว่า ร้อยละ 55.87 ของผู้ตอบแบบสอบถาม มีประสบการณ์ทำงานด้านสินเชื่อรวมมากกว่า 6 ปีขึ้นไปเช่นกัน และมีระดับการศึกษาอยู่ 3 ระดับ คือปริญญาตรี ปริญญาโท และกำลังศึกษาอยู่ระดับปริญญาโท ซึ่งจำนวนของผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีมีมากที่สุด ในส่วนของการจัดทำรายงานการขออนุมัติสินเชื่อเบื้องต้น (Pre-screening) หรือการจัดทำรายงานการอนุมัติสินเชื่อ (Credit Approve) พบผู้ตอบแบบสอบถามกลุ่มใหญ่ที่สุด (ร้อยละ 34.08) เคยจัดทำรายงานการขออนุมัติสินเชื่อเบื้องต้น (Pre-screening) หรือการจัดทำรายงานการอนุมัติสินเชื่อ (Credit Approve) ครบทั้ง 4 วงเงิน

จากแบบสอบถามสำหรับผู้บริหารระดับต้น ผู้ตอบแบบสอบถามมีสัดส่วนของเพศชายมากกว่าเพศหญิง ผู้ตอบแบบสอบถามกลุ่มใหญ่ที่สุด (ร้อยละ 80) มีตำแหน่งงานในปัจจุบันเป็นผู้จัดการสาขา/ผู้จัดการส่วน เมื่อพิจารณาถึงอายุงานในการทำงานกับธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด มีอายุงาน 6 ปีขึ้นไป และถ้าพิจารณาถึงประสบการณ์ในการทำงานด้านสินเชื่อรวม จะพบว่า ทั้งหมดของผู้ตอบแบบสอบถาม มีประสบการณ์ทำงานด้านสินเชื่อรวมมากกว่า 6 ปีขึ้นไป และมีระดับการศึกษาอยู่ 2 ระดับ คือปริญญาตรี ปริญญาโท ซึ่งจำนวนของผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทมีสูงกว่า ในส่วนของการจัดทำรายงานการขออนุมัติสินเชื่อเบื้องต้น (Pre-screening) หรือการจัดทำรายงานการอนุมัติสินเชื่อ (Credit Approve) พบผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด เคยจัดทำรายงานการขออนุมัติสินเชื่อเบื้องต้น (Pre-screening) หรือการจัดทำรายงานการอนุมัติสินเชื่อ (Credit Approve) ครบทั้ง 4 วงเงิน

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยนี้ เป็นเจ้าหน้าที่วิเคราะห์สินเชื่อระดับปฏิบัติการ และผู้บริหารระดับต้น ที่มีประสบการณ์ค่อนข้างสูงในการทำงานด้านสินเชื่อ ซึ่งน่าจะเป็นผู้ที่สามารถตอบคำถามของงานวิจัยนี้ได้เป็นอย่างดี

ในการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาวะหนี้สินเชื่อในธุรกิจภาคอุตสาหกรรมนั้น ผู้วิจัยจะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ระดับปฏิบัติการ และผู้บริหารระดับต้น โดยเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ระดับปฏิบัติการ และผู้บริหารระดับต้น โดยเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ระดับต้น พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยเป็นเกณฑ์ โดยกำหนดเกณฑ์การวัดในระดับความเห็นด้วยของผู้ตอบแบบสอบถามในแต่ละปัจจัยเป็นคะแนน 1-9 ส่วนผู้บริหารระดับต้น ใช้เทคนิค AHP โดยวิเคราะห์ถึงน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก ปัจจัยรอง เป็นเกณฑ์ โดยใช้วิธีการวัดแบบอัตราส่วนระหว่างหลักเกณฑ์เป็นคู่ๆ ใช้ตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 9 เพื่อแสดงระดับความสัมพันธ์

จากการวิเคราะห์ผลจากแบบสอบถามส่วนผู้บริหารระดับต้น สามารถสรุปค่า Consistency Ratio ได้ดังนี้

1. วงเงินตั้งแต่ 50,000 แต่ไม่เกิน 15,000,000 การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยหลัก การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของคุณสมบัติของผู้ขอู้ การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของความสามารถในการชำระหนี้ การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของเงินทุน การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของหลักประกัน และการเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของสถานะเศรษฐกิจที่เป็นอยู่และแนวโน้ม มีค่า Consistency Ratio เท่ากับ 0.0080 0.0328 0.0152 0.0631 0.0029 และ 0.0371 ตามลำดับ

2. วงเงินตั้งแต่ 15,000,001 แต่ไม่เกิน 25,000,000 การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยหลัก การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของคุณสมบัติของผู้ขอู้ การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของความสามารถในการชำระหนี้ การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของเงินทุน การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของหลักประกัน และการเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของ

เกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของสถานะเศรษฐกิจที่เป็นอยู่และแนวโน้ม มีค่า Consistency Ratio เท่ากับ 0.0083 0.0312 0.0266 0.0396 0.0083 และ 0.0263 ตามลำดับ

3. วงเงินตั้งแต่ 25,000,001 แต่ไม่เกิน 75,000,000 การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยหลัก การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของคุณสมบัติของผู้ขอู้ การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของความสามารถในการชำระหนี้ การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของเงินทุน การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของหลักประกัน และการเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของสถานะเศรษฐกิจที่เป็นอยู่และแนวโน้ม มีค่า Consistency Ratio เท่ากับ 0.0230 0.0357 0.0151 0.0113 0.0288 และ 0.0165 ตามลำดับ

4. วงเงินตั้งแต่ 75,000,001 ขึ้นไป การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยหลัก การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของคุณสมบัติของผู้ขอู้ การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของความสามารถในการชำระหนี้ การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของเงินทุน การเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของหลักประกัน และการเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ปัจจัยรองในกลุ่มของสถานะเศรษฐกิจที่เป็นอยู่และแนวโน้ม มีค่า Consistency Ratio เท่ากับ 0.0616 0.0218 0.0185 0.0612 0.0128 และ 0.0064 ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้น สามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า ค่า Consistency Ratio ที่ได้จากข้อมูลแบบสอบถามนั้น พบว่ามีค่าน้อยกว่า 0.10 ทุกปัจจัย แสดงว่าข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่เปรียบเทียบได้จากวิธี Pairwise Comparison นี้ มีความสอดคล้องของข้อมูลสูง และสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจได้

จากการวิเคราะห์ผลของการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยในแต่ละวงเงินอนุมัติสินเชื่อ

ระหว่างเจ้าหน้าที่วิเคราะห์สินเชื่อระดับปฏิบัติการกับผู้บริหารระดับต้น พบว่า ในส่วนของปัจจัยหลัก ในทุกๆ วงเงินอนุมัติสินเชื่อของทั้งเจ้าหน้าที่ระดับปฏิบัติการและผู้บริหารระดับต้น ต่างให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านความสามารถในการชำระหนี้มากที่สุดเป็นอันดับแรก ตามด้วยปัจจัยด้านคุณสมบัติของผู้กู้ ปัจจัยด้านเงินทุน ปัจจัยด้านหลักประกัน และปัจจัยด้านสถานะเศรษฐกิจที่เป็นอยู่ และแนวโน้ม ตามลำดับ เนื่องมาจากในการพิจารณาสินเชื่อ นั้น ปัจจัยด้านความสามารถในการชำระหนี้เป็นปัจจัยหลักเบื้องต้นที่สำคัญ ที่ใช้กำหนดว่า ผู้ขอกู้มีความเหมาะสมในการได้รับอนุมัติสินเชื่อหรือไม่ และมีความสามารถในการประกอบธุรกิจเพื่อให้เกิดดอกผล และชำระหนี้คืนให้กับธนาคารได้ทั้งเงินต้นและดอกเบี้ยได้ตามเงื่อนไขที่ได้ตกลงกันได้ ซึ่งจะเป็นการลดความเสี่ยงในการอนุมัติสินเชื่อให้กับธนาคารด้วย

หากพิจารณาปัจจัยรองด้านความสามารถในการชำระหนี้แล้ว พบว่า ผลของการเรียงลำดับการให้ความสำคัญในแต่ละวงเงินอนุมัติสินเชื่อระหว่างเจ้าหน้าที่วิเคราะห์สินเชื่อระดับปฏิบัติการกับผู้บริหารระดับต้น ได้ให้ความสำคัญกับปัจจัยต้นทุนขาย/ยอดขาย ค่าใช้จ่ายขาย และบริหาร ยอดขาย และยอดหนี้รวมของกิจการ เป็นลำดับต้นๆ เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวเป็นตัวสะท้อนให้เห็นถึงโอกาสในการได้รับชำระหนี้คืนของธนาคารว่ามีมากน้อยเพียงใด ปัจจัยต้นทุนขาย/ยอดขาย เป็นข้อมูลที่บอกถึงความสามารถในการบริหารด้านการผลิตว่ามีประสิทธิภาพเพียงใด เช่นเดียวกับปัจจัยค่าใช้จ่ายขายและบริหารที่เป็นข้อมูลที่บอกถึงความสามารถในการบริหารด้านการจัดการ ส่วนปัจจัยยอดขายเป็นข้อมูลที่บอกถึงความสามารถทางการตลาด การผลิต ของผู้ขอกู้ และปัจจัยยอดหนี้รวมของกิจการ เป็นข้อมูลที่บอกถึงการบริหารจัดการจัดหาแหล่งเงินทุนของผู้ขอกู้ รวมถึงภาระหนี้สินของผู้ขอกู้ด้วย ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวเป็นประโยชน์ที่สำคัญในการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการปล่อยสินเชื่อ และการพิจารณาอนุมัติสินเชื่อของธนาคาร

ปัจจัยหลักด้านคุณสมบัติของผู้กู้ ก็ถือเป็นปัจจัยหลักหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวสะท้อนถึงสถานะภาพของผู้ขอกู้ ซึ่งการที่ธนาคารจะสนับสนุนสินเชื่อ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบในส่วนของความชำนาญในกิจการที่ขอสินเชื่อ ประวัติการชำระหนี้จากการปรับปรุงโครงสร้างหนี้ และระยะเวลาครั้งล่าสุดในการปรับโครงสร้างหนี้ ซึ่งเป็นปัจจัยรองด้านคุณสมบัติของผู้กู้ลำดับต้นๆ ที่ทั้งเจ้าหน้าที่วิเคราะห์สินเชื่อระดับปฏิบัติการและผู้บริหารระดับต้นให้ความสำคัญ ซึ่งปัจจัยความชำนาญในกิจการที่ขอสินเชื่อเป็นข้อมูลที่บอกถึงความสามารถในการบริหารธุรกิจ ในการสร้างรายได้ให้เพียงพอในการชำระหนี้ได้ตลอดระยะเวลาโครงการ เช่นเดียวกับปัจจัยประวัติการชำระหนี้จากการปรับปรุงโครงสร้างหนี้ และปัจจัยระยะเวลาครั้งล่าสุดในการปรับโครงสร้างหนี้ ที่จะเป็นข้อมูลที่บอกถึงประวัติในการชำระหนี้ นิสัย ความซื่อสัตย์ และความสามารถในการบริหารธุรกิจของผู้ขอกู้

อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยในแต่ละวงเงินอนุมัติสินเชื่อระหว่างเจ้าหน้าที่วิเคราะห์สินเชื่อระดับปฏิบัติการกับผู้บริหารระดับต้น สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยหลักด้านสถานะเศรษฐกิจที่เป็นอยู่และแนวโน้ม ในทุกๆ วงเงินอนุมัติสินเชื่อของทั้งเจ้าหน้าที่ระดับปฏิบัติการและผู้บริหารระดับต้น ต่างให้ความสำคัญน้อยที่สุด แต่ปัจจัยหลักดังกล่าวก็ยังคงมีความสำคัญ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ต้องตรวจสอบความถูกต้องร่วมกับปัจจัยอื่นๆ ในการพิจารณาสินเชื่อด้วย

ส่วนปัจจัยที่ทั้งเจ้าหน้าที่วิเคราะห์สินเชื่อระดับปฏิบัติการ และผู้บริหารระดับต้น ไม่ได้ให้ความสนใจมากนัก คือ ปัจจัยรองอายุผู้บริหาร วุฒิกการศึกษาของผู้บริหาร สถานประกอบการ (กรรมสิทธิ์) ความเหมาะสมในการวางแผนจัดสรรเงินทุน กรรมสิทธิ์ในหลักประกัน และพื้นที่ประกอบการที่มีความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติที่อาจจะกระทบต่อรายได้ และความสามารถในการชำระหนี้คืน ทั้งนี้เนื่องจากในส่วนของปัจจัยอายุผู้บริหาร และปัจจัยวุฒิกการศึกษาของผู้บริหารนั้น จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่

วิเคราะห์สินเชื่อบริษัทปฏิบัติการและผู้บริหารระดับต้น ทั้งสองกลุ่มมีความเชื่อว่า ผู้ประกอบกิจการรุ่นเก่า ส่วนมากดำเนินธุรกิจมาเป็นเวลานานโดยอาศัยประสบการณ์ ความชำนาญในการดำเนินกิจการ ในขณะที่มีวุฒิการศึกษาน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการที่ทั้งสองกลุ่มให้ความสำคัญกับปัจจัยความชำนาญในกิจการที่ขอสินเชื่อมากเป็นอันดับต้นๆ ส่วนปัจจัยสถานประกอบการ (กรรมสิทธิ์) นั้น เนื่องจากธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย ถูกจัดตั้งมาโดยมีวัตถุประสงค์หลักประการหนึ่งคือ เพื่อส่งเสริม ช่วยเหลือ และสนับสนุนแก่ผู้ประกอบการใหม่ ซึ่งเพิ่งเริ่มดำเนินกิจการ และยังไม่ได้ลงทุนในด้านสถานประกอบการโดยเป็นการเช่าพื้นที่เพื่อประกอบกิจการแทน ในส่วนปัจจัยความเหมาะสมในการวางแผนจัดสรรเงินทุน ทั้งสองกลุ่มมีความเห็นตรงกันว่า เนื่องจากกิจการที่ผู้ประกอบการส่วนมากที่ดำเนินการยื่นขอสินเชื่อจากธนาคารเป็นกิจการที่มีขนาดเล็ก ในการดำเนินการจัดการวางแผนจัดสรรเงินทุนไม่เป็นระบบ ธนาคารจึงควรเป็นผู้ช่วยผู้ขอกู้ในการวางแผนจัดสรรเงินทุนเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเงินลงทุนไม่เพียงพอกับกิจการ ซึ่งอาจนำมาสู่ความสามารถในการชำระหนี้ที่ทั้งสองกลุ่มให้ความสำคัญมากที่สุด ในส่วนของปัจจัยกรรมสิทธิ์ในหลักประกันนั้น ทั้งสองกลุ่มไม่ได้ให้ความสำคัญเป็นลำดับต้นๆ เนื่องจากในบางกรณีผู้ขอกู้ขาดหลักทรัพย์ของตนเอง แต่ได้รับการสนับสนุนจากบุคคลรอบข้างที่มีหลักทรัพย์เพียงพอในการค้ำประกันนำมาใช้เป็นหลักทรัพย์ค้ำประกันให้กับธนาคาร ทั้งสองกลุ่มมองว่าปัจจัยดังกล่าวเป็นเพียงตัวลดความเสี่ยงในการพิจารณาอนุมัติสินเชื่อในกรณีที่ไม่สามารถปฏิบัติได้ตามเงื่อนไข ธนาคารไม่ได้มุ่งหวังที่จะครอบครองหลักทรัพย์ที่นำมาค้ำประกัน หากแต่มีความต้องการให้ผู้ขอกู้สามารถชำระหนี้มากกว่า และในด้านปัจจัยพื้นที่ประกอบการที่มีความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติที่อาจจะกระทบต่อรายได้ และความสามารถในการชำระหนี้คืนนั้น เนื่องจากธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทยเป็นสถาบันการเงินเฉพาะกิจของรัฐ

มีเป้าหมายหลักในการให้การสนับสนุนแก่ผู้ประกอบการที่ประสบปัญหาด้านการเงิน ซึ่งอาจดำเนินธุรกิจในกลุ่มอุตสาหกรรมที่กำลังมีปัญหา และสนองนโยบายจากภาครัฐในการช่วยเหลือผู้ประกอบการที่ประสบภัยต่างๆ จากธรรมชาติ ทำให้ไม่ได้ให้ความสำคัญกับปัจจัยนี้เป็นอันดับต้นๆ

5. สรุป

จากผลการวิจัยข้างต้น สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ประกอบการในธุรกิจภาคอุตสาหกรรมให้สามารถเข้าใจกฎเกณฑ์การพิจารณาสินเชื่อและปัจจัยที่มีอิทธิพลในการวิเคราะห์สินเชื่อของธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทยได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ให้กับผู้ประกอบการใช้ประกอบการตัดสินใจก่อนที่จะเสนอขอสินเชื่อกับทางธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย และยังเป็นข้อเสนอแนะให้กับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐ และเอกชน ที่มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนธุรกิจภาคอุตสาหกรรมให้อยู่รอดและสามารถแข่งขันได้ภายใต้สถานการณ์ในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

หนังสือภาษาไทย

- [1] วิฑูรย์ ดันศิริมงคล. 2542. AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก. กรุงเทพฯ: กราฟฟิค แอนด์ ปริ้นติ้ง.
- [2] ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย. 2553. แนวทางการจัดทำรายงานการขออนุมัติสินเชื่อ. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.
- [3] ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย. 2553. รายงานประจำปี 2552. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

การพัฒนากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจของสายการบินต้นทุนต่ำ

ธิดารัตน์ สืบสง่า และ ดนุพันธ์ วิสุวรรณ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120

E-mail: thidarat.aor@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาการพัฒนากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจของสายการบินต้นทุนต่ำเพื่อให้ทราบถึงทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด โดยผลจากการศึกษา สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับผู้ประกอบการสายการบินต้นทุนต่ำเพื่อสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงกลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจให้สอดคล้องกับกับความต้องการของผู้ใช้บริการต่อไปในอนาคตเนื่องจากปัจจุบันธุรกิจนี้เติบโตและมีการแข่งขันสูง จึงได้ศึกษากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจเฉพาะการออกแบบส่วนประสมทางการตลาดอันประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด บุคลากร กระบวนการให้บริการ และการนำเสนอลักษณะทางกายภาพ งานวิจัยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการศึกษา และใช้การวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ระดับความสนใจและการเดินทางบ่อยเพื่อหากลุ่มลูกค้าเป้าหมายที่จะนำมาใช้ในการกำหนดกลยุทธ์และสถิติอ้างอิงในการวิเคราะห์ความแตกต่างของทัศนคติของกลุ่มเป้าหมาย ผลของงานวิจัยได้นำมาใช้ในการออกแบบส่วนประสมทางการตลาดสำหรับกลุ่มเป้าหมายแต่ละกลุ่มและได้นำไปประเมินผลการออกแบบโดยผู้บริหารระดับสูงโดยหลายข้อเสนอจากการออกแบบโดยรวมอยู่ในระดับสูง อาทิ เช่น การสำรองที่นั่งหรือซื้อบัตรโดยสารทางโทรศัพท์ Smart phone และที่ศูนย์การค้า เป็นต้น

คำสำคัญ ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด, พัฒนากลยุทธ์

การแข่งขันทางธุรกิจ, สายการบินต้นทุนต่ำ

1. บทนำ

หลังจากปีพ.ศ. 2545 ที่รัฐบาลไทยได้มีนโยบายการเปิดน่านฟ้าเสรี (Open Sky Policy) ภายในประเทศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดธุรกิจสายการบินต้นทุนต่ำซึ่งปัจจุบันได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากทำให้ผู้โดยสารมีทางเลือกในการเดินทางเพิ่มขึ้นทั้งในแง่ราคาโดยสารที่ถูกลงจากราคาปกติและการประหยัดเวลาเดินทางเมื่อเทียบกับการเดินทางโดยพาหนะชนิดอื่นที่มีราคาค่าโดยสารไม่แตกต่างกันมากนัก จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้ศึกษาสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาการพัฒนากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจ ด้วยการออกแบบและพัฒนาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นแก่ผู้ประกอบการธุรกิจสายการบินต้นทุนต่ำในการนำไปใช้ประโยชน์เป็นแนวทางในการเพิ่มความสามารถทางการแข่งขันซึ่งเป็นการเพิ่มความพึงพอใจให้ผู้บริโภคมากขึ้น ดังนั้นหน่วยธุรกิจจึงได้ออกแบบ วิเคราะห์และพัฒนากลยุทธ์ทางการตลาดทั้งหลายเหล่านี้ ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บริการ รวมทั้งสามารถแข่งขันกับสายการบินปกติและสายการบินต้นทุนต่ำด้วยกันเองได้ต่อไป

2. ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการวิจัยตลาด

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของการวิจัยตลาด ซึ่งหมายถึง กระบวนการในการรวบรวมข้อมูลที่สำคัญๆ ภายใต้การแสวงหาข้อมูลที่เป็นจริง เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจในการดำเนินการทางการตลาด เนื่องจาก ผู้บริโภคมีความต้องการและทางเลือกในการจับจ่ายสินค้าหรือบริการที่หลากหลาย ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยตลาดสามารถนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจพัฒนาสินค้าหรือบริการใหม่ หรือวางแผนปรับปรุงคุณภาพของสินค้าหรือบริการที่มีอยู่ให้ดียิ่งขึ้น กระบวนการวิจัยตลาด ซึ่งจะประกอบไปด้วยขั้นตอนเบื้องต้น 5 ขั้นตอน คือ 1) แยกแยะปัญหาเพื่อการวิจัย 2) พัฒนาแผนการวิจัย 3) การรวบรวมข้อมูล 4) การวิเคราะห์และการตีความหมายของข้อมูล และ 5) การนำเสนอผลงานวิจัย

2.2 ทฤษฎีสวนประสมการตลาด (Marketing Mixed Theory)

ในการศึกษาการพัฒนากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจ ในครั้งนี้จะมุ่งศึกษา วิเคราะห์และออกแบบปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดซึ่งเป็นปัจจัยแปรผันทางการตลาดที่ผู้ประกอบการสามารถควบคุมได้ และเป็นหน้าที่ของผู้ประกอบการที่จำเป็นต้องปรับปัจจัยเหล่านี้ให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของตลาดเป้าหมายและภาวะการแข่งขันในตลาด เพื่อสร้างรายได้เปรียบเหนือคู่แข่ง และสร้างความพอใจให้กับลูกค้าเป้าหมาย โดยมีองค์ประกอบ 7 ประการ คือ ผลิตภัณฑ์ (Product) ราคา (Price) การจัดจำหน่าย (Place) และการส่งเสริมการตลาด (Promotion) บุคลากร (People) กระบวนการให้บริการ (Process) และการนำเสนอลักษณะทางกายภาพ (Physical evidence and presentation)

2.3 แนวคิดการประยุกต์ทฤษฎีพฤติกรรมผู้บริโภคมาใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค

การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค (Analyze Consumer Behavior) เป็นการศึกษาหรือค้นหาเกี่ยวกับ

พฤติกรรม การซื้อหรือการใช้ของผู้บริโภค เพื่อทราบถึงลักษณะความต้องการและพฤติกรรม รวมทั้งปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมผู้บริโภค ในการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค คำถามที่จะสามารถช่วยในการวิเคราะห์เพื่อค้นหาคำตอบ 7 ประการได้แก่ 1) ใครอยู่ในตลาดเป้าหมาย 2) ผู้บริโภคซื้ออะไร 3) ทำไมผู้บริโภคจึงซื้อ 4) ใครมีส่วนร่วมในการตัดสินใจซื้อ 5) ผู้บริโภคใช้บริการเมื่อใด ทำให้ทราบถึงโอกาสในการตัดสินใจเลือกใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำ 6) ผู้บริโภคซื้อที่ไหน 7) ผู้บริโภคซื้ออย่างไร

2.4 แนวคิดการรับรู้ของผู้ใช้บริการ

จากกระบวนการรับรู้ของผู้ใช้บริการ จะทำให้ผู้ใช้บริการเกิดการประมวลความรู้สึกและให้คุณค่ากับงานบริการที่ได้รับรู้ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้ให้บริการที่จะต้องเตรียมพร้อมในการให้บริการ ให้บริการอย่างมีคุณภาพ เพื่อให้ผู้ใช้บริการเกิดการรับรู้ในงานบริการที่น่าประทับใจ เพราะเมื่อเกิดเป็นความเข้าใจในการรับรู้นั้นแล้ว จะส่งผลต่อพฤติกรรมการเลือกใช้บริการต่อไปในอนาคต แนวคิดการรับรู้ของผู้ใช้บริการจึงเป็นแนวคิดที่สำคัญแนวคิดหนึ่งในการสร้างความเข้าใจให้แก่ผู้ศึกษา เพื่อทราบถึงการรับรู้ที่หลากหลายของผู้ใช้บริการ สำหรับนำมากำหนดเป็นแนวคิดในการศึกษาและนำไปสู่แนวทางการพัฒนา

2.5 แนวคิดเกี่ยวกับความคาดหวังและความพึงพอใจในงานบริการ

ความพึงพอใจ เป็นระดับของความรู้สึกที่ผู้ใช้บริการจะทราบได้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความคาดหวังก่อนการให้บริการ และการรับรู้จากการได้ใช้บริการจริง และแต่ละบุคคลจะมีระดับความพึงพอใจที่ต่างกัน ทั้งนี้เพราะความคาดหวังอันเกิดจากประสบการณ์ ความเชื่อ ทัศนคติ วัฒนธรรม พฤติกรรม ความสนใจของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน เมื่อแต่ละบุคคลมีความคาดหวังต่างกัน ความพึงพอใจจึงแตกต่างกัน ในการสร้างความพึงพอใจในงานบริการสามารถทำได้โดย การให้บริการอย่างสม่ำเสมอ ตรงเวลา เพียงพอกับความต้องการ มีความต่อเนื่องและพัฒนาคุณภาพบริการให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ หากองค์กรสามารถ

สร้างการบริการได้เช่นนี้ จะทำให้ผู้ใช้บริการเกิดความพึงพอใจ และหากเป็นความพึงพอใจในระดับสูงสุดก็จะเป็นผู้ใช้บริการที่ภักดีกับองค์กรตลอดไป ซึ่งหมายถึงผลประโยชน์ ผลกำไรระยะยาว การบอกเล่าถึงคุณภาพบริการที่ดี และการให้อภัยในข้อผิดพลาดที่อาจเกิดในกระบวนการให้บริการ

2.6 แนวคิดพื้นฐานคุณภาพบริการ

บริการเป็นการปฏิบัติกิจกรรมส่งมอบความต้องการให้แก่ผู้ใช้บริการ คุณภาพบริการ เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับผู้ใช้บริการ องค์ประกอบของคุณภาพงานบริการคือ การเข้าถึง หรือความสะดวกในการใช้บริการ ความไม่ยุ่งยากหรือง่ายต่อความเข้าใจ การให้บริการอย่างถูกต้อง รวดเร็วและปลอดภัย นอกจากนี้ยังครอบคลุมเรื่อง การกำหนดมาตรฐานการบริการ การให้ข้อมูล การมีทางเลือกที่หลากหลาย และมีกลไกการรับเรื่องร้องเรียนจากผู้ใช้บริการ สิ่งสำคัญในการให้บริการที่มีคุณภาพ คือ การรับฟังความต้องการของผู้ใช้บริการ แล้วนำความต้องการเหล่านั้นมาพิจารณากำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐานในการดำเนินงานบริการ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้บริการเกิดความพึงพอใจจากบริการที่ได้รับ อย่างไรก็ตามในการจัดการบริการให้ได้คุณภาพนั้น องค์ประกอบที่สำคัญคือ ผู้ใช้บริการ ผู้ให้บริการ องค์กรบริการ ผลิตภัณฑ์บริการ และสภาพแวดล้อมของบริการ เหล่านี้ล้วนเป็นองค์ประกอบที่จะทำให้อุปกรณ์การบริการประสบความสำเร็จ หรือล้มเหลว เนื่องมาจากงานบริการเป็นงานที่ใช้ใจและความรู้สึกเป็นสิ่งสัมผัส เมื่อเวลาเปลี่ยน ความคิดของผู้ใช้บริการเปลี่ยน จึงต้องมีการพัฒนาคุณภาพของงานบริการตลอดเวลาเพื่อให้ผู้ใช้บริการเกิดความพึงพอใจ และเกิดเป็นความประทับใจในบริการต่อไป

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ เพื่อศึกษาทัศนคติของผู้บริโภคในการเลือกเดินทางทางอากาศโดยสายการบินต้นทุนต่ำ (Low Cost Airline) สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนากลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจ ด้วยการออกแบบและพัฒนา

ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด โดยประชากรที่ใช้ในการศึกษาจะทำการสำรวจผู้โดยสารที่เลือกเดินทางกับสายการบินต้นทุนต่ำในเส้นทาง ภายในประเทศ เฉพาะเส้นทางการบินจากกรุงเทพฯ - เชียงใหม่ เนื่องจากเป็นเส้นทางที่มีจำนวนผู้โดยสารเดินทางมากที่สุด จำนวน 197,224 คนและประชาชนทั่วไป ที่ไม่ได้เดินทางโดยสายการบินต้นทุนต่ำ ซึ่งไม่ทราบจำนวนแน่นอน ซึ่งการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ใช้การคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรของ Taro Yamane ผลจากการคำนวณได้จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 400 ท่าน และแล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL) เพื่อดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้สถิติพรรณนาวิเคราะห์ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าเฉลี่ย (Mean: \bar{X}) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D) และใช้สถิติอ้างอิงในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) โดยเลือกวิเคราะห์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) โดยเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง และทางอินเทอร์เน็ต ซึ่งลักษณะของแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยตัวแปรด้านข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ และรายได้ จำนวน 5 ข้อ ส่วนที่สอง เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำ ได้แก่ วัตถุประสงค์ในการเดินทาง ความถี่ในการเดินทาง ความสนใจต่อการใช้สายการบินต้นทุนต่ำ ค่าใช้จ่ายต่อครั้ง สัปดาห์ที่รับทราบข้อมูล ช่องทางสำรองตั๋ว ช่องทางชำระค่าตั๋ว ความสะดวกสบายที่ได้รับ ความปลอดภัย ความถี่ในการใช้พาหนะอื่น ๆ ช่วงเดือนที่เดินทางบ่อยและช่วงเดือนที่เดินทางน้อย จำนวนทั้งสิ้น 12 ข้อ และส่วนที่สาม เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อปัจจัยในการเลือก เดินทางทางอากาศโดยสายการ

บินต้นทุนต่ำ จำนวน 47 ข้อ ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ การหากลุ่มเป้าหมายโดยพิจารณาจากข้อคำถามใน แบบสอบถามที่แสดงให้เห็นถึงการนิยมใช้บริการสายการบิน ต้นทุนต่ำมากที่สุด ได้แก่ ความถี่และความสนใจในการ ใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำ จำแนกตามสถานภาพส่วนบุคคลและวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการใช้บริการด้าน ต่างๆ โดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบจำแนกสองทาง แล้วนำ กลุ่มผู้ใช้บริการที่เป็นกลุ่มเป้าหมายมาทดสอบความ แตกต่างทางสถิติของแต่ละกลุ่มต่อทัศนคติที่มีต่อ คุณลักษณะปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด และทำการ ออกแบบปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดแต่ละปัจจัยให้ สอดคล้องและเหมาะสมกับทัศนคติของกลุ่มเป้าหมายที่มี ต่อปัจจัยต่างๆ เหล่านั้นซึ่งผลจากการออกแบบปัจจัยต่างๆ จะนำเสนอต่อผู้บริหารฝ่ายการตลาดเพื่อประเมินแนวทาง ความเป็นไปได้

4. ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล

แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบ แบบสอบถาม ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 51.2 อายุ 25-34 ปี ร้อยละ 67.3 การศึกษาอยู่ใน ระดับปริญญาตรี ร้อยละ 64.3 อาชีพพนักงาน บริษัทเอกชน ร้อยละ 73.7 และรายได้ 25,001 - 40,000 บาท ร้อยละ 70 แบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้ บริการสายการบินต้นทุนต่ำ อาทิเช่น ผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์เดินทางเพื่อท่องเที่ยว ร้อยละ 52 เดินทางประมาณ 3 เดือนต่อครั้ง ร้อยละ 59 มีความ สนใจสายการบินต้นทุนต่ำมาก ร้อยละ 66.2 ค่าใช้จ่าย เฉลี่ยต่อครั้ง 3,000 บาทขึ้นไป ร้อยละ 52.8 ส่วนใหญ่ ได้รับข้อมูลข่าวสารจากวิทยุ ร้อยละ 38.5 สำรองที่นั่งโดย ผ่านเว็บไซต์ ร้อยละ 61.5 ชำระค่าโดยสารโดยใช้เงินสด/ บัตรเครดิต ณ สำนักงานชาย ร้อยละ 62.25 เป็นต้น แบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถามที่มี ต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด พบว่าผู้ตอบ แบบสอบถามให้ความสำคัญต่อส่วนประสมทางการตลาด โดยรวมในระดับมาก จากเกณฑ์การแบ่งกลุ่มเป้าหมาย

โดยใช้ความถี่ในการเดินทางและความสนใจต่อสายการบิน ต้นทุนต่ำ พบว่า กลุ่มเป้าหมายที่เดินทางบ่อยมีทั้งหมด 23 คนและกลุ่มเป้าหมายที่สนใจต่อการใช้สายการบิน ต้นทุนต่ำมีทั้งหมด 114 คน โดยนำกลุ่มเป้าหมายทั้งสอง กลุ่มมาทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทัศนคติ ที่มีต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด ด้วยการวิเคราะห์ ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) พบว่า ปัจจัยที่กลุ่มเป้าหมายทั้งสองให้ความสำคัญตรงกัน (P-Value>0.10) มีทั้งหมด 35 ปัจจัย อาทิเช่นตัวอย่างดัง แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แสดงผลทางสถิติของปัจจัยที่กลุ่มเป้าหมาย ให้ความสำคัญตรงกัน

| ปัจจัยส่วนประสมทาง การตลาด | P-Value | |
|---|--------------|-------------------------|
| | เดินทาง บ่อย | มีความสนใจ ต่อสายการบิน |
| 1. มีบริการเครื่องดื่ม/ของว่างบนเครื่องบิน | 0.375 | 0.579 |
| 2. มีช่องทางในการชำระค่าโดยสารได้หลายวิธี | 0.182 | 0.499 |
| 3. มีการโฆษณาผ่านหนังสือพิมพ์/นิตยสาร | 0.241 | 0.379 |
| 4. การสมัครเป็นสมาชิกเพื่อให้ได้รับสิทธิพิเศษ | 0.644 | 0.848 |
| 5. แจกของชำร่วยหรือของขวัญแก่ลูกค้ายในโอกาสพิเศษต่างๆ | 0.271 | 0.250 |
| 6. มีการนำเสนอบริการโดยพนักงานโดยตรง | 0.820 | 0.264 |
| 7. นักบินมีความชำนาญและประสบการณ์สูง | 0.338 | 0.52 |

สำหรับปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่กลุ่มเป้าหมายที่ เดินทางบ่อยและกลุ่มเป้าหมายที่มีความสนใจต่อการ ใช้ บริการสายการบินต้นทุนต่ำให้ความสำคัญไม่ตรงกัน เมื่อ

จำแนกตามกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเป้าหมายที่มีความสนใจต่อการใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำให้ความสำคัญต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 3 ปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. แสดงผลทางสถิติของปัจจัยที่กลุ่มเป้าหมายที่มีความสนใจต่อสายการบินต้นทุนต่ำให้ความสำคัญ

| ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด | P-Value |
|---------------------------------------|---------|
| 1. สภาพของเครื่องบิน (ใหม่-เก่า) | 0.984 |
| 2. มีจำนวนของเคาน์เตอร์เช็คอินเพียงพอ | 0.377 |
| 3. การโฆษณาประชาสัมพันธ์ผ่านวิทยุ | 0.461 |

และกลุ่มเป้าหมายที่เดินทางบ่อยให้ความสำคัญต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 5 ปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. แสดงผลทางสถิติของปัจจัยที่กลุ่มเป้าหมายที่เดินทางบ่อยให้ความสำคัญ

| ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด | P-Value |
|--|---------|
| 1. ความตรงต่อเวลาของเที่ยวบิน | 0.111 |
| 2. อัตราค่าโดยสารมีความเหมาะสม | 0.223 |
| 3. ราคาของเครื่องดื่ม/ของว่างมีความเหมาะสม | 0.453 |
| 4. กระบวนการชำระค่าโดยสารทำได้หลายวิธี | 0.195 |
| 5. การออกแบบตกแต่งสำนักงานขายในท่าอากาศยาน | 0.770 |

ปัจจัยที่กลุ่มเป้าหมายทั้งสองกลุ่มให้ความสำคัญตรงกันและไม่ตรงกันนั้นจะนำมาออกแบบแนวทางให้สอดคล้องกับทัศนคติของกลุ่มเป้าหมายและนำแนวทางการออกแบบเสนอต่อผู้บริหารระดับสูงฝ่ายการตลาดเพื่อประเมินความเป็นไปได้ โดยเกณฑ์การประเมินเป็นการ

ให้คะแนน 1-5 ซึ่งหมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุดถึงเห็นด้วยมากที่สุด และผลการประเมิน พบว่า แนวทางที่ผู้บริหารให้คะแนนเท่ากับ 2 หรือเห็นด้วยน้อย อาทิเช่น การแจ้งอัตราค่าโดยสารและค่าใช้จ่ายอื่นๆอย่างละเอียด การจัดให้สำนักงานขายบัตรโดยสารให้อยู่ในบริเวณเดียวกันทั้งหมด การโฆษณาผ่านหนังสือพิมพ์ โครงการบัตรเติมเงิน (Ticket Cash) โครงการบัตรสะสมไมล์ (Mileage Card) โครงการ Pro ปิดเทอม เป็นต้น ส่วนปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่ผู้บริหารให้คะแนนเท่ากับ 3 หรือเห็นด้วยปานกลาง อาทิเช่น การแจ้งโหลดกระเป๋าล่วงหน้าเพื่อรับส่วนลดค่าธรรมเนียมและการประยุกต์ระบบบัตรคิวอัตโนมัติมาใช้ในการสำรองที่นั่งหรือซื้อบัตรโดยสารที่สนามบิน ส่วนแนวทางของปัจจัยด้านอื่นๆ ผู้บริหารให้คะแนนอยู่ในระดับ 4 และ 5 นั่นคือเห็นด้วยมากและเห็นด้วยมากที่สุด สำหรับแนวทางการออกแบบปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่กลุ่มเป้าหมายให้ความสำคัญไม่ตรงกัน ผู้บริหารให้คะแนนปัจจัยโดยรวมอยู่ในระดับ 4 และ 5 หมายถึง เห็นด้วยมากและเห็นด้วยมากที่สุด

5. สรุป

จากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าทัศนคติของกลุ่มเป้าหมายที่เดินทางบ่อยและกลุ่มเป้าหมายที่มีความสนใจต่อสายการบินต้นทุนต่ำซึ่งมีทัศนคติต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดทั้งที่ตรงกันและต่างกันจึงได้ทำการวิเคราะห์ และออกแบบปัจจัยเหล่านั้นให้สอดคล้องกับทัศนคติของกลุ่มเป้าหมาย โดยแนวทางการออกแบบมีผู้บริหารเป็นผู้ประเมิน และแนวทางการออกแบบปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดส่วนใหญ่ได้รับการตอบรับหรือเห็นด้วยในระดับสูง ซึ่งสามารถนำมาสรุปเป็นแนวทางให้กับผู้ประกอบการในธุรกิจสายการบินต้นทุนต่ำได้ทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผู้โดยสารในการเลือกเดินทางโดยสายการบินต้นทุนต่ำได้ดียิ่งขึ้น และสามารถนำปัจจัยต่างๆเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ต่อไปในเชิงลึกเพื่อพัฒนาและปรับปรุงกลยุทธ์การแข่งขันทางธุรกิจให้มีความสอดคล้องและตรงกับความต้องการของผู้บริโภคหรือผู้โดยสารได้

อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อให้ธุรกิจอยู่รอดและสามารถแข่งขันได้ภายใต้สถานการณ์ในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

วารสารภาษาไทย

[1] ไสว บุญมา, the Southwest Airlines Way, วารสาร ประชาชาติธุรกิจ; น. 38, 2552.

[2] รพีพร ศรีจำปา, แนวคิดกลยุทธ์ส่วนผสมการตลาด, วารสารสยามธุรกิจ; น. 15, 2536.

วิทยานิพนธ์

[3] ทิพย์วดี ทิพย์ประเสริฐสิน, ทศนคติและความพึงพอใจของผู้โดยสารที่มีต่อสายการบินไอเรียนท์ไทย แอร์ไลน์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2549.

[4] มุกิตา ชนินทรสงขลา, ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้บริการเครื่องบินของบริษัทการบินไทย (มหาชน) จำกัด, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัย เชียงใหม่, 2544.

หนังสือภาษาไทย

[5] สมิต รัชฎกร. 2543. การต้อนรับและบริการที่เป็นเลิศ. กรุงเทพฯ: เดือนตุลา.

[6] วลัยลักษณ์ อัครีรวงศ์ และวัชรวิ จันทระประกายกุล. 2549. การจัดการและออกแบบโซ่อุปทาน. กรุงเทพฯ: สำนักงานพิมพ์ที่อป.

Book

[7] Valarie A. Zeithaml , A. Parasuraman , Leonard L. Berry. 1990. Delivering quality service: balancing customer perceptions and expectations. New York: Free Press.

[8] Yamane.1973. Statistics an Introductory Analysis. New York: Harper.

การศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดตั้งกระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ทรานซิสเตอร์

เชิดพงษ์ บุญส่ง¹ และ จิรรัตน์ ชีระวรภาพฤษ²

¹ที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

E-mail: cherdpong.b@hotmail.com

บทคัดย่อ

จากการเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ส่งผลให้บริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นบริษัทผลิตผลิตภัณฑ์ทรานซิสเตอร์ มียอดความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง กระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า เป็นกระบวนการหลักกระบวนการหนึ่ง ของการผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าว โดยในปัจจุบัน บริษัทกรณีศึกษาจ้างบริษัทภายนอกดำเนินการในกระบวนการดังกล่าว บริษัทกรณีศึกษามีแนวคิดในการลงทุนจัดตั้งกระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า และดำเนินการเองภายในบริษัท การศึกษานี้จึงเป็นการวิเคราะห์การลงทุนของการจัดตั้งกระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า โดยจะเริ่มจากการวิเคราะห์ด้านเทคนิคและด้านการดำเนินงาน สุดท้ายจะทำการวิเคราะห์ด้านการเงิน ผลการศึกษาพบว่า การจัดตั้งกระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า จะทำให้สามารถประหยัดเงินได้ถึงเดือนละ 1.2 ล้านบาท และมีระยะเวลาคืนทุน 1.4 ปี

คำสำคัญ การวิเคราะห์การลงทุน กระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า

1. บทนำ

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทที่ทำการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีทรานซิสเตอร์เป็นผลิตภัณฑ์หลัก โดยในขั้นตอนการผลิตนั้นประกอบด้วย 8 กระบวนการ กล่าวคือ กระบวนการตัดซิลิคอนชิปลงบนขาตัวนำ กระบวนการเชื่อมต่อลวดตัวนำจากซิลิคอนชิปไปที่ขาตัวนำ

กระบวนการฉีดพลาสติกห่อหุ้มซิลิคอนชิปและลวดตัวนำ กระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า กระบวนการตัดขาตัวนำ และขึ้นรูปให้ได้ขนาด กระบวนการทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้า กระบวนการบรรจุหีบห่อ และกระบวนการจัดเก็บและส่งออก ซึ่ง 7 ใน 8 กระบวนการที่กล่าวมาแล้วนั้นเป็นกระบวนการที่ดำเนินการภายในบริษัทกรณีศึกษา มีเพียงกระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้าที่ต้องส่งออกไปให้บริษัทที่รับจ้างผลิต โดยจะจัดส่งวันละ 2 รอบ หรือจะจัดส่งทุก ๆ 12 ชั่วโมง

กระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญกระบวนการหนึ่ง โดยคุณภาพของการชุบตีบุกนี้จะมีส่วนอย่างมากกับคุณภาพของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะส่งผลถึงความสามารถในการผลิตแผงวงจรของลูกค้านั้น เช่นถ้าขาตัวนำไม่ได้รับการชุบที่ได้มาตรฐานอาจส่งผลให้การติดตั้งอุปกรณ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผงวงจรของลูกค้านั้นเกิดความบกพร่อง ซึ่งบริษัทอาจได้รับผลกระทบในเรื่องของการส่งคืนสินค้า การอ้างสิทธิเรียกร้องค่าเสียหายหรือถึงขั้นลดปริมาณการสั่งซื้อ

นอกจากนี้ ในการจ้างบริษัทภายนอกให้ทำการผลิตในขั้นตอนนี้ บริษัทกรณีศึกษาได้ว่าจ้างผลิตจากบริษัทที่รับจ้างผลิต 2 ราย ซึ่งแต่ละรายจะรับผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดที่แตกต่างกัน ทำให้บริษัทที่รับจ้างผลิตมีอำนาจในการกำหนดราคา บริษัทกรณีศึกษาจึงมีแนวความคิดในการจัดตั้งกระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า ขึ้นภายในบริษัท โดยจะเริ่มจากการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนจัดตั้ง

กระบวนการชุบตีบุกด้วยไฟฟ้านี้

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเป็นมาของการชุบตีบุกที่ขาคั่วของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และเซมิคอนดักเตอร์ได้เปลี่ยนกระบวนการผลิตมาเป็นแบบไม่ใช้ตะกั่ว (Pb-free) อย่างสมบูรณ์ตั้งแต่ 1 กค.2006 (แต่ก็มีข้อยกเว้นในบางส่วนของรถลาด เช่นรถยนต์ การแพทย์ การบินทหาร) ปัจจุบันมีหลายหน่วยงานกำลังอยู่ในระหว่างปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

ที่ผ่านมามีวัสดุหลายชนิดที่เป็น Pb-free ได้ถูกนำมาทดลอง บางวัสดุไม่ผ่านตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นทดลอง บางวัสดุไม่ผ่านในระหว่างทดลองเนื่องจากหลายๆเหตุผล อย่างไรก็ตามก็มีทางเลือกหนึ่งกำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นคือการชุบตีบุก (Sn plating) ถูกนำมาพิจารณาที่จะมาแทนการชุบแบบเดิมที่มีตะกั่วผสมตีบุก (SnPb plating) สิ่งสำคัญเกี่ยวกับการชุบตีบุก (100%Sn plating) คือเรื่องของ การเกิดหนวดแมว (Whisker) ที่จะทำให้เกิดการลัดวงจรบนแผ่นวงจร แต่ก็มีหลายวิธีในการบรรเทาการเกิดและเติบโตของหนวดแมว (Whiskers growth resistance) ในกระบวนการผลิตแบบ Mass production เช่นใช้การชุบแบบ Matte Sn แทน Bright Sn , ชุบให้มีความหนาอย่างน้อย 10 ไมครอน หรืออบชิ้นงานหลังจากผ่านกระบวนการชุบมาแล้วด้วยอุณหภูมิ 150°C 1h เป็นต้น (Anocha และ Jiraporn, 2008)

การชุบตีบุกด้วยไฟฟ้า (matte Sn plating) จะได้คุณสมบัติที่มีความเหมือนกับ SnPb ในหลายด้านเช่นสามารถทำการผลิตในปริมาณมากได้ง่าย มีคุณสมบัติเชื่อมติดที่ดีในการบัดกรีลงบนแผงวงจร มีต้นทุนต่ำ และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า (C.C.M. Beelen-Hendriks, J. Klerk และ J.T. van de Water, 2002)

2.2 เทคนิคการชุบตีบุกที่ขาคั่วของผลิตภัณฑ์ทรานซิสเตอร์

ก่อนกระบวนการชุบตีบุกที่ขาคั่วของผลิตภัณฑ์ทรานซิสเตอร์ ชิ้นงานจะยังอยู่ในรูปของlead-frame เมื่อพิจารณาลักษณะของ lead-frame โดยทั่วไปจะมี 2 แบบคือแบบยาวต่อเนื่องม้วนอยู่ใน reel กับแบบที่เป็นแผ่นๆ (strip) มักจะบรรจุอยู่ในซอง (magazine) ซึ่งทั้งสองชนิดใช้เทคนิคการชุบเหมือนกันแตกต่างกันเพียงเรื่องของการป้อนและดึงชิ้นงานหรือ lead-frame เข้าไปในกระบวนการชุบและเรื่องการเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าไปที่ชิ้นงาน (cathode contact) โดยเครื่องชุบที่ใช้กับ lead-frame แบบแผ่นจะมี rack หรือ clip เป็นตัวนำไฟฟ้าและเป็นตัวพา lead-frame เข้าไปในบ่อชุบต่างๆ ในขณะที่เครื่องชุบที่ใช้กับ lead-frame แบบ reel ก็จะมีลูกกลิ้งโลหะเป็น cathode contact มีอุปกรณ์ปล่อยชิ้นงานที่จะชุบออกจาก reel (De - reeling) และม้วนชิ้นงานที่ชุบแล้วเข้า reel (Reeling)

เครื่อง plating แบบ reel to reel ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วย 6 ส่วนหลักๆคือ 1 เครื่องปล่อยชิ้นงานที่จะชุบออกจาก reel (De - reeling), 2 การเตรียมผิวชิ้นงานก่อนการชุบ (cleaning, etching, and activation), 3 การชุบ (plating) มีทั้งแบบชุบทั่วพื้นผิวชิ้นงานหรือเลือกเฉพาะบางส่วน, 4 การปรับสภาพผิวชิ้นงานหลังการชุบ และการอบแห้ง (post plating treatment, drying), 5 เครื่องม้วนชิ้นงานที่ชุบแล้วเข้า reel (Reeling), 6 การขนส่งชิ้นงานที่ชุบแล้วไปยังลูกค้ำหรือกระบวนการถัดไป (transportation) การชุบชิ้นงานแบบต่อเนื่อง (continuous strip plating) ชิ้นงานจะถูกลำเลียงผ่านเครื่อง plating ทั้งในแบบแนวนอนหรือแนวตั้งในกรณีหลังการลำเลียงมีความซับซ้อนมากขึ้น แต่เทคนิคนี้มักจะเป็นที่ต้องการโดยทั่วไปเนื่องจากการทำความสะดวก ล้างและขั้นตอนการเตรียมผิวชิ้นงานจะดีขึ้น การชุบจะได้รับความหนาสม่ำเสมอทั้งสองด้าน อัตราการกวนสารละลายที่ดีกว่า ของเสียจะลดลง สามารถวางเลือกตำแหน่ง Anodes ได้ดีกว่า ปรับแต่งและบำรุงรักษาได้ดีกว่า (John

G. Donaldson, 1999)

การออกแบบโดยทั่วไปของเครื่อง plating ประกอบด้วยสองส่วน ส่วนเซลล์ด้านบน (upper process cell) และส่วนอ่างเก็บสารละลายด้านล่าง (lower reservoir tank) สารละลาย (solution) จะถูกสูบจากอ่างเก็บขึ้นไปในเซลล์ด้านบน ซึ่งเมื่อถึงระดับที่ต้องการ สารละลายจะไหลผ่านฝายหรือกลับไปยังอ่างเก็บ และเครื่องทำความร้อนและการกรองของสารละลายโดยทั่วไปก็จะดำเนินการในอ่างเก็บนี้ แต่กระบวนการชุบ ขึ้นงานที่นำมาชุบจะถูกทำเป็นขั้วแคโทด (cathode) มีการเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าหลากหลายแบบเช่น ผ่าน สแตนเลสที่เป็นร่องเฟือง (guide sprockets) ผ่านลูกกลิ้งโลหะผสมทองแดง (copper alloy contact rolls) ผ่านทองแดงหรือแผ่นเช็ดนิเกิล (copper or nickel wiping strips) ผ่านแปรงสแตนเลสหรือแปรงโลหะผสมทองแดง (soft stainless steel or copper alloy brushes) (John G. Donaldson, 1999)

ชนิดและการออกแบบการเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้ามีความสำคัญและขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงานที่ถูกชุบ ต้องมีการเชื่อมต่อที่แน่นหนาเพื่อป้องกันการหยุดชะงักของกระแสไฟฟ้าซึ่งจะทำให้ชิ้นงานที่นำมาชุบเกิดความเสียหาย

3. ข้อมูลและการรวบรวม

3.1 เทคโนโลยีการชุบตีบ

เครื่องชุบตีบด้วยไฟฟ้า สำหรับผลิตภัณฑ์ทรานซิสเตอร์ที่มีลักษณะการผลิตแบบจำนวนมาก (mass production) จากการรวบรวมเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องพบว่า ถ้าแบ่งประเภทตามลักษณะชิ้นงาน (lead-frame) มี 2 แบบหลักๆคือ แบบ reel to reel และแบบ strip to strip ซึ่งโดยหลักการแล้วกระบวนการชุบตีบเหมือนกัน ต่างกันเพียงการพา (handling) ชิ้นงาน (lead-frame) เข้าไปยังบ่อชุบเท่านั้น ทั้งสองแบบนี้ถ้าเป็นการชุบตีบที่ขาคั่วนำผลิตภัณฑ์ทรานซิสเตอร์ส่วนมากจะเป็นการชุบแบบเต็มพื้นผิว (full surface) ของ lead-frame ส่วนที่ไม่ได้ใช้เป็น

ขาคั่วนำของผลิตภัณฑ์ (เช่น tie-bar ที่จะถูกตัดทิ้งภายหลัง) ก็ถูกชุบไปด้วยเนื่องจากดีบุกราคาไม่สูงมากไม่คุ้มค่าที่จะชุบแบบเลือกเฉพาะส่วน ส่วนการชุบแบบเลือกเฉพาะส่วนส่วนมากจะทำกับ lead-frame ก่อนกระบวนการติดซิลิกอนชิพ จะเป็นการชุบด้วยวัสดุชุบชนิดอื่นที่มีราคาสูงเช่น เงิน (Ag) ทอง (Au) แพลเลเดียม (Pd) ซึ่ง จะเลือกชุบตรงบริเวณที่มีการออกแบบเอาไว้ตรงบริเวณพิเศษเช่นบริเวณที่มีการเชื่อมต่อซิลิกอนชิพลงบน lead-frame หรือบริเวณที่มีการเชื่อมต่อลวดตัวนำลงบน lead-frame

ดังนั้นเทคโนโลยีเครื่องชุบตีบด้วยไฟฟ้าที่เหมาะสมที่จะถูกเลือกใช้กับผลิตภัณฑ์เป้าหมายของบริษัทกรณีศึกษา คือเป็นเครื่องชุบตีบประเภท reel to reel ที่มีขนาดของเครื่องจักรไม่ใหญ่เกินไป (เพราะมีพื้นที่จำกัด) ราคาของเครื่องจักรเหมาะสม ความแม่นยำในการควบคุมความหนาของการชุบตีบสูง การบริการหลังการขายดี เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีความยืดหยุ่นสูง (เปลี่ยนชนิดผลิตภัณฑ์ได้ง่าย) มีการฝึกอบรมการใช้งานและการบำรุงรักษา คุณสมบัติทางด้านเทคนิคของเครื่องชุบตีบที่ต้องการคือ ใช้กับชิ้นงานที่มีความกว้าง (lead-frame width) 17mm , ใช้กับชิ้นงานที่มีความหนา (lead-frame thickness) 0.15 - 0.20mm , ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีตัวถังหนา (package thickness) 0.5 - 1.5mm , ชุบตีบบนชิ้นงานที่เป็น copper , กำลังการผลิตไม่ต่ำกว่า 50 ล้านชิ้นต่อเดือน , ขนาดของเครื่องไม่เกิน (ก x ย x ส) 2m x 2m x 2m , และควบคุมความหนาของการชุบตีบได้ 7 - 12micron

จากคุณสมบัติที่ต้องการดังกล่าวนำไปสู่การหาข้อมูลจากบริษัทที่สร้างเครื่องชุบตีบแบบ reel to reel และได้เลือก 3 ยี่ห้อที่มีคุณสมบัติเบื้องต้นตรงกับผลิตภัณฑ์เป้าหมายคือ IDY SFT และ ALF เพื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบหาที่ยี่ห้อที่เหมาะสมที่สุด

4. การศึกษาความเป็นไปได้

4.1 การศึกษาความเป็นไปได้อันเทคนิค

จากการศึกษาข้อกำหนดทางด้านเทคนิคของเครื่องชุบดีบุกยี่ห้อ IDY เทียบกับความต้องการของผลิตภัณฑ์เป้าหมายในด้านชนิดของชิ้นงาน (lead-frame) ที่จะชุบกำลังการผลิต และขนาดเครื่องจักรพบว่าเครื่องรุ่นนี้สามารถตอบสนองความต้องการของผลิตภัณฑ์เป้าหมายได้อย่างครบถ้วน สิ่งที่ทำให้เครื่องรุ่นนี้มีขนาดเล็กกว่าเครื่องชุบอื่น ๆ ทั่วไปคือการออกแบบให้ lead-frame มีการเคลื่อนตัวแบบซิกแซกในบ่อสารเคมีและบ่อชุบเพื่อลดขนาดความยาวของเครื่องชุบ

4.2 การศึกษาความเป็นไปได้อันการดำเนินงาน

การศึกษากิจการดำเนินงานเมื่อบริษัทกรณีศึกษาดำเนินการ electroplating เอง เครื่อง Tin Electroplating นี้จะถูกติดตั้งอยู่ในโรงงานเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เป้าหมาย พนักงานควบคุมเครื่อง electroplating จะเคลื่อนย้าย WIP เข้าและออกจากกระบวนการ electroplating ด้วยรถเข็นในระยะทางสั้นๆ ไม่ต้องทำการนำ WIP ใน plastic reel บรรจุกล่องแล้วรอส่งออกนอกโรงงานทุกๆ 12 ชั่วโมงอีกต่อไป ส่งผลให้ lead time ในการทำ electroplating เฉลี่ยจากเดิม 18h/lot (เฉลี่ยจาก lot ที่มี lead time มากที่สุดคือ 24h กับ lot ที่มี lead time สั้นที่สุดคือ 12h) ลดลงมาเหลือเพียง 50 min/lot (จากความเร็วในการชุบงานของเครื่องเท่านั้น) ส่วนกระบวนการอื่น ๆ นั้นจะเหมือนกระบวนการปัจจุบันทุกประการ และในกระบวนการ electroplating นี้จะใช้พนักงานที่ควบคุมเครื่องแบบ full time 1 คนต่อกะ ใช้ช่างเทคนิค 1 คนต่อกะ แต่เป็นลักษณะ part time คือจะดูแลเครื่องจักรชนิดอื่นๆ ด้วย และใช้วิศวกร 1 คนเป็นลักษณะ part time เช่นกัน หน้าที่หลักของพนักงานควบคุมเครื่อง electroplating นอกจากการนำ WIP มาผลิตแล้วต้องตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย ส่วนช่างเทคนิคจะมีหน้าที่ทำให้เครื่อง electroplating อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลาโดยการตรวจสอบเครื่องตามที่วิศวกรกำหนดเป็นมาตรฐานมา เช่น ปริมาณ อุณหภูมิ และอัตราการไหลของของเหลวใน

บ่อต่างๆ แรงดันและกระแสไฟที่ใช้ในการชุบ รวมถึงอัตราความเร็วของชิ้นงานชุบที่เคลื่อนผ่านบ่อชุบ รวมทั้งตรวจสอบปริมาณการใช้วัตถุดิบด้วย

4.3 การศึกษาความเป็นไปได้อันการเงิน

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ electroplating โดยการสอบถามข้อมูลจากบริษัทในเครือเดียวกันที่อยู่ในประเทศไทยปิ่นที่ใช้เครื่องยี่ห้อนี้พบว่าค่าใช้จ่ายในส่วน Spare-part, Acid active liquid, Plating liquid, Utility, Waste water treatment และ Chemical caretaker รวมเท่ากับ 353 บาทต่อเครื่องต่อเดือน แต่เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาต้องซื้อวัตถุดิบที่เป็นสารเคมีและ Spare parts ที่ผ่านการนำเข้ามาจากประเทศไทยปิ่นผ่าน trader จากการศึกษาจากใบเสนอราคาสารเคมีต่างๆ พบว่าแพงขึ้นประมาณ 30% เทียบกับที่บริษัทในเครือซื้อที่ญี่ปุ่น จึงประมาณต้นทุนใหม่ที่ประมาณ 380 บาทต่อเครื่องต่อเดือน คำนวณออกมาได้เท่ากับ 7.5 บาทต่อการผลิต 1,000 ชิ้น ในขณะที่จ้างบริษัทบริษัทรับจ้างชุบดีบุกข้างนอกคิดราคารวมค่าขนส่งเท่ากับ 35 บาทต่อการผลิต 1,000 ชิ้น และจากการศึกษา Recovery period และ %ROI เพื่อประกอบการตัดสินใจการลงทุนนี้ ผู้ศึกษาจึงได้สอบถามข้อมูลกับผู้เกี่ยวข้องต่างๆ ในโครงการ เช่น ราคาเครื่อง Electroplating ยี่ห้อ IDY ราคาวัตถุดิบและวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆ ที่ใช้ระหว่างการติดตั้งและทดสอบเครื่อง ราคาติดตั้งระบบ utility ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงค่าขนย้ายเครื่อง ค่าฝึกอบรม ค่าแลปตรวจวิเคราะห์สารเคมีและค่าจ้างผู้เชี่ยวชาญที่จะมาทำการติดตั้งและทดสอบ รวมแล้วประมาณไม่เกิน 16 ล้านบาท และจากเงินลงทุนนี้เมื่อเทียบกับ benefit ที่ได้เดือนละประมาณ 1.2 ล้านบาท สามารถคำนวณ Recovery period และ ROI ได้ 1.4 ปีและ 49.6% ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ความไวพบว่าความผันผวนของปริมาณการผลิตเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อ benefit ที่ได้จากการลงทุนจัดตั้งกระบวนการชุบดีบุกนี้ ดังนั้น เพื่อลดความผันผวนนี้ บริษัทกรณีศึกษาได้ทำการทดสอบการชุบกับผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพิ่มเติม เป็นการเตรียม

การณ้ไว้ล่วงหน้าในกรณีที่ยอดการผลิตของผลิตภัณฑ์เป้าหมายมีความผันผวนในลักษณะลดลงอย่างมาก จะได้ใช้เครื่องอย่างคุ้มค่างเงินลงทุน

5. สรุป

ข้อกำหนดทางด้านเทคนิคของเครื่องชุบตีบุกนี้สามารถทำการผลิตและมีกำลังการผลิต 50 ล้านชิ้นต่อเดือนใกล้เคียงกับปริมาณผลิตของผลิตภัณฑ์ทรานซิสเตอร์เป้าหมาย มีการออกแบบเครื่องให้ใช้พื้นที่อย่างคุ้มค่างทำให้น้ำหนักของเครื่องมีขนาดไม่ใหญ่มาก เหมาะสมที่จะติดตั้งในไลน์การผลิตในโรงงานเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว การชุบมีระดับคุณภาพได้มาตรฐานเดียวกันกับการจ้างบริษัทข้างนอกทุกด้านเช่นความสวยงาม การใช้งาน รวมถึงเรื่อง reliability ของผลิตภัณฑ์ด้วยเช่นกัน และจากการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม บริษัทกรณีศึกษาสามารถจัดการของเสียได้เป็นอย่างดี

กระบวนการใหม่สามารถลด lead time ของกระบวนการชุบตีบุกลงได้อย่างมากจากเดิมที่ต่อส่งไปชุบข้างนอกเฉลี่ยได้ 18h / lot ลดลงเหลือต่ำกว่า 1h / lot จากความเร็วในการชุบของเครื่องเท่านั้น ซึ่งไม่ต้องรอการส่งงานออกไปข้างนอกทุกๆ 12 ชั่วโมงแบบเดิมอีกต่อไป การติดตั้งเครื่องครั้งแรกจะใช้ผู้เชี่ยวชาญทั้งจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องชุบตีบุก IDY และจากบริษัทในเครือเดียวกันที่ใช้งานเครื่องนี้อยู่มาดำเนินการ การจัดหาวัตถุดิบและวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆสามารถซื้อภายในประเทศได้อย่างสะดวกจาก trader ที่มีกรนำเข้าสารเคมีหลายชนิดอยู่แล้วและมีการเก็บ stock ให้ด้วย พนักงานที่ควบคุมเครื่อง ช่างเทคนิค วิศวกรที่เกี่ยวข้อง จะได้รับการฝึกอบรมอย่างครบถ้วนในเรื่องการควบคุมคุณภาพการชุบ และการดูแลและตรวจสอบเครื่องจักร

การดำเนินการชุบตีบุกเองจะสามารถประหยัดเงินได้เดือนละประมาณ 1.2 ล้านบาทเมื่อเทียบกับการจ้างบริษัทข้างนอก และจากเงินลงทุน 16 ล้านบาทนี้เมื่อเทียบกับ benefit ที่ได้สามารถคำนวณ Recovery period ได้ 1.4 ปี และ ROI 49.6% ซึ่งมีความเหมาะสมในการลงทุน

เอกสารอ้างอิง

English Journal

[1] C.C.M. Beelen-Hendriks, J. Klerk & J.T. van de Water. 2002. Lead-free Semiconductor Packaging. Philips Centre for Industrial Technology, Eindhoven, and Assembly and Test Organization, Philips Semiconductors, Nijmegen, The Netherlands. 2002 Electronics Packaging Technology Conference.

[2] John G. Donaldson. 1999. Continuous strip plating of electronic components Original Research Article Metal Finishing, Volume 97, Issue 1, 1999, Pages 642-656.

[3] Matte Tin (Sn) Plating of Semiconductor Devices - Update of Whisker Growth Study. 2008. Anocha Sriyarunya & Jiraporn Tondtan. Spansion (Thailand) Limited. Pakkerd, Nonthaburi, Thailand, Hasmani Tukiman. Spansion (Kuala Lumpur) Sdn.Bhd. Kuala Lumpur, Malaysia. 2008 10th Electronics Packaging Technology Conference.

หนังสือภาษาไทย

[4] จีรัตน์ วีระวาฬฤกษ์. 2552. เศรษฐศาสตร์ วิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1.

การพัฒนาโปรแกรมการจัดการสินค้าคงคลังและพยากรณ์การสั่งซื้อสารเคมี สำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

นิธิกุล แต้โล¹ นิธิ อัทธิต^{2*} วุฒินันท์ เจียมศักดิ์ศิริ² ชาญเดช หุอรันันต์² อัมพร โพธิ์ไย² และ ชีรเดช วุฒิพรพันธ์¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

²ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

51/4 หมู่ที่ 1 ถนนสุวินทวงศ์ ตำบลวังตะเคียน อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

E-mail: nithi.atthi@nectec.or.th *

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาโปรแกรมการจัดการสินค้าคงคลังและพยากรณ์การสั่งซื้อสารเคมี สำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำของศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) เพื่อรองรับกำลังการผลิตที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต โดยใช้ภาษาจาวา (JAVA script) สำหรับส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานผ่านทางแม่ข่าย (Server) และสร้างระบบฐานข้อมูลโดยใช้มายเอสคิวแอล (MySQL) ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถบันทึกและตรวจสอบปริมาณสารเคมีเข้า-ออกในคลังสารเคมี ด้วยระบบบาร์โค้ด (Barcode interface) และยังสามารถตรวจสอบปริมาณการใช้สารเคมีภายในเครื่องจักรได้ โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากระบบบริหารจัดการการผลิตของศูนย์ฯ ตามเวลาและการผลิตจริง อีกทั้งยังมีระบบแจ้งเตือนพนักงานเมื่อปริมาณสารเคมีคงเหลือใกล้เคียงกับระดับที่กำหนด หรือในกรณีที่สารเคมีหมดอายุ นอกจากนี้ยังสามารถวางแผนการสั่งซื้อสารเคมีที่เหมาะสม โดยอาศัยทฤษฎีระบบขนาดการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity, EOQ) และทฤษฎีจุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point, ROP) จากการประเมินการใช้งานโดยใช้แบบสอบถาม พบว่าผู้ใช้งานโปรแกรมดังกล่าวมีระดับความพึงพอใจมาก

คำสำคัญ : จุดสั่งซื้อใหม่ ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด สินค้าคงคลัง ระบบสารสนเทศ

1. บทนำ

จากการศึกษากระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor device fabrication) พบว่าเป็นกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน และอาจมีขั้นตอนการผลิตสูงถึง 1,500 ขั้นตอน ซึ่งมีการใช้สารเคมีหลายชนิดและในปริมาณมาก ในปัจจุบันทางศูนย์ฯ ยังไม่ได้มีการผลิตในปริมาณมาก จึงได้ใช้การบันทึกการเบิก-จ่าย สารเคมีลงในใบงาน แต่ในกรณีที่ทางศูนย์ฯ จำเป็นต้องเพิ่มกำลังการผลิตในอนาคต จะทำให้ปริมาณการใช้สารเคมีสูงขึ้น ส่งผลให้ระบบใบงานดังกล่าวไม่เหมาะสม เนื่องจากจะทำให้การตรวจสอบข้อมูลการใช้สารเคมีเป็นไปอย่างล่าช้าและอาจมีความคลาดเคลื่อนสูงขึ้น ส่งผลให้การวางแผนเพื่อสั่งซื้อสารเคมีทำได้ยากและไม่สอดคล้องกับปริมาณการใช้สารเคมีจริง อาจทำให้สารเคมีขาดสต็อกหรือหมดอายุก่อนการใช้งาน ทำให้ต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังสูงขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาโปรแกรมเพื่อประยุกต์ใช้ในการควบคุมสินค้าคงคลังและสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการพยากรณ์การสั่งซื้อสารเคมีในกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำของศูนย์ฯ ที่ทำงานบนเครือข่ายภายใน และพัฒนาในส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน การแจ้งเตือน และการพยากรณ์การสั่งซื้อให้มีความสะดวกต่อการใช้งาน และสามารถปรับเปลี่ยนค่าคงที่ต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณจากไฟล์ฐานข้อมูลหลักได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาโปรแกรมนี้ ผู้วิจัยต้องใช้ความรู้ในหลายๆ ด้านร่วมกัน ทั้งในส่วนของกรอบแบบฐานข้อมูลด้วยภาษา MySQL ซึ่งออกแบบร่วมกับระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ [1] และยังมีโครงสร้างส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งานด้วยโปรแกรมภาษาจาวา [2] ซึ่งเป็นรหัสแบบเปิด (Open source) ที่ใช้งานกันอย่างกว้างขวาง และไม่มีค่าใช้จ่ายทางด้านลิขสิทธิ์ของโปรแกรม ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้การควบคุมสินค้าและวัสดุคงคลัง [3] โดยเฉพาะระบบขนาดการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) [4] ที่สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1

$$EOQ = \sqrt{2DS/H} \quad (1)$$

จำนวนครั้งของการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด

$$= \frac{D}{EOQ} \text{ ครั้ง/ปี} \quad (2)$$

โดยที่ EOQ คือ ขนาดการสั่งซื้อที่ประหยัด D คือ อุปสงค์หรือความต้องการสินค้าต่อปี (หน่วย) S คือ ต้นทุนการสั่งซื้อต่อครั้ง (บาท) และ H คือ ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าต่อหน่วยต่อปี (บาท)

อีกทั้งยังมีการประยุกต์ใช้ทฤษฎีจุดสั่งซื้อใหม่ (ROP) [5] เพื่อกำหนดเวลาที่เหมาะสมในการจัดซื้อสารเคมี โดยสามารถคำนวณได้ด้วยสมการที่ 2

$$ROP = (\bar{d} \times \overline{LT}) + SS \quad (3)$$

โดยที่ ROP คือ จุดสั่งซื้อใหม่ \overline{LT} คือ ช่วงเวลานำเฉลี่ย (วัน) \bar{d} คือ ความต้องการใช้สินค้าเฉลี่ยต่อวัน (จำนวนชิ้น/วัน) และ SS คือ ระดับปลอดภัยของปริมาณสินค้าคงคลัง (จำนวนชิ้น) แสดงดังสมการที่ 3

$$SS = z\sqrt{\overline{LT}(\sigma_d)} \quad (4)$$

โดยที่ SS คือ ระดับปลอดภัยของปริมาณสินค้าคงคลัง z คือ ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% \overline{LT} คือ ช่วงเวลานำเฉลี่ย (วัน) σ_d คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราความต้องการสินค้า

จากสมการทั้ง 4 สมการ ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างการ

คำนวณของการสั่งซื้อสารเคมี NH_4OH ซึ่งมีการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ของข้อมูล แสดงดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ตารางแสดงตัวอย่างการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม (EOQ)

| ค่าที่ใช้ในการคำนวณ | ค่าที่ได้ | หมายเหตุ |
|---|-----------|------------------------------------|
| ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่อครั้ง (บาท) | 400 | เป็นค่าที่ทางศูนย์ฯ กำหนด |
| ต้นทุนในการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อปี (บาท) | 800 | เป็นค่าที่ทางศูนย์ฯ กำหนด |
| ปริมาณความต้องการสินค้าต่อปี (หน่วย) | 4 | ค่าที่ได้จากข้อมูลเก่าปี พ.ศ. 2550 |
| ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม (EOQ) | 2 | ค่าที่ได้จากการคำนวณ (สมการ 1) |
| จำนวนครั้งของการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (ครั้ง/ปี) | $4/2 = 2$ | ค่าที่ได้จากการคำนวณ (สมการ 2) |

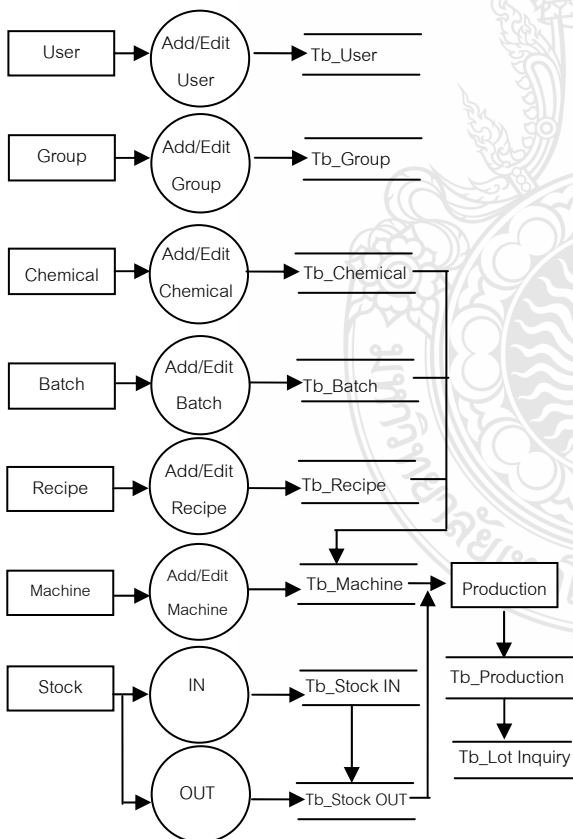
ตารางที่ 2 ตารางแสดงตัวอย่างการคำนวณจุดสั่งซื้อใหม่ (ROP)

| ค่าที่ใช้ในการคำนวณ | ค่าที่ได้ | หมายเหตุ |
|--|-----------|----------------------------------|
| อัตราความต้องการเฉลี่ย (\bar{d}) | 3.02 | ค่าที่ได้จากการคำนวณ |
| เวลารอคอย (LT) | 90 | ค่าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน |
| ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราความต้องการสินค้า σ_d | 2 | ค่าที่ได้จากการคำนวณ |
| ระดับความเชื่อมั่น 95% (Z) | 1.65 | ค่าที่ได้จากการเปิดตารางทางสถิติ |
| สินค้าคงคลังเพื่อขาดมือ (Safety Stock) | 31.31 | ค่าที่ได้จากการคำนวณ (สมการ 4) |
| จุดสั่งซื้อใหม่ (ROP) | 303.11 | ค่าที่ได้จากการคำนวณ (สมการ 3) |

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

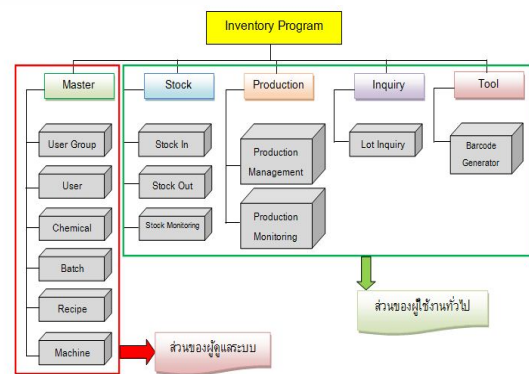
3.1 การออกแบบและการสร้างโปรแกรม

การดำเนินงานวิจัยจะเริ่มจากการกำหนดปัญหาและการวิเคราะห์ปัญหา โดยศึกษาพฤติกรรมกรรมการเบิก-จ่ายสารเคมีภายในองค์กร และเก็บข้อมูลของสารเคมี รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้ระบบการจัดการสารเคมีดังกล่าวในปัจจุบัน จากนั้นทำการออกแบบฐานข้อมูลให้สอดคล้องกับข้อมูลต่างๆ ในกระบวนการผลิต ทั้งในส่วนของการออกแบบเชิงตรรกะ (Logical Design) ที่เน้นการจัดกลุ่มข้อมูลในฐานข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่หรือตารางที่เหมาะสม โดยวิเคราะห์การไหลของข้อมูลภายในโปรแกรมด้วยแผนภาพการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram, DFD) [6] ซึ่งทำให้มองเห็นภาพรวมของการทำงานร่วมกันในแต่ละส่วนอย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 1 แล้วจึงพัฒนาระบบฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม MySQL



รูปที่ 1 แผนภาพการไหลข้อมูลของโปรแกรม

จากนั้นทำการออกแบบเชิงกายภาพ (Physical Design) ซึ่งเป็นการกำหนดข้อมูลในแต่ละตารางให้เกิดการเชื่อมโยงกันในรูปแบบฐานข้อมูลสัมพันธ์ (Relational Database) และพัฒนาหน้าจอสำหรับผู้ใช้งานให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการทำงานของพนักงานในองค์กร ด้วยภาษาจาวา (Java language) ร่วมกับเนตบีนส์ (Net beans) ซึ่งแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของผู้ดูแลระบบ (Administrator) และส่วนของผู้ใช้งานทั่วไป (User) โดยมีหน้าจอการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 เมนูหลักของโปรแกรมที่ได้ออกแบบ

3.2 การทดสอบการทำงานของโปรแกรม

เมื่อพัฒนาโปรแกรมเสร็จแล้ว จะต้องทดสอบการทำงานของโปรแกรมกับข้อมูลที่ได้จากการทำงานจริงโดยผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้งานกับพนักงานในศูนย์ฯ เพื่อหาข้อผิดพลาดของโปรแกรม และแก้ไขปรับปรุงข้อผิดพลาดนั้น เพื่อให้การทำงานของโปรแกรมมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ก่อนที่จะนำโปรแกรมดังกล่าวไปติดตั้งลงในเครือข่าย (Server) ของศูนย์ฯ เพื่อใช้งานจริงต่อไป

3.3 การประเมินความพึงพอใจในการใช้โปรแกรม

ภายหลังจากการติดตั้งโปรแกรมลงในระบบเครือข่ายของศูนย์ฯแล้ว จะต้องประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยใช้แบบสอบถามเพื่อวิเคราะห์ว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับใด ซึ่งแบบสอบถามนั้นจะมีเนื้อหาครอบคลุมทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ (1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน (2) ประสิทธิภาพในการใช้ระบบใบงานเบิก-จ่ายสารเคมีใน

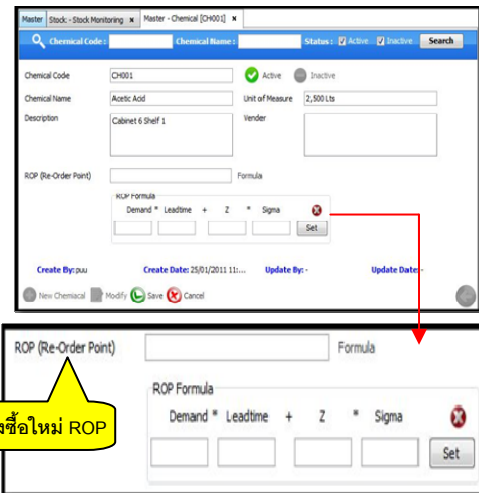
ปัจจุบัน และ (3) ความพึงพอใจต่อการใช้งานโปรแกรม โดยวิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

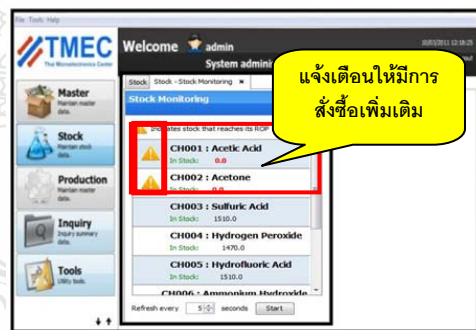
4.1 การทำงานของโปรแกรม

โครงสร้างการทำงานของโปรแกรมแบ่งออกเป็น 5 ส่วน (รูปที่ 2) คือ Master, Stock, Production, Inquiry และ Tool ในส่วนของหน้าหลัก (Master) นั้น ผู้ดูแลระบบ (Administrator) จะต้องกรอกข้อมูลในส่วนของ ข้อมูลผู้ใช้งาน (ชื่อ-นามสกุล รหัสพนักงาน ส่วนงาน และรหัสในการเข้าโปรแกรม) ข้อมูลสารเคมี (ชื่อสารเคมี สูตรรหัสเฉพาะสำหรับระบบบาร์โค้ด) และข้อมูลในส่วนการผลิต (ชื่อเครื่องจักร สูตรในการผลิต ชนิดสารเคมี ประเภทการใช้งานสารเคมี และปริมาณสารเคมีที่ใช้) เพื่อเป็นข้อมูลในระบบฐานข้อมูลสำหรับการทำงานของโปรแกรมต่อไปในส่วนของการ Production

ในส่วนของการจัดการสารเคมีคงคลังในคลังสินค้า (Stock) จะแบ่งการทำงานเป็น 3 หมวด คือ หมวดการรับสารเคมีเข้าคลัง (Stock-In) หมวดการเบิกสารเคมีออกจากคลัง (Stock-Out) และหมวดการตรวจสอบการใช้งานสารเคมี (Stock Monitoring) สำหรับ 2 หมวดแรกนั้น โปรแกรมจะสร้างแถบบาร์โค้ดสำหรับสารเคมีที่รับเข้ามาในคลังในแต่ละล็อตการผลิต เพื่อความสะดวกในการกรอกข้อมูลสำหรับการเบิก-จ่ายสารเคมี ในขณะที่หมวดที่ 3 จะเป็นการตรวจสอบปริมาณสารเคมีภายในคลัง ระบบดังกล่าวนี้ ถูกออกแบบให้มีการแจ้งเตือนในกรณีที่สารเคมีคงเหลือ อยู่ในระดับปลอดภัยของสารเคมีคงคลังตามที่กำหนดการทำงานในส่วน Master คือ ในส่วนของ Chemical แสดงดังรูปที่ 3 หรือในกรณีที่สารเคมีหมดอายุ เพื่อดำเนินการเปลี่ยนสารเคมีหรือจัดซื้อสารเคมีเพิ่มเติม ดังรายละเอียดแสดงในรูปที่ 4

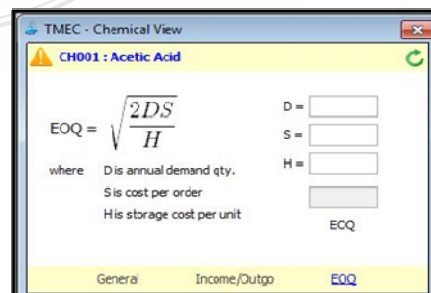


รูปที่ 3 แสดงการกำหนดการแจ้งเตือนโดยใช้การคำนวณจุดสั่งซื้อใหม่ (ROP)



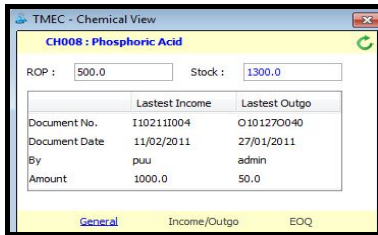
รูปที่ 4 หน้าจอแสดงปริมาณคงเหลือสารเคมีในคลัง และการแจ้งเตือนการสั่งซื้อสารเคมีที่ใกล้หมด

เมื่อศูนย์ฯ ได้มีการสั่งซื้อสารเคมีเพื่อนำมาใช้ในการผลิต โปรแกรมได้มีการพัฒนาในส่วนของการวางแผนการสั่งซื้อโดยมีหน้า EOQ ที่แสดงดังรูปที่ 5 เพื่อที่จะช่วยให้พนักงานสามารถคำนวณการสั่งซื้อได้ตรงตามทฤษฎี



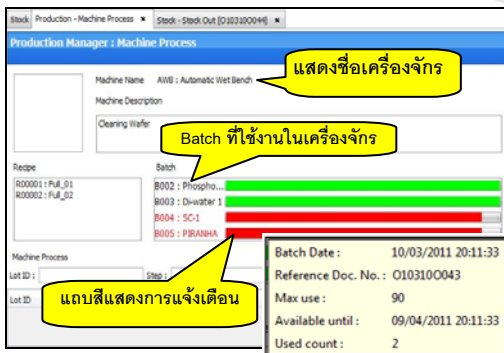
รูปที่ 5 หน้าจอแสดงสมการ EOQ ที่ช่วยในการวางแผนการสั่งซื้อ

นอกจากนี้การทำงานของโปรแกรมยังสามารถเลือกตรวจสอบการใช้สารเคมีแต่ละชนิดว่า ใครเป็นผู้รับสารเคมีเข้ามา ใครเป็นผู้เบิกสารเคมีออกไป ในปริมาณเท่าไร วันที่รับ-เบิกนำไปใช้ล่าสุดเมื่อไหร่ นำไปใช้ในกระบวนการผลิตอะไร และคงเหลือสารเคมีในคลังเป็นปริมาณเท่าไร และจุดสั่งซื้อใหม่ ซึ่งได้แสดงดังรูปที่ 6



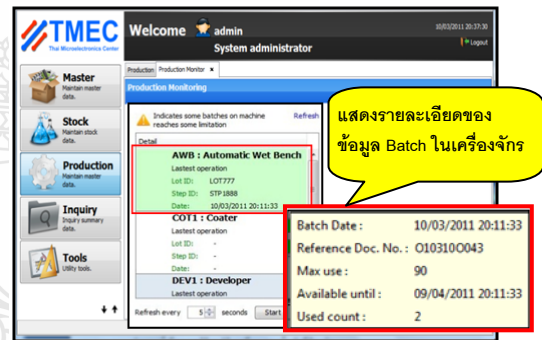
รูปที่ 6 ตัวอย่างรายละเอียดการเบิก-จ่ายกรดฟอสฟอริก

ในส่วนของกระบวนการผลิต (Production) นั้นจะใช้ข้อมูลหลักที่ผู้ดูแลระบบ (Administrator) ได้กรอกข้อมูลไว้ ซึ่งแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ การจัดการสารเคมีในกระบวนการผลิต (Production Management) และการตรวจสอบสารเคมีในกระบวนการผลิต (Production Monitoring) โดยในส่วนการจัดการสารเคมีในกระบวนการผลิตนั้น จะแสดงสถานะของปริมาณสารเคมี ถ้าเป็นแถบสีเขียวแสดงว่าปริมาณสารเคมีในเครื่องจักรเพียงพอต่อการผลิตและยังไม่หมดอายุการใช้งาน ถ้าเป็นแถบสีแดงแสดงว่าปริมาณสารเคมีไม่เพียงพอ หรือสารเคมีหมดอายุการใช้งานหรือถึงเวลาเปลี่ยนเมื่อใช้สารเคมีครบจำนวนครั้งที่กำหนด นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถแสดงอัตราการใช้สารเคมีเพื่อให้พนักงานทราบข้อมูลต่างๆ ได้แสดงดังรูปที่ 7

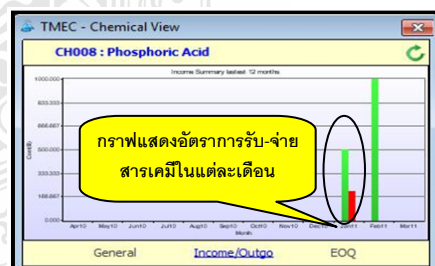


รูปที่ 7 สถานะของปริมาณสารเคมีในเครื่องจักรชนิดนั้นๆ

นอกจากนี้การทำงานของโปรแกรมยังสามารถแสดงรายละเอียดของสารเคมีที่ใช้อยู่ในเครื่องจักร ทั้งในส่วนของเลขล๊อตการผลิตสารเคมีจากผู้ผลิต (Batch number) วันที่ทำการเปลี่ยนสารเคมีเข้าเครื่องจักร จำนวนครั้งที่สามารถใช้สารเคมี และจำนวนครั้งที่ใช้สารเคมีไปแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 8 และสามารถเปรียบเทียบอัตราการเบิก-จ่ายสารเคมี ย้อนหลังได้ถึง 12 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 9 และยังมีส่วนการสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม (Inquiry) เพื่อใช้ประโยชน์ในการสืบค้นข้อมูลย้อนหลัง ในกรณีที่เกิดปัญหาเกี่ยวกับล๊อตการผลิตอันเนื่องมาจากสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตนั้นๆ ไม่ได้คุณภาพ ซึ่งทำให้พนักงานทราบถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาได้



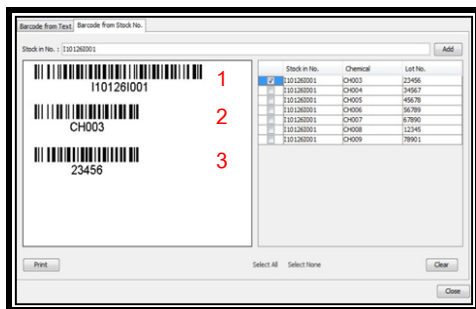
รูปที่ 8 รายละเอียดของสารเคมีที่ใช้อยู่ในเครื่องจักร



รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบอัตราการรับ-จ่ายสารเคมีแต่ละชนิดย้อนหลัง 12 เดือน

นอกจากนี้โปรแกรมได้พัฒนาในส่วนของเครื่องมือ (Tool) เพื่อใช้สร้างรหัสบาร์โค้ด เพื่อนำไปติดไว้ที่ข้างขวดสารเคมีสำหรับการเบิก-จ่ายต่อไป โดยแถบที่ 1 แสดงรหัสเฉพาะของขวดสารเคมี แถบที่ 2 แสดงรหัสเฉพาะของชนิดสารเคมีที่ใช้ภายในศูนย์ฯ และแถบที่ 3 แสดงข้อมูล

ของล๊อตสารเคมีจากผู้ผลิต ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 หน้าจอสำหรับการกำหนดลำดับสารเคมี การสร้างรหัสเฉพาะและการสร้างแถบบาร์โค้ดให้ขวดสารเคมี

4.2) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ในการประเมินความพึงพอใจนั้น ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งกลุ่มผู้ใช้งานโปรแกรมนี้เป็นพนักงานของศูนย์ฯ จำนวน 15 ท่าน คิดเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนพนักงานที่เกี่ยวข้องกับการเบิก-จ่ายสารเคมีจำนวน 20 ท่าน โดยผู้วิจัยได้เปรียบเทียบการทำงานในระบบปัจจุบัน (การจดบันทึกในใบงาน) และการพัฒนาโปรแกรมสินค้าคงคลังขึ้นมาใช้งาน ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งระดับคะแนนเป็น 5 ระดับ คือ ระดับ 1 ไม่พึงพอใจ ระดับ 2 พึงพอใจน้อย ระดับ 3 พึงพอใจปานกลาง ระดับ 4 พึงพอใจมาก และระดับ 5 พึงพอใจมากที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาคะแนนดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 3 พบว่าผู้ใช้งานกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ มีความพึงพอใจต่อโปรแกรมในระดับมากที่สุด ทั้งในด้านเวลาการบันทึกข้อมูลการเบิก-จ่ายสารเคมี ด้านประสิทธิภาพของการจัดการสารเคมี และด้านความถูกต้องของการประมวลผล เมื่อเทียบกับระบบการบันทึกข้อมูลในใบงานในอดีต

ตารางที่ 3 คะแนนการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

| ระดับคะแนน | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| เวลาการบันทึกข้อมูลการเบิก-จ่ายสารเคมี (เปอร์เซ็นต์) | | | | | |
| ระบบการจดบันทึกในใบงานในอดีต | 0% | 2% | 60% | 36% | 2% |
| ระบบโปรแกรมใหม่ | 20% | 67% | 13% | 0% | 0% |
| ประสิทธิภาพของการจัดการสารเคมี (เปอร์เซ็นต์) | | | | | |
| ระบบการจดบันทึก | 0% | 10% | 36% | 38% | 16% |

| | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| ในใบงานในอดีต | | | | | |
| ระบบโปรแกรมใหม่ | 33% | 45% | 21% | 1% | 0% |
| ความถูกต้องของการประมวลผล (เปอร์เซ็นต์) | | | | | |
| ระบบการจดบันทึกในใบงานในอดีต | 0% | 0% | 50% | 33% | 17% |
| ระบบโปรแกรมใหม่ | 23% | 47% | 30% | 0% | 0% |

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาโปรแกรมการจัดการสินค้าคงคลังและพยากรณ์การสั่งซื้อสารเคมี สำหรับกระบวนการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ โดยโปรแกรมดังกล่าวทำงานบนระบบเครือข่ายภายใน และใช้ระบบบาร์โค้ดสำหรับเบิก-จ่ายสารเคมี ระบบสามารถแสดงสถานะปัจจุบันของปริมาณของสารเคมีในคลังสินค้าและในเครื่องจักร อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบข้อมูลของสารเคมีย้อนหลัง และเปรียบเทียบอัตราการนำเข้า-ใช้งานได้ จากผลสำรวจพบว่าผู้ใช้งานโปรแกรมนี้นี้ มีความพอใจมากถึงมากที่สุด

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณพนักงานของศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ เก็บข้อมูล และกรอกแบบสอบถาม ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติ ภัคดีวัฒนกุล. 2547. ระบบสารสนเทศ. กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอน ซัลท์.
- [2] อนรรฆมงคล คุณมณี. 2551. คู่มือเขียนโปรแกรมภาษาจาวา ฉบับผู้เริ่มต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด.
- [3] พิภพ เล้าประจง และ มานพ ศรีตุลยโชติ. 2534. การบริหารของคลังและการวางแผนความต้องการวัสดุ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท เอเชียเพรส จำกัด.
- [4] ชุมพล ศฤงคารศิริ. 2552. การวางแผนและควบคุมการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 18. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

[5] พิภพ สถิตินาถ. 2552. การบริหารพัสดุคงคลัง.

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

[6] ประจวบ กล่อมจิตร. การพัฒนาโปรแกรมช่วยงาน

ขายและการจัดการสินค้าคงคลังของอุตสาหกรรม

เครื่องประดับอัญมณีในโรงงานตัวอย่าง, การประชุม

วิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม; 2550.



การลดเวลาการทำงานของกระบวนการกรีดเส้นด้าย โดยการพัฒนาเครื่องกรีดเส้นด้าย

พรเทพ แก้วเชื้อ¹ วรินทร์ เกียรติคุณ² อุษาวดี อินทร์คล้าย³ ดวงใจ ทาแก้ว⁴

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กระจุกทราย หนองจอก กรุงเทพฯ

E-mail: ouijishiro@yahoo.com ,084-880-0068

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์ทำการลดระยะเวลาในการทำงานของกระบวนการกรีดเส้นด้ายจากหลอดด้ายที่เหลือจากการทอ ในแผนกสไตร์ ของโรงงาน A จำกัด เนื่องจากกระบวนการกรีดเส้นด้ายที่เหลือจากการทอ เพื่อนำหลอดด้ายกลับไปใช้ใหม่ การกรีดหลอดด้ายแบบเก่าเป็นการให้พนักงานใช้มีดกรีดทำให้เสียเวลา และเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย และเกิดงานค้างอยู่ในแผนกสไตร์เป็นจำนวนมาก รวมไปถึงทำให้เกิดความเสียหายแก่หลอดด้ายจากการกรีด ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดแก้ไขปัญหานี้โดยการสร้างเครื่องกรีดเส้นด้ายเข้ามาช่วยในการทำงานของการกรีดเส้นด้าย โดยมุ่งเน้นการลดเวลาการทำงานและความเสียหายของหลอดด้ายในกระบวนการกรีดเส้นด้ายหลังจากทำการปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่สามารถลดเวลาการทำงานในสายการกรีดเส้นด้ายของหลอดเขียวแกนเล็กเวลาเฉลี่ยก่อนปรับปรุง 31.87 วินาทีต่อชิ้น หลังปรับปรุงเวลาเฉลี่ยเป็น 12.18 วินาทีต่อชิ้นสามารถลดเวลาลงได้ 61.78 เปอร์เซ็นต์ หลอดด้ายจึงผลิตเวลาเฉลี่ยก่อนปรับปรุง 39.48 วินาทีต่อชิ้น หลังปรับปรุงเวลาเฉลี่ยเป็น 14.83 วินาทีต่อชิ้น สามารถลดเวลาลงได้ 62.44 เปอร์เซ็นต์ หลอดแกนย้อมเวลาเฉลี่ยก่อนปรับปรุง 69.69 วินาทีต่อชิ้น หลังปรับปรุงเวลาเฉลี่ยเป็น 17.54 วินาทีต่อชิ้น สามารถลดเวลาลงได้ 74.83 เปอร์เซ็นต์ และนอกจากนั้นยังสามารถลดความเสียหายของหลอดด้ายลงได้ 100 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ การลดเวลา , หลอดด้าย , เย็บเสื้อผ้า , ลดอุบัติเหตุ

1. บทนำ

การลดเวลาในการผลิต เป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยเพิ่มศักยภาพแก่องค์กรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมมีการเจริญเติบโตและการแข่งขันทางการตลาดสูง การลดเวลาการผลิต ลดต้นทุน รวมไปถึงการนำอุปกรณ์กลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่จึงมีส่วนสำคัญในการช่วยทำให้องค์กรมีประสิทธิภาพในการแข่งขันเพิ่มมากขึ้น นอกเหนือจากการให้ความสำคัญในการลดเวลาในการผลิตแล้วความปลอดภัยของพนักงานในการทำงานมีความสำคัญมาก ซึ่งควรคำนึงถึงเป็นอันดับต้นๆ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเครื่องจักรเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการผลิตในส่วนงานของการกรีดเส้นด้ายจากหลอดด้ายที่ใช้แล้ว เพื่อนำหลอดด้ายกลับมาใช้ใหม่ และช่วยลดเวลาในกระบวนการกรีดเส้นด้ายจากหลอดด้าย รวมทั้งยังเป็นการเพิ่มความปลอดภัยแก่พนักงานที่ปฏิบัติงาน

2. ทฤษฎีที่ใช้ในการดำเนินงาน

2.1 การศึกษางาน (รัชต์วรรณ, 2550 และวันชัย, 2548)

ความหมายของการศึกษางานการศึกษางานเป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในนามของ “ การศึกษาเวลาเคลื่อนที่ (Time and Motion Study)” การศึกษางาน (work study) เป็นคำที่ใช้แทนวิธีการต่างๆ จากการศึกษาวิธีการทำงาน และการวัดผลงาน ซึ่งใช้ในการศึกษาวิธีการทำงานของคนอย่างมีระเบียบแบบแผน และพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ที่มีผล

ต่อประสิทธิภาพและภาวะของการทำงานเพื่อปรับปรุงการทำงานนั้นให้ดีขึ้น ซึ่งการศึกษางานประกอบด้วยเทคนิค 2 อย่างดังนี้ 1. การศึกษาวิธี (Method Study) เป็นการศึกษาเพื่อหาวิธีการทำงานที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว ประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาใช้แทนวิธีการเดิม 2. การวัดผลงาน (Work Measurement) เป็นการศึกษาเพื่อกำหนดหาเวลามาตรฐาน (Standard Time) ซึ่งเป็นประโยชน์ในแง่ต่าง ๆ เช่น การวางแผนการผลิต การปรับปรุงสมดุลภาพของสายการผลิต เป็นข้อมูลในการจ่ายค่าแรงจูงใจหรือกำหนดมาตรฐานการผลิต (Production Standard)

2.2 การศึกษาเวลาโดยตรง

การศึกษาโดยตรงเป็นเทคนิคการวัดผลงานอย่างหนึ่งโดยผู้ที่ทำการวัดผลงานไปดูการปฏิบัติงานของคนงาน และจับเวลาในการทำงานนั้นด้วยนาฬิกาจับเวลา

การศึกษาเวลา คือ การหาเวลาการทำงานโดยคนงานที่เหมาะสมซึ่งได้ผ่านการฝึกอบรมวิธีการทำงานนั้นมาอย่างดี สามารถทำงานแล้วเสร็จด้วยอัตราการทำงานปกติตามวิธีที่กำหนดให้ เวลานั้นเรียกว่า เวลามาตรฐาน

2.3 หลักการ ECRS

หลักการ ECRS เป็นหลักการที่ประกอบด้วย การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และการทำให้ง่าย (Simplify) ซึ่งเป็นหลักการง่าย ๆ ที่สามารถใช้ในการเริ่มต้นลดความสูญเสียเปล่า หรือ MUDA ลงได้เป็นอย่างดี หลักการ ECRS มีดังนี้

1. การกำจัด (Eliminate) หมายถึง การพิจารณาการทำงานปัจจุบันและทำการกำจัดความสูญเสียเปล่าทั้ง 7 ที่พบในการผลิตออกไป คือการผลิตมากเกินไป การรอคอย การเคลื่อนที่/เคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น การทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์ การเก็บสินค้าที่มากเกินไป การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น และ ของเสีย

2. การรวมกัน (Combine) สามารถลดการทำงานที่ไม่จำเป็นลงได้ โดยการพิจารณาว่าสามารถรวมขั้นตอนการทำงานให้ลดลงได้หรือไม่ เช่น จากเดิมเคยทำ 5 ขั้นตอนก็รวมบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน ทำให้ขั้นตอนที่ต้องทำลดลงจากเดิม การผลิตก็จะสามารถทำได้เร็วขึ้นและลดการ

เคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนลงอีกด้วย เพราะถ้ามีการรวมขั้นตอนกัน การเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนก็ลดลง

3. การจัดใหม่(Rearrange) คือ การจัดขั้นตอนการผลิตใหม่เพื่อให้ลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น หรือ การรอคอย เช่นในกระบวนการผลิต หากทำการสลับขั้นตอนที่ 2 กับ 3 โดยทำขั้นตอนที่ 3 ก่อน 2 จะทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ลดลง เป็นต้น

4. การทำให้ง่าย (Simplify) หมายถึง การปรับปรุงการทำงานให้ง่ายและสะดวกขึ้น โดยอาจจะออกแบบจิ๊ก (jig) หรือ fixture เข้าช่วยในการทำงานเพื่อให้การทำงานสะดวกและแม่นยำมากขึ้น ซึ่งสามารถลดของเสียลงได้ จึงเป็นการลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นและลดการทำงานที่ไม่จำเป็น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 การปรับปรุงกระบวนการผลิตในโรงงานผลิตชิ้นส่วนกันสะเทือนภายในรถยนต์ (ยุภาพร, 2552) การศึกษาเพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มผลผลิต ลดเวลาในการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ เพิ่มประสิทธิภาพของการทำงาน โดยใช้หลักของวิศวกรรมอุตสาหกรรมมาประยุกต์หาสาเหตุและแก้ปัญหา พบว่า กระบวนการซัพปายกันสนิมมีผลเพิ่มจาก 88.50% เป็น 95.90% และแผนกพ่นกาวมีผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 81.37% เป็น 89.07% และลดปริมาณงานเสียเนื่องจากกระบวนการที่ไม่เหมาะสมลงได้

2.4.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตยางท่อเพื่อลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิต (ธีรวัฒน์ และมัณฑนา, 2552) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโดยมุ่งเน้นลดความสูญเสียเปล่า โดยวิเคราะห์สภาพปัญหาปัจจุบันด้วยผังสายธารคุณค่า และทำการแก้ไขโดยการปรับระบบดึง สมดุลสายการผลิต การจัดลำดับงานและลดงานที่ไม่จำเป็นเข้ามาแก้ไขปัญหา ผลพบว่า สามารถลดงานรอรระหว่างผลิตได้ 83.3% ลดค่าใช้จ่ายในการดูแลสินค้าได้ 1,359,446 บาทต่อปี ลดการเคลื่อนย้ายได้ 19.37% สามารถลดค่าแรงได้ 504,000 บาทต่อปี

2.4.3 การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตของโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (อดิศักดิ์ และสุทัศน์

2552) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตให้มากขึ้น โดยการวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรมในแต่ละขั้นตอนการทำงานตลอดทั้งสายการผลิต เพื่อแยกกิจกรรมที่ไม่เกิดคุณค่าออก ซึ่งผลการปรับปรุงสามารถลดแรงงานทางตรงได้จาก 16 คนเป็น 14 คน และมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 29.61% ผลิตภาพเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 17.95%

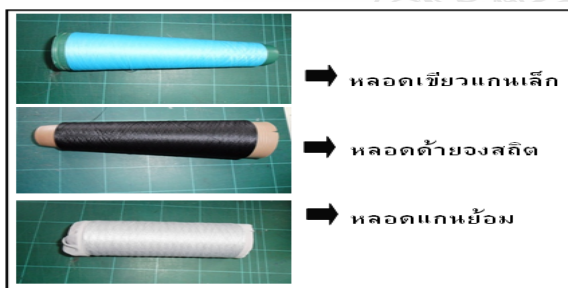
จากงานวิจัยข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการลดเวลาสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การลดความสูญเสียเปล่า หลักการECRS การสมมูลสายการผลิต การจัดลำดับงาน การใช้แผนผังคุณค่า การวิเคราะห์กิจกรรม เป็นต้น ซึ่งวิธีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ การลดเวลา และลดความสูญเสียเปล่า เป็นต้น

3. ข้อมูลพื้นฐาน

3.1 ข้อมูลพื้นฐาน

การศึกษาและเก็บข้อมูลในส่วนของสายงานการกรีดเส้นด้ายซึ่งหลอดด้ายจะมีทั้งหมดด้วยกัน 3 ชนิด ดังรูปที่ 3.1

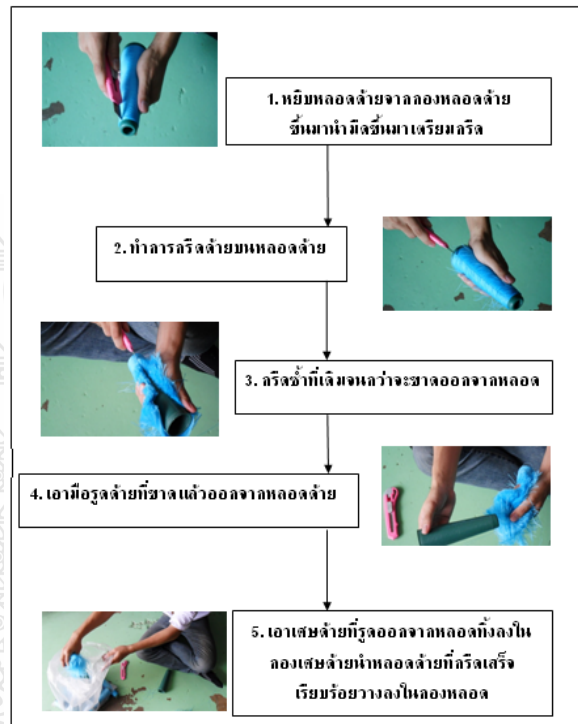
รูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของแกนหลอดด้ายชนิดต่างๆ

ศึกษาขั้นตอนกระบวนการกรีดเส้นด้าย โดยมีขั้นตอนของกระบวนการกรีดเส้นด้าย 5 ขั้นตอนดังรูปที่ 3.2 คือ 1. ทำการหยิบหลอดด้ายจากกองหลอดด้ายขึ้นมา และนำมิดคัตเตอร์ขึ้นมาเตรียมกรีดหลอดด้าย 2. ทำการกรีดด้ายบนหลอดด้าย 3. กรีดซ้ำที่เดิมจนกว่าจะขาดออกจากหลอดพอขาด 4. รูดด้ายที่ขาดแล้วออกจากหลอดด้าย และเอาเศษด้ายที่รูดออกจากหลอดทิ้งลงในกองเศษด้าย 5. นำหลอดด้ายที่กรีดเสร็จเรียบร้อยแล้ววางลงในกองหลอดด้ายที่

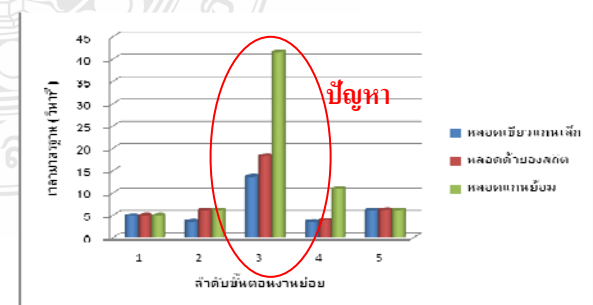
กรีดเสร็จแล้ว เมื่อทำเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จัดใส่กล่องเตรียมนำแกนหลอดด้ายกลับไปใช้ใหม่ เป็นดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 กระบวนการกรีดหลอดด้ายแบบเดิม

3.2 เวลาในการกรีดเส้นด้าย

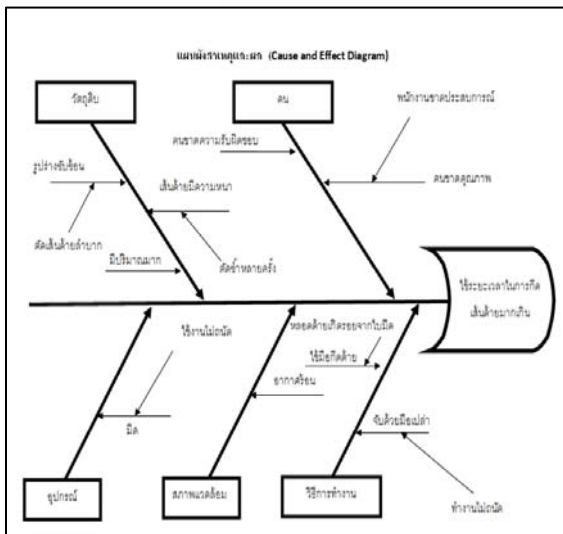
เวลาในการกรีดเส้นด้าย แสดงดังเวลาดังภาค ผนวก ก ภาคผนวกข ภาคผนวกค ขั้นตอนการกรีดเส้น ด้ายที่ใช้เวลามากที่สุดคือขั้นตอนที่ 3 คือขั้นตอนการกรีดเส้นด้ายซ้ำๆ จนขาดออกจากหลอด ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงเวลาในการกรีดเส้นด้ายแต่ละชนิด

3.3 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในกระบวนการกรีดเส้นด้าย

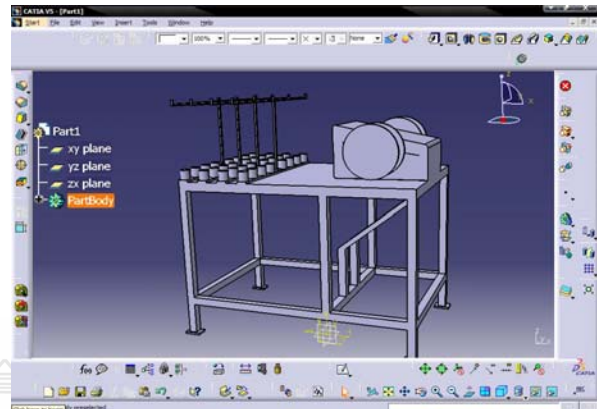
จากการศึกษาและเก็บข้อมูลของกระบวนการกรีดเส้นด้ายพบว่ากระบวนการกรีดซ้ำที่เดิมจนกว่าเส้นด้ายจะขาดออกจากหลอดมีการใช้เวลาในการทำมากเป็นสาเหตุทำให้กระบวนการล่าช้าดังรูปที่ 3.4 ดังนั้นจึงจะทำการปรับเปลี่ยน วิธีการกรีดเส้นด้ายใหม่โดยการใช้เครื่องจักรมาช่วยแทนการกรีดเพื่อลดเวลาในการทำงาน



รูปที่ 3.4 ผังแสดงเหตุและผล

3.4 สรุปการวิเคราะห์

จากการศึกษาการลดเวลาการทำงานของกระบวนการกรีดเส้นด้าย ได้พบว่าสาเหตุที่ทำให้กระบวนการกรีดเส้นด้ายใช้เวลานาน มีอยู่หลายสาเหตุด้วยกัน คือ กระบวนการทำงานและรูปร่างของหลอดด้าย ดังนั้นทางผู้ศึกษาจึงได้ลงความเห็นว่าจะมีการสร้างเครื่องกรอเส้นด้ายขึ้นดังรูปที่ 3.5 เพื่อช่วยพนักงานให้ทำงานได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้นอีกทั้งยังช่วยทำให้หลอดได้ไม่เกิดความเสียหายจากการกรีดแบบเก่า ทั้งนี้การที่นำเครื่องกรอเส้นด้ายมาช่วยในกระบวนการต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของเครื่องกรอเส้นด้ายเมื่อเทียบกับกระบวนการกรีดเส้นด้ายแบบเก่าว่าใช้เวลาลดลงหรือไม่และยังต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของพนักงานเมื่อทำงานร่วมกับเครื่องจักรอีกด้วย ดังรูปภาคผนวก ก

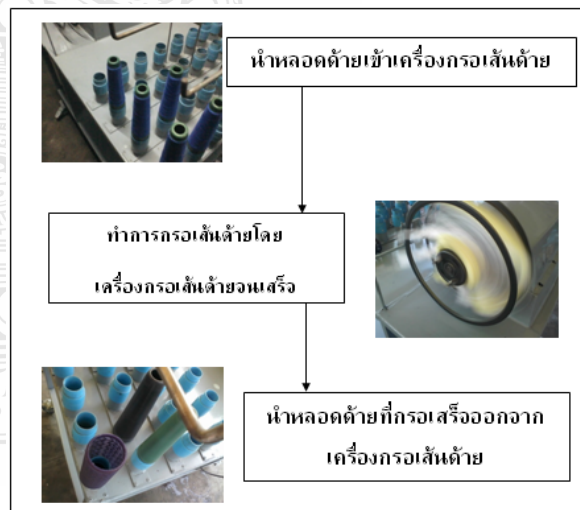


รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะโครงสร้างโดยรวม ของเครื่องกรอเส้นด้าย

4. ผลการทดลอง

4.1 ขั้นตอนกระบวนการกรีดเส้นด้าย หลังจากการนำเครื่องกรอเส้นด้ายเข้ามาช่วยในการทำงาน

การศึกษาขั้นตอนการทำงานของกระบวนการกรีดเส้นด้าย หลังจากการนำเครื่องกรอเส้นด้ายเข้ามาช่วยในการทำงาน โดยแสดงเป็น Production Process Chart ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนของกระบวนการกรีดเส้นด้าย หลังจากการนำเครื่องกรอเส้นด้ายเข้ามาช่วยในการทำงาน

4.2 เวลาในการทำงานหลังจากนำเครื่องกรอตัดเข้า มาช่วยในการทำงาน

เวลาในแต่ละขั้นตอนของสายงานการกรีดเส้นด้าย
หลังจากนำเครื่องกรอตัดเข้ามาช่วยในการทำงานโดย
แสดงเป็น เวลาขึ้นดังตารางที่ 4.1 ตารางที่ 4.2 ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาในแต่ละขั้นตอนเพื่อหา
เวลามาตรฐานของหลอดเขียวแกนเล็ก หลังปรับปรุง

| ขั้นตอน | เวลา ปกติ (N.T.) | จำนวน ชิ้น/รอบ เวลา | N.T. (วินาที/ ชิ้น) | STD (วินาที/ ชิ้น) |
|---------|------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1 | 209.9 | 32 | 6.56 | 8.00 |
| 2 | 80.3 | 32 | 2.50 | 3.05 |
| 3 | 29.8 | 32 | 0.93 | 1.13 |

ตารางที่ 4.2 แสดงเวลาในแต่ละขั้นตอนเพื่อหา
เวลามาตรฐานของหลอดด้ายจงสถิติ หลังปรับปรุง

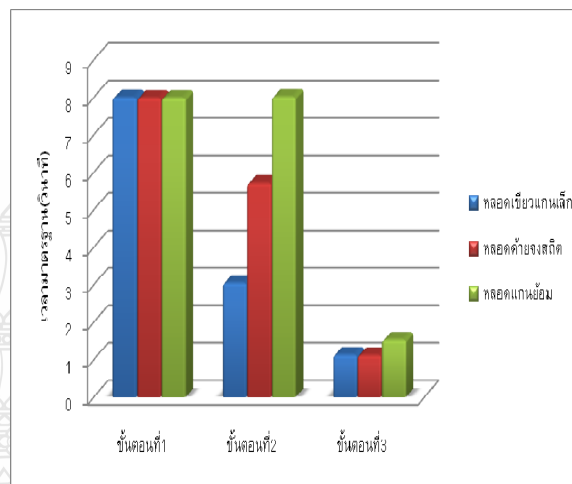
| ขั้นตอน | เวลา ปกติ (N.T.) | จำนวน ชิ้น/รอบ เวลา | N.T. (วินาที/ ชิ้น) | STD (วินาที/ ชิ้น) |
|---------|------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1 | 209.6 | 32 | 6.55 | 7.99 |
| 2 | 150.2 | 32 | 4.69 | 5.72 |
| 3 | 29.5 | 32 | 0.92 | 1.12 |

ตารางที่ 4.3 แสดงเวลาในแต่ละขั้นตอนเพื่อหา
เวลามาตรฐานของหลอดแกนย้อม หลังปรับปรุง

| ขั้นตอน | เวลา ปกติ (N.T.) | จำนวน ชิ้น/รอบ เวลา | N.T. (วินาที/ ชิ้น) | STD (วินาที/ ชิ้น) |
|---------|------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1 | 209.8 | 32 | 6.55 | 7.99 |
| 2 | 210.2 | 32 | 6.57 | 8.02 |
| 3 | 39.9 | 32 | 1.25 | 1.53 |

หมายเหตุ โรงงานสิงทอ ในกรณีศึกษาให้ค่าเผื่อ 22 %

เพื่อแสดงให้เห็นเวลาของขั้นตอนต่างๆในการกรีด
เส้นด้ายหลังจากนำเครื่องกรอตัดเข้ามาช่วยในการ
ทำงาน ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงเวลามาตรฐานในแต่ละขั้นตอน
ของการกรีดเส้นด้ายหลังจาก

5. สรุปผลและเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

สรุปผลก่อนและหลังการการสร้างเครื่องกรอเส้นด้าย
เพื่อเข้ามาช่วยงานในสายงานการกรีดเส้นด้าย คือ เป็น
การสรุปผลการศึกษานำเครื่องกรอเส้นด้ายมาช่วยใน
การทำงานของกระบวนการกรีดเส้นด้าย โดยการ
เปรียบเทียบเวลามาตรฐานของหลอดด้ายทั้งสามชนิดก่อน
การปรับปรุงและหลังการปรับปรุง ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบเวลามาตรฐานของกระบวนการ
กรีดหลอดด้ายระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับ

| ก่อนการปรับปรุง | | | หลังการปรับปรุง | | |
|-----------------|----------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------------|
| ลำดับ ที่ | ชนิดของ หลอดด้าย | เวลามาตรฐาน (วินาทีหลอด) | ลำดับ ที่ | ชนิดของ หลอดด้าย | เวลามาตรฐาน (วินาทีหลอด) |
| 1 | หลอดเขียว แกนเล็ก | 31.87 | 1 | หลอดเขียว แกนเล็ก | 12.18 |
| 2 | หลอดด้ายจง สถิติ | 39.48 | 2 | หลอดด้ายจง สถิติ | 14.83 |
| 3 | หลอดแกนย้อม | 69.69 | 3 | หลอดแกนย้อม | 17.54 |

จากตารางที่ 5.1 แสดงเวลามาตรฐานของกระบวนการกรีดเส้นด้ายทั้ง3ชนิด สามารถลดเวลาการทำงานในสายการกรีดเส้นด้ายของหลอดเขียวแกนเล็กเวลาเฉลี่ยก่อนปรับปรุง 31.87 วินาทีต่อชิ้น หลังปรับปรุงเวลาเฉลี่ยเป็น 12.18 วินาทีต่อชิ้น สามารถลดเวลาลงได้ 61.78 เปอร์เซ็นต์ หลอดด้ายจงสถิติเวลาเฉลี่ยก่อนปรับปรุง 39.48 วินาทีต่อชิ้น หลังปรับปรุงเวลาเฉลี่ยเป็น 14.83 วินาทีต่อชิ้น สามารถลดเวลาลงได้ 62.44 เปอร์เซ็นต์ หลอดแกนย้อมเวลาเฉลี่ยก่อนปรับปรุง 69.69 วินาทีต่อชิ้น หลังปรับปรุงเวลาเฉลี่ยเป็น 17.54 วินาทีต่อชิ้น สามารถลดเวลาลงได้ 74.83 เปอร์เซ็นต์ และลดความเสียหายของหลอดด้ายลงได้ 100 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการสั่งซื้อหลอดด้ายใหม่ และยังช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการทำงานของพนักงาน

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยการลดเวลาการทำงานของกระบวนการกรีดเส้นด้าย ผู้วิจัยศึกษาเกี่ยวกับการสร้างเครื่องกรีดเส้นด้ายมาช่วยงานในสายงานการกรีดเส้นด้าย เพื่อลดเวลาการทำงานและยังสามารถช่วยลดความเสียหายของหลอดด้ายที่เกิดจากการกรีดทำให้บริษัทสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้อีกด้วย ซึ่งเครื่องกรีดด้ายที่สร้างขึ้นถือเป็นเครื่องต้นแบบจึงอาจมีการพัฒนาให้เครื่องมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้นเพื่อนำมาใช้งานในอุตสาหกรรมสิ่งทอต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] รศ. รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม.2550. " Industrial WorkStudy การศึกษาทางอุตสาหกรรม ",บริษัทสำนักพิมพ์ ท็อป จำกัด.
- [2] วิจิตร ตันทสุทธิ์, วันชัย วิจิรวนิช, จรูญ มหิธาพองกุลและชูเวช ชาญสง่าเวช.2547. "การศึกษาการทำงาน ", สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] วชิรินทร์ สิทธิเจริญ, 2547. " Work Study การศึกษา งาน ".สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์.

[4] วันชัย วิจิรวนิช.2548. "การศึกษาการทำงาน: หลักการและกรณีศึกษา".สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] ยุภาพร เนตรโสภา, 2552. "การปรับปรุงกระบวนการผลิตในโรงงานขึ้นส่วนกันสะเทือนภายในรถยนต์"ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม.ขอนแก่น:คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[6] ธีรวัฒน์ และมณฑนา , 2552. "การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตยางท่อเพื่อลดความสูญเปล่าใน

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวก ก แสดงเวลามาตรฐาน (Standard Time) ของหลอดเขียวแกนเล็ก

ก่อนปรับปรุง

| ขั้นตอน | เวลาปกติ (N.T.) | จำนวนชิ้น/รอบ เวลา | N.T. (วินาที/ ชิ้น) | STD (วินาที/ ชิ้น) |
|---------|------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| 1 | 4.01 | 1 | 4.01 | 4.89 |
| 2 | 2.99 | 1 | 2.99 | 3.65 |
| 3 | 11.19 | 1 | 11.19 | 13.65 |
| 4 | 2.94 | 1 | 2.94 | 3.59 |
| 5 | 4.99 | 1 | 4.99 | 6.09 |

ตารางภาคผนวก ข แสดงเวลามาตรฐาน (Standard Time) ของหลอดด้ายจงสถิติก่อน

ปรับปรุง

| ขั้นตอน | เวลาปกติ (N.T.) | จำนวนชิ้น/รอบ เวลา | N.T. (วินาที/ ชิ้น) | STD (วินาที/ ชิ้น) |
|---------|------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| 1 | 4.08 | 1 | 4.08 | 4.98 |
| 2 | 5.01 | 1 | 5.01 | 6.11 |
| 3 | 14.99 | 1 | 14.99 | 18.29 |
| 4 | 3.20 | 1 | 3.20 | 3.90 |
| 5 | 5.08 | 1 | 5.08 | 6.20 |

ตารางภาคผนวก ค แสดงเวลามาตรฐาน (Standard Time) ของหลอดแกนย้อมก่อน

ปรับปรุง

| ขั้นตอน | เวลาปกติ (N.T.) | จำนวนชิ้น/รอบ เวลา | N.T. (วินาที/ ชิ้น) | STD (วินาที/ ชิ้น) |
|---------|------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| 1 | 4.07 | 1 | 4.07 | 4.97 |
| 2 | 5.01 | 1 | 5.01 | 6.11 |
| 3 | 34.05 | 1 | 34.05 | 41.54 |
| 4 | 8.96 | 1 | 8.96 | 10.93 |
| 5 | 5.03 | 1 | 5.03 | 6.14 |



รูปภาคผนวก ก แสดงลักษณะโครงสร้างโดยรวมของเครื่องกรีดเส้นด้าย

แนวทางการลดความสูญเสียของพัสดุ : กรณีศึกษา สายการบรรจุสุรา

วสุ งามภักดิ์ และ จิรวัฒน์ ธีระวราพฤกษ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

kaewasu@hotmail.com

บทคัดย่อ

จากการศึกษาอัตราการสูญเสียของพัสดุในสายการบรรจุสุราของบริษัทกรณีศึกษา พบว่า อัตราการสูญเสียที่สูงที่สุดสองอันดับแรกคือ ขวดบรรจุสุราขนาด 350 มิลลิลิตรและฝาเกลียว จากการวิเคราะห์สาเหตุของการสูญเสียด้วยเครื่องมือผังก้างปลา พบว่า สาเหตุที่สำคัญคือ 1) พนักงานขาดทักษะและความรู้ความเข้าใจในการทำงาน 2) เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษา และ 3) สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เมื่อทราบถึงสาเหตุของการสูญเสียจึงได้หาแนวทางในการแก้ไข โดยได้ดำเนินการชี้แจงความเข้าใจในการควบคุมงานของหัวหน้างานและปรับปรุงวิธีการทำงาน จัดทำแผนการบำรุงรักษา และปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานด้านแสงสว่างเพื่อให้เพียงพอต่อการทำงานและตรวจสอบความผิดปกติของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ ยังได้จัดทำเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานและประกาศให้พนักงานทราบ ผลจากการดำเนินงานเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ความสูญเสียของขวดบรรจุสุราขนาด 350 มิลลิลิตรลดลง จากร้อยละ 1.93 เหลือร้อยละ 0.38 และปัญหาความสูญเสียของฝาเกลียวลดลงจากร้อยละ 2.07 เหลือร้อยละ 0.11

เนื้อหาของบทความ

บริษัทที่ทำการศึกษาในงานวิจัยฉบับนี้เป็นบริษัทที่ผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์รายใหญ่รายหนึ่งของประเทศไทย โดยการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่แผนกบรรจุของบริษัทแห่งนี้ ที่ใช้วัสดุประกอบการผลิต คือ ขวด ฉลาก ฝา กล่อง

ใส่กล่อง กล่องใน กาว เทปกาวและลวดเย็บกล่อง ซึ่งต้องมีการวางแผนการสั่งของและการจัดเก็บวัตถุดิบเพื่อรองรับกับการผลิตในขณะที่มีพื้นที่ในการเก็บวัตถุดิบอย่างจำกัด อีกทั้งยังต้องมีความสามารถในการยืดหยุ่นเพื่อรองรับต่อแผนผลิตที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษามูลค่าของพัสดุประกอบการบรรจุตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมิถุนายน 2553 และนำมาจัดลำดับ โดยวิธี ABC พบว่า มีสินค้าที่มีมูลค่าสูง ประกอบไปด้วยขวดใหม่ขนาด 350 มล. 700 มล. กล่องใน และฝาเกลียว ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความต้องการเป็นจำนวนมากและรอบเวลาในการใช้งานสูงกว่าพัสดุประกอบการบรรจุอื่นๆ จึงต้องมีการควบคุมอย่างเข้มงวด แต่เมื่อดูมูลค่าการสูญเสียของทั้งวัสดุประกอบการผลิตของทั้ง 4 ชนิดข้างต้น พบว่าขวด 350 มิลลิลิตร และฝาเกลียว 350, 700 มิลลิลิตร มีร้อยละการสูญเสียมากที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้ทางผู้ศึกษาจึงมีความสนใจที่จะศึกษาหาแนวทางในการลดความสูญเสียของขวด 350 มิลลิลิตร และฝาเกลียว 350, 700 มิลลิลิตร

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ พบว่า มีการนำเทคนิคการควบคุมคุณภาพมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในแผนกสานและแผนกเผาของโรงงานจำปาเซรามิก (ธวัชชัย, 2547) ซึ่งสามารถลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องจากร้อยละ 13.88 เหลือเพียงร้อยละ 4.35 ของผลิตภัณฑ์สานทั้งหมด ส่วนอีกงานวิจัยเป็นการปรับปรุงคุณภาพของการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรบรรจุของอัตโนมัติโดยใช้เทคนิค

การควบคุมคุณภาพ(QC Tools) พบว่า ลดของเสียและ
ชิ้นส่วนที่ไม่ได้มาตรฐานรวมกันจากร้อยละ 1.39 เหลือ
เพียงร้อยละ 1.39 ของยอดการผลิต และช่วยลดต้นทุนที่
เกิดจากการผลิตชิ้นส่วนที่ไม่ได้คุณภาพก่อนการปรับปรุง
เฉลี่ยต่อเดือน 18,283.71 บาท แต่ภายหลังการปรับปรุง
พบว่าต้นทุนเฉลี่ยเดือนละ 9,648 บาท คิดเป็นลดต้นทุนได้
ร้อยละ 52.77

เมื่อศึกษาเทคนิคของเครื่องมือเทคนิคควบคุม
คุณภาพ (QC Tools) แล้วพบว่าฟังก์ชันปลากเป็นเครื่องมือที่
สามารถระดมสมองและความคิดของผู้ที่เกี่ยวข้องและช่วย
ให้แสดงสาเหตุของการเกิดความเสี่ยงไว้บนด้ายย่อย
หรือก้างฝอยได้ ดังนั้นจึงนำฟังก์ชันปลามาใช้ในการ
วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาความเสี่ยงของฝา 350
และ 700 มิลลิลิตรและขวด 350 มิลลิลิตร โดยการระดม
ความคิดของหัวหน้างานและพนักงานแผนกบรรจุ ซึ่งแบ่ง
ต้นเหตุเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ทั้งหมด 5 กลุ่ม คือ

1. คน (Man)
2. เครื่องจักร (Machine)
3. วิธีการ (Method)
4. วัตถุดิบ (Material)
5. สิ่งแวดล้อม (Environment)

จากนั้นจึงหัวหน้างานและพนักงานที่เกี่ยวข้องใน
สายการผลิต รวมถึงพนักงานที่ดูแลเรื่องในเรื่องพัสดุ
ประกอบการบรรจุของแผนกบรรจุช่วยกันระดมสมองหา
สาเหตุย่อยๆ เมื่อได้สาเหตุต่างมาแล้วก็นำมาให้คะแนน
เพื่อประเมินความสำคัญที่อาจมีผลกระทบต่อปัญหาความ
สูญเสียฝาเกลียว 350 และ 700 มิลลิลิตร พิจารณา 3
หัวข้อ คือ

- ผลกระทบต่อปัญหา แบ่งคะแนนเป็น 3 ระดับ
ดังนี้

3 หมายถึง สาเหตุดังกล่าวมีผลกระทบต่อความ
สูญเสียฝาเกลียวโดยตรง

2 หมายถึง สาเหตุดังกล่าวมีผลกระทบต่อความ
สูญเสียฝาเกลียวบางส่วน

1 หมายถึง สาเหตุดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อความ
สูญเสียฝาเกลียวเลย

- โอกาสในการเกิดปัญหา แบ่งคะแนนเป็น 3
ระดับ ดังนี้

3 หมายถึง โอกาสเกิดความสูญเสียเนื่องจากสาเหตุ
ดังกล่าวทุกวัน

2 หมายถึง โอกาสเกิดความสูญเสียเนื่องจากสาเหตุ
ดังกล่าวภายใน 1 เดือนเกิดขึ้นมากกว่า 1 ครั้ง

1 หมายถึง โอกาสเกิดความสูญเสียเนื่องจากสาเหตุ
ดังกล่าวภายใน 1 ปีที่ผ่านมาไม่เคยเกิดขึ้นเลย

- ความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหา แบ่งคะแนน
เป็น 3 ระดับ ดังนี้

3 หมายถึง ปัญหาที่เกิดจากสาเหตุดังกล่าวสามารถ
แก้ไขได้ภายในแผนกบรรจุเอง

2 หมายถึง ปัญหาที่เกิดจากสาเหตุดังกล่าวต้อง
อาศัยความร่วมมือจากแผนกที่เกี่ยวข้อง

1 หมายถึง ปัญหาที่เกิดจากสาเหตุดังกล่าวจะต้อง
นำเสนอโครงการเพื่อขออนุมัติในการปรับปรุง

วิธีการคิดคะแนนให้นำคะแนนในเรื่องผลกระทบ
โอกาสในการเกิดและความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหา
คูณกัน โดยการประชุมของฝ่ายผลิต ประกอบด้วย
ผู้จัดการฝ่ายผลิต หัวหน้าแผนกบรรจุ หัวหน้าหน่วยบรรจุ
และหัวหน้าสายการผลิต ซึ่งสามารถสรุปสาเหตุที่ต้องมา
ดำเนินการแก้ไข ดังนี้

1. สาเหตุความสูญเสียฝา 350 และ 700 มิลลิลิตร
จำนวน 9 สาเหตุ คือ

- 1.1 ไม่ได้รับการฝึกอบรมพนักงาน
- 1.2 ไม่ตรวจสอบเครื่องก่อนการใช้งาน
- 1.3 หัวหน้างานขาดการใส่ใจกับปัญหาพนักงาน
- 1.4 พนักงานไม่ประจำหน้างาน
- 1.5 พนักงานไม่ดูแลสภาพเครื่องจักร
- 1.6 ชุคสปริงรีดฝาชำรุด
- 1.7 ไม่เปลี่ยนอะไหล่ตามรอบ
- 1.8 ไม่มีอะไหล่เครื่องจักรสำรอง
- 1.9 ไม่ปรับปรุงสภาพแวดล้อมด้านแสงสว่าง

2. สาเหตุความสูญเสียขวด 350 มิลลิลิตร จำนวน 8

สาเหตุ คือ

- 2.1 ไม่ได้รับการฝึกอบรมพนักงาน
- 2.2 ไม่ตรวจสอบเครื่องก่อนการใช้งาน
- 2.3 หัวหน้างานขาดการใส่ใจกับปัญหาพนักงาน
- 2.4 พนักงานไม่ประจำหน้างาน
- 2.5 พนักงานไม่ดูแลสภาพเครื่องจักร
- 2.6 ปากของชำรุด
- 2.7 ไม่เปลี่ยนอะไหล่ตามรอบ
- 2.8 ไม่มีอะไหล่สำรอง

เมื่อได้สาเหตุของปัญหาของความสูญเสียทั้งฝา 350 และ 700 มิลลิลิตร และขวด 350 มิลลิลิตร แล้วจึงนำมาหาแนวทางในการแก้ไขโดยการจัดทำเป็นแผนงานและแผนภูมิแกนต์ (Gant Chart) ซึ่งแบ่งเป็นหัวข้อของการแก้ไข ดังนี้

1. แนวทางการแก้ไขปัญหาความสูญเสียฝา 350 และ 700 มิลลิลิตร

- 1.1 ขั้นตอนการจัดทำเอกสาร
- 1.2 การจัดทำแผนการซ่อมบำรุงและการบำรุงรักษาเครื่องบรรจุ
- 1.3 การหมุนเวียนพนักงานภายในสายการผลิต
- 1.4 การปรับปรุงแสงสว่างในการทำงานบริเวณเครื่องบรรจุ

2. แนวทางการแก้ไขปัญหาความสูญเสียขวด 350 มิลลิลิตร

- 2.1 ขั้นตอนการจัดทำเอกสาร
- 2.2 การจัดทำแผนการซ่อมบำรุงและการบำรุงรักษาเครื่องบรรจุ

จากการปรับปรุงแก้ไขตามแนวทางการแก้ไขเรื่องฝาเกลียว 350 และ 700 มิลลิลิตร และขวด 350 มิลลิลิตร ในระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมาตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม 2553 ทำให้พบว่าความสูญเสียของฝาเกลียว 350 และ 700 มิลลิลิตรและขวด 350 มิลลิลิตรลดลง โดยผู้ศึกษาดำเนินการเปรียบเทียบตั้งแต่ไตรมาส 1 ถึง ไตรมาส 4 ดังตาราง

ตารางที่ 1. เปรียบเทียบร้อยละความสูญเสียของฝา/ขวด

| ไตรมาส | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ฝาเกลียว 350 และ 700 มิลลิลิตร | | | | |
| ปริมาณยอดการผลิต | 39,053,372 | 35,098,776 | 31,316,112 | 39,323,520 |
| ปริมาณยอดการสูญเสียฝา | 445,208 | 726,544 | 360,135 | 43,080 |
| ร้อยละการสูญเสียฝา | 1.14 | 2.07 | 1.15 | 0.11 |
| ขวด 350 มิลลิลิตร | | | | |
| ปริมาณยอดการผลิต | 18,863,972 | 16,610,894 | 17,232,332 | 25,126,470 |
| ปริมาณยอดการสูญเสียขวด | 205,617 | 320,590 | 198,172 | 95,946 |
| ร้อยละการสูญเสียขวด | 1.09 | 1.93 | 1.15 | 0.38 |

จากข้างต้นที่กล่าวมาทั้งหมดผู้วิจัยได้นำมาหาแนวทางการแก้ไขปัญหาและดำเนินการปฏิบัติจริงที่บริษัทกรณีศึกษา ซึ่งผลการแก้ไขปัญหาก็สามารถลดอัตราการสูญเสียของฝาองได้จากร้อยละ 2.07 ในไตรมาสที่ 2 ลดลงเหลือร้อยละ 0.11 ในไตรมาสที่ 4 คิดเป็น 179.82 เปอร์เซ็นต์และสามารถลดอัตราการสูญเสียของขวดลงได้จากร้อยละ 1.93 ในไตรมาสที่ 2 ลดลงเหลือร้อยละ 0.38 ในไตรมาสที่ 4 คิดเป็น 134.20 เปอร์เซ็นต์

สามารถลดมูลค่าการสูญเสียของฝาองได้ 608,282.96 บาท เมื่อคิดเทียบกับที่ Q2 กับ Q4 และสามารถลดมูลค่าการสูญเสียของขวดลงได้ 894,083.12 บาท เมื่อคิดเทียบกับที่ Q2 กับ Q4

แต่งงานวิจัยฉบับนี้ในช่วงเวลาที่ได้ศึกษาและเก็บข้อมูลนั้นมีปัญหาต่างๆ เกิดขึ้นมากมาย ตั้งแต่ในเรื่องความรู้ความเข้าใจของพนักงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในเรื่องของการการวิเคราะห์หาสาเหตุโดยการใช้ผังก้างปลา ปัญหานี้ได้รับการแก้ไขโดยการอบรมความรู้ให้กับพนักงานและให้พนักงานตั้งกลุ่มฝึกคิดและใช้ทักษะในการรวมกลุ่มว่าปัญหาใดควรอยู่ด้วยกัน หลังจากมีการ

ฝึกทักษะกันเรื่อยๆ พนักงานจึงเริ่มคุ้นเคยกับการเก็บข้อมูล และเสนอแนะความคิดเห็นมากยิ่งขึ้น ส่วนข้อสังเกตข้อหนึ่งของผู้วิจัยก็คือพนักงานมีเวลาในการเก็บข้อมูลเพียง 3 เดือน (ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม 2553) ซึ่งข้อมูลอาจจะน้อยเกินไป จึงทำให้ผลการสรุปยังไม่สามารถยืนยันได้ว่าเป็นการลดลงเนื่องจากการปรับปรุงแก้ไขในด้านต่างๆ อย่างแท้จริง ซึ่งอาจมีปัจจัยอื่นๆ แอบแฝงอยู่ได้ แต่การนำร้อยละความสูญเสียโดยรวมของบริษัทเทียบกับเป้าหมายของบริษัทปี 2553 ผ่านตามเป้าหมายที่ทางบริษัทตั้งไว้ ดังนั้น ในปีถัดไปอาจต้องนำความสูญเสียพัสดุประกอบการบรรจุมาแปลงเป็นความสูญเสียของแต่ละพัสดุประกอบการบรรจุเพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจของพนักงานที่เกี่ยวข้องและเป็นการพัฒนากระบวนการอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

ให้เรียงลำดับตามที่ปรากฏในเนื้อเรื่อง และให้เคร่งครัดกับแบบฟอร์มดังแสดงในตัวอย่างข้างล่างนี้

วารสารภาษาไทย

- [1] นากาโยชิ นากาจิม่า, 2539. การลดของเสียในกระบวนการผลิตให้เป็นศูนย์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [2] รศ.รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคุณ, 2550. การศึกษาทางอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ท็อป. 512 หน้า
- [3] ธวัชชัย แปะจิตต์, 2547. การลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในอุตสาหกรรมเซรามิกโดยใช้เทคนิคการควบคุมคุณภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] เอกราช ภคบวร, 2544. การบริหารคุณภาพวัดดูตินำเข้าโดยวิธีการควบคุมทางสถิติ กรณีศึกษา แผนกรับรองคุณภาพวัดดูตินำเข้า บริษัท ฮานาไมโครอิเล็กทรอนิกส์ จำกัด (มหาชน). การค้นคว้าแบบอิสระ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [5] ธวัชรัตน์ มณีชาติย์, (2550). การปรับปรุงคุณภาพการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรบรรจุของอัตโนมัติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[6] คณะผู้จัดทำสถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ. การศึกษาทางไกล หลักสูตรเทคนิคการเพิ่มผลผลิตสำหรับหัวหน้างานและวิศวกร. สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

พัฒนาวิธีการในการติดตามผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบเพื่อ รองรับการผลิตตามความต้องการเฉพาะ

นุจิรา โคตรหานาม¹ และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง¹

ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800¹

E-mail: nujira.k@gmail.com.

บทคัดย่อ

จากการพัฒนาสินค้าใหม่หรือผลิตภัณฑ์ตามความต้องการเฉพาะของลูกค้า ส่วนใหญ่เป็นการแก้ไขเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเพียงหนึ่งชิ้นส่วนสามารถส่งผลกระทบต่อชิ้นส่วนอื่นๆ ที่ประกอบเข้าด้วยกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาวิธีการและเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง โดยการวิเคราะห์โครงสร้างหน้าตาการทำงาน (Functional Requirement) กับชิ้นส่วนประกอบ นำผลลัพธ์ที่ได้มาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ด้านพื้นที่และการส่งผ่านพลังงาน และกำหนดค่าความสัมพันธ์ในเมตริกความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix, DSM) เพื่อนำไปจัดลำดับความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบ โดยการทำ Partitioning ด้วยวิธี Reachability Matrix ผลที่ได้คือโครงสร้างความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบใหม่ที่รองรับต่อการติดตามผลกระทบของการเปลี่ยนแปลง และแสดงสถานะของชิ้นส่วนที่เกิดผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถประเมินความยากง่ายของการผลิต จำนวนชิ้นส่วนที่ต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงการออกแบบ, เมตริกความสัมพันธ์

1. บทนำ

จากสภาพแวดล้อมทางธุรกิจที่มีการแข่งขันกันอย่างรวดเร็ว การเพิ่มขึ้นของความต้องการความหลากหลายในผลิตภัณฑ์ของลูกค้าและการยกระดับของเทคโนโลยี ทำให้ผู้ผลิตต้องพัฒนาสินค้าใหม่หรือดัดแปลงสินค้าเดิมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะของลูกค้า (Customized Product) แต่ละราย โดยส่วนใหญ่เป็นการแก้ไขเปลี่ยนแปลงแบบที่เคยผลิตมาก่อน (Re-Design) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเพียงหนึ่งชิ้นส่วนสามารถส่งผลกระทบต่อชิ้นส่วนอื่นๆ ที่ประกอบเข้าด้วยกัน อย่างไรก็ตามการศึกษาพัฒนาวิธีการและเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนใดๆ ในขั้นตอนของการออกแบบ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาวิธีการและเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแบบ (redesign) โดยใช้กรณีศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างรถยนต์โดยสารต้นแบบ เพื่อรองรับต่อการติดตั้งระบบ NGV ร่วมกับระบบดีเซลเดิม โดยเริ่มจากการหาชิ้นส่วนหรือวิธีการเพื่อตอบสนองต่อความต้องการและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบ แสดงผลในรูปแบบของเมตริกความสัมพันธ์ เพื่อนำไปจัดทำโครงสร้างความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบ เพื่อให้ได้ลักษณะของโครงสร้างความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบใหม่ ที่ง่ายต่อการตรวจสอบผลกระทบจากการปรับเปลี่ยนการออกแบบ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

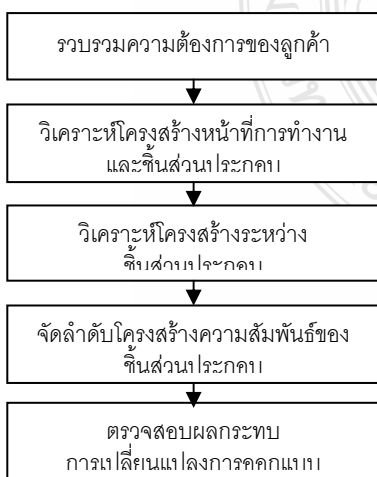
[1,2] ได้นำเสนอแนวคิดและระเบียบวิธีการออกแบบ โดยให้ความสำคัญกับการแปลงความต้องการของลูกค้า เป็นการกำหนดหน้าที่การทำงานที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปสู่การออกแบบหรือการเลือกชิ้นส่วนที่เหมาะสม

ซึ่งมุ่งเน้นไปที่กระบวนการพัฒนาสินค้าใหม่หรือเพื่อค้นหาแนวทางออกแบบใหม่ ๆ ให้กับผลิตภัณฑ์ [3,4, 5, 6] ได้นำเสนอแนวคิดและระเบียบวิธีการปรับปรุงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ให้มีความเหมาะสม โดยอาศัยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบโดยใช้เมตริกความสัมพันธ์ (Design Structure Matrix: DSM) เป็นเครื่องมือในการศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าว แต่ลักษณะการศึกษาขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น ต้องการลำดับที่เหมาะสม หรือต้องการการจัดกลุ่มชิ้นส่วนที่เหมาะสม (Module) เป็นต้น และ [7] ได้ประยุกต์ใช้งานทั้ง 2 วิธีร่วมกัน เนื่องจาก Axiomatic design ส่วนใหญ่นิยมใช้กับการพัฒนาสินค้าใหม่ และ DSM นิยมใช้กับการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิม แต่ในบางกรณีที่มีการปรับเปลี่ยนการออกแบบในผลิตภัณฑ์เดิมยังไม่มีวิธีการรองรับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวคิดดังกล่าวนี้ โดยการผสมผสานข้อดีของทั้งสองวิธีเข้าด้วยกัน

ซึ่งในงานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้ทั้งสองวิธีร่วมกันเพื่อพัฒนาโครงสร้างของความสัมพันธ์ เพื่อตอบสนองต่อการศึกษผลกระทบของชิ้นส่วนต่างๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

3. วิธีการติดตามผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบผลิตภัณฑ์

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการในการติดตามผลกระทบของการปรับเปลี่ยนการออกแบบสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอนหลัก ดังแสดงในรูปที่ 1

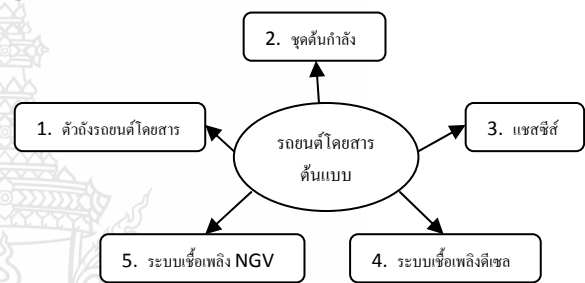


รูปที่ 1 ขั้นตอนวิธีการติดตามผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

เพื่ออธิบายวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นจะดำเนินการอธิบายกระบวนการสร้างโครงสร้างความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบใหม่ เพื่อรองรับต่อการปรับเปลี่ยนการออกแบบด้วยกรณีศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างรถยนต์โดยสาร เพื่อรองรับต่อการติดตั้งระบบ NGV ร่วมกับระบบดีเซลเดิม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 รวบรวมความต้องการของลูกค้า

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเฉพาะโมดูลชิ้นส่วนประกอบโครงสร้างรถยนต์โดยสารที่สัมพันธ์กับการติดตั้งระบบ NGV สามารถแบ่งส่วนประกอบออกเป็น 5 โมดูลหลักคือ 1) ตัวถังรถยนต์โดยสาร 2) ชุดต้นกำลัง 3) แชชชีส์ 4) ระบบเชื้อเพลิงดีเซล และ 5) ระบบเชื้อเพลิง NGV แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. โครงสร้างรถยนต์โดยสารต้นแบบ

3.2 วิเคราะห์โครงสร้างหน้าที่การทำงานและชิ้นส่วนประกอบ

เป็นกระบวนการศึกษาหน้าที่การทำงานของแต่ละโมดูล เพื่อหาโครงสร้างหน้าที่การทำงาน (Function requirement) และโครงสร้างของชิ้นส่วนประกอบ โดยเริ่มจากการหาหน้าที่การทำงาน และเลือกชิ้นส่วนประกอบที่เหมาะสม จับคู่ระหว่างกันด้วยวิธีการไขว้กัน (Zigzagging) และพิจารณาวิเคราะห์ไล่จากระดับบนสุดสู่ระดับล่างสุด ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์นี้คือโครงสร้างของหน้าที่การทำงานและโครงสร้างของชิ้นส่วนประกอบที่มีความสัมพันธ์กันดังรูปที่ 3

ผลจากการศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างของหน้าที่การทำงาน และโครงสร้างของชิ้นส่วนประกอบที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่ง [8] ได้อธิบายไว้ว่าเมตริกความสัมพันธ์คือ เมตริกจัตุรัสที่ใช้ในการแสดงแทน (ชิ้นส่วนโมดูล) ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้ผู้ที่ทำการศึกษาระบบ สามารถวิเคราะห์และสร้างโมเดลที่มีความซับซ้อนนั้นให้เกิดความกะทัดรัดและเข้าใจง่าย ทั้งนี้ในการกำหนดความสัมพันธ์ได้กำหนดเครื่องหมาย "X" หรือ "1" แทน

ความสัมพันธ์ระหว่างสองชิ้นส่วน และ “0” หรือไม่ทำเครื่องหมายใดๆ แทนความเป็นอิสระของชิ้นส่วนประกอบ และจากกรณีศึกษา สามารถกำหนดค่าความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่การทำงานและชิ้นส่วนประกอบลงในเมตริกแสดงในรูปที่ 4

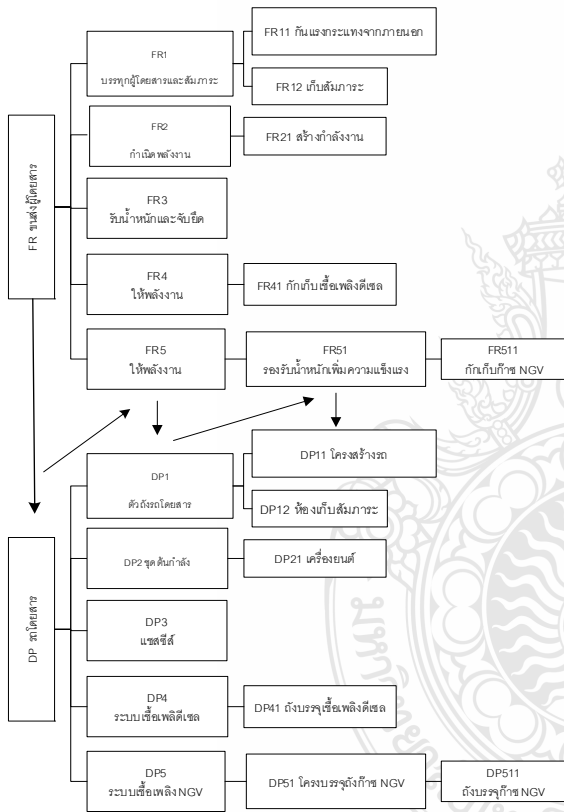
จากรูปที่ 4 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่การทำงานและชิ้นส่วนประกอบ เช่น หน้าที่คือ ต้องรับน้ำหนักและจับยึดอุปกรณ์ต่างๆ ชิ้นส่วนที่ตอบสนองหน้าที่นี้คือ แชตซีส์ โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบเมตริกซ์ความสัมพันธ์ ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างชิ้นส่วนประกอบต่อไป

| NO. | DP0 | DP1 | DP11 | DP12 | DP2 | DP21 | DP3 | DP4 | DP5 | DP50 | DP501 | DP5011 |
|--------|-----|-----|------|------|-----|------|-----|-----|-----|------|-------|--------|
| FR0 | 1 | | | | | | | | | | | |
| FR1 | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | | |
| FR11 | 3 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | |
| FR12 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | | | | | | | |
| FR2 | 5 | | | | 5 | | | | | | | |
| FR21 | 6 | 1 | | | 1 | 6 | | | | | | |
| FR3 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | | | | | |
| FR4 | 8 | 1 | | | 1 | 1 | 8 | | | | | |
| FR41 | 9 | | | | | | 1 | 1 | 9 | | | |
| FR5 | 10 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | | |
| FR51 | 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 11 | |
| FR5011 | 12 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | 1 | 12 |

รูปที่ 4. เมตริกความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่การทำงานและชิ้นส่วนประกอบของโครงสร้างรถยนต์โดยสารต้นแบบ

3.3 วิเคราะห์โครงสร้างระหว่างชิ้นส่วนประกอบ

การวิเคราะห์โครงสร้างชิ้นส่วนประกอบจำเป็นต้องแปลงเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่การทำงานกับชิ้นส่วนประกอบ รูปที่ 4 ให้เป็นเมตริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบประกอบ ดังรูปที่ 5 [9] ได้แสดงการแปลงความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่การทำงานกับชิ้นส่วนประกอบให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบ ซึ่งมีลักษณะเทียบเคียงกันกับเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่การทำงานกับชิ้นส่วนประกอบ



รูปที่ 3 แสดงโครงสร้างหน้าที่การทำงานและ ชิ้นส่วนประกอบของโครงสร้างรถยนต์โดยสาร

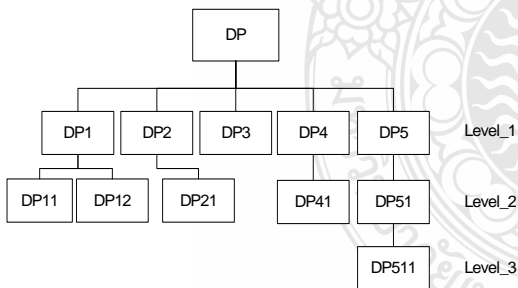
| NO. | DP0 | DP1 | DP11 | DP12 | DP2 | DP21 | DP3 | DP4 | DP41 | DP5 | DP50 | DP501 | DP5011 |
|--------|-------|-----|------|------|-----|------|-----|-----|------|-----|------|-------|--------|
| FR0 | DP0 | 1 | | | | | | | | | | | |
| FR1 | DP1 | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | | |
| FR11 | DP11 | 3 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | |
| FR12 | DP12 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | | | | | | | |
| FR2 | DP2 | 5 | | | 5 | | | | | | | | |
| FR21 | DP21 | 6 | 1 | | 1 | 6 | | | | | | | |
| FR3 | DP3 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | | | | | | |
| FR4 | DP4 | 8 | 1 | | 1 | 1 | 8 | | | | | | |
| FR41 | DP41 | 9 | | | | | 1 | 1 | 9 | | | | |
| FR5 | DP5 | 10 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | | | |
| FR51 | DP51 | 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 11 | | |
| FR5011 | DP511 | 12 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 12 | |

รูปที่ 5. ที่มาของเมตริกความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบ

| NO. | DP | | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|-----|------|------|-----|------|-----|-----|------|-----|-------|--------|---|
| | DP0 | DP1 | DP11 | DP12 | DP2 | DP21 | DP3 | DP4 | DP41 | DP5 | DP501 | DP5011 | |
| DP0 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| DP1 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | |
| DP11 | 3 | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| DP12 | 4 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| DP2 | 5 | | | | 1 | | | | | | | | |
| DP21 | 6 | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | | |
| DP3 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| DP4 | 8 | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | | | | | |
| DP41 | 9 | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | |
| DP5 | 10 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| DP501 | 11 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | |
| DP5011 | 12 | | 1 | | 1 | | | | | | 1 | 1 | 1 |

รูปที่ 6. เมตริกความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบ

ผลที่ได้จากเมตริกความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบทำให้สามารถแสดงระดับชั้นของการออกแบบแต่ละลำดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ดังแสดงในรูปที่ 7 และจากตารางเมตริกความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบ สามารถทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบได้ เช่น ชุดต้นกำลัง (DP2) จะมีผลต่อเครื่องยนต์ (DP21), ระบบเชื้อเพลิงดีเซล (DP4) และระบบเชื้อเพลิง NGV (DP5) โดยมีลักษณะความสัมพันธ์ด้านพลังงาน และมีผลต่อแชสซีส์ (DP3) ในลักษณะความสัมพันธ์ด้านพื้นที่ ในทางกลับกัน ระบบเชื้อเพลิงดีเซล (DP4) จำเป็นจะต้องพิจารณาจากเครื่องยนต์ (DP21) และชุดต้นกำลัง (DP2)



รูปที่ 7 แสดงระดับโครงสร้างของผลิตภัณฑ์

3.4 จัดลำดับโครงสร้างความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบ

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาลำดับที่เหมาะสมของการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่าการ Partitioning โดยอาศัยวิธีการทำ Reachability Matrix ซึ่งมีกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ขั้นตอนการทำ Partitioning

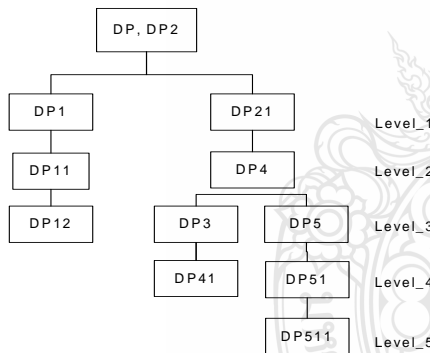
ขั้นตอนการจัดลำดับความสัมพันธ์ด้วยวิธี Partitioning สามารถดำเนินการได้ดังรูปที่ 8 โดย ขั้นตอนที่ 1 สร้างตารางที่ประกอบด้วย 4 คอลัมน์ ขั้นตอนที่ 2 จัดเก็บรายชื่อจากรายการชิ้นส่วนที่ศึกษาลงในคอลัมน์ที่ 1 ขั้นตอนที่ 3 จัดเก็บค่าความสัมพันธ์ที่คอลัมน์ (Input) มีผลต่อแถว จากเมตริกความสัมพันธ์ ลงในคอลัมน์ 2 ขั้นตอนที่ 4 เก็บค่าความสัมพันธ์ที่แถว (Output) ขึ้นอยู่กับคอลัมน์ จากเมตริกความสัมพันธ์ ไว้ที่คอลัมน์ 3 ขั้นตอนที่ 5 คำนวณและจัดเก็บสมาชิกร่วมระหว่างคอลัมน์ที่ 2 และ 3 ไว้ที่คอลัมน์ 4 ขั้นตอนที่ 6 ทำการเปรียบเทียบรายการชิ้นส่วนของคอลัมน์ที่ 2 และ 4 ว่ามีค่าตรงกันหรือไม่ หากไม่ตรงแสดงว่าเป็นเมตริกความสัมพันธ์ ที่เป็น Partition แล้ว หากมีค่าตรงกันให้ระบุรายการชิ้นส่วนลงในเมตริก Partition แล้วลบรายการชิ้นส่วนนั้นออกจากตารางทั้งหมด และขั้นตอนที่ 7 ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 5 จนครบทุกค่า

สำหรับลำดับในการเรียงรายการชิ้นส่วนลงในเมตริก Partition จากขั้นตอนที่ 6 จะกำหนดให้รายการชิ้นส่วนที่เข้าเงื่อนไขก่อนจะเรียงลำดับขึ้นก่อน รายการที่เข้าเงื่อนไขลำดับถัดไปก็ต้องต่อรายการชิ้นส่วนก่อนหน้าทีละชิ้นส่วนจนครบ ซึ่งแสดงในรูปที่ 9

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----|----|----|
| รถโดยสาร | DP0 | 1 | | | | | | | | | | | |
| ชุดต้นกำลัง | DP2 | | 5 | | | | | | | | | | |
| ตัวถังรถโดยสาร | DP1 | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | | |
| เครื่องยนต์ | DP21 | | 1 | 1 | 6 | | | | | | | | |
| โครงสร้างรถ | DP11 | | | 1 | 1 | 3 | | | | | | | |
| ระบบเชื้อเพลิงดีเซล | DP4 | | | 1 | 1 | 1 | 8 | | | | | | |
| ห้องเก็บของ | DP12 | | | 1 | 1 | 1 | 4 | | | | | | |
| แชสซีส์ | DP3 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | | | | | |
| ระบบเชื้อเพลิงNGV | DP5 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | | | | |
| ถังบรรจุเชื้อเพลิงดีเซล | DP41 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | | | |
| โครงสร้างถังNGV | DP51 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 | | |
| ถังบรรจุก๊าซธรรมชาติ | DP511 | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 | |

รูปที่ 9. เมตริกความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบที่ได้จากการจัดลำดับความสัมพันธ์ใหม่แล้ว

จากการจัดลำดับความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบจากการทำPartitioning มากำหนดเป็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบใหม่ เพื่อให้สามารถรองรับต่อการพัฒนาการสืบค้นผลกระทบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ และทำให้สามารถทราบระดับชั้นของการออกแบบแต่ละลำดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างความสัมพันธ์ใหม่ได้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 10

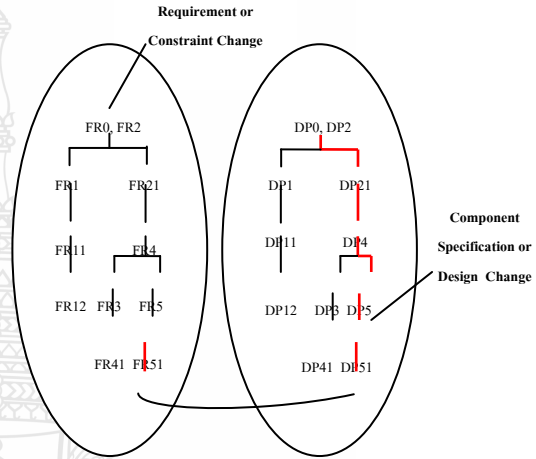


รูปที่ 10. แสดงระดับโครงสร้างความสัมพันธ์ใหม่

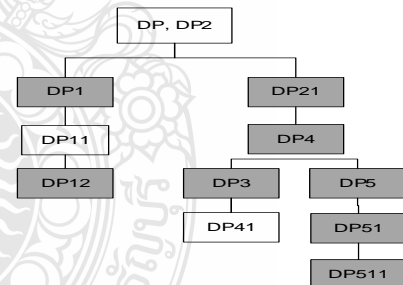
จากรูปแสดงให้เห็นว่ามีการแบ่งโมดูลใหม่หลักๆ ได้ 2 โมดูล และมีระดับความสัมพันธ์ทั้งหมด 5 ระดับจากเดิมที่มีเพียง 3 ระดับ ซึ่งในระดับสูงสุดจะมีความสำคัญมากที่สุด มีลักษณะเป็น Independent คือไม่ต้องรับข้อมูลจากชิ้นส่วนใด/โมดูล อื่นในระบบ ซึ่งผลจากการจัดลำดับใหม่นี้ มีหนึ่งชิ้นส่วนคือ ชุดต้นกำลัง (DP2) ที่ไม่ขึ้นอยู่กับชิ้นส่วนอื่นๆ ในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ในทางกลับพบว่า ชุดต้นกำลัง (DP2) มีผลต่อชิ้นส่วนอื่นๆ เช่น เครื่องยนต์ (DP21), แชสซีส์ (DP3), ระบบเชื้อเพลิงดีเซล (DP4) และระบบเชื้อเพลิง NGV (DP5)

3.5 ตรวจสอบผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

จากผลของการจัดลำดับโครงสร้างความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบใหม่ นำไปสู่การรองรับต่อการค้นหาการเปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถทราบได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแบบจะสามารถแสดงสถานะความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนใดๆ ที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่งได้ แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11. แสดงการติดตามผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 12. แสดงการติดตามการเปลี่ยนแปลงจากโครงสร้างความสัมพันธ์

ตัวอย่างจากรูปที่ 12 เป็นการแสดงการติดตามผลกระทบจากการออกแบบโดย การติดตั้งระบบ NGV เพิ่มในตัวผลิตภัณฑ์ต้นแบบ จากตารางความสัมพันธ์ขั้นต้นทำให้สามารถทราบผลกระทบว่า เมื่อเราต้องการเพิ่มระบบการติดตั้งก๊าซ NGV (DP5) จะมีผลกระทบต่อตัวถังรถยนต์โดยสาร (DP1), ห้องเก็บของ (DP12), เครื่องยนต์ (DP21) และแชสซีส์ (DP3) ที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นและการติดตั้งระบบ NGV จำเป็นอย่างไรที่จะต้องพิจารณาเงื่อนไขข้อกำหนดของ โครงสร้างจูง

(DP51) และถังบรรจุก๊าซ NGV (DP511) เพื่อใช้ประกอบในการติดตั้งระบบ NGV

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการในการติดตามผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการออกแบบเพื่อรองรับการผลิตตามความต้องการเฉพาะ ซึ่งแบ่งขั้นตอนออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก คือ 1) รวบรวมความต้องการของลูกค้า 2) วิเคราะห์โครงสร้างหน้าที่การทำงานและชิ้นส่วนประกอบ 3) วิเคราะห์โครงสร้างระหว่างชิ้นส่วนประกอบ 4) จัดลำดับโครงสร้างความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบ โดยการทำ Partitioning ด้วยวิธี Reachability Matrix ผลจากการจัดลำดับความสัมพันธ์ใหม่ได้โครงสร้างความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบ 5) ตรวจสอบผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการออกแบบจากโครงสร้างความสัมพันธ์ที่ได้ วิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้ได้นำเสนอผ่านกรณีศึกษาการติดตั้งระบบ NGV ในรถยนต์โดยสาร

จากวิธีการดังกล่าวช่วยให้ผู้ประกอบการทราบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ และผู้ออกแบบสามารถประเมินความยากง่ายของการผลิตจำนวนชิ้นส่วนที่ต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Suh, N.P., The Principle of Design, Oxford University Press, New York, 1990.
- [2] Suh, N.P., "Trends and Perspectives Design and Operation of Large System", Journal of Manufacturing Systems, Vol. 14, No. 3, pp. 203-213, 1995.
- [3] Steward, D. V. (1981). "The Design Structure System: A Method for Managing the Design of Complex Systems." IEEE Transactions on Engineering Management 28: 71-74.
- [4] Eppinger, S. D., D. E. Whitney, et al. (1990). "Organizing Tasks in Complex Design Projects." MIT Working Paper WP# 2083-89-MS.

[5] Browning, T.R., "Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problem: A Review and New Direction", IEEE Transaction on Engineering Management, Vol.48, No.3, pp 292-306, 2001.

[6] Mark S. Avnet and Annalisa L. Weigel. "An application of the Design Structure Matrix to Integrated Concurrent Engineering." Acta Astronautica. 66 (2010) : 937-949.

[7] Dunbing Tang, Guangjun Zhang and Sheng Dai. "Design as integration of axiomatic design and design structure matrix." Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 25 (2009) : 610-619.

[8] นราธิป แสงชัย และ วรณลักษณ์ เหล่าทวีทรัพย์, การพัฒนาวิธีการสำหรับการออกแบบลำดับการประกอบเพอร์นิเจอร์ไม้, IE Network 2011

[9] Dong, Q. and Whitney, D.E. "Design a Requirement Driven Product Development Process." ASME, 2001.

การลดอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างของเกษตรกรผู้กรีดยางพาราในขั้นตอนการกรีดยาง ในตำบลไชยราช อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

บัณฑิตย์ ชูบัวทอง^{1*} ยุทธชัย บรรเทิงจิตร^{2**}

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: toonpat_eng@hotmail.com * ytc@kmutnb.ac.th**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างอันเนื่องมาจากการทำงานของเกษตรกรผู้กรีดยางพาราในตำบลไชยราช อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากการสำรวจสุขภาพของเกษตรกรจำนวน 52 คน สรุปได้ว่าเกษตรกรมีอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างจากขั้นตอนการกรีดยางมากที่สุดถึง 30 คน จากทั้งหมด 52 คน หรือร้อยละ 58 และมีค่า AI เฉลี่ย 3.8 จึงเลือกที่จะลดอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างในขั้นตอนการกรีดยาง จากการวัดค่า RULA โดยแยกเป็นการกรีดยางหน้าระดับบน กลาง และล่าง เท่ากับ 6.4, 6.8 และ 6.8 คะแนน ตามลำดับ และค่า EMG โดยแยกเป็นการกรีดยางหน้าระดับบน กลาง และล่าง ที่กล้ามเนื้อ Infraspinaeus ด้านซ้ายและขวามีค่า (25.5, 34.0), (45.4, 52.1) และ (55.3, 59.5) μV . ตามลำดับ ที่กล้ามเนื้อ Erector Spinae ด้านซ้ายและขวามีค่า (24.9, 27.1), (38.3, 46.2) และ (45.3, 53.2) μV . ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่ต้องมีการปรับปรุงท่าทางการทำงานทันที จึงปรับปรุงท่าทางการทำงานให้มีการก้มหลังที่น้อยลง จากนั้นจึงวัดค่า AI มีค่าเฉลี่ย 2.6 ค่า RULA โดยแยกเป็นการกรีดยางหน้าระดับบน กลาง และล่าง เท่ากับ 2.2, 2.4 และ 2.8 คะแนน ตามลำดับ และค่า EMG โดยแยกเป็นการกรีดยางหน้าระดับบน กลาง และล่าง ที่กล้ามเนื้อ Infraspinaeus ด้านซ้ายและขวามีค่า (20.2, 26.4), (23.7, 30.0) และ (27.0, 31.8) μV . ตามลำดับ ที่

กล้ามเนื้อ Erector Spinae ด้านซ้ายและขวามีค่า (17.9, 21.6), (20.9, 25.5) และ (23.4, 28.6) μV . ตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆ ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน โดยใช้สถิติ Pair t-test พบว่าค่า AI ค่า RULA และค่า EMG ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่หน้ายางระดับกลาง และระดับล่าง

คำสำคัญ การยศาสตร์, การลดอาการเจ็บปวดหลัง, เกษตรกรผู้กรีดยางพารา

1. บทนำ

อาการเจ็บปวดบริเวณหลังเนื่องจากการทำงานเป็นปัญหาที่พบมาก จากข้อมูล พบว่าใน พ.ศ. 2552 มีประชาชนที่เจ็บป่วยด้วยโรคกล้ามเนื้อโครงร่างและเนื้อเยื่อเสริม จำนวน 16,789,872 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 29.73 จากผู้ป่วยที่มาทำการรักษา ซึ่งเพิ่มจาก พ.ศ. 2548 ที่มีจำนวนผู้ป่วย 10,044,728 ราย มากขึ้น 6,745,144 ราย หรือมากขึ้นคิดเป็นร้อยละ 67.15 (สำนักนโยบายและแผนยุทธศาสตร์กระทรวงสาธารณสุข, 2553) สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเจ็บป่วยบริเวณหลัง คือ การใช้ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมในการทำงาน ผู้วิจัยจึงเลือกทำการศึกษาสภาพปัญหาการปฏิบัติงานของเกษตรกรผู้กรีดยางพารา เนื่องจากจำนวนเกษตรกรผู้กรีดยางพาราที่มากขึ้น ตามปริมาณการปลูกยางพาราที่แพร่หลายในทุกพื้นที่ของประเทศไทย จากการสำรวจปัญหาการเจ็บปวดทางด้านร่างกายของเกษตรกรผู้กรีดยางพาราใน ต.ไชยราช

อ.บางสะพานน้อย จ.ประจวบคีรีขันธ์ ทั้งหมด 52 คน เป็นเพศชายทั้ง 52 คน พบว่ามีเกษตรกรผู้กรีดยางพารา ทั้ง 52 คน หรือร้อยละ 100 ที่มีการเจ็บปวดร่างกายจากการกรีดยางพารา ซึ่งเกี่ยวกับอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่าง พบว่าการเจ็บปวดในขั้นตอนการกรีดยางมีจำนวน 30 คน ขั้นตอนการทำแผ่นยาง 24 คน ขั้นตอนการลับมีดกรีดยาง 14 คน ขั้นตอนการเก็บน้ำยาง 14 คน และขั้นตอนการตากแผ่นยางรวมถึงการจัดเก็บแผ่นยาง 6 คน นอกจากแบบสำรวจอาการเจ็บปวดของเกษตรกรผู้กรีดยางพาราแล้ว เพื่อเป็นการศึกษาปัญหาโดยละเอียดจึงได้ใช้แบบสัมภาษณ์พนักงาน (Interview) กับเกษตรกรที่มีอาการเจ็บปวดร่างกายจำนวน 5 คน เพื่อต้องการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของปัญหาที่คิดเป็นดัชนีความไม่ปกติ (AI) จากผลการสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกรดังกล่าวพบว่า ค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) โดยรวมอยู่ในช่วง ระหว่าง 3.625 - 4 ซึ่งเป็นระดับที่มีปัญหามากขึ้นจะรับไม่ได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาหาวิธีแก้ไขปัญหา การเจ็บปวดร่างกายตรงบริเวณหลังส่วนล่างในขั้นตอนการกรีดยางเพื่อลดการเจ็บปวดของเกษตรกรผู้กรีดยางพาราดังกล่าว

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Reviews)

ธนพล บุญผา, (2547) ได้ทำการวิจัยและสรุปว่า พนักงานในโรงงานผลิตภัณฑ์พลาสติกมีอาการเจ็บปวดที่บริเวณหลังอันเนื่องมาจากการใช้ท่าทางการทำงาน ไม่เหมาะสมเนื่องจากการนั่งปฏิบัติงานอยู่บนพื้น ซึ่งเมื่อมีการปรับปรุงสถานงาน โดยการออกแบบ เก้าอี้ โต๊ะ และ อุปกรณ์รองรับผลิตภัณฑ์ที่ไหลออกมา ส่งผลให้ค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวัดผลหลังการทดลองมีค่าน้อยกว่าค่าตัวแปรต่างๆ ก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ณัฐริยา เบ้าทอง, (2550) ได้ทำการวิจัยและสรุปว่า พนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทรายมีอาการเจ็บปวดหลังส่วนล่างเนื่องมาจากการทำงานที่ไม่ถูกหลักกายศาสตร์ ซึ่งเมื่อมีการปรับปรุงสถานงานโดยการย้ายปุ่มกดให้ใกล้กับผู้ทำงานมากขึ้น การจัดทำที่พักมือขณะก้มวางได้แบบและฟิลเตอร์ การพิมพ์หมายเลขบนแบบทรายโดยใช้ระบบ

อัตโนมัติแทนการเขียนด้วยมือ ทำให้พนักงานมีท่าทางการทำงานที่เสี่ยงต่อการปวดหลังส่วนล่างที่ลดลง ภาณุเดช แสงสีดา, (2548) ได้ทำการวิจัยและสรุปว่า ชาวนาใน 3 ตำบลที่ทำการศึกษามีอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างเนื่องมาจากการทำนาในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวข้าว ซึ่งเมื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของการปวดหลังพบว่า มาจากการท่าทางการยกที่ไม่ถูกต้อง มีการก้มหลังในการยก จึงได้กำหนดให้มีการฝึกอบรมวิธีการยกที่ถูกวิธีโดยการย่อเข่า ซึ่งส่งผลให้สัดส่วนของสัญญาณ EMG ที่กล้ามเนื้อหลังลดลง

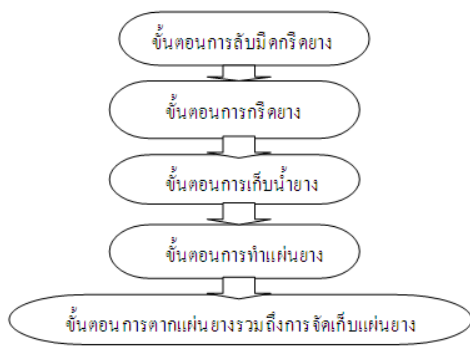
3. วิธีการวิจัย (Research Methods)

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจร่วมกับการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) เป็นการศึกษากลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวในรูปแบบ ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปด้วยการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสอบถามพนักงาน (AI) การวิเคราะห์ท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค (RULA) และการวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (EMG) ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าตัวแปรต่างๆ ก่อนการปรับปรุงวิธีการทำงาน และการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและทำการแก้ไขปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่ งานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 3-1

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยเชิงสำรวจ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้กระทำในพื้นที่ ต.ไชยราช อ.บางสะพานน้อย จ.ประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเกษตรกรผู้ตอบแบบสำรวจสุขภาพพนักงานเป็นเพศชายทั้ง 52 คน โดยแผนภูมิกระบวนการกรีดยางพาราดังแสดงในภาพที่ 3-1 และมีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยดังนี้



รูปที่ 3-1 แสดงกระบวนการกริดยางพารา

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยดังนี้

- 1) สสำรวจสภาพปัญหาการปฏิบัติงานของเกษตรกรผู้กริดยางพารา
- 2) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3) ศึกษารายละเอียดการทำงานในปัจจุบันของเกษตรกรผู้กริดยางพารา และวัดค่า AI, RULA, และ EMG
- 4) วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และทำการแก้ไขโดยปรับปรุงท่าทางการทำงาน
- 5) ทดลองใช้ท่าทางการทำงานใหม่เป็นเวลา 8 สัปดาห์ แล้ววัดค่า AI, RULA, และ EMG
- 6) เปรียบเทียบค่า AI, RULA, และ EMG ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน
- 7) สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ
- 8) จัดทำบทความงานวิจัย

3.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยแบบกึ่งทดลอง

จากการสำรวจสุขภาพของเกษตรกรผู้กริดยางพาราจำนวน 52 คน สรุปได้ว่าเกษตรกรเจ็บปวดหลังส่วนล่างจากกระบวนการทำงานในขั้นตอนกริดยางมากที่สุด 30 คน และมีค่า AI สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนการทำงานอื่นๆ ของเกษตรกรผู้กริดยางพารา จึงเลือกที่จะลดอาการปวดหลังส่วนล่างเกษตรกรผู้กริดยางพารา ในขั้นตอนการกริดยางพารา โดยการปรับปรุงท่าทางการทำงานใหม่ จึงต้องทำการศึกษาความเมื่อยล้า ศึกษาการะกล้ามเนื้อหลัง ศึกษาท่าทางการทำงานรวมถึงก่อนและ

หลังการปรับปรุงในขั้นตอนการกริดยาง โดยคัดเลือกผู้เข้าร่วมการทดลองจำนวน 5 คน เป็นเพศชายทั้งหมด มีประสบการณ์การทำงานไม่น้อยกว่า 4 ปี ไม่มีปัญหาเรื่องระบบกล้ามเนื้อและกระดูก

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- 1) แบบสำรวจสุขภาพและสัมภาษณ์พนักงานเพื่อใช้ประเมินระดับความรุนแรงของปัญหา (AI)
- 2) การวิเคราะห์ท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค (RULA)
- 3) การวัดสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อขณะทำงาน (EMG)

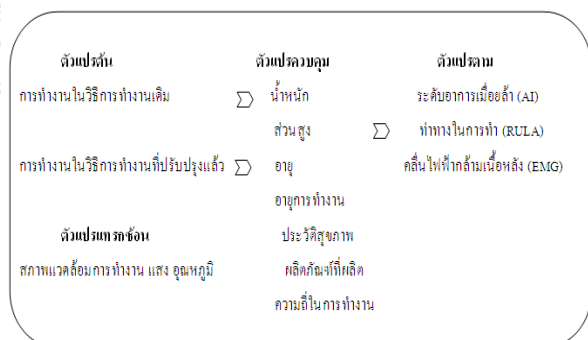
3.3 วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื่องจากงานวิจัยนี้จะเป็นการทดลองในภาคสนาม ทำให้มีความจำเป็นต้องควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องให้ได้มากที่สุดเพื่อหลีกเลี่ยงการเก็บข้อมูลที่ผิดพลาด ผู้วิจัยจึงทำการกำหนดรอบการทำงานในการสำรวจ โดยใช้แบบสอบถาม การบันทึกท่าทางการทำงาน และวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อขณะทำงาน เพื่อควบคุมระยะเวลาของการทำงานและอุณหภูมิในขณะทำการทดลองให้มีค่าใกล้เคียงกัน โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจะต้องเป็นการทำงานในกระบวนการทำงานเดียวกันและผลิตภัณฑ์เดียวกัน

3.4 วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.4.1 แนวความคิดในการวิจัย

แนวความคิดในการวิจัยดังแสดงในภาพที่ 3-2



รูปที่ 3-2 แนวความคิดในการวิจัย

3.4.2 การวิเคราะห์ผล

1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย AI ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน โดยใช้สถิติแบบ Pair t-test

2) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย RULA ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน โดยใช้สถิติแบบ Pair t-test

3) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย EMG ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน โดยใช้สถิติแบบ Pair t-test



3.5 สภาพการทำงานของการกรีดยางพาราก่อนการปรับปรุงท่าทางการทำงาน

ผลจากแบบสำรวจสุขภาพและสัมภาษณ์พนักงานของ กิตติ อินทรานนท์ (2548) สาเหตุหลักของการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างมาจากขั้นตอนการกรีดยาง ซึ่งมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันตามภาพดังต่อไปนี้

รูปที่ 3-6 แสดงวิธีการกรีดยางหน้าสูง



รูปที่ 3-3 แสดงวิธีการกรีดยางหน้าต่ำมาก



รูปที่ 3-4 แสดงวิธีการกรีดยางหน้าต่ำ



รูปที่ 3-5 แสดงวิธีการกรีดยางหน้าปกติ

รูปที่ 3-7 แสดงวิธีการกรีดยางหน้าสูงมาก

จากการวิเคราะห์พบว่าการทำงานของเกษตรกรในขั้นตอนการกรีดยางมีท่าทางการทำงานที่ไม่ถูกหลักกายศาสตร์ เป็นผลทำให้เกษตรกรมีอาการเจ็บปวดสะสมที่บริเวณหลังส่วนล่าง โดยเฉพาะระดับความสูงของหน้ายางที่มีระดับต่ำกว่าหัวไหล่ลงมา ซึ่งทำให้เกษตรกรต้องก้มหลังเป็นเวลานานๆ และบ่อยครั้ง ส่งผลให้กล้ามเนื้อหลังส่วนล่างต้องมีการรับแรงที่มากกว่าปกติ จึงเลือกที่จะลดอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างของเกษตรกรในขั้นตอนการกรีดยาง โดยการปรับปรุงท่าทางการทำงานของการกรีดยางที่ระดับต่ำกว่าหัวไหล่ลงมาให้มีการก้มหลังที่น้อยกว่าเดิม ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกษตรกรมีอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่าง โดยแบ่ง ระดับความสูงของหน้ายางที่ทำการทดลองเป็น 3 ระดับด้วยกัน ดังนี้ ระดับบน ดังแสดงในภาพที่ 3-8 ระดับกลาง ดังแสดงในภาพที่ 3-9 และระดับล่าง ดังแสดงในภาพที่ 3-10



รูปที่ 3-8 แสดงวิธีการกรีดยางหน้าระดับบนก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน



รูปที่ 3-9 แสดงวิธีการกรีดยางหน้าระดับกลางก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน



รูปที่ 3-10 แสดงวิธีการกรีดยางหน้าระดับล่างก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน

4. ผลการวิจัย (Results)

ผลการเปรียบเทียบค่า AI ค่า RULA และค่า EMG ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน

4.1 ผลการเปรียบเทียบค่า AI ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงานดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย AI ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน

| ค่า AI ก่อนการปรับปรุงท่าทางการทำงาน | | ค่า AI หลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน | | P-Value |
|--------------------------------------|------|--------------------------------------|------|---------|
| Mean | SD | Mean | SD | |
| 3.83 | 0.17 | 2.55 | 0.29 | < 0.05 |

จากตารางที่ 4-1 พบว่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย AI ก่อนการปรับปรุงท่าทางการทำงานกับค่าเฉลี่ย AI หลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน มีค่ามากกว่า 0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ย AI หลังการปรับปรุงท่าทางการทำงานมีค่าน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงท่าทางการทำงานอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย RULA ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย RULA ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน

| ระดับความสูงของหน้า | ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ก่อนการปรับปรุงท่าทางการทำงาน | | ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) หลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน | | P-Value |
|---------------------|---|------|---|------|---------|
| | Mean | SD | Mean | SD | |
| บน | 6.40 | 0.49 | 2.20 | 0.40 | < 0.05 |
| กลาง | 6.80 | 0.89 | 2.40 | 0.49 | < 0.05 |
| ล่าง | 6.80 | 0.89 | 2.80 | 0.40 | < 0.05 |

จากตารางที่ 4-2 พบว่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย RULA ก่อนการปรับปรุงท่าทางการทำงาน กับค่าเฉลี่ย RULA หลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน โดยแยกเป็นการกรีดยางหน้าระดับบน ระดับกลาง และระดับล่าง มีค่า

มากกว่า 0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ย RULA หลังการปรับปรุงท่าทางการทำงานมีค่าน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงท่าทางการทำงานอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน ของกล้ามเนื้อทั้ง 4 จุด โดยแยกเป็นการกิริยงหน้าระดับบน ระดับกลาง และระดับล่าง

ตารางที่ 4-3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนและหลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน ของกล้ามเนื้อทั้ง 4 จุด โดยแยกเป็นการกิริยงหน้าระดับบน ระดับกลาง และระดับล่าง

| ระดับความสูงของหน้ายาง | กล้ามเนื้อ | ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนการปรับปรุงท่าทางการทำงาน | | ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE หลังการปรับปรุงท่าทางการทำงาน | | P-Value |
|------------------------|------------------------|---|------|---|------|---------|
| | | Mean | SD | Mean | SD | |
| บน | Infraspinatus (Left) | 25.46 | 6.48 | 20.22 | 2.91 | > 0.05 |
| | Infraspinatus (Right) | 33.98 | 7.88 | 26.40 | 3.52 | > 0.05 |
| | Erector spinae (Left) | 24.86 | 5.49 | 17.86 | 2.87 | > 0.05 |
| | Erector spinae (Right) | 27.06 | 5.59 | 21.56 | 2.03 | > 0.05 |
| กลาง | Infraspinatus (Left) | 45.40 | 2.30 | 23.72 | 3.68 | < 0.05 |
| | Infraspinatus (Right) | 52.06 | 2.95 | 29.96 | 2.84 | < 0.05 |
| | Erector spinae (Left) | 38.32 | 1.50 | 20.88 | 2.27 | < 0.05 |
| | Erector spinae (Right) | 46.24 | 1.36 | 25.52 | 2.90 | < 0.05 |
| ล่าง | Infraspinatus (Left) | 55.28 | 2.52 | 27.00 | 4.49 | < 0.05 |
| | Infraspinatus (Right) | 59.50 | 4.32 | 31.82 | 2.75 | < 0.05 |
| | Erector spinae (Left) | 45.30 | 2.25 | 23.44 | 2.33 | < 0.05 |
| | Erector spinae (Right) | 53.16 | 1.16 | 28.58 | 3.54 | < 0.05 |

จากตารางที่ 4-3 พบว่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนการปรับปรุงท่าทางการทำงานกับค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE หลังการปรับปรุงท่าทางการทำงานของกล้ามเนื้อหลังทั้ง 4 จุด โดยแยกเป็นการกิริยงหน้าระดับบน ระดับกลาง และระดับล่าง ที่ทำการวัด ได้แก่ (1) Infraspinatus (Left) (2)

Infraspinatus (Right) (3) Elector spinae (Left) (4) Elector spinae ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE หลังการปรับปรุงท่าทางการทำงานมีค่าน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงท่าทางการทำงานอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่หน้ายางระดับกลาง และล่าง แต่ที่หน้ายางระดับบนนั้นค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE หลังการปรับปรุงท่าทางการ

ทำงานมีค่าน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงท่าทางการทำงาน อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

5. สรุป (Conclusions)

จากการวิจัยและสรุปได้ว่าเกษตรกรผู้กรีดยางพารามีอาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างอันเนื่องมาจากการทำงานในขั้นตอนการกรีดยาง ซึ่งเมื่อมีการปรับปรุงท่าการทำงานใหม่ ส่งผลให้ค่าตัวแปรต่างๆ ที่ทำการทดลองหลังการปรับปรุงท่าการทำงานมีค่าน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงท่าการทำงานอย่างมีนัยสำคัญ ที่หน้ายางระดับกลาง และล่าง ทำให้เกษตรกรผู้กรีดยางพารามีท่าทางในการทำงานที่เสี่ยงต่อการปวดหลังส่วนล่างที่ลดลง

6. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] กิตติ อินทรานนท์. การยศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

[2] ณัฐริยา เบ้าทอง. การลดอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทรายโดยใช้หลักการยศาสตร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.

[3] ธนพล นุปผา. การปรับปรุงสถานีงานโดยใช้หลักการยศาสตร์ : กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547

[4] ภาณุเดช แสงสีด้า. การศึกษาเบื้องต้นเพื่อลดอาการเจ็บปวดหลังของเกษตรกร : กรณีศึกษาชาวนาใน 3 ตำบล ของอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.

[5] สำนักนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข. จำนวนผู้ป่วยนอกตามกลุ่มสาเหตุ 21 กลุ่มโรค (รง.504). กรุงเทพฯ : สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์, 2553.

จุดเหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ

ยุทธนา สีนถาวร^{1*} ยุทธชัย บรรเทิงจิตร์^{2**}

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

E-mail: yuttana.s@amatabgrimpower.com* ytc@kmutnb.ac.th **

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อกำหนดแรงดันตกคร่อมที่เหมาะสมที่จะต้องเปลี่ยน (1) ชุดกรองอากาศขั้นต้น และ (2) ชุดกรองอากาศละเอียดในชุดบ่อนอากาศเข้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ ซึ่งในปัจจุบันจะเปลี่ยนตามที่ผู้ผลิตกำหนดเมื่อมีแรงดันตกคร่อม 3.0 และ 4.0 mbar ตามลำดับ ซึ่งการเปลี่ยนตัวกรองอากาศที่ปฏิบัติดังกล่าวทำให้โรงงานมีความสูญเสียเฉลี่ย 148,039.6 บาทต่อเดือน จึงได้ศึกษาค่าแรงดันตกคร่อมที่เหมาะสมในการเปลี่ยนชุดกรองอากาศดังกล่าวโดยคำนวณหาแรงดันตกคร่อมที่ทำให้ความสูญเสียต่ำที่สุด จากการบันทึกข้อมูลและการคำนวณโดยใช้หลักเศรษฐศาสตร์สรุปได้ว่าแรงดันตกคร่อมที่ควรเปลี่ยนตัวกรองอากาศทั้งสองดังกล่าวควรเป็น 1.4 และ 3.2 mbar ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้มีความสูญเสียเฉลี่ย 120,902.9 บาทต่อเดือนหรือลดลงเฉลี่ย 27,136.8 บาทหรือร้อยละ 18.3 %

คำสำคัญ แรงดันตกคร่อมตัวกรองอากาศ, จุดเหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศ

1. บทนำ

งานวิจัยนี้ แสดงการหาจุดที่เหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซของโรง ไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซจะมีชุดกรองอากาศ 2 ชั้นคือชั้นกรองหยาบ (Pre-Filter) และชั้นกรองละเอียด (Fine-Filter) เพื่อทำการกรองสิ่งสกปรกออกไป และทำให้อากาศที่เข้าเครื่องกังหันก๊าซมีความสะอาด ตัว

กรองอากาศเมื่อเริ่มติดตั้งจะมีแรงดันตกคร่อมตัวกรองอากาศเท่ากับ 0.2 และ 1.2 mbar ตามลำดับ เมื่อมีการใช้งานตัวกรองอากาศจนถึงแรงดันตกคร่อมสูงสุดตามที่ผู้ผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำหนดไว้คือ ตัวกรองหยาบเท่ากับ 3.0 mbar และตัวกรองละเอียดเท่ากับ 4.0 mbar แต่จากการเปลี่ยนตัวกรองอากาศตามข้อกำหนดดังกล่าวพบว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีกำลังการผลิตลดลงเมื่อแรงดันตกคร่อมเพิ่มขึ้นและทำให้เกิดการสูญเสียโอกาสในการผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่าย ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาถึงจุดที่เหมาะสมที่สุดที่ควรเปลี่ยนตัวกรองอากาศ

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อกำหนดแรงดันตกคร่อมของตัวกรองอากาศชนิดกรองหยาบและตัวกรองอากาศชนิดกรองละเอียดในชุดบ่อนอากาศเข้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ ซึ่งในปัจจุบันจะเปลี่ยนตามที่ผู้ผลิตกำหนดเมื่อมีแรงดันตกคร่อม 3.0 และ 4.0 mbar ตามลำดับ เพื่อให้การสูญเสียจากการลดลงของกำลังการผลิตที่เหมาะสมที่สุด

1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จุดคุ้มทุนหรือจุดเท่าทุน คือจุดซึ่งรายได้จากการลงทุนคุ้มค่าเงินลงทุน

ค่าเสื่อมราคา คือการลดคุณค่าของทรัพย์สินตามหลักของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การหามูลค่าเงินอนาคต โดยวิธี Single-payment Compound-Amount Factor (ชาติชาย และ พัชราภรณ์, 2552) [1]

กรองอากาศ (Air Filter) การจับอนุภาคของกรองอากาศมี 4 ลักษณะ ซึ่งจะทำให้สามารถแบ่งกรองอากาศได้เป็น 4 ประเภท คือประสิทธิภาพต่ำ ปานกลาง สูง และ HEPA กรองอากาศประเภทที่มีประสิทธิภาพต่ำ จะมีลักษณะเป็นแผ่น ซึ่งมีประสิทธิภาพประมาณ 30% โดยปกติจะใช้กรองอากาศในชั้นแรก (pre filter) ใช้ในการกรองอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ประมาณ 10 ไมครอนหรือใหญ่กว่า กรองอากาศที่มีประสิทธิภาพปานกลาง อาจจะเป็นแบบถุงหรือแบบกล่อง จะมีประสิทธิภาพ ประมาณ 40-60% จะใช้เป็นกรองอากาศในชั้นที่สอง ซึ่งจะกรองอนุภาคที่มีขนาดประมาณ 3 ถึง 10 ไมครอน การกรองในระดับนี้จะช่วยในการยืดอายุการใช้งานของกรองอากาศชั้นสุดท้าย กรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงอาจจะเป็นแบบถุงหรือแบบกล่อง ซึ่งมีประสิทธิภาพ ประมาณ 80-90% ซึ่งมักจะใช้เป็นกรองอากาศชั้นสุดท้าย แผ่นกรองอากาศนี้จะมีความสามารถที่จะกรองอนุภาคที่มีขนาด 0.3 ไมครอนหรือใหญ่กว่า (Timothy and Alan, 2009) [2]

กังหันแก๊ส (Gas Turbine) การทำงานของเครื่องกังหันก๊าซ ตัวที่ขับเคลื่อนจะเป็นก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ แล้วส่งเข้าตัวกังหัน การทำงานของเครื่องกังหันก๊าซ โดยมีเครื่องอัดอากาศ ต่ออยู่บนเพลาเดียวกับชุดกังหัน และต่อตรงไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อเริ่มเดินเครื่อง อากาศจะถูกดูดจากภายนอกเข้าหาเครื่องอัดอากาศทางด้านล่าง ถูกอัดจนมีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น แล้วถูกส่งไปยังห้องเผาไหม้ ซึ่งใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมัน จะถูกเผาไหม้ และให้ความร้อนแก่อากาศ ก๊าซร้อนที่ออกจากห้องเผาไหม้จะถูกส่งไปยังตัวกังหัน ทำให้กังหันหมุนและเกิดงานขึ้น ไปขับเครื่องอัดอากาศ ขณะเดียวกันก็ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วย ความดันของก๊าซเมื่อผ่านตัวกังหันจะลดลงและผ่านออกมาที่บรรยากาศ (สมภาพ , อาทิตย และสิทธิเดช, 2007) [3]

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดิเรก (2551) ได้วิจัยการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา

แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพ การเพิ่มกำลังการผลิต การประหยัดพลังงาน การประหยัดเชื้อเพลิง โดยการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีความทันสมัย ผลจากการดำเนินการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ทำให้สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 12% ลดการใช้เชื้อเพลิงลง 9% และเปลี่ยนระยะเวลาบำรุงรักษาจากทุกๆปีเป็นทุกๆ 3 ปี โดยมีอัตราผลตอบแทนภายใน 17% และมีจุดคุ้มทุน 6.1 ปี [4] วีรศักดิ์ (2551) ได้วิจัยการลดต้นทุนในกระบวนการผลิตน้ำรีสุลท์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตไฟฟ้าและไอน้ำงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดต้นทุนในการผลิตน้ำรีสุลท์ ลงอย่างน้อย 10% โดยการแบ่งกิจกรรมออกเป็น 2 ส่วนในกิจกรรมแต่ละส่วนจะทำการลดจำนวนพนักงานลงแต่เพิ่มเวลาทำงานเพิ่ม และทำการจ้างเหมาบริษัทรับเหมาภายนอกมาดำเนินการ รวมเป็นเงินทั้งหมดที่สามารถประหยัดได้เท่ากับ 3,205,269 บาทต่อปี [5] วินัย (2551) ได้วิจัยการลดอัตราความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงก๊าซในการผลิตไอน้ำของเครื่อง HRSG งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงก๊าซและเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนไปสู่ไอน้ำภายในท่อของ HRSG โดยการวิเคราะห์หาสาเหตุแล้วทำการแก้ไข สามารถประหยัดการบำรุงรักษาได้ 24,583 บาทต่อวันและสามารถคืนทุนในระยะเวลา 0.57 เดือน [6] บรรเจิด (2551) ได้วิจัยการศึกษาการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในงงานซ่อมบำรุงรักษากรณีศึกษา งานติดตั้งนั่งร้านของโรงงานผลิตไฟฟ้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาในการซ่อมบำรุงรักษาในส่วนของการติดตั้งและรื้อถอนนั่งร้านและศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนซื้อวัสดุนั่งร้านเทียบกับการเช่าวัสดุนั่งร้านในปัจจุบันโดยใช้ทฤษฎีการบริหารโครงการและหลักการของ PERT/CPM ในการวิเคราะห์ปัญหา ผลจากการศึกษาสามารถลดเวลาในการติดตั้งนั่งร้านได้ 12 ชั่วโมงลดการสูญเสียโอกาสรวมเป็นเงิน 11,640,000 บาท NPV เท่ากับ 62,286,210 บาท อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนเท่ากับ 2.05 และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6.52 ปี [6] พีรสิทธิ์ (2551) ได้วิจัยการออกแบบโปรแกรมคำนวณและหาค่าการสูญเสียความร้อนใน

หม้อไอน้ำและกังหันไอน้ำกรณีศึกษาโรงไฟฟ้าถ่านหิน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำโปรแกรมคำนวณการสูญเสียความร้อนด้วยคอมพิวเตอร์ที่ทราบผลอย่างรวดเร็วและแม่นยำ และยังลดการสูญเสียพลังงานความร้อนของกระบวนการผลิตที่จำแนกประเภทและสาเหตุได้อย่างชัดเจน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel สามารถลดเวลาในการสืบค้นหาสาเหตุของการสูญเสียความร้อนในการผลิตเหลือเพียง 24 ชั่วโมงและลดการสูญเสียลงได้ประมาณ 2 ล้านบาทต่อเดือน [7] สมเกียรติ (2549) ได้วิจัยการจำลองสถานการณ์เพื่อหาความเหมาะสมในการเดินเครื่องผสมน้ำเย็นโดยเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาวิธีการเดินเครื่องทำน้ำเย็นที่เหมาะสมโดยการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องแบบต่างๆ มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 4.89 ปี อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 45.21 % [8] อติศักดิ์ (2550) ได้วิจัยการศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนนำโปรแกรมระบบควบคุมอัตโนมัติมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการผลิตของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาความคุ้มค่าของการลงทุนในการทำโปรแกรมการคำนวณอัตโนมัติมาใช้ในการวัดประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า [9] Mohanty and Paloso (1995) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 8-13% และเพิ่มกำลังไฟฟ้าได้ 11% และมีค่าใช้จ่ายถูกกว่า 4 เท่า [10]

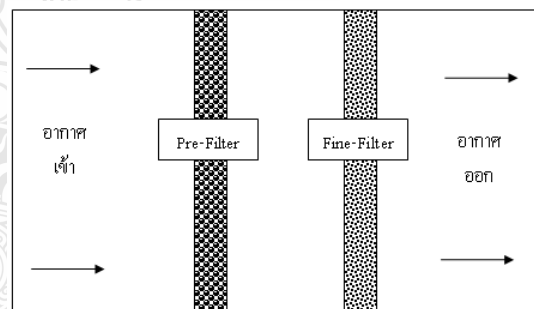
2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 สถานที่ทำการศึกษา

โรงไฟฟ้าอมตะ บี กริม เพาเวอร์ ตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรม อมตะนคร จังหวัดชลบุรี เลขที่ 700/370 หมู่ 6 ตำบลหนองไม้แดง อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี เริ่มก่อสร้างในปี พ.ศ. 2538 มีกำลังการผลิต 165 MW ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น V64.3 กำลังการผลิต 55 MW จำ 2 เครื่อง HRSG ยี่ห้อ NEM จำนวน 2 ตัว และ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังไอน้ำยี่ห้อ SIEMENS กำลังการผลิต 55 MW จำนวน 1 เครื่อง

2.2 สภาพปัจจุบันของการใช้ตัวกรองอากาศ

ลักษณะของตัวกรองอากาศที่ใช้มีอยู่ 2 ชนิดคือ กรองอากาศชนิดกรองหยาบ จะทำการเปลี่ยนเมื่อแรงดันตกคร่อมตัวกรองอากาศเท่ากับ 3.0 mbar และชนิดตัวกรองละเอียด จะทำการเปลี่ยนเมื่อแรงดันตกคร่อมตัวกรองอากาศเท่ากับ 4.0 mbar โดยราคาของตัวกรองอากาศชนิดกรองหยาบทั้งชุดซึ่งมีจำนวน 160 ชิ้นมีราคาเท่ากับ 913,600 บาท และตัวกรองอากาศชนิดกรองละเอียดทั้งชุดซึ่งมีจำนวน 155 ชิ้น มีราคาเท่ากับ 1,277,975 บาท กรองอากาศของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ มีการจัดวางตัวกรองอากาศในห้องบรรจุตัวกรองอากาศเป็น 2 ชั้นโดยชั้นแรกเป็นตัวกรองอากาศชั้นกรองหยาบ และชั้นที่ 2 เป็นตัวกรองอากาศชั้นกรองละเอียด เพื่อให้ตัวกรองอากาศชั้นกรองหยาบทำการกรองสิ่งสกปรกที่มีขนาดใหญ่ แล้วจึงทำการกรองสิ่งสกปรกชั้นกรองละเอียดในชั้นสุดท้ายอีกที ดังแสดงในภาพที่ 1



รูปที่ 1 แสดงตัวกรองอากาศชั้นกรองหยาบ (pre-filter) และ ชั้นกรองละเอียด (fine filter)

จากภาพที่ 1 แสดงการวางตำแหน่งตัวกรองอากาศชั้นกรองหยาบ (pre-filter) จำนวน 160 ตัว วางอยู่ด้านอากาศเข้าเพื่อกรองสิ่งสกปรกที่หยาบ และการวางตัวกรองอากาศชั้นกรองละเอียด (fine filter) จำนวน 155 ตัว ในชั้นต่อจากตัวกรองหยาบเพื่อทำการกรองสิ่งสกปรกที่ละเอียด

2.3 ข้อมูลปัจจุบันของการใช้งานตัวกรองอากาศ

การใช้งานตัวกรองอากาศของโรงไฟฟ้าตัวอย่างจะมีการใช้งานตัวกรองอากาศจนกระทั่งแรงดันตกคร่อมตัวกรองอากาศสูงสุดถึงค่าที่กำหนดจากบริษัทผู้ผลิต ตัวกรอง

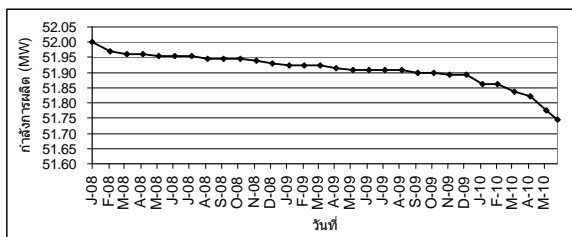
อากาศชั้นกรงหยาบจะทำการเปลี่ยนเมื่อแรงดันตกคร่อมตัวกรองอากาศมีค่ามากกว่า 3.0 mbar และตัวกรองละเอียด มีค่ามากกว่า 4.0 mbar จึงจะกำหนดเวลาหยุดเครื่องเพื่อเปลี่ยนตัวกรองอากาศ และจากการเปลี่ยนดังกล่าวทำให้มีค่าสูญเสียจากการลดลงของกำลังการผลิตตั้งแต่เริ่มใช้งานจนถึงเมื่อเปลี่ยนตัวกรองอากาศออก เป็นมูลค่าทั้งหมดเท่ากับ 3,986,496.6 บาท และมูลค่าของตัวกรองอากาศที่เหลือมีค่าเป็นศูนย์ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงมูลค่าสูญเสียปัจจุบัน

| | ตัวกรองหยาบ | | ตัวกรองละเอียด | |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | มูลค่าตัวกรอง (บาท) | มูลค่าสูญเสีย (บาท) | มูลค่าตัวกรอง (บาท) | มูลค่าสูญเสีย (บาท) |
| เริ่มใช้งาน | 913,600.0 | 0 | 1,277,975.0 | 0 |
| สิ้นสุดการใช้งาน | 0 | 1,175,503.6 | 0 | 2,810,993.0 |
| รวมมูลค่าสูญเสีย 3,986,496.6 บาท | | | | |

จากตารางที่ 1 ตัวกรองอากาศมีราคาเมื่อเริ่มติดตั้งเท่ากับ 913,600.0 บาท และ 1,277,975.0 บาทเมื่อใช้งานจนถึงสิ้นสุดการใช้งานจะมีค่าสูญเสียทั้งหมดเท่ากับ 3,986,496.6 บาท

เมื่อเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มูลค่าความสูญเสียยังคงเป็นศูนย์ เนื่องจากยังไม่มีสิ่งสกปรกในตัวกรองอากาศทำให้แรงดันตกคร่อมตัวกรองอากาศยังไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อมีการใช้งานตัวกรองอากาศจะมีการสะสมของสิ่งสกปรกในตัวกรองอากาศซึ่งเป็นผลทำให้มวลอากาศที่ไหลผ่านตัวกรองอากาศได้น้อยลงเนื่องจากแรงต้านภายในตัวกรองอากาศ เมื่ออากาศไหลเข้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าน้อยลงทำให้กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลดลงดังแสดงในภาพที่ 2



รูปที่ 2 แสดงกำลังการผลิต (MW) ที่ลดลง

จากรูปที่ 2 แสดง กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ลดลงเมื่อผ่านการใช้งาน เมื่อมีสิ่งสกปรกสะสมในตัวกรองอากาศทำให้ค่าแรงดันตกคร่อมตัวกรองอากาศเพิ่มขึ้นการไหลของอากาศเข้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะลดตามและทำให้กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลดลงไปด้วย

2.4 การคำนวณและหาจุดเหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศ

การคำนวณมูลค่าสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการคำนวณมูลค่าสูญเสียที่เกิดจากการผลิตที่ลดลงโดยมีการคำนวณการสูญเสียเป็นตัวอย่างดังนี้

ราคาพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเท่ากับ 2.24 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

ตัวอย่างการคำนวณมูลค่าความสูญเสียพลังงานไฟฟ้ารายวันมีกำลังการผลิตลดลงจาก 52.0 MW คงเหลือ 51.99 MW ลดลงเท่ากับ 0.00697 MW คูณด้วยจำนวนชั่วโมงที่ขาดส่งพลังงานไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยโรงไฟฟ้าขาดส่งพลังงานไฟฟ้าเป็นเวลา 13 ชั่วโมงต่อ 1 วัน (ช่วงเวลาที่ทำการผลิตสูงสุด) แล้วจึงคูณด้วยราคาค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 2.24 บาทต่อ KWh

จำนวนกำลังการผลิตที่ลดลง วันละ 52.0 – 51.993

$$= 0.00697 \text{ MW}$$

จำนวนชั่วโมงที่ขาดส่งพลังงานไฟฟ้า

$$= 13 \text{ ชั่วโมง}$$

รวมเป็นจำนวนพลังงานลดลง

$$= 0.00697 * 13 = 0.09061 \text{ MWh}$$

มูลค่าความสูญเสียจากพลังงานที่ลดลง

$$= 0.09061 * 1000 * 2.24$$

$$= 202.960246 \text{ บาท/วัน}$$

คำนวณเป็นรายวันและรวมทั้งเดือน

$$= 6088.8 \text{ บาท/เดือน}$$

การคำนวณมูลค่าสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการคำนวณมูลค่าสูญเสียที่เกิดจากการผลิตที่ลดลงโดยมีการคำนวณการสูญเสียจากอัตราเฉลี่ยการลดลงของจำนวนพลังงานไฟฟ้าเป็นรายเดือนดังนี้

ราคาพลังไฟฟ้าที่จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิต
แห่งประเทศไทยเท่ากับ 360.0 บาทต่อกิโลวัตต์ต่อเดือน

$$\begin{aligned} \text{จำนวนกำลังการผลิตที่ลดลง วันละ} \\ &= 52.0-51.99303 \\ &= 0.00697 \text{ MW} \end{aligned}$$

คำนวณค่าเฉลี่ยการลดลงของกำลังการผลิตเป็น
รายเดือน $= 0.00697 \text{ MW/เดือน}$

$$\begin{aligned} \text{มูลค่าความสูญเสียจากพลังงานที่ลดลง} \\ &= 0.00697 * 1000 * 360 \\ &= 2509.12 \text{ บาท/เดือน} \end{aligned}$$

การคำนวณมูลค่าคงเหลือของตัวกรองอากาศ
ณ.เดือนใดๆ เพื่อหามูลค่าของตัวกรองอากาศที่ผ่านการใช้
งาน ณ.เดือนใดๆ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } D &= (P-L)/N \\ &= (913,600-0)/23 \\ &= 39,721.7 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{มูลค่าคงเหลือหลังหักค่าเสื่อม} &= 913,600.0 - 39,721.74 \\ &= 873,878.2 \text{ บาท} \end{aligned}$$

จากการคำนวณมูลค่าที่คงเหลือของตัวกรองอากาศ
และเปรียบเทียบกับมูลค่าความสูญเสียจากการเสียโอกาส
ในการผลิตไฟฟ้าเป็นรายวันและเปรียบเทียบสะสมเป็นราย
เดือนพบว่าถ้าเปลี่ยนตัวกรองชนิดกรองหยาบที่แรงดันตก
คร่อมที่ 1.4 mbar และตัวกรองชนิดละเอียดที่ 3.2 mbar
จะทำให้สามารถลดการสูญเสียจากการเสียโอกาสในการ
ผลิตไฟฟ้าเป็นมูลค่าเท่ากับ 2,948,368.9 หรือสามารถลด
ค่าสูญเสียลงได้เท่ากับ 1,038,127.8 บาท ดังแสดงใน
ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงมูลค่าสูญเสียหลังจากคำนวณ

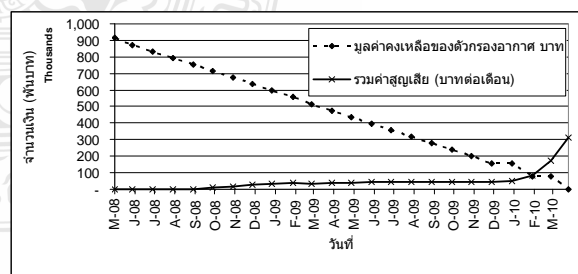
| | ตัวกรองหยาบ | | ตัวกรองละเอียด | |
|------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| | มูลค่าตัวกรอง (บาท) | มูลค่าสูญเสีย (บาท) | มูลค่าตัวกรอง (บาท) | มูลค่าสูญเสีย (บาท) |
| เริ่มใช้งาน | 913,600.0 | 0 | 1,277,975.0 | 0 |
| สิ้นสุดการใช้งาน | 79,443.4 | 691,427.81 | 159,619.3 | 2,256,941.05 |
| | | | รวมมูลค่าสูญเสีย 2,948,368.9 บาท | |

จากตารางที่ 2 เมื่อทำการคำนวณหามูลค่าทรัพย์สิน
ที่คงเหลือของตัวกรองอากาศตามอายุการใช้งาน และ
คำนวณมูลค่าความสูญเสียรายได้จากโอกาสการผลิต
ไฟฟ้าแล้วทำการเปรียบเทียบกัน พบว่าถ้าเปลี่ยนตัวกรอง
อากาศชนิดกรองหยาบที่ 1.4 mbar และชนิดกรองละเอียด
ที่ 3.2 mbar มีมูลค่าความสูญเสียเท่ากับ 2,948,368.9
บาท

3. ผลของการวิจัย

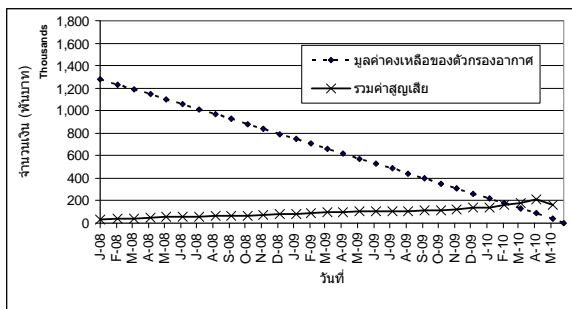
3.1 การกำหนดจุดที่เหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศ

การหาจุดที่เหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศ
ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ โดยการคำนวณหามูลค่า
ของตัวกรองอากาศที่ลดลงตามอายุการใช้งาน และ
คำนวณหามูลค่าของการสูญเสียเนื่องมาจากกำลังการผลิต
และเมื่อเปรียบเทียบมูลค่าของตัวกรองอากาศกับ
มูลค่าของความสูญเสีย เส้นกราฟจะมาตัดกันที่จุดหนึ่งซึ่ง
สามารถบอกได้ว่าเมื่อมูลค่าของตัวกรองอากาศที่คงเหลือ
จะมีมูลค่าน้อยกว่ามูลค่าความสูญเสียจากกำลังการผลิต
แสดงว่าความสูญเสียเริ่มมากกว่าทรัพย์สินที่คงเหลือจึงทำ
ให้สามารถกำหนดเป็นจุดที่เหมาะสมในการเปลี่ยนตัว
กรองอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4



รูปที่ 3 แสดงมูลค่าของตัวกรองอากาศเปรียบ

เทียบกับมูลค่าความสูญเสียจากกำลังการผลิตสำหรับตัว
กรองอากาศชนิดกรองหยาบ



รูปที่ 4 แสดงมูลค่าของตัวกรองอากาศเปรียบเทียบกับมูลค่าความสูญเสียจากกำลังการผลิตสำหรับตัวกรองอากาศชนิดกรองละเอียด

จากภาพที่ 3 และ 4 แสดงมูลค่าของตัวกรองอากาศที่ลดลงของตัวกรองอากาศชนิดกรองหยาบ และชนิดกรองละเอียด เปรียบเทียบกับมูลค่าความสูญเสียจากกำลังการผลิตที่ลดลง จะพบว่ามูลค่าทั้งสองจะตัดกันที่จุดๆหนึ่งซึ่งเป็นจุดที่มูลค่าทรัพย์สินคงเหลือมีมูลค่าเท่ากับมูลค่าความสูญเสียจากกำลังการผลิตที่ลดลงทำให้สามารถกำหนดจุดที่ตัดกันนี้เป็นจุดเหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศ

ผลการเปรียบเทียบการใช้งานตัวกรองอากาศชนิดกรองหยาบแบบเดิมมีความสูญเสียจำนวน 1,175,503.6 บาท และเมื่อเปลี่ยนตัวกรองอากาศที่แรงดันตกคร่อมเท่ากับ 1.4 mbar ทำให้มีความสูญเสียลดลงเหลือ 691,427.8 บาท ลดความสูญเสียลงได้เท่ากับ 484,075.8 บาทต่อการเปลี่ยนตัวกรองอากาศ 1 ครั้งที่ 21 เดือน หรือลดลง 41.2 % และการเปรียบเทียบการใช้งานตัวกรองอากาศชนิดกรองละเอียดมีความสูญเสียจำนวน 2,810,993.1 บาท และเมื่อเปลี่ยนตัวกรองอากาศที่แรงดันตกคร่อมเท่ากับ 3.2 mbar จะสูญเสียลดลงเหลือ 2,256,941.1 บาท ลดความสูญเสียลงได้เท่ากับ 554,052.2 บาทต่อการเปลี่ยนตัวกรองอากาศ 1 ครั้งที่ 26 เดือน หรือลดลง 19.7%

การคำนวณหลังจากเปลี่ยนตัวกรองอากาศตามการศึกษาพบว่าอายุของตัวกรองอากาศชนิดกรองหยาบที่ 21 เดือน และตัวกรองอากาศชนิดละเอียดที่ 26 เดือนสามารถลดความสูญเสียได้เท่ากับ เท่ากับ 1,009,822.2 บาท คิดเป็นร้อยละ 25.3 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงสรุปข้อมูลจากการคำนวณ

| มูลค่าความสูญเสีย (บาท) | ตัวกรองหยาบ | ตัวกรองละเอียด | รวม | เฉลี่ยต่อเดือน |
|-------------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| ปัจจุบัน | 1,175,503.6 | 2,810,993.1 | 3,986,496.7 | 148,039.6 |
| หลังคำนวณคงเหลือ | 691,427.8 | 2,256,941.1 | 2,948,368.9 | 119,730.5 |
| เงินลงทุนเร็วขึ้น | 9,136.0 | 19,169.6 | 28,305.6 | - |
| หลังคำนวณคงเหลือ | 700,563.8 | 2,276,110.7 | 2,976,674.5 | 120,902.9 |
| ลดลง | 474,939.8 | 534,882.4 | 1,009,822.2 | 27,136.8 |
| ลดลงร้อยละ | 40.4 | 19.0 | 25.3 | 18.3 |

จากตารางที่ 3 ตัวกรองอากาศทั้งสองแบบเมื่อทำการเปลี่ยนตัวกรองชุดใหม่ที่แรงดันตกคร่อมที่ 1.4 mbar และ 3.2 mbar จะทำลดมูลค่าความสูญเสียลงได้เท่ากับ 1,009,822.2 บาท หรือร้อยละ 25.3

4. สรุปและขอเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้งานตัวกรองอากาศของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซที่มีตัวกรองอากาศชั้นกรองหยาบและตัวกรองอากาศชั้นกรองละเอียดในชุดป้อนอากาศเข้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ ที่เปลี่ยนตัวกรองอากาศที่แรงดันตกคร่อม 3.0 และ 4.0 mbar ทำให้มีความสูญเสียเฉลี่ย 148,039.6 บาทต่อเดือน เมื่อทำการศึกษาโดยใช้หลักเศรษฐศาสตร์ เปรียบเทียบการใช้งานตัวกรองอากาศแบบเดิม ตัวกรองอากาศชั้นกรองหยาบ มีความสูญเสียจำนวน 1,175,503.6 บาท เมื่อทำการเปลี่ยนตัวกรองอากาศที่แรงดันตกคร่อมเท่ากับ 1.4 mbar จะทำให้มีความสูญเสียลดลงเหลือ 700,563.8 บาท สามารถลดความสูญเสียลงได้เท่ากับ 474,939.8 บาทต่อการเปลี่ยนตัวกรองอากาศหนึ่งครั้งที่ 21 เดือน หรือสามารถลดความสูญเสียลงเป็นจำนวน 40.4% การเปรียบเทียบการใช้งานตัวกรองอากาศชนิดกรองละเอียดมีความสูญเสียจำนวน 2,810,993.1 บาท ถ้าทำการเปลี่ยนตัวกรองอากาศที่

แรงดันตกคร่อมเท่ากับ 3.2 mbar ทำให้มีความสูญเสียลดลงเหลือ 2,276,110.7 บาท ทำให้สามารถลดความสูญเสียลงได้เท่ากับ 534,882.4 บาทต่อการเปลี่ยนตัวกรองอากาศ 1 ครั้ง ที่ 26 เดือนหรือสามารถลดความสูญเสียลงเป็นจำนวน 19.0% และสามารถกำหนดได้ว่าจุดเหมาะสมในการเปลี่ยนตัวกรองอากาศชั้นกรองหยาบหรือ Pre-Filter ที่ 1.4 mbar และตัวกรองอากาศชั้นกรองละเอียด หรือ Fine-Filter ที่ 3.2 mbar มีความสูญเสียเฉลี่ย 120,902.9 บาทต่อเดือนหรือลดลงเฉลี่ย 27,136.8 บาทต่อเดือน

4.2 ข้อเสนอแนะ

แรงดันตกคร่อมตัวกรองอากาศของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลกระทบ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ ราคาของตัวกรองอากาศ และช่วงเวลาในการหยุดเครื่อง ในการตัดสินใจเปลี่ยนตัวกรองอากาศ ควรทำการคำนวณจุดเหมาะสมใหม่ทุกครั้งตามแนวทางของการวิจัย และปัจจัยแวดล้อมในขณะนั้น

5. เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- [1] ชชาติชาย อัครศักดิ์ และพัชราภรณ์ เนียมมณี. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พิมพ์ครั้งที่ 6 กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552.
- [3] สมภพ ปัญญาสมพวรรค์, อาทิตย์ อินต๊ะ และสิทธิเดช ปันทะนะพิ, กังหันไอน้ำและกังหันแก๊ส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. <http://mte.kmutt.ac.th>.
- [4] ดิเรก ไหมพง, การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ, สารนิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551
- [5] วีรศักดิ์ ทัศนราพันธ์, การลดต้นทุนในกระบวนการผลิตน้ำบริสุทธิ์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ, สารนิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551

[5] วินัย นพศรี, การลดอัตราความเปลี่ยนแปลงของเชื้อเพลิงก๊าซในการผลิตไอน้ำของเครื่อง HRSG, สารนิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551

[6] บรรเจิด ปลั่งใหม่, การศึกษาการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในงานซ่อมบำรุงรักษากรณีศึกษา งานติดตั้งนั่งร้านของโรงงานผลิตไฟฟ้า, สารนิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551

[7] พีรสิทธิ์ อินทร์ทอง, การออกแบบโปรแกรมคำนวณและหาค่าการสูญเสียความร้อนในหม้อไอน้ำและกังหันไอน้ำกรณีศึกษาโรงไฟฟ้าถ่านหิน, สารนิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551

[8] สมเกียรติ บุญนสะ, การจำลองสถานการณ์เพื่อหาความเหมาะสมในการเดินเครื่องสะสมน้ำเย็นโดยเครื่องทำน้ำเย็นแบบดูดซึม, งานวิจัยภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลังมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549

[9] อติศักดิ์ วัฒนพันธุ์, การศึกษาความคุ้มค่าในการลงทุนนำโปรแกรมระบบควบคุมอัตโนมัติ มาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการผลิตของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก, สารนิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

ภาษาอังกฤษ

- [2] Timothy J. Robinson and Alan E. Ouellet 2009 FILTERS AND FILTRATION. <http://raet-aircondition.blogspot.com>.
- [10] Mohanty, B. and Paloso, G. 1995. Enhancing of gas turbine performance by intake air cooling using an absorption chiller, Resources and development, Asia Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

การเทียบเคียงงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานสกอร์บอร์ดของกรมพลศึกษา

ประพันธ์ ไพรอังกูร

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
อ.เมือง จ.นครปฐม 73000
Por_Prapan@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเทียบเคียงโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงสำรวจ ซึ่งการวิจัยเริ่มจากการออกแบบสอบถามและส่งให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการอาคารสถานกีฬา การจัดการงานก่อสร้าง และการบริหารกิจกรรมโครงการของกรมพลศึกษาภายในสนามกีฬาแห่งชาติ ผลการตอบกลับของแบบสอบถามมีความสมบูรณ์เป็นร้อยละ 100 จากการวิเคราะห์เชิงสถิติพบว่า ปัญหาที่สำคัญของการดำเนินการติดตั้งสกอร์บอร์ดอยู่ในช่วงงานติดตั้งโครงสร้างสกอร์บอร์ด เนื่องจากอาคารสถานกีฬาจำเป็นต้องใช้งานตลอดเวลาตั้งนั้นผู้ที่รับผิดชอบต้องมีการวางแผนงานอย่างชัดเจนนับตั้งแต่การจัดทำร่างขอบเขตของงาน แผนการใช้พื้นที่ และความชำนาญของเจ้าหน้าที่ทุกฝ่าย ทั้งวิศวกรโครงสร้าง วิศวกรงานระบบ ช่างเทคนิคที่จะทำการก่อสร้าง โครงสร้างที่รองรับสกอร์บอร์ดที่มีความมั่นคงแข็งแรง เพราะเป็นพื้นที่สาธารณะ จากการเทียบเคียงพบว่างานที่มีการวางแผน การร่างขอบเขต และมีการบริหารจัดการทั้งด้านวิศวกรรมและการใช้อาคารสถานกีฬาจะมีผลกระทบกับการบริหารงบประมาณและเวลาน้อยกว่า การดำเนินการที่ขาดการวางแผนที่ทำให้ไม่สามารถควบคุมการเบิกจ่ายงบประมาณได้ที่กำหนด สุดท้ายนี้ งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางเพื่อปรับปรุงการบริหารงานก่อสร้างของกรมพลศึกษาให้มีประสิทธิภาพในทุกด้านยิ่งขึ้นต่อไป

คำสำคัญ วิธีวิจัยกึ่งทดลอง, เทคนิคการตรวจสอบและประเมินผลโครงการ, การเทียบเคียง, การบริหารจัดการ

1. บทนำ

กรมพลศึกษาเป็นหน่วยงานระดับกรมที่มีสถานะเป็นนิติบุคคล ก่อตั้งครั้งแรกเมื่อ พ.ศ.2476 สังกัดกระทรวงศึกษาธิการ ต่อมาได้ถ่ายโอนมาสังกัดกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬาเมื่อ พ.ศ. 2545 และใช้ชื่อเป็นสำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการจนถึง พ.ศ. 2553 ได้เปลี่ยนชื่อกลับมาเป็น กรมพลศึกษา ตั้งอยู่ภายในสนามกีฬาแห่งชาติ เลขที่ 154 ถนนพระรามที่ 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร กรมพลศึกษามีหน้าที่เกี่ยวกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตเยาวชนและประชาชนด้วยการส่งเสริมและพัฒนาด้วยการกีฬา นันทนาการ และการออกกำลังกาย สร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชน การส่งเสริมให้นักเรียน นักศึกษา เยาวชนและประชาชน มีคุณภาพคุณธรรม ห่างไกลอบายมุขและสิ่งเสพติดให้โทษโดยการใช้กีฬานันทนาการ และวิทยาศาสตร์การกีฬา เป็นเครื่องมือในการพัฒนาคน สังคม และ

หลังจากที่หน่วยงานต่าง ๆ ภายในกรมพลศึกษาได้รับการจัดสรรงบประมาณประจำปีแล้วต่างก็จัดทำแผนงานกิจกรรมตามกรอบภารกิจนั้น แต่ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ การใช้พื้นที่อาคารสถานกีฬาที่มีความทับซ้อนกัน จนบางครั้งทำให้มีความล่าช้าจากแผนงานที่กำหนด เช่น การจัดการแข่งขันกีฬา การก่อสร้างปรับปรุง

อาคารสถานกีฬา งานไม่เป็นไปตามเป้าหมายส่ง
ผลเสียในภาพรวมของกรมพลศึกษา

2. กรอบแนวความคิด



รูปที่ 1 กรอบแนวความคิด

ทำการสำรวจข้อมูลในงานวิจัยที่ใช้แบบสอบถาม
เพื่อสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยอิสระ จากนั้น
รวบรวมข้อมูลและทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางใน
การปรับปรุงประสิทธิภาพของการบริหารจัดการงาน
ก่อสร้างอาคารสถานกีฬาของกรมพลศึกษา

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การจัดการเชิงกลยุทธ์

ถ้าเราสังเกตข่าวสารสำคัญกับธุรกิจไม่ว่าจะเป็น
ภายในหรือต่างประเทศ จะพบว่าเนื้อความในข่าวจะ
เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและผลกระทบที่
จะพึงมีต่อการดำเนินของธุรกิจในอนาคต สิ่งเหล่านี้
ได้สะท้อนถึงความสำคัญของการศึกษากลยุทธ์ธุรกิจ
โดยเฉพาะการประกอบธุรกิจในโลกปัจจุบันที่เกิดการ
เปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว ตลอดจน
กลุ่มคนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของธุรกิจ ซึ่ง
ส่งผลกระทบต่อการทำงานขององค์กรในด้าน
ต่าง ๆ แม้กระทั่งการดำเนินกิจการภายในองค์กรก็
ล้วนแต่ได้รับผลกระทบด้วยกันทั้งสิ้น

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้สร้างแรงกดดัน
ให้กับองค์กร ทั้งในด้านระยะเวลาของการตอบสนองที่
หดสั้นลงตลอดจนความสลับซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นของ
กระบวนการทางธุรกิจส่งผลให้ผู้บริหารต้องมีวิสัยทัศน์
ที่กว้างไกล สามารถตัดสินใจในโอกาสหรือปัญหาที่
เผชิญอยู่ โดยคำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นทั้งในระยะสั้น
และระยะยาวที่มีต่อองค์การอย่างเหมาะสม โดยที่การ
จัดการเชิงกลยุทธ์มีประโยชน์ต่อองค์การ 4 ประการ
ดังต่อไปนี้

1. กำหนดทิศทางขององค์การ (Set Direction)
กระบวนการจัดการเชิงกลยุทธ์ช่วยให้ผู้บริหารเกิดความ
เข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงและมีวิสัยทัศน์ต่ออนาคต
2. สร้างความสอดคล้องในการปฏิบัติ (Harmony)
การจัดการเชิงกลยุทธ์ให้ความสนใจกับการกำหนด
การประยุกต์ การตรวจสอบ บุคลากรควบคุมกลยุทธ์
ขององค์การในฐานะเป็นระบบที่ประกอบด้วย
ส่วนประกอบสำคัญต่าง ๆ รวมเข้าด้วยกัน แนวคิดนี้
ก่อให้เกิดวิสัยทัศน์และความเข้าใจร่วมกัน
3. สร้างความพร้อมให้แก่องค์การ (Provide
Readiness) การศึกษา การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม
และการกำหนดกลยุทธ์ช่วยให้ผู้บริหาร ผู้จัดการในส่วน
ต่าง ๆ และสมาชิกขององค์การเกิดความเข้าใจใน
ภาพรวมและศักยภาพของธุรกิจ
4. สร้างประสิทธิภาพในการแข่งขัน (Improve
Competitive Efficiency) การจัดการเชิงกลยุทธ์ช่วยสร้าง
ประสิทธิภาพและศักยภาพในการแข่งขันให้แก่ธุรกิจ [1]

3.2 หลักการจัดการ

ภารกิจที่เกี่ยวข้องกับการบริหารมีความสำคัญต่อ
ความสำเร็จขององค์กร ในการดำเนินการให้บรรลุ
เป้าหมายขององค์กรทั้งสิ้น

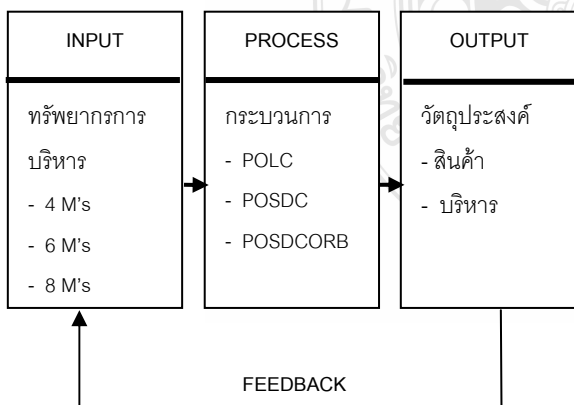
องค์กรทุกองค์กรต้องมีเป้าหมายขึ้นอยู่กับว่า
องค์กรนั้นถูกจัดอยู่ในประเภทใด และมีเป้าหมายหลัก
ในการแสวงหากำไร เพื่อนำไปใช้เป็นค่าใช้จ่ายในการ
ประกอบการ ผลประโยชน์ในรูปของเงินปันผลตอบแทน
การลงทุนของผู้ถือหุ้น ฯลฯ องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร
จะมีเป้าหมายต่าง ๆ เป็นตัวกำหนดกิจกรรม (Activities)
หรือภารกิจ (Missions) ซึ่งแยกย่อยไปถึงงาน (Job)
แต่ละงานที่ต้องอาศัยบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ

ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์มาช่วยในการดำเนินการ กิจกรรมที่มีการจัดการหรือการบริหารอยู่ นั้นต้องเป็นกิจกรรมหรือลักษณะงานที่มีบุคคลตั้งแต่สองคนขึ้นไปมาร่วมแรงร่วมใจกันปฏิบัติเพื่อบรรลุเป้าหมายร่วมกัน [2]

3.2.1 ความหมายของการจัดการ

นักวิชาการด้านการจัดการไม่นิยมให้คำจำกัดความการจัดการหรือการบริหาร เนื่องจากมีขอบข่ายและความหมายที่กว้างเกินกว่าจะนิยามด้วยประโยคสั้น ๆ เพียงไม่กี่ประโยคได้ คำนิยามที่นักวิชาการในสมัยก่อนนิยมได้แก่คำจำกัดความขององค์ประกอบข้างต้น โดยดูว่ากิจกรรมใดบ้างที่เข้าข่ายลักษณะงานตามภารกิจของการจัดการ

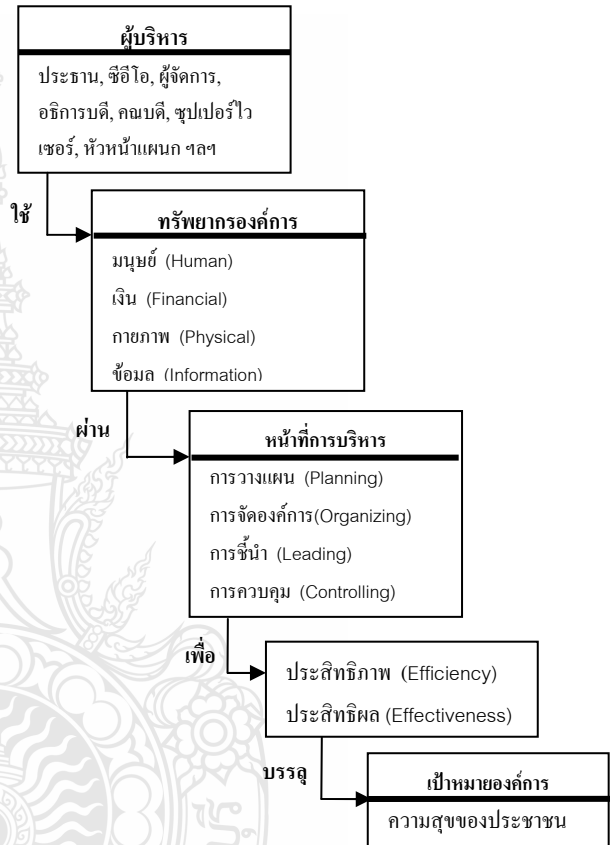
การจัดการ คือ กระบวนการนำทรัพยากรการบริหารมาใช้ให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามขั้นตอนการบริหาร คือ (1) การวางแผน (Planning) (2) การจัดองค์การ (Organizing) (3) การชี้นำ (Leading) (4) การควบคุม (Controlling) ซึ่งจากความหมายดังกล่าวมีคำสำคัญ 3 คำ คือ กระบวนการ, ทรัพยากรการบริหาร และวัตถุประสงค์ สามารถนำมาเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังภาพ



รูปที่ 2 รายละเอียดกระบวนการจัดการ

อย่างไรก็ตามยังมีนักวิชาการด้านการจัดการที่มีความเห็นคล้ายคลึงกันอีกเป็นจำนวนมาก แต่ให้ความสำคัญกับทรัพยากรการบริหารและหน้าที่ทางการ

จัดการแตกต่างกันออกไป ในยุคสมัยใหม่อันเป็นยุคสมัยของเทคโนโลยีข่าวสาร (Information technology) ที่มีมนุษย์ต้องบริโภคข่าวสารตลอดเวลา ความหมายของการจัดการ (Management) ได้ให้ความสำคัญกับทรัพยากรองค์การในเรื่องของข้อมูลข่าวสาร (Information) ที่สำคัญว่า เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการใช้ทรัพยากร [3]



รูปที่ 3 กระบวนการจัดการ

3.3 การบริหารงานก่อสร้าง

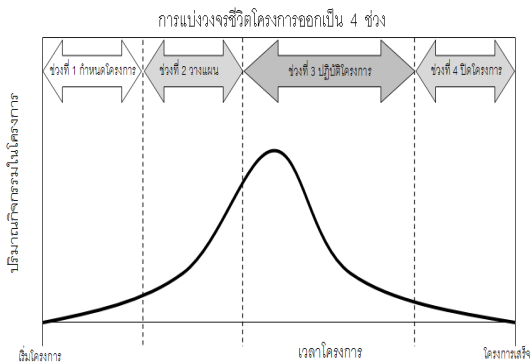
การบริหารงานก่อสร้าง คือ การจัดการการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่เหมาะสมและสมบูรณ์ที่สุด เพื่อให้การดำเนินโครงการบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยทรัพยากรที่กล่าว หมายถึง บุคลากร รวมถึงความเชี่ยวชาญความสามารถ ความร่วมมือของทีมงาน เครื่องมือและสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ตลอดจนข้อมูลระบบงาน เทคนิค เงินและเวลา

เป้าหมายในการดำเนินโครงการมักกำหนดเป็น 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ต้นทุน เวลา คุณภาพ

ทั้ง 3 องค์ประกอบข้างต้น จะมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด และจะต้องถูกกำหนดอย่างรอบคอบในช่วงเวลาที่เหมาะสมด้วย การกำหนดคุณภาพงานที่สูง ย่อมต้องการต้นทุน และเวลาที่มากตามไปด้วย ในขณะที่การเร่งรัดงานก่อสร้างมากเกินไป อาจมีผลต่อคุณภาพงานที่ต่ำลง รวมถึงต้นทุนที่สูงขึ้นด้วยการควบคุมโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โครงการก่อสร้างจำเป็นต้องเข้าใจถึง “วงจรชีวิตโครงการ” ดังต่อไปนี้

วงจรชีวิตของโครงการ (Project life cycle)

จากการที่โครงการก่อสร้างมีลักษณะชั่วคราว คือมีจุดเริ่ม และจุดสิ้นสุดที่ชัดเจน โดยแต่ละช่วงมีปริมาณกิจกรรมมากน้อยต่างกัน ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



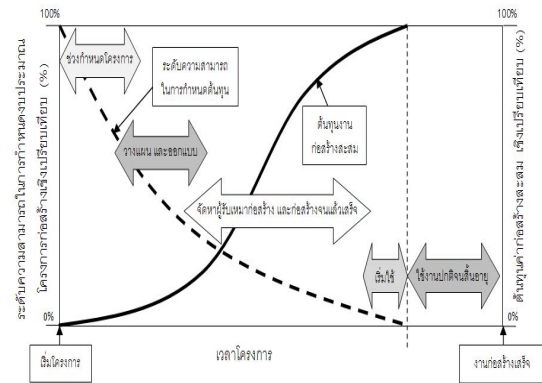
รูปที่ 4 ปริมาณกิจกรรมในโครงการก่อสร้าง ตามระยะเวลาในวงจรชีวิตโครงการ

- ช่วงที่ 1 : กำหนดโครงการ (Defining the project)
- ช่วงที่ 2 : วางแผน (Planning)
- ช่วงที่ 3 : ปฏิบัติโครงการ (Project implementing)
- ช่วงที่ 4 : ปิดโครงการ (Project Closing)

การให้เวลาในการศึกษารายละเอียดโครงการก่อสร้างตั้งแต่ช่วงเริ่มโครงการ เช่น ในขั้นตอนศึกษาความเป็นไปได้ และช่วงออกแบบขั้นต้น จะทำให้การกำหนดเป้าหมายด้านต่าง ๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นไปได้ในการปฏิบัติ

ภาพต่อไปนี้แสดงให้เห็นถึงระดับความสามารถในการกำหนดต้นทุนก่อสร้าง โดยการปรับเปลี่ยน

เป้าหมายการปฏิบัติด้านเวลาและคุณภาพจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อโครงการก่อสร้างได้ดำเนินไปแล้ว และจะเปลี่ยนแปลงได้ยากขึ้นจนถึงทำไม่ได้เลย เมื่อโครงการใกล้จะแล้วเสร็จ [4]



รูปที่ 5 ระดับความสามารถในการกำหนดต้นทุนโครงการ ในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างการดำเนินการก่อสร้าง

3.4 การเทียบเคียงสมรรถนะ

เป็นวิธีการวัดและเปรียบเทียบผลผลิตการบริการ และวิธีการปฏิบัติงานกับหน่วยงานที่ทำได้ดีกว่า และนำผลการเปรียบเทียบมาใช้ปรับปรุงองค์กรเพื่อมุ่งสู่ความเป็นเลิศ ประเภทของการเทียบเคียงสมรรถนะ สามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ การแบ่งตามวัตถุประสงค์ของการเทียบเคียงสมรรถนะ และการแบ่งตามผู้ที่เราไปเปรียบเทียบกับ แนวทางการเทียบเคียงสมรรถนะสามารถเลือกได้ทั้งแบบกลุ่มและแบบเดี่ยว โดยแบบกลุ่มเป็นการเทียบเคียงรวมกลุ่มกับองค์กรอื่นที่มีความต้องการทำการเปรียบเทียบ ส่วนแบบเดี่ยวคือการทำกรเทียบเคียงภายในองค์กรเพื่อเทียบเคียงขบวนการทำงานในแต่ละช่วง ขั้นตอนกระบวนการทำการเทียบเคียงสมรรถนะมีองค์ประกอบหลักคือ การวางแผน การวิเคราะห์ การบูรณาการ และการปฏิบัติสำหรับการเทียบเคียงงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานการติดตั้งสกริปบอร์ดเป็นแบบเดี่ยว ที่เปรียบเทียบขบวนการทำงาน [5]

4. ผลการวิจัยและการอภิปราย

การวิจัยเรื่อง การเทียบเคียงการบริหารจัดการงานติดตั้งสกรับอร์ดของกรมพลศึกษาใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจ โดยใช้จำนวนแบบสอบถามที่ได้รับทั้งหมด 22 แบบสอบถาม สอบถามต่อผู้ที่ทำงานในกลุ่มโครงสร้างพื้นฐานและกรมพลศึกษานามวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS v12 ซึ่งผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

4.1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มโครงสร้างพื้นฐานและการจัดการงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานของการติดตั้งสกรับอร์ดภายในสนามกีฬาแห่งชาติกรมพลศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากผู้เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานสกรับอร์ดของกรมพลศึกษา ด้วยวิธีการสัมภาษณ์และส่งแบบสอบถาม โดยใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้นซึ่งได้รับความร่วมมือจากผู้เกี่ยวข้องให้ข้อมูลจำนวนทั้งหมด 22 ชุด จากทั้งหมด 24 ชุด คิดเป็นร้อยละ 91.67 ซึ่งสามารถแบ่งข้อมูลของการวิเคราะห์ได้สองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มข้อมูลของผู้ให้สัมภาษณ์และกลุ่มสถานภาพการจัดการงานก่อสร้างตามทัศนยะและความคิดเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์

ตารางที่ 1 แสดงค่าร้อยละของข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

| ข้อมูลทั่วไป | | จำนวน(ร้อยละ) |
|---------------|--|---------------|
| เพศ | | |
| ชาย | | 86.4 |
| หญิง | | 13.6 |
| อายุ | | |
| ต่ำกว่า 30 | | 9.1 |
| 30-39 | | 36.4 |
| 40-49 | | 9.1 |
| ข้อมูลทั่วไป | | จำนวน(ร้อยละ) |
| อายุ | | |
| 50-59 | | 45.5 |
| มากกว่า 60 ปี | | 0 |

ระดับการศึกษา

| | |
|----------------------------|------|
| มัธยมศึกษา | 0 |
| ปวช. | 4.5 |
| ปวส. | 9.1 |
| อนุปริญญา | 4.1 |
| ปริญญาตรี | 45.5 |
| อื่นๆ (ปริญญาโท,ปริญญาเอก) | 36.3 |

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน

| ข้อมูลทั่วไปที่หน่วยงานต้องการ | \bar{X} | SD |
|--|-----------|------|
| เครื่องมือสำรวจ ที่ใช้ในกลุ่มโครงสร้างพื้นฐาน | | |
| อุปกรณ์วัดระยะ | 1.45 | 0.51 |
| อื่นๆ | 1.68 | 0.48 |
| เครื่องมือ เครื่องทดสอบ ที่ใช้ในกลุ่มโครงสร้างพื้นฐาน | | |
| เครื่องถ่ายเอกสาร | 1.55 | 0.51 |
| เครื่อง Plot แบบ, ถ่ายพิมพ์เขียว | 1.68 | 0.48 |
| คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงาน | 1.45 | 0.51 |
| ความรู้ทางเทคนิคด้านการก่อสร้างพื้นฐาน | 1.50 | 0.51 |
| ความรู้ทางการจัดการก่อสร้างพื้นฐาน | 1.50 | 0.51 |
| ความรู้ทางการจัดการด้านสัญญา กับผู้รับเหมา | 1.55 | 0.51 |
| ความสามารถในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ | 1.45 | 0.51 |
| ความสามารถในงานก่อสร้างพื้นฐานของบุคลากร | | |
| งานวิศวกรรมโครงสร้าง | 3.00 | 0.69 |
| งานวิศวกรรมระบบไฟฟ้า | 3.18 | 0.73 |
| ความสามารถในงานโครงสร้างพื้นฐานของการติดตั้งสกรับอร์ด ก้านการควบคุมงานก่อสร้างพื้นฐาน | | |
| งานวิศวกรรมระบบไฟฟ้า | 3.09 | 0.61 |

4.2 ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการงานก่อสร้าง โครงสร้างพื้นฐานงานติดตั้งสกอร์บอร์ดอาคารกีฬา นิมิตร์ สระว่ายน้ำวิสุทธิธรรมณ์ และสนามศุภช ลาศัย

จากแบบสอบถามทั้งหมด 22 ชุด ตามที่คณะและ
ความคิดเห็นของผู้ที่ทำงานในการจัดการงานก่อสร้าง
โครงสร้างพื้นฐานของสกอร์บอร์ดสนามศุภชลาศัย อาคาร
กีฬานิมิตร์ และสระว่ายน้ำวิสุทธิธรรมณ์ สามารถสรุป
ระดับของปัญหาและอุปสรรคในการจัดการงานก่อสร้าง
โครงสร้างพื้นฐานของกลุ่มโครงสร้างพื้นฐานกรมพล
ศึกษา ดังนี้

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ
ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการงานโครงสร้างพื้นฐาน
ของติดตั้งสกอร์บอร์ด

| | สนามศุภชลาศัย | | อาคารกีฬา นิมิตร์ | | สระว่ายน้ำวิสุทธิธรรมณ์ | | | | |
|---|---------------|------------|-------------------|------------|-------------------------|------------|------|------|---------------------|
| | ความสำคัญ | ระดับปัญหา | ความสำคัญ | ระดับปัญหา | ความสำคัญ | ระดับปัญหา | | | |
| | \bar{X} | S | \bar{X} | S | \bar{X} | S | | | |
| 2.1 ความสามารถในการจัดเตรียมเอกสารประมวล (T.O.R.) | 3.82 | 0.66 | | | 4.64 | 0.58 | | | |
| 2.2 ความสามารถในการกำหนดรายละเอียดขอบเขตงาน | | | | | | | | | |
| 2.3 ความสามารถในการออกแบบที่ใช้การก่อสร้างพื้นฐานใน (T.O.R.) | | | | | | | | | |
| 2.4 ความสามารถในการสำรวจความต้องการของผู้ใช้บริการ | | | 2.73 | 0.94 | | | 2.27 | 0.77 | |
| 2.5 ความแม่นยำในการกำหนดระยะเวลาการก่อสร้างให้เสร็จ | 3.64 | 0.79 | | | | | | | |
| 2.6 ความสามารถในการควบคุมงานเพื่อลดความล่าช้าของงาน | | | | | | | 3.77 | 0.81 | |
| 2.7 ความสามารถในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของความล่าช้าของงาน | | | | | | | 3.68 | 0.65 | |
| 2.8 ความสามารถในการจัดสรรงบประมาณเพื่อใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานของการติดตั้งสกอร์บอร์ด | | | | | | | | | 2.36 0.78 |
| 2.9 ความสามารถในการจัดสรรงบประมาณเพื่อใช้ในการบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐาน | | | | | | | | | 2.55 0.97 2.59 0.59 |
| 2.10 ความพึงพอใจในคุณภาพของผู้ให้บริการในงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานของสกอร์บอร์ด | | | | | | | | | |
| 2.11 จำนวนและระดับของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในระหว่างก่อสร้างพื้นฐานของสกอร์บอร์ดของผู้รับเหมา | | | | | | | 4.91 | 0.29 | 4.82 0.50 |

| | สนาม | | อาคารกีฬา | | สระว่ายน้ำ | |
|-----------------------|-----------|-------|-----------|-------|-------------|-------|
| | ศุภชลาศัย | | นิมิบุตร | | วิสุทธิธรรม | |
| | ความ | ระดับ | ความ | ระดับ | ความ | ระดับ |
| | สำคัญ | ปัญหา | สำคัญ | ปัญหา | สำคัญ | ปัญหา |
| | \bar{X} | SD | \bar{X} | SD | \bar{X} | SD |
| 2.12 จำนวน | | | | | | |
| และระดับของ | | | | | | |
| อุบัติเหตุที่เกิดขึ้น | | | | | | |
| ในระหว่างงาน | | | | | | |
| ก่อสร้าง | 4.91 | 0.29 | | | 4.91 | 0.29 |
| โครงสร้าง | | | | | | |
| พื้นฐานของสกอร์ | | | | | | |
| บอร์ด | | | | | | |
| 2.13 จำนวน | | | | | | |
| และระดับของ | | | | | | |
| อุบัติเหตุของ | | | | | | |
| ผู้ให้บริการ | | | | | | |
| ในขณะที่ใช้งาน | 4.82 | 0.50 | | | 4.86 | 0.35 |
| ก่อสร้าง | | | | | | |
| โครงสร้าง | | | | | | |
| พื้นฐานของสกอร์ | | | | | | |
| บอร์ด | | | | | | |
| 2.14 การประชุม | | | | | | |
| วางแผนการใช้ | | | | | | |
| อาคารสถานที่ | | | | | | |
| กับผู้ที่เกี่ยวข้อง | | | | | | |
| ในการดำเนินการ | 3.73 | 0.63 | | | | |
| ก่อสร้าง | | | | | | |
| โครงสร้าง | | | | | | |
| พื้นฐานของสกอร์ | | | | | | |
| บอร์ด | | | | | | |
| 2.15 การนำผล | | | | | | |
| การประชุมหา | | | | | | |
| หรือในภาคใต้ | | | | | | |
| อาคารสถานที่ | 3.82 | 0.66 | | | | |
| มาจัดแบ่งงวด | | | | | | |
| งานก่อสร้าง | | | | | | |
| สกอร์บอร์ด | | | | | | |

ตารางที่ 4 แสดงค่าร้อยละของภาพรวมของปัญหา
ด้านการจัดการงานโครงสร้างพื้นฐานสกอร์บอร์ด

| ภาพรวมของปัญหาด้านการ จัดการงานโครงสร้างพื้นฐาน สกอร์บอร์ด | จำนวน | ร้อยละ |
|--|-----------|------------|
| 1. ข้อจำกัดด้านงบประมาณ | 6 | 27.3 |
| 2. ขาดทรัพยากรเครื่องมือในการ สำรวจและทดสอบ | 1 | 4.5 |
| 3. ขาดทรัพยากรบุคคลที่มีทักษะ ด้านการสำรวจ การออกแบบและ การควบคุมงาน | 3 | 13.6 |
| 4. ขาดทักษะการประยุกต์ คอมพิวเตอร์ด้านการออกแบบและ ควบคุมงาน | 1 | 4.5 |
| 5. ขาดทักษะการประยุกต์ คอมพิวเตอร์ด้านการวางแผน | 1 | 4.5 |
| 6. ขาดการประสานงานที่ดี ระหว่างผู้ออกแบบผู้ควบคุมงาน และผู้รับเหมา | 0 | |
| 7. ขาดทักษะในด้านการติดตาม ตรวจสอบ ประเมินและการวัด ประสิทธิภาพงาน | 1 | 4.5 |
| 8. ขาดข้อมูลที่ต้องการและมีความ เป็นปัจจุบันมากที่สุด | 9 | 40.9 |
| รวม | 22 | 100 |

4.3 การกำหนดแผนงานการก่อสร้างโครงสร้างสกอร์บอร์ด โดยใช้ฐานข้อมูลตามแบบสำรวจทั้ง 3 รายการ

ในการวิเคราะห์ปัญหาตามตารางที่ 1 เพื่อนำมาแก้ไขให้การ
ดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างสกอร์บอร์ด จำนวน 2 รายการ คือ
1. การติดตั้งสกอร์บอร์ดสระว่ายน้ำวิสุทธิธรรม 2. การติดตั้ง
สกอร์บอร์ดอาคาร นิมิบุตรแล้วเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด
หรือเร็วกว่าการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เพื่อเกิด
ประโยชน์สูงสุดกับราชการ โดยเทียบเคียงกับการก่อสร้างงาน
โครงสร้างฐานรากของการติดตั้งสกอร์บอร์ดสนามศุภชลาศัย
ภายในข้อกำหนดดังนี้

4.3.1. ข้อมูลพื้นฐานของการติดตั้งสกอร์บอร์ด

ตารางที่ 5 การกำหนดขอบเขตงานก่อสร้างโครงสร้างสกอร์บอร์ดไว้ใน TOR.

| สถานที่ | มี | ไม่มี |
|------------------------|----|-------|
| สนามศุภชลาศัย | - | ✓ |
| อาคารกีฬาเนมิบุตร | ✓ | - |
| สระว่ายน้ำวิสุทธิธารมณ | ✓ | - |

ตารางที่ 6 งบประมาณในการก่อสร้างโครงสร้างสกอร์บอร์ด

| สกอร์บอร์ด | งบประมาณ | |
|------------------------|----------|-------------|
| | มี (บาท) | ไม่มี (บาท) |
| สนามศุภชลาศัย | - | 1,100,000 |
| อาคารกีฬาเนมิบุตร | 600,000 | - |
| สระว่ายน้ำวิสุทธิธารมณ | 300,000 | - |

ตารางที่ 7 งบประมาณการติดตั้งสกอร์บอร์ด

| สกอร์บอร์ด | งบประมาณ (บาท) |
|------------------------|----------------|
| สนามศุภชลาศัย | 15,000,000 |
| อาคารกีฬาเนมิบุตร | 13,300,000 |
| สระว่ายน้ำวิสุทธิธารมณ | 11,400,000 |

ตารางที่ 8 ลักษณะการติดตั้งสกอร์บอร์ด

| สถานที่ | การติดตั้ง |
|------------------------|-----------------------------|
| สนามศุภชลาศัย | ชั้นบนสุดของอัฒจันทร์ |
| อาคารกีฬาเนมิบุตร | ยึดติดเพดานใต้หลังคา |
| สระว่ายน้ำวิสุทธิธารมณ | ติดตั้งที่พื้นขอบสระว่ายน้ำ |

ตารางที่ 9 ความสูงของสกอร์บอร์ด

| สกอร์บอร์ด | ความสูง (เมตร) |
|------------------------|------------------------|
| สนามศุภชลาศัย | สูงจากพื้นสนาม 20 เมตร |
| อาคารกีฬาเนมิบุตร | สูงจากพื้นสนาม 12 เมตร |
| สระว่ายน้ำวิสุทธิธารมณ | สูงจากพื้นสระ 3 เมตร |

ตารางที่ 10 น้ำหนักของโครงสร้างสกอร์บอร์ด

| สกอร์บอร์ด | น้ำหนัก (กก.) |
|------------------------|---------------|
| สนามศุภชลาศัย | 6,919 |
| อาคารกีฬาเนมิบุตร | 4,823 |
| สระว่ายน้ำวิสุทธิธารมณ | 2,911 |

4.3.2. การดำเนินการติดตั้งสกอร์บอร์ดทั้ง 3 รายการ เป็นการจัดซื้อจัดจ้างตามระเบียบพัสดุ ผ่านขบวนการประกวดราคา มีการกำหนดระยะเวลาส่งมอบงาน การเบิกจ่ายค่าจ้างติดตั้งและครุภัณฑ์สกอร์บอร์ดเพียงงวดเดียว โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

ตารางที่ 11 ระยะเวลาการประกวดราคาตามปีงบประมาณ

| สกอร์บอร์ด | งบประมาณ พ.ศ. | ระยะเวลาติดตั้ง (วัน) |
|------------------------|---------------|-----------------------|
| สนามศุภชลาศัย | 2553 | 90 |
| อาคารกีฬาเนมิบุตร | 2554 | 90 |
| สระว่ายน้ำวิสุทธิธารมณ | 2554 | 90 |

ตารางที่ 12 การประชุมวางแผนงานการก่อสร้างโครงสร้างสกอร์บอร์ดของผู้รับจ้างและผู้ควบคุมงาน

| สกอร์บอร์ด | การประชุมหารือ | |
|------------------------|----------------|-------|
| | มี | ไม่มี |
| สนามศุภชลาศัย | ✓ | - |
| อาคารกีฬาเนมิบุตร | ✓ | - |
| สระว่ายน้ำวิสุทธิธารมณ | ✓ | - |

ตารางที่ 13 การประชุมหาหรือผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

| สกร์บอร์ด | ผู้ว่าจ้าง | ผู้รับจ้าง | ผู้รับผิดชอบการใช้อาคาร | ผู้จัดกิจกรรม |
|-------------------------|------------|------------|-------------------------|---------------|
| สนามศุภชลาศัย | ✓ | ✓ | - | - |
| อาคารกีฬาเนมิบุตร | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| สระว่ายน้ำวิสุทธิธรรมณ์ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

| | | |
|-------|-----------------------------|-----|
| งาน A | สำรวจพื้นที่ก่อสร้าง | 10% |
| งาน B | จัดเตรียมวัสดุและเครื่องมือ | 35% |
| งาน C | งานเชื่อมโลหะ | 15% |
| งาน D | งานติดตั้งโครงสร้างเหล็ก | 15% |
| งาน E | งานประกอบรายละเอียด | 15% |
| งาน F | งานทดสอบโครงสร้าง | 10% |

ตารางที่ 14 การนำผลการประชุมหาหรือไปจัดทำแผนงานก่อสร้าง

| สกร์บอร์ด | การจัดทำแผน | |
|-------------------------|--------------|--------|
| | ตามสัญญาจ้าง | แผนงาน |
| สนามศุภชลาศัย | ✓ | - |
| อาคารกีฬาเนมิบุตร | ✓ | CPM |
| สระว่ายน้ำวิสุทธิธรรมณ์ | ✓ | CPM |

ตารางที่ 16 การกำหนดแผนระยะเวลาก่อสร้างโครงสร้างสกร์บอร์ดสระว่ายน้ำวิสุทธิธรรมณ์

| งาน | ค่างาน x x 1,000 บาท | เวลา (สัปดาห์) | สัปดาห์ที่ | | | | | | % สะสม |
|---------------------|----------------------|----------------|------------|-------|------|-------|-------|-----|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| A | 30 | 1 | 30 | | | | | | 100 |
| B | 90 | 2 | 45 | 45 | | | | | 80 |
| C | 45 | 2 | | 22.5 | 22.5 | | | | 60 |
| D | 75 | 2 | | | | 37.5 | 37.5 | | 40 |
| E | 30 | 1 | | | | | | 30 | 20 |
| F | 30 | 1 | | | | | | 30 | 0 |
| รวมค่างานต่อสัปดาห์ | | | 75 | 67.5 | 22.5 | 37.5 | 37.5 | 60 | |
| รวมค่างานสะสม | | | 75 | 142.5 | 165 | 202.5 | 240 | 300 | |
| ร้อยละต่อสัปดาห์ | | | 25 | 22.50 | 7.5 | 12.50 | 12.50 | 20 | |
| ร้อยละสะสม | | | 25 | 47.5 | 55 | 67.5 | 80 | 100 | |

4.3.3. การจัดทำแผน Grant chart ของการก่อสร้างโครงสร้างสกร์บอร์ดอาคารเนมิบุตรและสระว่ายน้ำวิสุทธิธรรมณ์

| | | |
|-------|---------------------------------|-----|
| งาน A | สำรวจจัดทำรายละเอียด | 10% |
| งาน B | จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือ | 30% |
| งาน C | งานโครงสร้างฐานราก | 15% |
| งาน D | งานเชื่อมโครงเหล็ก | 25% |
| งาน E | งานประกอบแผ่นพื้นโลหะ | 10% |
| งาน F | งานจัดเก็บรายละเอียด | 10% |

ตารางที่ 15 การกำหนดแผนระยะเวลาก่อสร้างโครงสร้างสกร์บอร์ดอาคารเนมิบุตร

| งาน | ค่างาน x x 1,000 บาท | เวลา (สัปดาห์) | สัปดาห์ที่ | | | | | | % สะสม |
|---------------------|----------------------|----------------|------------|-------|-----|-------|-------|-----|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| A | 60 | 1 | 60 | | | | | | 100 |
| B | 210 | 2 | 105 | 105 | | | | | 80 |
| C | 90 | 3 | | 30 | 30 | 30 | | | 60 |
| D | 90 | 2 | | | | 45 | 45 | | 40 |
| E | 90 | 3 | | | | 30 | 30 | 30 | 20 |
| F | 60 | 1 | | | | | | 60 | 0 |
| รวมค่างานต่อสัปดาห์ | | | 165 | 135 | 30 | 105 | 75 | 90 | |
| รวมค่างานสะสม | | | 165 | 300 | 330 | 435 | 510 | 600 | |
| ร้อยละต่อสัปดาห์ | | | 27.50 | 22.50 | 5.0 | 17.50 | 12.50 | 15 | |
| ร้อยละสะสม | | | 27.50 | 50 | 55 | 72.50 | 85 | 100 | |

4.4 การเทียบเคียงความสามารถในการจัดการงาน

ก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานการติดตั้งสกร์บอร์ด อาคารกีฬาเนมิบุตร สระว่ายน้ำวิสุทธิธรรมณ์ และสนามศุภชลาศัย

ผลการดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างสกร์บอร์ดทั้ง 3 รายการในการก่อสร้างจริงสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 17 งานก่อสร้างโครงสร้างสกอร์บอร์ดสนาม

ศุภชลาศัย

| งาน | เริ่ม ดำเนินการ | แล้ว เสร็จ | งบประมาณ (บาท) | ระยะเวลา (สัปดาห์) |
|---|--------------------|------------------|-------------------|------------------------|
| ก่อสร้าง โครงสร้าง รองรับ สกอร์บอร์ด | มีนาคม 2553 | มิถุนายน 2553 | 1,150,0 00 | ตาม สัญญา 90 วัน |

ตารางที่ 18 งานก่อสร้างโครงสร้างสกอร์บอร์ดอาคาร

นิมิบุตร

| งาน | เริ่ม ดำเนินการ | แล้ว เสร็จ | งบประมาณ (บาท) | ระยะเวลา (สัปดาห์) |
|---|--------------------|----------------|-------------------|-----------------------|
| ก่อสร้าง โครงสร้าง รองรับ สกอร์บอร์ด | มกราคม 2554 | มีนาคม 2554 | 600,00 0 | 8 |

ตารางที่ 19 งานก่อสร้างโครงสร้างสกอร์บอร์ดสระว่ายน้ำ

วิสุทธิธรรมณ์

| งาน | เริ่ม ดำเนินการ | แล้ว เสร็จ | งบประมาณ (บาท) | ระยะเวลา (สัปดาห์) |
|---|--------------------|----------------|-------------------|-----------------------|
| ก่อสร้าง โครงสร้าง รองรับ สกอร์บอร์ด | กุมภาพันธ์ 2554 | มีนาคม 2554 | 300,00 0 | 5 |

5. สรุป

ผลการวิจัยการเทียบเคียงความสามารถในการจัดการงานก่อสร้างโครงสร้างสกอร์บอร์ดของกรมพลศึกษา สรุปผลได้ดังนี้

1. กลุ่มโครงสร้างพื้นฐานมีความขาดแคลนทรัพยากรหลายรายการในการบริหารจัดการงานก่อสร้าง ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องพัฒนาบุคลากรและใช้ระบบเทคโนโลยีมากยิ่งขึ้น

2. ปัญหาและอุปสรรคที่ได้จากการจัดทำแบบสอบถาม ทำให้ทราบความต้องการของผู้ที่เกี่ยวข้องในหลาย ๆ ด้าน

เอกสารอ้างอิง

หนังสือภาษาไทย

- [1] ญัฐพันธ์ เขจรนันท์. การจัดการเชิงกลยุทธ์. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2552.
- [2] อนิวัช แก้วจางงศ์. หลักการจัดการ. สงขลา : บริษัท นำศิลป์โฆษณา จำกัด, 2552.
- [3] ตูลา มหาพสุธานนท์. หลักการจัดการหลักการบริหาร. กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์ พ.ศ.พัฒนา จำกัด, 2547.
- [4] วิสูตร จิระดำเกิง. การบริหารงานก่อสร้าง. ปทุมธานี : วรรณกวี, 2552
- [5] บุญดี บุญญากิจ และ กมลวรรณ ศิริพานิช. Benchmarking ทางลัดสู่ความเป็นเลิศทางธุรกิจ. กรุงเทพฯ : บริษัท อินโนกราฟฟิกส์ จำกัด, 2548

การประยุกต์เทคนิค Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) สำหรับจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมในระบบมิลค์รัน

จิตติพันธ์ คำอ้ายวัฒนา^{*} วิชัย รุ่งเรืองอนันต์^{*}

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพินบูลสงคราม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

Email: tkamaiwa@visteon.com r_vichai@yahoo.com

^{*} นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

^{**} อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าในระบบมิลค์รันที่ขนส่งสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตขึ้นส่วนไปยังโรงงานประกอบรถยนต์ตัวอย่าง โดยประยุกต์วิธีฮิวริสติก Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) ในการหาเส้นทางการขนส่งที่มีระยะทางการขนส่งรวมที่สั้นที่สุด เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกเส้นทางการเดินทางและบริหารจัดการเส้นทางให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ของโรงงานประกอบรถยนต์ตัวอย่างที่มีโรงงานผู้ผลิตขึ้นส่วนซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัด โดยขั้นตอนการดำเนินการศึกษาเริ่มจากการศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานประกอบรถยนต์ตัวอย่าง วิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางขนส่งปัจจุบัน ประยุกต์วิธีการ Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) ในการจัดเส้นทางเดินทางขนส่ง ขั้นตอนนี้ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือกระบวนการสร้างคำตอบเริ่มต้นและขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบ ในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบใช้สองวิธี คือวิธีการสลับเปลี่ยนตำแหน่งของลูกค้า (Swap Customer) และวิธีย้ายตำแหน่งลูกค้าข้ามเส้นทาง (Move Exchanges) เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดระยะทางเดินทางขนส่งขึ้นส่วนวัตถุดิบลง 658 กิโลเมตรต่อวัน จาก

เดิมมีระยะทางเท่ากับ 2,268 กิโลเมตรต่อวัน ลดลงเหลือเพียง 1,610 กิโลเมตรต่อวัน หรือลดลงเท่ากับ 29 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสามารถลดจำนวนรถขนส่งจากเดิม 8 เที่ยวต่อวัน ลดลงเหลือเพียง 6 เที่ยวต่อวัน

คำสำคัญ มิลค์รัน Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP)

1. บทนำ (Introduction)

การเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ในประเทศไทย ผู้ผลิตขึ้นส่วนมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ของประเทศ สามารถพัฒนาและเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ประกอบกับรัฐบาลได้ผลักดันให้ไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตรถยนต์ของทวีปเอเชีย ทำให้เกิดการแข่งขันกันอย่างรุนแรงในกลุ่มผู้ผลิตขึ้นส่วนรถยนต์ด้วยกันเอง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ผลิตขึ้นส่วนรถยนต์ต้องมีการปรับตัว ทั้งในด้านบุคลากร คุณภาพของสินค้า เทคโนโลยีและมาตรฐานการผลิต และปัจจัยสำคัญอีกประการคือการลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงแต่ยังคงไว้ซึ่งคุณภาพของสินค้า เช่นเดียวกับบริษัทตัวอย่างเป็นหนึ่งในบริษัทผู้ผลิตขึ้นส่วนรถยนต์ประเภทผู้ผลิตแบบ Original Equipment Manufacturers (OEM) ขึ้นส่วนวัตถุดิบมาจากผู้ผลิต 26 ราย ในจำนวนนี้มีทั้งผู้ผลิตขึ้นส่วนในประเทศและ

ต่างประเทศ ผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศ 12 ราย ระบบการขนส่งจากโรงงานผู้ผลิตมายังโรงงานประกอบใช้ระบบการขนส่งแบบมิลค์รัน (Milk Run System) คือบริษัทจัดรถบรรทุกวิ่งออกไปรับวัตถุดิบจากผู้ผลิตโรงงาน A, โรงงาน B, โรงงาน C. และผู้ผลิตรายอื่นๆ ตามความเหมาะสมของช่วงเวลา ระยะทาง และที่ตั้งของโรงงานผู้ผลิต ที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้สูงสุดในแต่ละรอบ การจัดเส้นทางเดินรถดำเนินการและวิเคราะห์โดยเจ้าหน้าที่ของบริษัทซึ่งไม่มีเครื่องมือหรือหลักการที่ชัดเจน ใช้ความชำนาญเฉพาะของบุคคลในการจัดเส้นทางทำให้เกิดปัญหาความล่าช้าไม่สามารถส่งวัตถุดิบได้ทันตามเวลาที่กำหนด บริษัทต้องจัดรถเที่ยวเสริมเพิ่มเพื่อไปรับวัตถุดิบที่ล่าช้า ส่งผลกระทบต่อสายการผลิตโดยตรงและยังทำให้ต้นทุนการขนส่งสูงขึ้น ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจที่จะประยุกต์ใช้วิธีการฮิวริสติก (Heuristic method) ด้วยการจัดเส้นทางรถขนส่งวัตถุดิบตามหลักการของ Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถเดินรถของบริษัท ที่รับสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตทั้งหมด 12 ราย โดยออกแบบจัดกลุ่มรถบรรทุก ที่มุ่งเน้นลดระยะทางการขนส่ง ให้มีระยะทางรวมสั้นที่สุดและลดจำนวนเที่ยวการขนส่งให้น้อยที่สุด ซึ่งมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่โรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นกรอบของเวลา ระยะทาง จำนวนรถบรรทุก ปริมาณความจุของรถบรรทุกและเส้นทางรถวิ่งเป็นต้น จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับสภาพปัจจุบันเพื่อหาคำตอบ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Reviews)

ธีระศักดิ์ ชุมละออ และคณะ, (2549) ได้ใช้วิธีฮิวริสติกเพื่อลดค่าใช้จ่ายสำหรับรถที่มีความจุจำกัด ในปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งแบบมีกรอบเวลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้รถบริษัทผลิตตุ้มล้อรถมินิอัลลอยด์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้รถได้ประมาณ 30% หรือลดค่าใช้จ่ายในการเช่ารถเพิ่มได้ 1.6 ล้านบาทต่อปี. พอเจตน์ จิตพิพัฒน์พงศ์ และคณะ, (2552) ได้ประยุกต์ใช้

โปรแกรมเอ็กเซลโซลเวอร์ (Excel Solver) เพื่อปรับปรุงการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลจำนวน 17 สาขา เพื่อลดค่าใช้จ่าย พบว่าสามารถลดจำนวนการเรียกใช้รถลงได้เป็นจำนวน 13 คันต่อเดือน หรือลดค่าใช้จ่ายลง 14,560 บาทต่อเดือน. นิรันดร สมมุติ, (2551) ได้ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะขนส่งน้ำดื่มของโรงงานน้ำดื่มธารทิพย์ โดยอาศัยวิธีฮิวริสติกสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle routing problem) สามารถลดระยะทางขนส่งจากเดิม 154.8 กิโลเมตรต่อวัน คิดเป็น 19.25%, ในงานวิจัยของต่างประเทศ Clarke, G., and Wright, J, (1964) ได้วิจัยนำเสนอวิธี Saving Algorithm สำหรับใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ เพื่อการจัดเรียงลำดับของค่าประหยัดและเชื่อมเส้นทางต่างๆ เข้าด้วยกัน ทำให้ทราบจำนวนรถบรรทุกที่ต้องใช้และปริมาณสินค้าแต่ละคันได้ Weigel, D., and Cao, B. (1999) ได้ออกแบบระบบสำหรับปัญหาการเดินทางรถภายใต้ข้อจำกัดของเวลา และความจุของรถ (The Vehicle Routing Problem with Time Windows; VRPTW) บริษัท Sears Logistics services (SLS) สามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าลงได้ถึงปีละ 42 ล้านดอลลาร์

3. วิธีการวิจัย (Research Methods)

ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจากการศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานตัวอย่าง วิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งวัตถุดิบปัจจุบัน ประยุกต์วิธี Greedy Randomized Adaptive Search Procedure: GRASP) ในการจัดเส้นทางขนส่งชิ้นส่วนวัตถุดิบ ขั้นตอนนี้ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือกระบวนการสร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial solution) และสองขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบ (Improvement solution) ในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของคำตอบ ผู้วิจัยใช้ 2 วิธี คือวิธีการสลับเปลี่ยนตำแหน่งของลูกค้า (Swap Customer) ในเส้นทางเดียวกัน และสองวิธีย้ายตำแหน่งลูกค้าข้ามเส้นทาง (Move Exchanges) เพื่อสลับเปลี่ยนลูกค้าจากตำแหน่งที่ i กับตำแหน่งที่ j ในระหว่างสับเซตทั้งหมดที่ได้จากขั้นตอนของวิธี GRASP

เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด จากนั้นคำนวณหาระยะทางรวมของการขนส่ง และเปรียบเทียบผล โดยมีข้อมูลนำเข้าซึ่ง

ตารางที่ 3.1 ระยะทางจากโรงงานผู้ผลิตถึงโรงงานประกอบ และความต้องการวัตถุดิบ

| ลำดับ | ผู้จัดหาวัตถุดิบ | ระยะทางจากโรงงานผู้ผลิตถึงโรงงานประกอบ (กม.) | ความต้องการวัตถุดิบต่อวัน (ลบ.ม) |
|-------|------------------|--|----------------------------------|
| 1 | AA | 32 | 24 |
| 2 | AB | 69 | 1 |
| 3 | AC | 86 | 6 |
| 4 | AD | 89 | 23 |
| 5 | AE | 111 | 2 |
| 6 | AF | 115 | 2 |
| 7 | AG | 125 | 24 |
| 8 | AH | 136 | 2 |
| 9 | AI | 139 | 6 |
| 10 | AJ | 141 | 21 |
| 11 | AK | 205 | 3 |
| 12 | AL1 | 209 | 29 |
| 13 | AL2 | 209 | 24 |
| รวม | | 1,666 | 167 |

ประกอบด้วยจำนวนลูกค้า ขนาดความจุบรรทุกของยานพาหนะ ระยะทางและปริมาณความต้องการของลูกค้าแต่ละราย ดังตารางที่ 3.1

ขั้นตอนการจัดเส้นทางเพื่อหาคำตอบด้วยวิธี GRASP มีองค์ประกอบในการทำงานแต่ละรอบแบ่งออกเป็น 2 เฟสหลัก คือการสร้างเส้นทางเบื้องต้น (Construction Phase) และการปรับปรุงคำตอบจากเส้นทางเบื้องต้น (Local Search Phase) คำตอบในแต่ละรอบที่ได้จะแตกต่างกันออกไป เนื่องจากมีกระบวนการสุ่มเกิดขึ้น การทำงานทั้งสองขั้นตอนหลักนี้จะกระทำซ้ำแล้วเปรียบเทียบผลคำตอบที่ได้ในแต่ละรอบกับคำตอบที่ดีที่สุด (Best Found Solution) หากได้คำตอบที่ดีกว่าก็จะปรับค่าของคำตอบที่ดีที่สุดเป็นค่าของคำตอบที่หาได้ในรอบนั้นๆ จนกว่าจะพบเงื่อนไขการหยุด โดยคำตอบสุดท้ายที่ได้ก็คือเส้นทางที่ถูกเก็บอยู่ในคำตอบที่ดีที่สุด จากข้อมูลนำเข้าตามตารางที่ 3.1 สามารถสร้างขีดความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละรายและระหว่างลูกค้ากับโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ ได้ ตารางเมตริกซ์ระยะทางดังตารางที่ 3.2

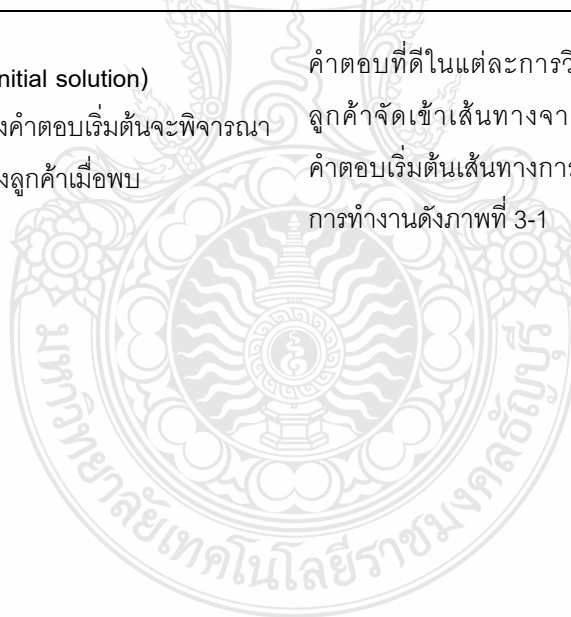
ตารางที่ 3.2 เมตริกซ์ระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละรายและระหว่างลูกค้ากับโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์

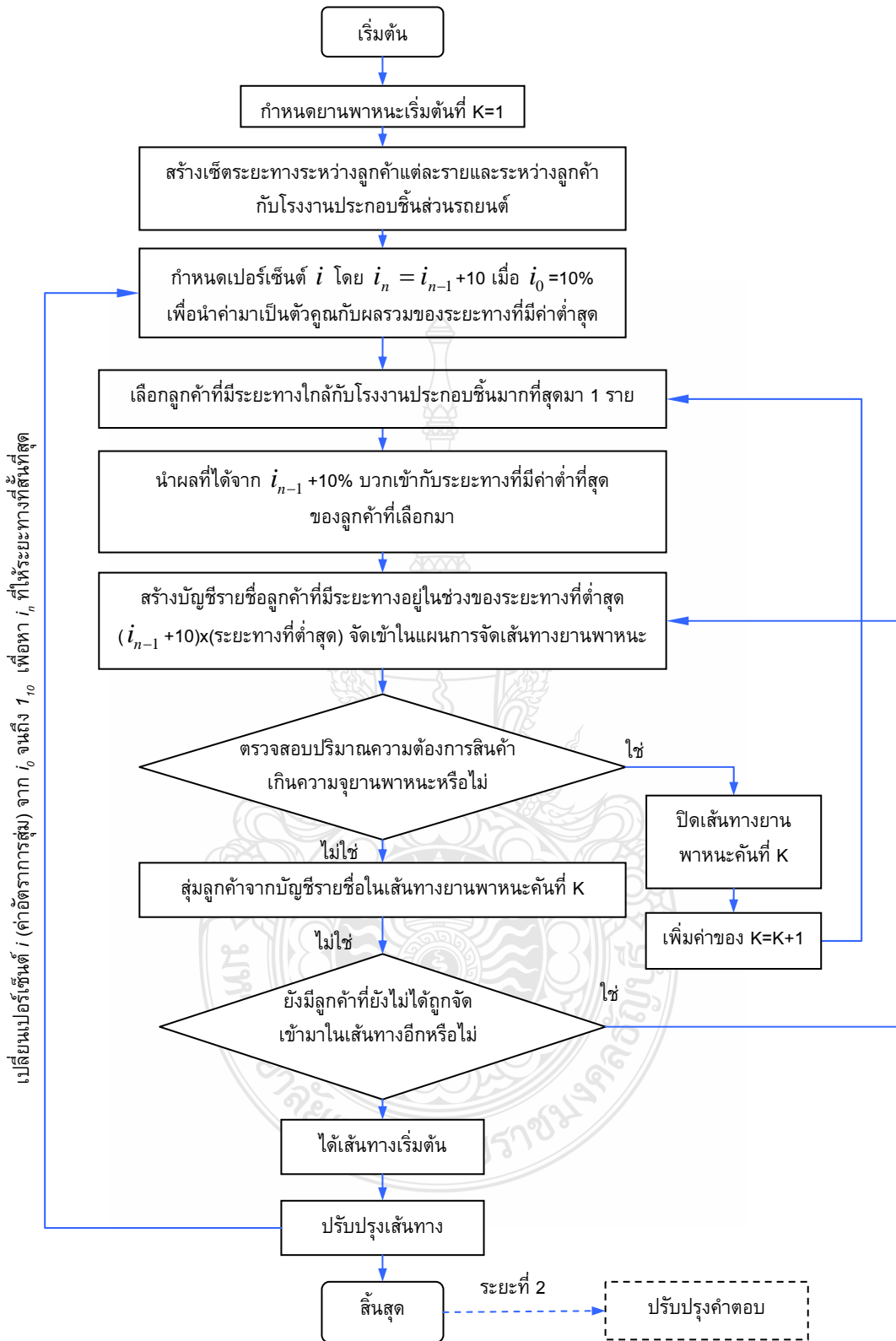
| | | ถึงตำแหน่งที่ตั้งโรงงานที่ | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|----|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| จากตำแหน่งที่ตั้งโรงงานที่ | 0 | 0 | 32 | 69 | 86 | 89 | 111 | 115 | 125 | 136 | 139 | 141 | 205 | 209 | 209 |
| | 1 | 32 | 0 | 37 | 54 | 57 | 79 | 83 | 93 | 104 | 107 | 109 | 173 | 177 | 177 |
| | 2 | 69 | 37 | 0 | 17 | 20 | 42 | 46 | 56 | 67 | 70 | 72 | 136 | 140 | 140 |
| | 3 | 86 | 54 | 17 | 0 | 3 | 25 | 29 | 39 | 50 | 53 | 55 | 119 | 123 | 123 |
| | 4 | 89 | 57 | 20 | 3 | 0 | 22 | 26 | 36 | 47 | 50 | 52 | 116 | 120 | 120 |
| | 5 | 111 | 79 | 42 | 25 | 22 | 0 | 4 | 14 | 25 | 28 | 30 | 94 | 98 | 98 |
| | 6 | 115 | 83 | 46 | 29 | 26 | 4 | 0 | 10 | 21 | 24 | 26 | 90 | 94 | 94 |
| | 7 | 125 | 93 | 56 | 39 | 36 | 14 | 10 | 0 | 11 | 14 | 16 | 80 | 84 | 84 |
| | 8 | 136 | 104 | 67 | 50 | 47 | 25 | 21 | 11 | 0 | 3 | 5 | 69 | 73 | 73 |
| | 9 | 139 | 107 | 70 | 53 | 50 | 28 | 24 | 14 | 3 | 0 | 2 | 66 | 70 | 70 |
| | 10 | 141 | 109 | 72 | 55 | 52 | 30 | 26 | 16 | 5 | 2 | 0 | 64 | 68 | 68 |
| | 11 | 205 | 173 | 136 | 119 | 116 | 94 | 90 | 80 | 69 | 66 | 64 | 0 | 4 | 4 |
| | 12 | 209 | 177 | 140 | 123 | 120 | 98 | 94 | 84 | 73 | 70 | 68 | 4 | 0 | 0 |
| | 13 | 209 | 177 | 140 | 123 | 120 | 98 | 94 | 84 | 73 | 70 | 68 | 4 | 0 | 0 |

3.1 การสร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial solution)

กระบวนการวิงวนซ้ำเพื่อสร้างคำตอบเริ่มต้นจะพิจารณาเลือกเส้นทางและเพิ่มเส้นทางของลูกค้าเมื่อพบ

คำตอบที่ดีในแต่ละการวิงวนรอบกระทำซ้ำจะพิจารณา ลูกค้าจัดเข้าเส้นทางจากบัญชีรายชื่อลูกค้า ซึ่งจะเป็นคำตอบเริ่มต้นเส้นทางขนส่งแต่ละเส้น มีลำดับขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 3-1





ภาพที่ 3-1 แสดงการสร้างเส้นทางเริ่มต้นด้วยวิธี GRASP

จากภาพ 3-1 สามารถอธิบายเป็นขั้นตอนสรุปได้ดังนี้

- 1) ขั้นตอนที่ 1 ข้อมูลที่นำเข้าประกอบด้วยจำนวนลูกค้า ขนาดความจุบรรทุกของยานพาหนะ ระยะทางและปริมาณความต้องการของลูกค้าแต่ละราย
- 2) ขั้นตอนที่ 2 กำหนดให้ค่าคงที่เท่ากับ 1 เพื่อเริ่มกระบวนการวิงวนซ้ำเพื่อหาคำตอบ
- 3) ขั้นตอนที่ 3 สร้างคำตอบเบื้องต้นด้วยกระบวนการสุ่มเลือกลูกค้าที่อยู่ในบัญชีรายชื่อ (Restricted Candidate List) ที่ยังไม่ถูกจัดเข้ากลุ่มโดยมีข้อมูลนำเข้าที่เป็นไปตามเงื่อนไข
- 4) ขั้นตอนที่ 4 ปรับปรุงคำตอบจากผลของคำตอบเบื้องต้นด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ เช่นการสลับตำแหน่งหรือการย้ายตำแหน่ง เป็นต้น
- 5) ขั้นตอนที่ 5 ปรับปรุงคำตอบและให้เพิ่มค่าคงที่ ($K = K + 1$) ถ้าค่า $K \leq M$ ($K =$ จำนวนรอบของการหาคำตอบ) ให้กลับไปทำซ้ำในขั้นตอนที่ 3 หรือมิฉะนั้นแล้ว ก็ไปทำในขั้นตอนที่ 6 ต่อไป
- 6) ขั้นตอนที่ 6 คืบค่าคำตอบ

3.2 ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบ (Improvement solution)

กระบวนการในการปรับปรุงคำตอบใช้เทคนิคฮิวริสติกการค้นหาคำตอบ (Search algorithm) 2 วิธี คือวิธีการสลับเปลี่ยนตำแหน่งของลูกค้า (Swap Customer) ในเส้นทางเดียวกัน และสองวิธีย้ายตำแหน่งลูกค้าข้ามเส้นทาง (Move Exchanges) เพื่อสลับเปลี่ยนลูกค้าจากตำแหน่งที่ i กับตำแหน่งที่ j ในระหว่างสับเซตทั้งหมด ที่ได้จากขั้นตอนของวิธี GRASP โดยขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบสามารถอธิบายได้ดังนี้

- 1) สุ่มเลือกลูกค้า 1 รายจากเส้นทางเริ่มต้น
- 2) ตรวจสอบความต้องการเดิมรวมกับความต้องการใหม่เกินความจุของรถบรรทุกหรือไม่ ถ้าเกินก็ให้พิจารณาสลับลูกค้ารายต่อไป แต่ถ้าไม่เกินก็ทำในขั้นตอนที่ 3
- 3) ย้ายสลับตำแหน่งลูกค้าระหว่างเส้นทางการย้ายสลับลูกค้าทำให้ระยะทางรวมลดลง มิฉะนั้นแล้วให้ไปเริ่มต้นที่ขั้นตอนที่ 1

4) เพิ่มเส้นทางที่ดีที่สุดลงไป

5) ตรวจสอบว่ายังมีลูกค้าที่ยังไม่ย้ายสลับตำแหน่งหรือไม่ถ้ามีก็เริ่มทำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1-5 อีกครั้งจนกว่าจะครบ ถ้าไม่มีก็สิ้นสุดกระบวนการปรับปรุงคำตอบ

3.2.1 วิธีการสลับเปลี่ยนตำแหน่งของลูกค้า (Swap Customer)

ขั้นตอนการสลับเปลี่ยนตำแหน่งลูกค้า ผู้วิจัยได้ดำเนินการสลับเปลี่ยนตำแหน่งของลูกค้าแต่ละรายบนเส้นทางเดียวกัน เช่น เส้นทางที่ 1 คำตอบเบื้องต้น คือ 0-1-2-0 สลับตำแหน่งระหว่างลูกค้ารายที่ 2 กับ 1 จะได้เส้นทางใหม่คือ 0-2-1-0 หลังจากนั้นตรวจสอบผลความจุของรถบรรทุกหรือระยะทางการขนส่งลดลงหรือไม่ ซึ่งเป็นคำตอบประกอบการตัดสินใจที่จะเปลี่ยนแปลงสลับตำแหน่งของลูกค้าต่อไป

3.2.2 วิธีย้ายตำแหน่งลูกค้าข้ามเส้นทาง (Move Exchanges)

หมายถึงการย้ายลูกค้า 1 ราย จากเส้นทางหนึ่งไปยังอีกเส้นทางหนึ่งที่ตำแหน่งที่ i กับตำแหน่งที่ j ในระหว่างเซตเส้นทางทั้งหมด โดยที่ไม่มีการย้ายแบบสลับภายในเส้นทางตัวเอง สรุปผลโดยตรวจสอบความจุของรถบรรทุกหรือระยะทางการขนส่งที่ลดลง เป็นคำตอบประกอบการตัดสินใจที่จะเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของลูกค้ารายนั้นๆ

4. ผลการวิจัย (Results)

ผลการวิจัยการประยุกต์เทคนิค Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) สำหรับจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสมในระบบมิลค์รัน พบว่าระบบการขนส่งชิ้นส่วนวัตถุดิบจากโรงงานผู้ผลิตมายังโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ มีระยะทางการขนส่งโดยรวมสั้นลงและสามารถบริหารจัดการเส้นทางขนส่งให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งให้ผลของคำตอบในแต่ละรอบดังนี้

4.1 ผลกระบวนการหาคำตอบเบื้องต้น

(Initial Solution)

กระบวนการหาคำตอบเบื้องต้นเมื่อเปลี่ยนค่าอัตราการสุ่ม (i) โดย $i_n = i_{n-1} + 10$ (เมื่อ $i_0 = 10\%$) ที่ $i = 10\%$ ให้ระยะทางไกลที่สุดคือ 2,070 กิโลเมตร และจำนวนเที่ยวในการวิ่ง 7 เที่ยวต่อวัน ใช้พนักงานขับรถขนส่งจำนวน 7 คน ที่ค่าอัตราการสุ่ม (i) ระหว่าง 40% -100% ให้ผลระยะทางเท่ากับ 1,787 กิโลเมตร จำนวนเที่ยวในการวิ่ง 6 เที่ยวต่อวัน ใช้พนักงานขับรถขนส่งจำนวน 6 คน และคำตอบเบื้องต้นในรอบการสุ่มนี้คือที่ค่าอัตราการสุ่ม (i) ที่ 20% และ 30% ให้ระยะทางสั้นที่สุดคือ 1,684 กิโลเมตร จำนวนเที่ยวในการวิ่ง 6 เที่ยวต่อวัน ใช้พนักงานขับรถขนส่งจำนวน 6 คน

4.2 ผลวิธีการสลับเปลี่ยนตำแหน่งของลูกค้า

(Swap Customer)

การสลับเปลี่ยนตำแหน่งของลูกค้าในเส้นทางเดียวกัน ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความจุของรถบรรทุกที่เพิ่มขึ้นหรือระยะทางการขนส่งโดยรวมที่ลดลง แต่ในทางกลับกันในเส้นทางขนส่งที่ 3 และ 4 เมื่อสลับตำแหน่งกันแล้วกลับทำให้ระยะทางการขนส่งเพิ่มขึ้น คือ 8 กิโลเมตร และ 6 กิโลเมตร ตามลำดับ สรุปได้ว่าวิธีการสลับเปลี่ยนตำแหน่งของลูกค้าแต่ละรายในเส้นทางเดียวกันไม่ทำ

ให้ความจุของรถบรรทุกเพิ่มขึ้นหรือระยะทางการขนส่งโดยรวมสั้นลง เมื่อรวมระยะทางการขนส่งโดยรวมทั้ง 6 เส้นทาง เข้าด้วยกันกลับทำให้ระยะทางการขนส่งเพิ่มขึ้นจากเดิมอีก 14 กิโลเมตร จากเดิมระยะทางการขนส่งโดยรวมเท่ากับ 1,684 กิโลเมตร เป็น 1,698 กิโลเมตร

4.3 ผลวิธีย้ายตำแหน่งลูกค้าข้ามเส้นทาง

(Move Exchanges)

การปรับปรุงคำตอบโดยการใช้เทคนิคย้ายตำแหน่งลูกค้าจากเส้นทางหนึ่งไปย้ายสลับกับอีกเส้นทางหนึ่ง สลับเปลี่ยนลูกค้าจากตำแหน่งที่ i กับตำแหน่งลูกค้าที่ j พบว่าลูกค้ารายที่ 1 ในเส้นทางที่ 1 เมื่อสลับกับลูกค้ารายที่ 13 ในเส้นทางที่ 6 สามารถลดระยะทางการขนส่งได้ 74 กิโลเมตร ในเส้นทางอื่นๆ ระยะทางไม่ลดลง ดังนั้นจึงเลือกสลับเส้นทางใหม่เพราะลูกค้ารายที่ 1 ในเส้นทางที่ 1 กับลูกค้ารายที่ 13 ในเส้นทางที่ 6 มีผลทำให้ระยะทางการเดินทางขนส่งขึ้นส่วนวัตถุดิบโดยรวมจากเดิมที่ 1,684 กิโลเมตรต่อวัน ลดลงเหลือเพียง 1,610 กิโลเมตรต่อวัน หรือลดลงเท่ากับ 4.4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับผลของคำตอบเบื้องต้น ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบคำตอบก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงคำตอบ

| ก่อนการปรับปรุงคำตอบ | | | หลังการปรับปรุง คำตอบ | | | |
|------------------------|------------|--------------|-----------------------|------------------------|------------|--------------|
| แผนการเดินทาง | ระยะทางรวม | ความจุบรรทุก | จำนวนรถขนส่ง | แผนการเดินทาง | ระยะทางรวม | ความจุบรรทุก |
| 0 => 1 => 2 => 0 | 138 | 25 | 1 | 0 => 1 => 0 | 64 | 24 |
| 0 => 3 => 4 => 0 | 178 | 29 | 1 | 0 => 3 => 4 => 0 | 178 | 29 |
| 0 => 5 => 6 => 7 => 0 | 250 | 28 | 1 | 0 => 5 => 6 => 7 => 0 | 250 | 28 |
| 0 => 8 => 9 => 10 => 0 | 282 | 29 | 1 | 0 => 8 => 9 => 10 => 0 | 282 | 29 |
| 0 => 11 => 12 => 0 | 418 | 32 | 1 | 0 => 11 => 12 => 0 | 418 | 32 |
| 0 => 13 => 0 | 418 | 24 | 1 | 0 => 13 => 2 => 0 | 418 | 25 |
| 6 | 1,684 | 167 | 6 | 6 | 1,610 | 167 |

4.3 ผลการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าแบบเดิมกับแบบฮิวริสติก GRASP

กระบวนการทำงานของฮิวริสติก (Heuristic method) ด้วยการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าตามหลักการของ Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) เมื่อทำการเปลี่ยนค่าอัตราการสุ่ม

ลูกค้าจากบัญชีรายชื่อลูกค้าเข้ามาในเส้นทางที่ i เท่ากับ 10, 20, 30, 40,100 ผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าในระบบมัลติคันสามารถให้คำตอบด้วยค่าระยะทางการขนส่งรวมที่ลดลง

ภายใต้ข้อจำกัดของขนาดความจุรถบรรทุกของรถ เมื่อเทียบกับการขนส่งชิ้นส่วนวัตถุดิบปัจจุบัน สามารถให้คำตอบโดยการลดระยะทางเดินทางขนส่งลง 658 กิโลเมตรต่อวัน จากเดิมมีระยะทางเท่ากับ 2,268 กิโลเมตรต่อวันลดลงเหลือเพียง 1,610 กิโลเมตร

ต่อวัน หรือลดลงเท่ากับ 29 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสามารถลดจำนวนรถขนส่งจาก 8 เที่ยว ลดลงเหลือเพียง 6 เที่ยวต่อวัน ดังผลสรุปตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าแบบเดิมกับแบบฮิวริสติก GRASP

| การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบเดิม | | | | การจัดเส้นทางรถขนส่งแบบ GRASP | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|------------|--------------|-------------------------------|------------------------|------------|--------------|
| จำนวนรถขนส่ง | แผนการเดินทาง | ระยะทางรวม | ความจุบรรทุก | จำนวนรถขนส่ง | แผนการเดินทาง | ระยะทางรวม | ความจุบรรทุก |
| 1 | 0 => 1 => 0 | 64 | 24 | 1 | 0 => 1 => 0 | 64 | 24 |
| 1 | 0 => 11 => 13 => 0 | 418 | 27 | 1 | 0 => 3 => 4 => 0 | 178 | 29 |
| 1 | 0 => 12 => 0 | 418 | 15 | 1 | 0 => 5 => 6 => 7 => 0 | 250 | 28 |
| 1 | 0 => 3 => 4 => 2 => 0 | 178 | 18 | 1 | 0 => 8 => 9 => 10 => 0 | 282 | 29 |
| 1 | 0 => 7 => 0 | 250 | 20 | 1 | 0 => 11 => 12 => 0 | 418 | 32 |
| 1 | 0 => 6 => 4 => 0 | 230 | 14 | 1 | 0 => 13 => 2 => 0 | 418 | 25 |
| 1 | 0 => 5 => 9 => 8 => 10 => 0 | 288 | 15 | | | | |
| 1 | 0 => 7 => 10 => 12 => 0 | 422 | 34 | | | | |
| 8 | 8 | 2,268 | 167 | 6 | 6 | 1,610 | 167 |

5. สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

จากงานวิจัยการประยุกต์เทคนิค Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าที่เหมาะสมในระบบมัลติคันของบริษัทตัวอย่าง ที่รับสินค้าจากโรงงานผู้ผลิตวัตถุดิบ 12 ราย โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะมุ่งเน้นลดระยะทางการขนส่งให้มีระยะทางโดยรวมสั้น

ที่สุด โดยแบ่งองค์ประกอบการทำงานออกเป็น 2 เฟส คือ การสร้างเส้นทางเบื้องต้น (Construction Phase) และการปรับปรุงคำตอบจากเส้นทางเบื้องต้น (Local Search Phase) ผลการวิจัยที่ได้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรถขนส่งชิ้นส่วนวัตถุดิบปัจจุบัน สามารถให้คำตอบโดยลดระยะทางเดินทางขนส่งชิ้นส่วนวัตถุดิบลง 658 กิโลเมตรต่อวัน จากเดิมมีระยะทางเท่ากับ 2,268 กิโลเมตรต่อวัน ลดลงเหลือ

เพียง 1,610 กิโลเมตรต่อวัน หรือลดลงเท่ากับ 29 เปอร์เซ็นต์นี้ นอกจากนี้ยังสามารถลดจำนวนรถขนส่งจาก 8 เที่ยว ลดลงเหลือเพียง 6 เที่ยวต่อวัน

การคำนวณระยะทางและการสุ่มเลือกเส้นทางผู้วิจัยได้ใช้วิธีการคำนวณคำตอบบน Excel ส่งผลให้การทำงานต้องให้เวลานานกว่าจะได้ผลของคำตอบที่ดีที่สุด การศึกษาครั้งต่อไปผู้วิจัยจึงแนะนำให้ทำการศึกษาโดยการนำโปรแกรมอิเล็กทรอนิกส์สำเร็จรูป เข้ามาช่วยในการคำนวณ เนื่องจากจะช่วยลดเวลาในการทำงานลงได้มากและในกรณีที่จำนวนของลูกค้าเป็นจำนวนมาก การคำนวณบน Excel ก็ไม่เหมาะสมเช่นกัน

นอกเหนือจากข้อเสนอแนะข้างต้นแล้วผู้วิจัยยังเห็นว่า การขยายจำนวนลูกค้าจากการนำระบบการขนส่งแบบวิ่งรอบ (Milk Run) ให้มากยิ่งขึ้น จากเดิมที่มีเพียง 12 ราย ก็จะเป็นอีกหนทางหนึ่งที่จะสามารถลดค่าใช้จ่ายการขนส่งลงได้ เนื่องจากการจัดเส้นทางจะสามารถขยายพื้นที่ให้กว้างมากยิ่งขึ้น มีทางเลือกในการวนรอบเพื่อคัดเลือกลูกค้าสำหรับการจัดเส้นทางขนส่งได้มากขึ้นด้วย และหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะสามารถเป็นแนวทางให้ผู้สนใจสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานศึกษาวิจัยครั้งต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

6. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] ธีระศักดิ์ ชุมละออบ และคณะ, วิธีฮิวริสติกเพื่อลดต้นทุนค่าขนส่งสำหรับรถที่มีความจุจำกัดในปัญหาการจัดเส้นทาง การเดินรถแบบมีกรอบเวลา. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี, 2549.

[2] นิรันดร์ สมมุติ. วิธีฮิวริสติก GRASP สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะกรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่มธารทิพย์. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2551.

[3] พอเจตน์ จิตพิพัฒน์พงศ์, ชุมพล มณฑาทิพย์กุล. การใช้โปรแกรม เอ็กเซล โซลเวอร์เพื่อปรับปรุงการจัดรถขนส่งสินค้า. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2552.

[4] Clarke, G., and Wright, J. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. Operation Research, 1964.

[5] Weigel, D., and Cao, B. The Vehicle Routing Problem with Time Windows. Operation Research. Case study of Sears Logistics services (SLS), 1999.

ผลกระทบวัสดุแกนกลางโพลียูรีเทนโฟมต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุแซนวิช

เอกชัย รอดพิสา, ศิริชัย ต่อกุล

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

จ.ปทุมธานี

E-mail: ekkachai.r@mutk.ac.th

บทคัดย่อ

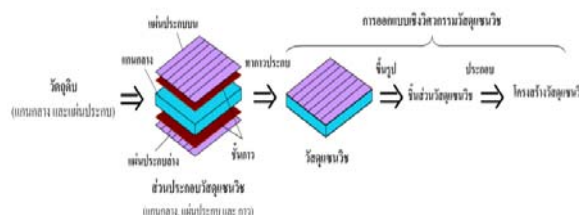
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของวัสดุแกนกลางโพลียูรีเทนโฟมต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุแซนวิช โดยการใช้แผ่นประกบแซนวิชเป็นวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมตามมาตรฐาน JIS เกรด SUS 304 หน้า 1 มิลลิเมตร และใช้วัสดุแกนกลางเป็นโพลียูรีเทนโฟมที่ระดับความหนาแน่นสี่ระดับคือ 0.15, 0.30, 0.45 และ 0.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยชิ้นงานทดสอบมีความกว้าง 50.8 ยาว 254 และหนา 10 มิลลิเมตร ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C393-00 ด้วยการกำหนดรูปแบบการทดสอบรับแรงดัดสามรูปแบบคือ Midspan Loading, Third Point Loading และ Quarter Point Loading ซึ่งจากการทดลองพบว่าความสามารถในการรับแรงดัดแปรผันกับความหนาแน่นของชั้นโฟม ซึ่งสามารถรับแรงดัดสูงสุดจากการทดสอบแบบ Midspan Loading 1.16 กิโลนิวตัน, Third Point Loading 0.60 KN และ Quarter Point Loading 0.92 กิโลนิวตัน ที่ระดับความหนาแน่นของชั้นโฟม 0.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

คำสำคัญ: วัสดุแซนวิช, โพลียูรีเทนโฟม, SUS 304

(Laminate) ซึ่งมีการสร้างชั้นเคลือบที่มีลักษณะสลับกัน โดยมีวัสดุแกนกลางเป็นตัวกั้นจะเรียกว่า “วัสดุ แซนวิช” ดัง แสดง ในรูปที่ 1 โดยวัสดุ แซนวิช นั้นมีวัตถุประสงค์หลักในการสร้างที่หลากหลาย เช่นกล่องกระดาษลอนลูกฟูกมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษขณะเดียวกันก็เพิ่มความสามารถในการดูดซับพลังงาน หรือโครงสร้างของวัสดุที่ต้องการความแข็งแรงสูงน้ำหนักเบา เช่นชิ้นส่วนอากาศยาน และยานยนต์เพื่อการขนส่ง ซึ่งจากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ปิยะวุฒิ [2] ได้ทำการศึกษาความหนาแน่นของโฟมที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับพลังงานโดยทำการเติมลงในท่อเหล็กที่ระดับความหนาแน่นของโฟมต่างกันแล้วทดสอบแรงกดพบว่าปริมาณความหนาแน่นของโฟมค่ามากจะทำให้ท่อเหล็กสามารถดูดซับพลังงานได้ดี และ นิคม [1] ได้ทำการศึกษาความหนาแน่นของโฟมที่ความหนาแน่น 223-258 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าจะมีลักษณะคล้ายของแข็ง ซึ่งมีค่าความต้านทานการลอกเนื่องจากแรงดัดแปรผันตามความหนาแน่น แต่ขนาดของเซลล์จะแปรผกผันกับความหนาแน่น

1. บทนำ

ความเจริญก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมทำให้เกิดการพัฒนาวัสดุเพื่อให้เกิดความหลากหลายทางคุณสมบัติเชิงกล การพัฒนาโครงสร้างจุลภาค การพัฒนาคุณสมบัติทางเคมี และการพัฒนาโครงสร้างเชิงประกอบ โดยการสร้างชั้นเคลือบที่เรียกว่า “ลามิเนท”



รูปที่ 1 ลักษณะโครงสร้างวัสดุแซนวิช [3]

ในการนี้ทางผู้วิจัยสนใจในการนำวัสดุแกนวิหที่มีชั้นเคลือบเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมซึ่งมีสมบัติด้านทานการกัดกร่อนได้ดี โดยมีชั้นวัสดุแกนกลางเป็นโพลียูรีเทนซึ่งมีน้ำหนักเบาและสามารถป้องกันความชื้น มาสร้างประกอบรวมกัน เพื่อศึกษาหาความสามารถในการต้านทานแรงดัด ในการนำไปเป็นทางเลือกสำหรับการเลือกใช้วัสดุสำหรับงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

การเตรียมชิ้นงานทดสอบเริ่มจากการเตรียมแผ่นประกบที่เป็นวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมตามมาตรฐาน JIS เกรด SUS 304 ให้มีขนาดกว้าง 50.8 และยาว 254 มิลลิเมตร [6] โดยใช้วัสดุแกนกลางเป็นโพลียูรีเทนโฟมชนิดแข็ง (Rigid Polyurethane Foam) ที่มีสมบัติเป็นฉนวนและไม่ลามไฟหนา 8 มิลลิเมตร โดยวัสดุแกนกลางที่เป็นโฟมนั้นเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างโพลีเอสเตอร์เรซินกับโพลีออล(ไดไอโซไซยาเนต) ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยใช้อัตราส่วนผสม 1:1 กำหนดค่าความหนาแน่นของวัสดุโฟมชั้นแกนกลางสี่ระดับประกอบด้วย 0.15, 0.30, 0.45 และ 0.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งการสร้างชิ้นงานทดสอบกระทำโดยการวางแผ่นประกบที่เป็นวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมลงในแม่แบบที่มีผนังปิดแล้วฉีดน้ำยาโฟมที่ผสมแล้วเข้าไปในแม่แบบ จากนั้นจึงปล่อยให้โฟมขยายตัวและแข็งตัวในแม่แบบเป็นเวลา 20 นาที จึงทำการถอดชิ้นงานที่เป็นวัสดุแกนวิหออกจากแม่แบบเพื่อเตรียมความพร้อมในการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3

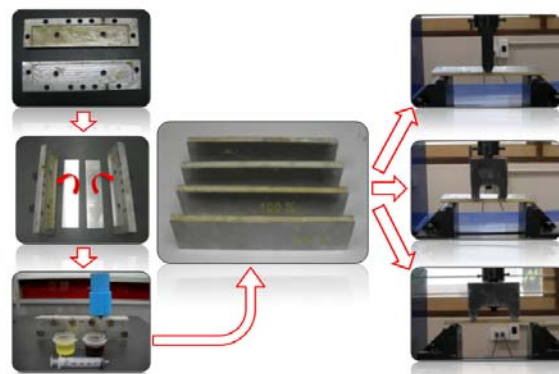


(ก)

(ข)

รูปที่ 2 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ (ก)โพลียูรีเทนโฟม

ชนิดแข็ง (ข)วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304



รูปที่ 3 ลักษณะกระบวนการสร้าง และรูปแบบการทดสอบการรับแรงดัดของชิ้นงานทดสอบ

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

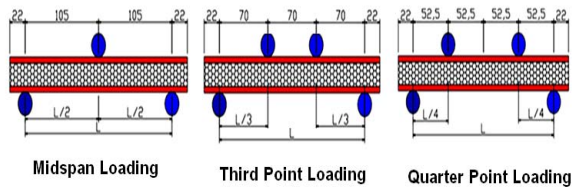
ในการทดลองนี้ใช้เครื่องทดสอบแบบเอกประสงค์ (Universal Testing Machine) ยี่ห้อ Test รุ่น WDW - 100 ซึ่งบันทึกผลการทดสอบด้วยโปรแกรม Max Test ดังแสดงในรูปที่ 4 ทดสอบโดยใช้ความเร็วระยะกดคงที่ คือ 4 มิลลิเมตรต่อนาที โดยกำหนดรูปแบบของการทดสอบแรงดัดออกเป็นสามรูปแบบ [4], [5] ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยรูปแบบการทดลองละ 4 ระดับความหนาแน่นของชั้นโฟมแกนกลาง จะทำการทดลองซ้ำห้าครั้ง



(ก)

(ข)

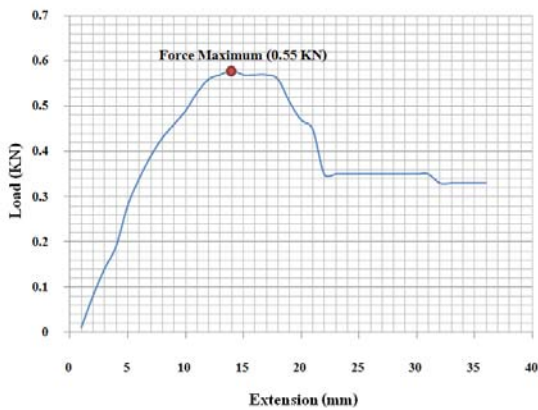
รูปที่ 4 เครื่องมือการทดลอง (ก) Universal Testing Machine Model: WDW-100 (ข) โปรแกรมการบันทึกผล Max Test



รูปที่ 5 รูปแบบการทดสอบการดัด

3. ผลการทดลอง

จากการเตรียมชิ้นงานเพื่อทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C393-00 ทำให้ทราบถึงความสามารถในการรับแรงดัดได้สูงสุดของวัสดุแกนโฟมในตัวอย่างกราฟ ในรูปที่ 6 และแต่ละรูปแบบการทดสอบที่ระดับความหนาแน่นของวัสดุชั้นโฟมแกนกลางซึ่งให้ผลแตกต่างกัน แสดงผลในตารางที่ 1



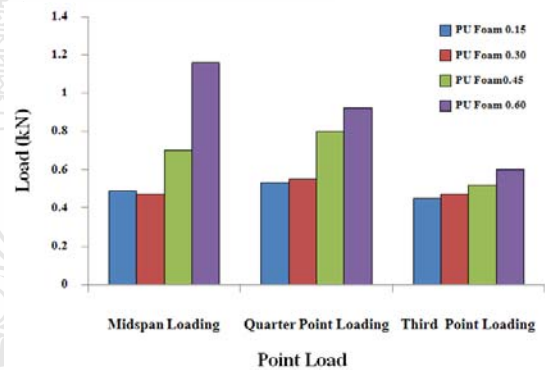
รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัด และระยะยืด(Quarter Point Loading ที่ ความหนาแน่นโฟม 0.30 g/cm³)

ตารางที่ 1 แสดงค่าความสามารถในการการรับแรงดัด

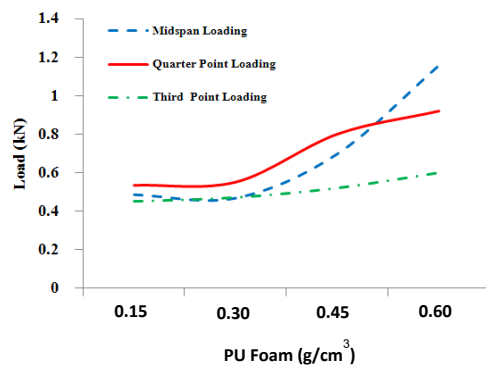
| ขนาดชิ้นงาน (mm) | ความหนาแน่นของโฟม (g/cm ³) | ความสามารถในการรับแรงดัด (kN) | | |
|------------------|--|-------------------------------|---------------------|-----------------------|
| | | Midspan Loading | Third Point Loading | Quarter Point Loading |
| 50.8x254x10 | 0.15 | 0.48 | 0.45 | 0.53 |
| | 0.30 | 0.47 | 0.47 | 0.55 |
| | 0.45 | 0.7 | 0.52 | 0.8 |
| | 0.60 | 1.16 | 0.6 | 0.92 |

3.1 วิเคราะห์ผลการรับแรงกด

จากการทดลองพบว่าที่ปริมาณความหนาแน่นของวัสดุชั้นแกนกลางโฟมในช่วง 0.15 - 0.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร วัสดุสามารถรับแรงดัดแบบ Quarter Point Loading ได้มากที่สุด แต่เมื่อปริมาณความหนาแน่นของวัสดุชั้นแกนกลางโฟมเท่ากับ 0.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรวัสดุจะสามารถรับแรงดัดได้สูงสุดในลักษณะของรูปแบบที่เป็น Midspan Loading ดังแสดงความสามารถในการรับแรงดัดในรูปที่ 7 และแสดงความสัมพันธ์ของความหนาแน่นต่อสมบัติทางกลด้านความสามารถในการรับแรงดัดดังรูปที่ 8 ทั้งนี้จะพบว่า ความสามารถในการรับแรงดัดจะให้ผลแปรผันกับค่าความหนาแน่นของวัสดุชั้นแกนกลางโฟม



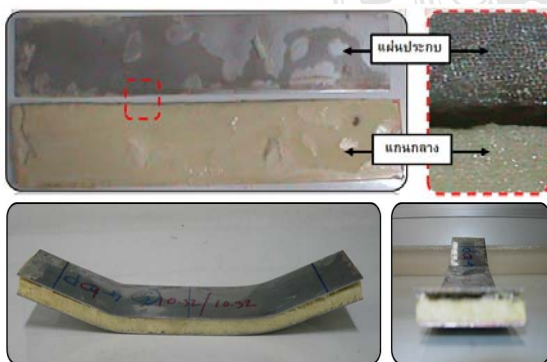
รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงการดัด และรูปแบบการดัด



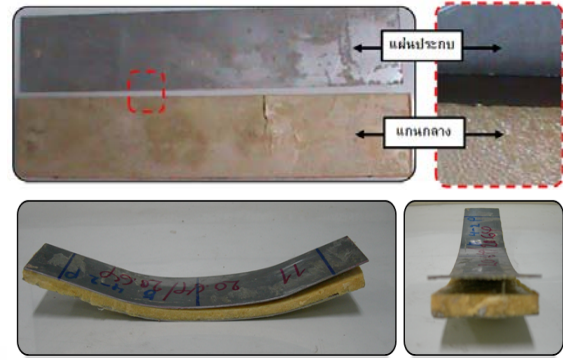
รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัดและความหนาแน่นโพลียูรีเทนโฟม

3.2 วิเคราะห์ผลการเสียรูป

จากการทดสอบการรับแรงดัดของวัสดุแกนวิชที่ปริมาณความหนาแน่นโพลีเอทิลีนโฟมที่ 0.15, 0.30, 0.45 และ 0.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรโดยการทดสอบการดัด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการรับแรงดัด และพฤติกรรมของความเสียหายอันเกิดจากแรงที่ไปกระทำของ วัสดุแกนวิชที่ปริมาณระดับค่าความหนาแน่นของวัสดุแกนกลางโพลีเอทิลีนโฟมที่ 0.15 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรจะเกิดความเสียหายของวัสดุชิ้นงานทดสอบซึ่งเกิดการเปลี่ยนรูปแบบถาวรและเกิดการหลุดลอกจากวัสดุชั้นเคลือบเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับวัสดุแกนวิชที่ปริมาณระดับค่าความหนาแน่นของวัสดุแกนกลางโพลีเอทิลีนโฟมที่ 0.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้ความรุนแรงของการเสียหายจะแปรผันกับความหนาแน่นของชิ้นโฟมอันเกิดจากปริมาณค่าระดับความหนาแน่นของวัสดุเนื้อโฟม ซึ่งเป็นผลมาจากขนาดเซลล์ของวัสดุโฟมมีพื้นที่การเกาะยึดเล็กกลางของขนาดเซลล์ [1] ทำให้วัสดุโฟมมีสภาพเป็นของแข็งที่สามารถรับแรงดัดได้มากขึ้น แต่ค่าความต้านทานในการเลื่อนหลุดระหว่างวัสดุชั้นเคลือบลดลง ดังแสดงผลความเสียหายในรูปที่ 9 และ 10



รูปที่ 9 ความเสียหายขึ้นทดสอบโพลีเอทิลีนโฟมความหนาแน่น 0.15 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความต้านทานแรงดัด 0.53 กิโลนิวตัน



รูปที่ 10 ความเสียหายขึ้นทดสอบโพลีเอทิลีนโฟมความหนาแน่น 0.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความต้านทานแรงดัด 0.92 กิโลนิวตัน

4. สรุปผล

โครงสร้างวัสดุแกนวิชที่มีวัสดุแกนกลางเป็น โพลีเอทิลีนโฟม ด้วยการทดสอบรูปแบบการรับแรงดัดเป็น 3 กลุ่ม และปริมาณระดับค่าความหนาแน่นของวัสดุชั้นแกนกลางโพลีเอทิลีนโฟมเป็น 4 ระดับสามารถสรุปผลได้ดังนี้

- 1) ระดับค่าความหนาแน่นของวัสดุชั้นแกนกลางโพลีเอทิลีนโฟมให้ผลแปรผันต่อค่าสมบัติทางกลของวัสดุแกนวิชโดยที่ระดับความหนาแน่น 0.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรให้ผลที่ดีต่อการรับแรง ของทุกรูปแบบการรับแรงดัด ซึ่งรูปแบบการดัด Midspan Loading สามารถรับแรงดัดได้สูงสุด 1.16 กิโลนิวตัน
- 2) ลักษณะรูปแบบความเสียหายของการเลื่อนหลุดระหว่างวัสดุแกนวิชกับวัสดุแกนกลางเป็นการเสียหายแบบเหนียวเมื่อค่าระดับความหนาแน่นมากขึ้น เนื่องจากความหนาแน่นค่ามากส่งผลให้มีความสามารถต้านทานแรงได้ดี
- 3) เสนอแนะ จากงานวิจัยนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มถึงสภาวะของอุณหภูมิเหมาะสม ต่อการใช้งานที่มีผลของคุณสมบัติวัสดุแกนวิช

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ที่อนุเคราะห์เครื่องมือทดสอบในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] นิคม นครเรียบ, “การศึกษาการยึดเกาะระหว่างโฟมพอลิเอทธิลีนกับวัสดุเหล็กสำหรับระบบฉนวนความร้อน” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หน้า 4-9.
- [2] ปิยะวุฒิ ป้องเพชร และคณะ, “อิทธิพลของควมหนาแน่นของโฟมต่อความสามารถในการรับ แรงกดของเหล็กกล่องที่เติมโฟม”การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23 เชียงใหม่, 2552. AMM-006047
- [3] ศิริชัย ต่อสกุล, “การวิเคราะห์รูปแบบความเสียหายของวัสดุแกนวิซเซลูราโฟม” ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110
- [4] ASTM international Designation: C393-00, “Standard Test Method for Flexural Properties of Sandwich Constructions1” 2004
- [5] A. Russo, B. Zuccarello. 2006. “Experimental and numerical evaluation of the mechanicalbehaviour of GFRP sandwich panels” Dipartimento di Meccanica, Viale delle Scienze, 90128 Palermo, Italy
- [6] F. Meraghni, F. Desrumaux*, M.L. Benzeggagh. 1999 “Mechanical behaviour of cellular core for structural sandwich panels” Composites: Part A 30 (1999). pp.767–779



***Conference of
Industrial Operations Development 2011***

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
เลขที่ 99 หมู่ 18 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
โทรศัพท์ : 0-2564-3002-9 ต่อ 3086, 3038, 3238 โทรสาร : 0-2564-3017
www.ciod.engr.tu.ac.th, www.ie.engr.tu.ac.th

ประวัติผู้เขียน

| | |
|---------------------|--|
| ชื่อ – สกุล | นายอัครรายุทธ พิศิษฐวานิช |
| วัน เดือน ปีเกิด | 29 ธันวาคม 2529 |
| ที่อยู่ | หมู่บ้านปารณาคันทรীโฮม 139/379 ซอย 4 หมู่ 1 คลอง 5 ถนนรังสิต – นครนายก ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัด ปทุมธานี 12110 |
| ประวัติการศึกษา | สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2551 |
| ประวัติการทำงาน | พ.ศ. 2553 – 2554 ตำแหน่งวิศวกรวางแผนการผลิต และควบคุมการผลิต แผนกอะลูมิเนียมเส้น บริษัท ทอสเท็มไทย จำกัด |
| ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ | อัครรายุทธ พิศิษฐวานิช และ ศิริชัย ต่อสกุล “การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการติดกลับกับ ความเค้นในกระบวนการตัดโลหะแบบ Compression โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์” การประชุม วิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2 (CIOD 2011), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 11 พฤษภาคม 2554 ณ โรงแรมทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพฯ |