

## การลดของเสียจากกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์ โดยประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC

### Defect reduction from brake pads production by using DMAIC method

วลัยพร เหมโส<sup>1</sup> ระพี กาญจนะ<sup>2</sup>

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์ โดยประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ของ ซิกส์ ซิกมา โดยมุ่งหวังที่จะลดปริมาณของเสียอันเกิดจากปัญหาชิ้นงานร้าวลรอยละ 30 ตามนโยบายของบริษัทตัวอย่าง กระบวนการที่เลือกมาศึกษาคือกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานร่อนของผ้าเบรค โมเดล X068 โดยการควบคุมค่าการอัดตัวของชิ้นงาน (Compression) อยู่ที่ระหว่าง 50-100 ไมครอน จะทำให้ระบบการวัดดังกล่าวมีความถูกต้องและความแม่นยำสูงขึ้น โดยขั้นตอนการศึกษาทั้งหมดแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้ (1) ขั้นตอนการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น (Define Phase) โดยได้ทำการศึกษาความสามารถของกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์ (Process Capability Index) (2) ขั้นตอนการวัด (Measure Phase) เพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (3) ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) โดยการวิเคราะห์ที่ละสาเหตุทีละปัจจัย (One Factor at a Time) (4) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) โดยทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) แบบ  $2^k$  Full Factorial เพื่อหาความสัมพันธ์และค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัย และ (5) ขั้นตอนการควบคุมตัวแปรต่างๆ (Control Phase) ได้นำวิธีการทางสถิติ (Statistical Process Control: SPC) มาช่วยในการควบคุมกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามหลักการ DMAIC ของซิกส์ซิกมาทำให้พบว่าจำนวนของเสียที่เกิดจากชิ้นงานร้าว (Pad Crack) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตขึ้นรูปร่อน ลดลงจากเดิมร้อยละ 60.37 หรือ 40,461 PPM เหลือเพียงร้อยละ 39.87 ของปริมาณของเสียทั้งหมด หรือคิดเป็น 17,090 PPM ดังนั้นการปรับปรุงครั้งนี้สามารถลดปริมาณของเสียได้ร้อยละ 36.75 ซึ่งตรงกับเป้าหมายของบริษัทที่วางเอาไว้ที่ร้อยละ 30.00

**คำสำคัญ:** ของเสีย ชิ้นรูปร่อน ชิ้นงานร้าว DMAIC

#### Abstract

This research aims to reduce the amount of defects generated within the process of brake pad production by using DMAIC method stage of Six Sigma. According to the case study company's target, the amount of defects caused by pad crack problem should be decreased by 30%. The cure pressing process of disc brake pad model X068 production is selected for this study. In order to accuracy and precision measurement system, the specification of disc brake pad is controlled with the compression value ranging from 50 -100 micron. The research methodology consists of 5 steps: (1) Define phase, the process capability index of disc brake pad production is evaluated, (2) Measure phase, the root causes of problem are determined, (3) Analysis phase, each one factor is analyzed, (4) Improve phase, the design of experiments (DOE) with  $2^k$

<sup>1</sup>นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

<sup>2</sup>อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Full Factorial is used to investigate the relationship and the optimal value of each factor, and (5) Control phase, the statistical process control (SPC) is applied to control the process. After improvement by implementing the DMAIC method, it found that the scrap rate is reduced from 60.37% (40,461 PPM) to 39.87% (17,090 PPM) of all defect rate or about 17,090 PPM. Thus, with this improvement the amount of defects can be reduced by 36.75% of company policy.

**Keywords:** Defect, Press Cure, Pad Crack, DMAIC Methodology

### 1. บทนำ

ธุรกิจการผลิตผ้าเบรครถยนต์นับว่าเป็นธุรกิจหลักประเภทหนึ่งที่เกี่ยวข้องต่อภาคอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ในประเทศและยังเป็นอีกธุรกิจหนึ่งที่ส่งเสริมตลาดหลังการขายรถยนต์เพราะหากธุรกิจอุตสาหกรรมรถยนต์มีการขยายตัวหรือมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ก็จะมีผลกระทบต่อการพัฒนาและการดำเนินงานของกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตผ้าเบรครถยนต์ไปด้วยและเนื่องจากในปัจจุบันมีผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมผลิตผ้าเบรครถยนต์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ตลาดผ้าเบรครถยนต์มีอัตราการแข่งขันที่สูงมากทำให้ผู้ประกอบการผลิตรถยนต์และกลุ่มผู้ซื้รถยนต์มีทางเลือกในการพิจารณาผู้ผลิตมากขึ้นเช่นกันดังนั้นจึงส่งผลให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนผ้าเบรครถยนต์ต้องเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันและมีความจำเป็นที่จะต้องตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าทั้งในเรื่องของคุณภาพ ราคา และการส่งมอบที่ทันเวลาซึ่งเป็นหัวใจหลักในการแข่งขันทางด้านธุรกิจ

โดยจากข้อมูลในกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์ของฝ่ายผลิตของโรงงานกรณีศึกษา ย้อนหลังในเดือนมกราคม-กรกฎาคม 2553 พบว่าปัญหาหลัก 5 อันดับ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยเฉพาะโมเดล X068 ที่ผู้วิจัยได้เลือกทำการศึกษา พบว่ามีปัญหาชิ้นงานร้าว (Pad Crack) ถึง 60.37% หรือคิดเป็น 40,461 PPM ของปัญหาทั้งหมด

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้ทำการวิจัยจึงเห็นว่าการใช้วิธีการ DMAIC เป็นแนวทางที่ช่วยในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้เช่นการประยุกต์ใช้แนวทาง DMAIC ของซิกส์ ซิกมา มาช่วยในการลดปัญหาชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพในอุตสาหกรรมการชุบโครเมียมของบริษัทผลิตกันชนท้ายรถยนต์ ซึ่งสามารถลดค่าเฉลี่ยของเสียต่อ

เดือนลงได้ จาก 146,295 PPM เหลือเพียง 25,780 PPM และทำให้ลดค่า ความสูญเสียจาก 774,714 เหลือ 128,648 บาทต่อเดือน เป็นต้น [4] โดยเป้าหมายของการทำวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำวิธีการ DMAIC มาประยุกต์ใช้ในการลดปัญหาชิ้นงานร้าวให้ลดลงไปอย่างน้อย 30 % ซึ่งจากเดิมมีอยู่ 60.37% เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายของบริษัทในการลดของเสีย

### 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

DMAIC เป็นเครื่องมือทางวิธีของ ซิกส์ ซิกมา (Six Sigma) โดยถูกนำมาใช้ทั้งหมด 5 ขั้นตอน [2] โดยเริ่มต้นจาก

#### 2.1 การกำหนดปัญหา

เป็นขั้นตอนการกำหนดเป้าหมาย ของสิ่งที่ต้องการศึกษา เพื่อระบุแหล่งที่มาของข้อมูล และระบุลักษณะคุณภาพที่บอกปัญหา โดยผู้วิจัยได้ทำการพิจารณาจากแผนผังพาเรโต (Pareto Diagram) [7] และทำการศึกษาความสามารถของกระบวนการเพื่อเปรียบเทียบทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง [4]

#### 2.2 การระบุสาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนนี้ จะทำการกำหนดแนวทางในการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการเพื่อเป็นการศึกษากระบวนการโดยละเอียด เพื่อกำหนดปัจจัยที่ได้รับจากกระบวนการ หรือตัวแปรตอบสนองกระบวนการ โดยทำการศึกษากระบวนการผลิตทั้งกระบวนการ (Process Mapping) [3,



4, 8], การวิเคราะห์แผนภาพเหตุและผล (Cause and Effect Diagram), การวิเคราะห์ความผิดพลาดและผลกระทบของปัญหา (Failure Mode and Effect Analysis), แผนภาพพารโตและการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลแบบนับ (Measurement System Analysis) [3, 4]

### 2.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

เป็นการนำปัจจัยของกระบวนการมาทำการวิเคราะห์และทดลองเพื่อหาสาเหตุของปัญหาโดยการวิเคราะห์ที่สาเหตุที่ละ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของ Paired T-Test ทำให้ทราบถึงปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ [3] และการชุบชิ้นงานโครเมียม [4]

### 2.4 การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) โดยทำการออกแบบการทดลองแบบ  $2^k$  Full Factorial เพื่อหาความสัมพันธ์และค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยในกระบวนการชุบชิ้นงานโครเมียม ทำให้ทราบปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องจักรในกระบวนการผลิต [4] นอกจากนี้ในบริษัทงานพิมพ์บอร์ด ได้ทำการเพิ่มปริมาณการผลิตและปรับปรุงทางด้านคุณภาพ [9]

### 2.5 การควบคุมตัวแปรต่าง

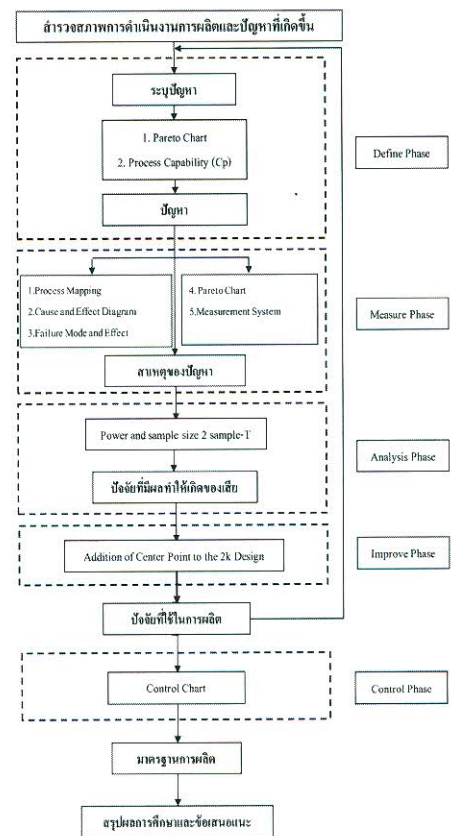
ขั้นตอนนี้เป็น การควบคุมปัจจัยต่างๆ โดยวิธีการทางสถิติ (Statistical Process Control: SPC) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้กระบวนการผลิตมีเสถียรภาพที่สูงขึ้น [3, 4, 7, 8] โดย ค่า  $C_p$  และ  $C_{pk}$  ที่สามารถยอมรับได้จะต้องมากกว่า 1.33 จึงจะถือว่าเป็นกระบวนการที่มีความผันแปรน้อยหรือมีความมั่นคงสูง [21]

นอกจากนั้นแล้วหลักการ DMAIC ยังได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในองค์กรและหน่วยงานเอกชนต่างๆ เช่น การปรับปรุงกระบวนการทดสอบการติดตั้งระบบเครือข่าย Handsets Network ของบริษัทซัมซุง ซึ่งหลังการปรับปรุงพบว่า ดัชนีชี้วัดในการคาดการณ์มีความแม่นยำสูง และนอกจากนั้นแล้วยังช่วยในการป้องกันความผิดพลาดที่อาจ

เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการปรับปรุงและการควบคุมกระบวนการผลิตที่ดีขึ้นกว่าเดิม [10], การพัฒนากระบวนการผลิตกระบวนการจัดส่ง และการจัดเก็บวัตถุดิบ ในบริษัทงานพิมพ์บอร์ด เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิต โดยพบว่า 30% กิจกรรมของพนักงานเป็นกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (Non-value Added) โดยหลังการปรับปรุงพบว่าสามารถเพิ่มกำลังการผลิตจาก 143,400 ชิ้น เป็น 200,000 ชิ้น [6] และนอกจากนี้แล้วยังถูกใช้ในการวิเคราะห์ปรับปรุงคุณภาพของงานบริการ, ความต้องการของลูกค้า และปรับปรุงวิธีการของการจัดการเคาน์เตอร์ธนาคาร ที่รวดเร็วขึ้น [11] เป็นต้น

### 3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ขั้นตอนตามแนวทาง DMAIC ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน โดยแสดงดังรูปภาพที่ 3-1



รูปที่ 3-1 Flow Chart ขั้นตอนในการดำเนินงาน

### 3.1 ขั้นตอนของการกำหนดปัญหา

การวิเคราะห์ผลรวมสัดส่วนของเสียในผลผลิตจำนวน 7 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม-กรกฎาคม 2553 โดยแผนภาพพารेटโต (Pareto chart)

### 3.2 ขั้นตอนการวัด

เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ โดยทำการวิเคราะห์ในรูปของปัญหา 2 ส่วน คือ

3.2.1 ปัญหาจากกระบวนการการผลิตผ้าเบรครถยนต์

3.2.2 ปัญหาจากเครื่องทดสอบแรงกดผ้าเบรค (Compression test) ดังรูปที่ 3.2 และปัญหาจากการตรวจสอบ Visual Check โดยพนักงาน



รูปที่ 3-2 เครื่องทดสอบการอัด

### 3.4 ขั้นตอนการปรับปรุง

ทำการออกแบบการทดลอง DOE แบบ 23 Full Factorial แบบ 2 Replicates โดยพิสูจน์จากผลการทดลองการวัด Gage R&R กับกระบวนการทดสอบแรงอัดผ้าเบรคที่กระทำกับชิ้นงาน โดยกำหนด Specification ของแรงอัดที่ 50-100 ไมครอน

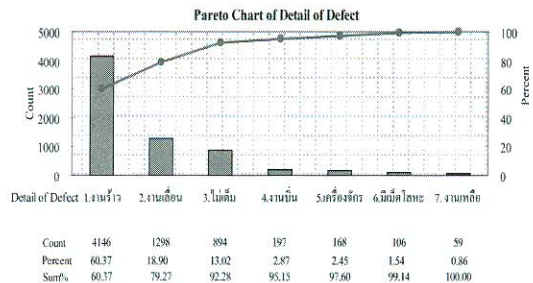
### 3.5 ขั้นตอนการควบคุมปัญหา

นำแผนภูมิ X-Bar มาช่วยในการควบคุมปัจจัย เช่น อุณหภูมิ และใช้ SPC ในการวิเคราะห์กระบวนการทดสอบแรงอัดผ้าเบรคออกจากรุ่นนั้นยังใช้ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work Instruction) และแบบฟอร์ม Check Sheet ในการควบคุมกระบวนการผลิตอีกด้วย

## 4. ผลการวิจัย

### 4.1 ผลขั้นตอนการระบุปัญหา

จากการเก็บรวบรวมปัญหาในกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์ของบริษัทกรณีศึกษา ตั้งแต่เดือนมกราคม-กรกฎาคม 2553 พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ ปัญหาชิ้นงานร้าว ของโมเดล X068 ซึ่งคิดเป็น 60.37% ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดในกระบวนการผลิต ซึ่งปัญหานี้มีสาเหตุหลักมาจากกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานร้อน โดยแสดงการจำแนกปัญหา ดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 แผนภาพพารेटโตจำแนกลักษณะอาการของปัญหา

### 3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

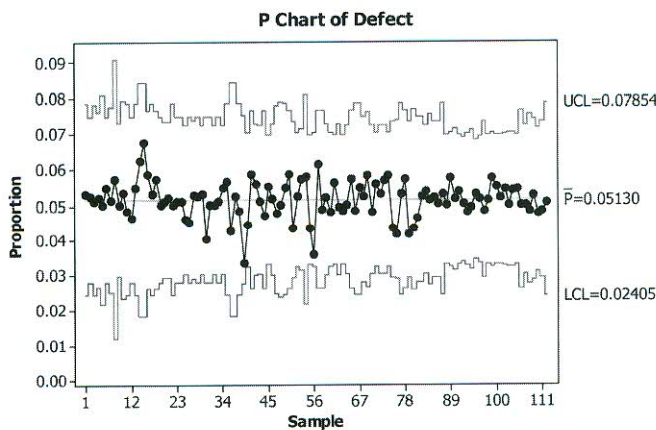
ศึกษาจากปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 5 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน ได้แก่ อุณหภูมิ (Die temperature), จำนวนการอัดตัวของเครื่องอัดชิ้นงาน (Number of Bump), ระยะช่องว่างในการคายก๊าซ (Vent distance gap), ระยะเวลาการอัดตัวของเครื่องจักร (Dwell time) และแรงดันการอัดตัว (Dwell time) จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวิธีการวิเคราะห์ที่ละสาเหตุทีละปัจจัยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของ Paired T-Test เป็นการตัดสินใจจากค่า P-Value > 0.05 เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing Method)



จากรูปที่ 4-1 แผนผังพารโตเพื่อแสดงปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์ พบว่าปัญหาชิ้นงานร้าว มีสัดส่วนของปัญหามากที่สุดถึง 60.37% เมื่อเทียบกับปัญหาอื่นๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ดังนั้นปัญหาชิ้นงานร้าว จึงเป็นปัญหาที่ควรถูกนำมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขก่อน ส่วนปัญหาชิ้นงานเลื่อนเป็นปัญหาที่เกิดจากการติดตั้งโมล ซึ่งสามารถควบคุมได้ด้วยการตรวจเช็คชิ้นงานชิ้นแรก (First piece) เปรียบเทียบกับ Drawing

หลังจากทำการ Press ชิ้นงานแล้วเสร็จ

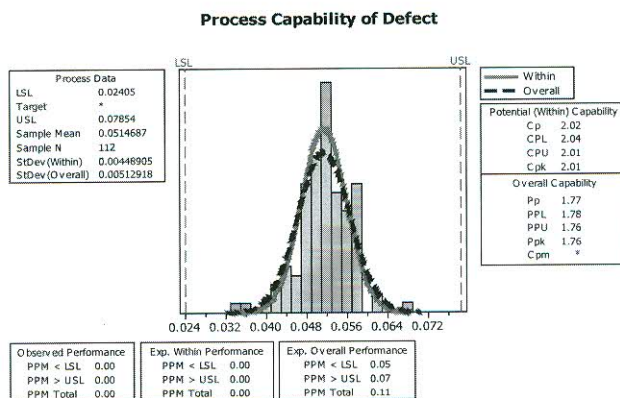
เมื่อสามารถระบุปัญหาหลักได้แล้ว ขั้นตอนต่อมาได้ทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ โดยนำข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างเดือนมกราคม - กรกฎาคม 2553 มาเขียนเป็นแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (pChart) โดยโปรแกรม MINITAB แสดงได้ดัง รูปที่ 4-2 ได้ค่า P-bar ที่ 0.05130 และเปอร์เซ็นต์ของของเสียอยู่ในค่าพิสัยควบคุม



รูปที่ 4-2 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (Before)

จากนั้นทำการพิจารณาดัชนีศักยภาพของกระบวนการ (P<sub>pk</sub>) โดยการคำนวณจากโปรแกรม MINITAB พบว่าได้ค่าเท่ากับ 1.76 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1.33 แสดงว่าความ

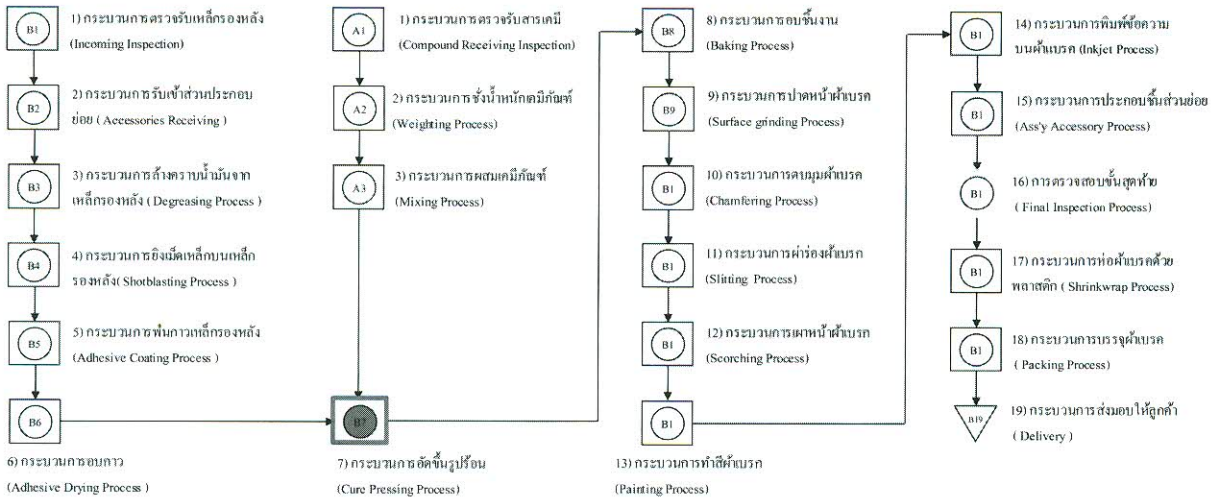
สามารถของกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานร้อนมีความผันแปรน้อยและมีความมั่นคงสูง แสดงดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 แผนภูมิการควบคุมกระบวนการสัดส่วนของเสีย (ก่อนการปรับปรุง Jan-Jul'53)

4.2 ผลขั้นตอนการวัด

4.2.1 จากการสร้างแผนที่กระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์ (Process Map) เพื่อทำการศึกษาปัจจัยและความสัมพันธ์ในแต่ละงานตามกระบวนการ และลักษณะงานที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า ดังรูปที่ 4-4 พบว่าปัญหาชิ้นงานร้าวเกิด

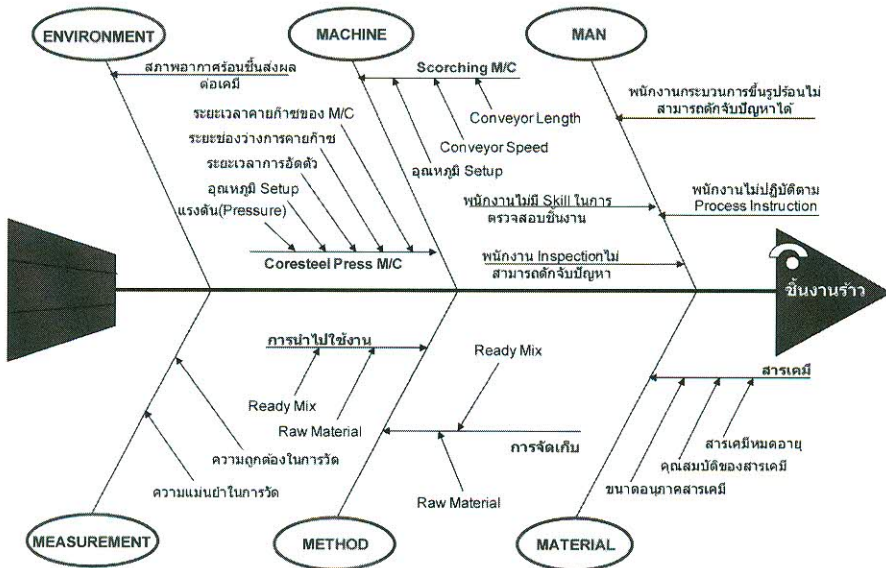


รูปที่ 4-4 กระบวนการที่จะก่อให้เกิดปัญหาผ้าเบรคร้าว

ขึ้นที่กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน (Cure pressing process) แสดงโดยสีแดง และนอกจากนั้นแล้วอาจเกิดปัญหาการหลุดรอดของชิ้นงานเสียที่กระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Final Inspection) แสดงโดยสีเขียว

4.2.2 จากนั้น วิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) โดยการระดมสมอง ซึ่ง

ประกอบไปด้วยทีมงานจากฝ่ายผลิต ฝ่ายเทคนิค และฝ่ายควบคุมกระบวนการคุณภาพ แสดง ดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-5 แผนภาพแสดงเหตุและผลของปัญหาชิ้นงานร้าว



4.2.3 จากแผนภาพแสดงเหตุและผล จึงนำไปสู่ขั้นตอนการระดมสมอง หรือขั้นตอนการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (Failure

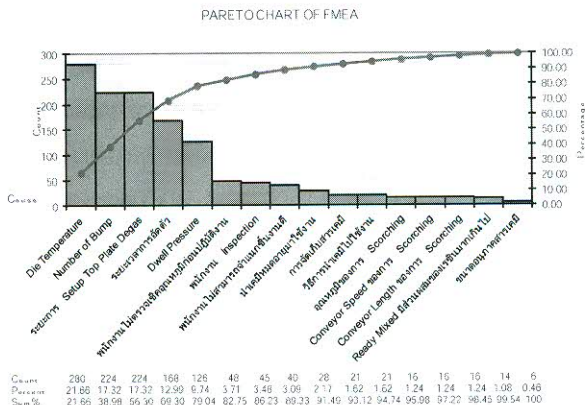
Mode and Effect Analysis, FMEA) เพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้โดย ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA)

ปัจจัยนำเข้าสู่หลักของกระบวนการ	ลักษณะความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้	ผลกระทบจากความผิดพลาด	S E V	สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาด	O C C	การควบคุมในปัจจุบัน	D E T R P N
Man	พนักงานเช็กรูปก่อน	ไม่ตรวจเช็คคุณภาพก่อนปฏิบัติงาน	ส่งผลให้เกิดปัญหาชิ้นงานร้าว	6	พนักงานขาดการฝึกอบรม	การตรวจสอบและการปฏิบัติงาน WI	2 48
	พนักงานเช็กรูปก่อน	ไม่สามารถจับเบรกก่อนจะตั้งงานดีและชิ้นงานร้าวได้	ถ้าไม่มีชิ้นงานร้าวมาใช้กระบวนการถัดไป	5	พนักงานขาดการฝึกอบรม	ทำการฝึกอบรมในการจับเบรกก่อนจะตั้งงาน	2 40
	พนักงาน inspection	มีชิ้นงานร้าวที่ไม่ผ่านการเช็คคุณภาพจนที่ส่งมาผล	ถ้าไม่มีชิ้นงานร้าวมาใช้กระบวนการถัดไป	5	พนักงานขาดการฝึกอบรมที่ถูกต้องในการตรวจสอบ	ทำการฝึกอบรมในการจับเบรกก่อนจะตั้งงาน	3 45
Press Machine	จำนวนการอัด-คายของ M/C	จำนวนการอัด-คายตัว ที่มีการวิ่งหรือถอยจนเกินไป	ส่งผลต่อปัญหาชิ้นงานร้าว	8	การกำหนด condition ผิดพลาด	ทำการตรวจเช็คค่าของหน้าจอ Control	4 224
	ระยะเวลา Setup top Plate Degas	ระยะเวลาว่างในการกดตัวที่หมดหรือถอยเกินไป	ส่งผลต่อปัญหาชิ้นงานร้าว	8	การกำหนด condition ผิดพลาด	ทำการตรวจเช็คค่าของหน้าจอ Control	4 224
	ระยะเวลาในการอัดตัว	การอัดตัวที่สั้นหรือขยับเกินไป	ส่งผลต่อปัญหาชิ้นงานร้าว	8	การกำหนด condition ผิดพลาด	Control โดยการเช็คค่า Green Density	3 168
	อุณหภูมิของการขึ้นรูปหรือ	อุณหภูมิผิว Tooling สูงเกินไป	ส่งผลต่อปัญหาชิ้นงานร้าว	8	กระแสน้ำขึ้น-ลงเกินไปทำให้ Sensor ช้าลง	ทำการตรวจเช็คอุณหภูมิทุกครั้งที่มีการผลิตและทำการ Record	5 280
Scorch Machine	แรงดันของการอัดตัว	แรงดันของ M/C ที่ต่ำเกินไป	ส่งผลให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นที่ต่ำและร้าว	7	พนักงานตั้งค่า Setup ผิดพลาด	ทำการตรวจเช็คค่าของหน้าจอ Control และ Control โดยการเช็คค่า Green Density	3 126
	อุณหภูมิของการ Scorching	อุณหภูมิสูงเกินไป	ชิ้นงานแตกหรือ	4	การตั้งค่าไม่ตรงตามมาตรฐาน	ทำการตรวจเช็คอุณหภูมิทุกครั้งที่มีการผลิตและทำการ Record	1 16
	Conveyor Speed	ความเร็วมากเกินไป	ส่งผลต่อสมรรถนะ	4	Control น้ำหนัก Weight Loss ทั่วไปให้ขาดการควบคุม	ทำการปรับเวลา Conveyor และตรวจสอบ Weight Loss ก่อนเริ่มทำการผลิต	1 16
Material	Conveyor Length	Conveyor สั้นเกินไป	ส่งผลต่อสมรรถนะ	4	Control น้ำหนัก Weight Loss ทั่วไปให้ขาดการควบคุม	Depend on Conveyor Speed	1 16
	สารเคมีหมดอายุ	นำสารเคมีหมดอายุมาใช้งาน	ส่งผลต่อปัญหาชิ้นงานร้าว	7	ไม่ทำการตรวจเช็ครับหมดอายุก่อนนำมาใช้งาน	การตรวจเช็คหมดอายุการปฏิบัติงาน WI	2 28
	คุณสมบัติของสารเคมี	มีส่วนผสม Resin มากเกินไป	ส่งผลต่อปัญหาชิ้นงานร้าว	7	เป็นสูตรเฉพาะไม่สามารถทำการแก้ไขได้	Follow WI	1 14
Method	ขนาดของภาชนะสารเคมี	ขนาดของภาชนะใหญ่	ส่งผลต่อปัญหาการระเหยสารแล้วของเนื้อตัวบุคคล	6	ใบมีดชำรุดทำให้ขอบคมเกินไป	ทำการตรวจเช็คขนาดภาชนะการปฏิบัติงาน WI	1 6
	การจัดเก็บและการนำ Raw Material ไปใช้งาน	อุณหภูมิและความชื้น Storage Room สูงเกินไป	ส่งผลต่อปัญหาชิ้นงานร้าว	7	ขนาดของเครื่องปรับอากาศไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	ทำการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพิ่มเติมลดอุณหภูมิและทำการติดตั้ง alarm ที่ตรวจจับ	1 21
	การจัดเก็บและการนำ Ready Mix ไปใช้งาน	อุณหภูมิและความชื้นในอากาศสูง	ส่งผลต่อปัญหาชิ้นงานร้าว	7	สภาพอากาศในไทย	ทำการปฏิบัติงานตาม WI โดยมีหม้อเก็บเชื้อเพลิงในถัง Line ว่างผลิต	1 21

และจากการวิเคราะห์ด้วย FMEA โดยการจัดอันดับอาการที่ไร้ประสิทธิภาพ (Potential deficiencies) และคะแนนลำดับ RPN-Score ที่ 80:20 โดยแบ่งเป็น 5 ข้อบกพร่อง คือ 1 อุณหภูมิ 2. จำนวนการอัด-คายตัวของ Machine 3. ระยะเวลา

ว่างในการคายก๊าซ 4. ระยะเวลาการอัดตัวของเครื่องจักรและ 5. แรงดันการอัดตัว โดยสามารถแสดงด้วยแผนภาพพารโตได้ดังรูปที่ 4-6

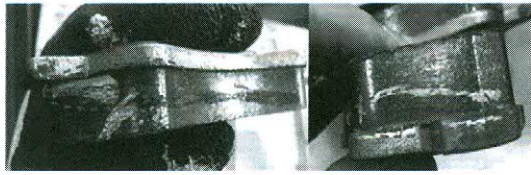


รูปที่ 4-6 แผนภาพพารโตแสดงปัญหาที่มีความสำคัญ

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลแบบวัด (Measurement System Analysis) ในการตรวจวัดคุณภาพของผ้าเบรกโดยเครื่องทดสอบแรงอัดของผ้าเบรก หรือ Compressibility Testing เป็นอุปกรณ์หลักในการคัดกรองคุณภาพชิ้นงานดี และไม่



รูปภาพที่ 4-7 ลักษณะชิ้นงานดี



รูปภาพที่ 4-8 ลักษณะชิ้นงานร้าว

ดังนั้น MSA จึงถูกนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องจากการวิเคราะห์ MSA ด้วย Minitab ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4-9

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.2785	2.02
Repeatability	0.2785	2.02
Reproducibility	0.0000	0.00
Operators	0.0000	0.00
Part-To-Part	13.4802	97.98
Total Variation	13.7587	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.52778	3.1667	14.23
Repeatability	0.52778	3.1667	14.23
Reproducibility	0.00000	0.0000	0.00
Operators	0.00000	0.0000	0.00
Part-To-Part	3.67154	22.0292	98.98
Total Variation	3.70928	22.2557	100.00

รูปที่ 4-9 ผลการคำนวณค่าร้อยละ Contribution

จากผลการทดสอบพบว่าค่า Contribution เท่ากับ 2.02% หมายความว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบการอัดตัวของผ้าเบรกมีค่าความผันแปร อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ [2] จึงสรุปได้ว่าเครื่อง Compression มีความสามารถในการตรวจจับและการแยกแยะของดีหรือของเสียได้อย่างมีนัยไปวัดผลกระบวนการศึกษา เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ขั้นต้นต่อไป

4.3 ผลขั้นต้นของการวิเคราะห์

จากขั้นต้นการวัดผลพบว่าสาเหตุที่ส่งผลกระทบท่อปัญหาที่ทำการศึกษามี 5 สาเหตุประกอบด้วย 1. อุณหภูมิ 2. จำนวนการอัด-คายตัวของ Machine 3. ระยะช่องว่างในการคายก๊าซ 4. ระยะเวลาการอัดตัวของเครื่องจักรและ 5. แรงดันการอัดตัว

แนวทางการวิเคราะห์นั้นเป็นการวิเคราะห์ที่ละสาเหตุทีละปัจจัยโดยใช้วิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Pair T-Test เพื่อคัดกรองปัจจัยต่างๆ (Screening Factors) ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโดยการทดสอบการอัดตัวของชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 โดยลักษณะที่ดีของ Product คือชิ้นงานจะต้องไม่มีรอยร้าว, ชิ้นงานบวมพอง (Blister) และนอกจากนั้นแล้วค่า Compression หรือค่าการอัดตัวของชิ้นงาน จะต้องอยู่ในค่าที่กำหนดคือ 50-100  $\mu\text{m}$  ซึ่งลูกค้าเป็นผู้กำหนดมาตรฐานการทดสอบโดยอ้างอิงจากผลการทดลองวิ่งจริง (Dyno-Test) ซึ่งในการทดสอบนั้น หากค่าที่ได้ต่ำกว่า 50  $\mu\text{m}$  จะทำให้ขณะเบรกเกิดการสะท้านหรือเบรกไม่นิ่ม ส่วนในกรณีที่ค่าการอัดสูงเกิน 100  $\mu\text{m}$  จะส่งผลให้ค่าแรงเสียดทานน้อย ซึ่งจะส่งผลให้การเบรครถยนต์ไม่สามารถหยุดในระยะที่กำหนด และจะส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุตามมาได้

4.3.1 อุณหภูมิของแม่พิมพ์ โดยกำหนดให้  $\mu_1$  คือค่า Compression ของชิ้นงานเมื่อทำการ setup die temperature ที่ 140°C และ  $\mu_2$  คือ ค่า compression ของชิ้นงาน ที่ 160°C จากนั้นวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ได้ค่า P-Value=0.014 ซึ่งสรุปได้ว่าอุณหภูมิของ die (Die temperature) มีผลต่อชิ้นงานร้าวและค่าการอัดตัวของชิ้นงานที่นัยสำคัญที่ 0.05



4.3.2 จำนวนการอัด-คายตัวของ Machine โดยกำหนดให้  $\mu_1$  คือ ค่า Compression ของชิ้นงาน ที่ 4 Bump และ  $\mu_2$  คือค่าcompressionของชิ้นงานที่7Bump จากนั้นวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ได้ค่า P-Value= 0.004 สรุปได้ว่าจำนวนการอัดตัวมีผลต่อชิ้นงานร้าวและค่าการอัดตัวของชิ้นงานอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 0.05

4.3.3 ระยะช่องว่างในการคายก๊าซ (Vent Distance Gap) โดยกำหนดให้  $\mu_1$  คือ ค่า Compression ของชิ้นงานเมื่อทำการ setup Vent Distance Gap ที่ 1 mm. และ  $\mu_2$  คือค่าcompressionของชิ้นงานเมื่อทำการ setup Vent Distance Gap ที่ 5 mm. จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ได้ค่า P-Value= 0.004 ซึ่งสรุปได้ว่า Vent Distance Gap มีผลต่อชิ้นงานร้าวและค่าการอัดตัวของชิ้นงานที่นัยสำคัญที่ 0.05

4.3.4 ระยะเวลาการอัดของ Machine (Dwell Time) โดยกำหนดให้  $\mu_1$  คือ ค่า Compression ของชิ้นงานเมื่อทำการ setup Dwell time ที่ 90 sec. และ  $\mu_2$  คือ ค่า compression ของชิ้นงานเมื่อทำการ setup Dwell time ที่ 130 sec. จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ได้ค่า P-Value= 0.925 ซึ่งสรุปได้ว่าระยะเวลาการอัดตัว (Dwell time) ไม่มีผลต่อชิ้นงานร้าวและค่าการอัดตัวของชิ้นงานตามระดับนัยสำคัญที่ 0.05

4.3.5 แรงดันช่วงอัดตัว (Dwell Pressure) โดยกำหนดให้  $\mu_1$  คือ ค่า Compression ของชิ้นงาน เมื่อทำการ อัดตัวที่ Full Dwell Pressure และ  $\mu_2$  คือ ค่า compression ของชิ้นงานเมื่อทำการอัดตัวที่ Half Dwell Pressure จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ได้ค่า P-Value= 0.142 ซึ่งสรุปได้ว่าแรงดันการอัดตัว (Dwell Pressure) ไม่มีผลต่อชิ้นงานร้าวและค่าการอัดตัวของชิ้นงานที่นัยสำคัญที่ 0.05 ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงได้ ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการทดสอบสมมติฐาน

ลำดับ	สมมติฐาน	ผลสมมติฐาน	
1	$H_0: \mu_1 = \mu_2$	อุณหภูมิของแม่พิมพ์ไม่มีผลต่อการอัดตัว	ปฏิเสธ $H_0$
	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$	อุณหภูมิของแม่พิมพ์มีผลต่อการอัดตัว	
2	$H_0: \mu_1 = \mu_2$	จำนวนการอัด-คายตัวของ M/C (Number of Bump) ไม่มีผลต่อการอัดตัว	ปฏิเสธ $H_0$
	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$	จำนวนการอัด-คายตัวของ M/C (Number of Bump) มีผลต่อการอัดตัว	
3	$H_0: \mu_1 = \mu_2$	ระยะช่องว่างในการคายแก๊ส (Vent Distance Gap) ไม่มีผลต่อการอัดตัว	ปฏิเสธ $H_0$
	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$	ระยะช่องว่างในการคายแก๊ส (Vent Distance Gap) มีผลต่อการอัดตัว	
4	$H_0: \mu_1 = \mu_2$	ระยะเวลาการอัดตัวของ M/C (Dwell Time) ไม่มีผลต่อการอัดตัว	ยอมรับ $H_0$
	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$	ระยะเวลาการอัดตัวของ M/C (Dwell Time) มีผลต่อการอัดตัว	
5	$H_0: \mu_1 = \mu_2$	แรงดันช่วงอัดตัว (Dwell Pressure) ไม่มีผลต่อการอัดตัว	ยอมรับ $H_0$
	$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$	แรงดันช่วงอัดตัว (Dwell Pressure) มีผลต่อการอัดตัว	

จากตารางที่ 4-2 เป็นผลของการทดลองวิเคราะห์ความแตกต่างเพื่อกำหนดปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาและต้องทำการควบคุม คือ

1. อุณหภูมิของแม่พิมพ์
2. จำนวนการอัด-คาย ของเครื่องจักร
3. ระยะช่องว่างในการคายก๊าซ

จากนั้นนำทั้ง 3 ปัจจัยไปทำการปรับปรุงในขั้นตอนการออกแบบ  $2^3$  Full Factorial

#### 4.4 ผลขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

จากการทดลองวิเคราะห์หาความแปรปรวนเพื่อกำหนดปัจจัยต่างๆยังไม่สามารถทราบค่าปัจจัยที่เหมาะสม ดังนั้นจึงทำการกำหนด Level ของแต่ละปัจจัยต่าง ๆ โดยอ้างอิงมาจากข้อมูลเดิมของการผลิตโมเดล X4068 ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ปัจจัยและลักษณะของปัจจัยป้อนเข้า

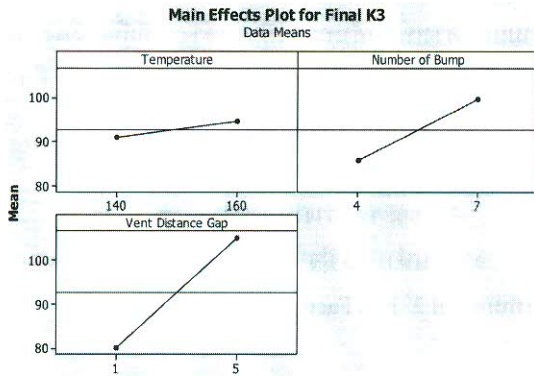
ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	Current Mass Pro.	Level		หน่วย
		1	2	
Die Temperature	150	140±5	160±5	°C
Number of Bump	5	4	7	Bump
Vent Distance Gap	2	1	5	mm.

จากนั้น ออกแบบการทดลอง ผลการทดลองแบบ 23 Full Factorial เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของสาเหตุหลักและความแปรปรวนร่วมของแต่ละ Factor โดยแสดงดังรูปที่ 4-9

Factorial Fit: Final K3 versus Temperature, Number of Bu, Vent Distanc					
Estimated Effects and Coefficients for Final K3 (coded units)					
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		92.6977	0.1135	816.62	0.000
Temperature	3.6267	1.8133	0.1135	15.97	0.000
Number of Bump	14.0850	7.0425	0.1135	62.04	0.000
Vent Distance Gap	25.0712	12.5356	0.113	110.43	0.000
Temperature*Number of Bump	0.0996	0.0498	0.1135	0.44	0.673
Temperature*Vent Distance Gap	0.3858	0.1929	0.1135	1.70	0.128
Number of Bump*Vent Distance Gap	0.6400	0.3200	0.1135	2.82	0.023
Temperature*Number of Bump*	1.1046	0.5523	0.1135	4.87	0.001
Vent Distance Gap					

S = 0.454057 PRESS = 6.59736  
R-Sq = 99.95% R-Sq(pred) = 99.80% R-Sq(adj) = 99.91%

รูปที่ 4-9 ค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน

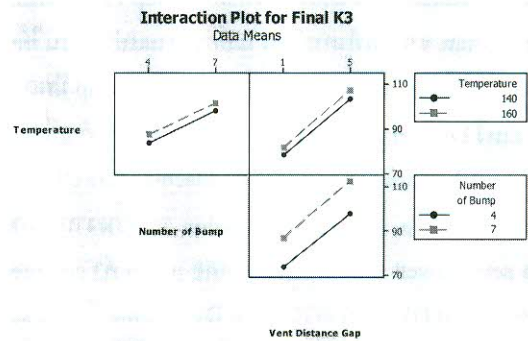


รูปที่ 4-10 กราฟผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสาเหตุหลัก

จากกราฟ ดังรูปที่ 4-10 เป็นผลของการศึกษา โดยแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของสาเหตุหลักแต่ละตัว และจากการปรับตั้งค่าที่ต่ำที่สุดไปสู่ค่าที่สูงที่สุด ซึ่งมีแนวโน้มการเกิดปัญหาที่ลดลงด้วย โดยอุณหภูมิของแม่

พิมพ์ (Die Surface Temperature) เปลี่ยนแปลงจาก 160°C เป็น 140°C จะทำให้ค่า Compression ลดลง, จำนวนการอัด-คายตัวของ M/C (Number of Bump) เปลี่ยนแปลงจาก 7 Bump เป็น 4 Bump และระยะช่องว่างการคายก๊าซ (Vent Distance Gap) เปลี่ยนแปลงจาก 5 mm. เป็น 1 mm. ซึ่งส่งผลให้ค่าการอัดชิ้นงาน ลดต่ำลง นั่นหมายถึงอัตราการรั่วของชิ้นงานลดต่ำลงด้วย

จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของปัจจัยแต่ละตัว แสดงได้ ดังรูปที่ 4-11



รูปที่ 4-11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแต่ละตัว

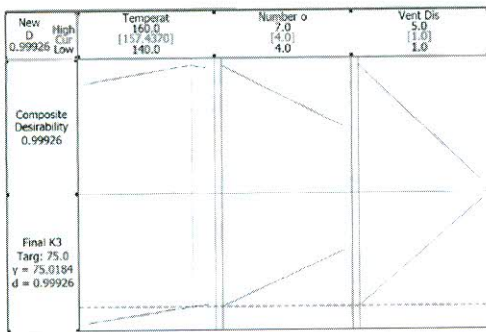
จากรูปที่ 4-11 พบว่าอุณหภูมิของแม่พิมพ์ (Die Temperature), จำนวนการอัด-คายตัวของ M/C (Number of Bump) และระยะเวลาช่องว่างในการคายก๊าซ (Vent Distance Gap) ไม่มี Interaction ต่อกัน ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิของแม่พิมพ์ (Die Temperature), จำนวนการอัด-คายตัวของ M/C (Number of Bump) และระยะเวลาช่องว่างในการคายก๊าซ (Vent Distance Gap) ไม่มีความสัมพันธ์ต่อกันที่จะส่งผลให้เกิดค่า Compression ที่ลดลงและไม่ส่งผลต่อปัญหาการรั่วของชิ้นงาน

จากนั้น วิเคราะห์ระดับที่เหมาะสม หรือ Response Optimizer โดยวิธีการทาง Mini-Tab โดยกำหนดค่าการอัดชิ้นงาน ตามข้อกำหนดของลูกค้า ไม่ควรสูงเกิน 100 µm และค่าเป้าหมายต่ำสุด คือ 50 µm ได้ผลการทดสอบ ดังรูปที่ 4-12



Response Optimization						
Parameters						
Final K3	Goal Target	Lower	Target	Upper	Weight	Import
		50	75	100	1	1
Global Solution						
Temperature	=	157.374				
Number of Bu	=	4				
Vent Distanc	=	1				
Predicted Responses						
Final K3	=	75.0050	desirability =	0.999801		
Composite Desirability = 0.999801						

รูปที่ 4-12 การวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสม



รูปที่ 4-13 ผลการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสม

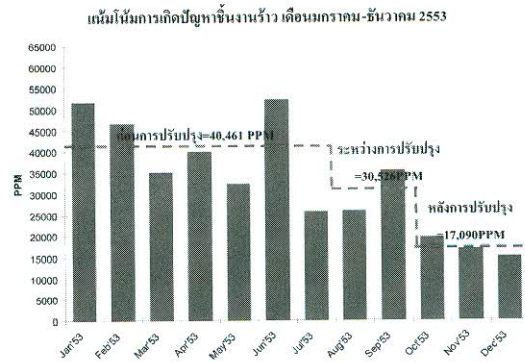
จากรูปที่ 4-12 และ 4.13 เพื่อให้ได้ค่าการอัดชิ้นงานตาม Target คือ 75  $\mu\text{m}$  จะต้องทำการควบคุมปัจจัยในการผลิต คือ อุณหภูมิของแม่พิมพ์ ควรอยู่ที่ 157°C, จำนวนการอัด-คายตัวของ M/C ควรอยู่ที่ 4 Bump และระยะช่องว่างการคายก๊าซ ควรอยู่ที่ 1 มิลลิเมตร จะสามารถทำให้ค่าการอัดชิ้นงานลดต่ำลงและส่งผลให้ปัญหาการรั่วของชิ้นงานลดต่ำลงด้วยเมื่อทำการปรับปรุงแล้วจากนั้นจะทำการควบคุมตัวแปรในขั้นตอนต่อไป

#### 4.5 ขั้นตอนการควบคุมปัญหา

ตัวแปรที่ทำการควบคุมปัญหา คือ 1. อุณหภูมิของแม่พิมพ์ จะต้องทำการตรวจเช็คโดยพนักงานควบคุมคุณภาพ และบันทึกลงในเอกสารสั่งผลิต (Manufacturing Operation Card) 2. จำนวนการอัดตัว และ 3. ระยะช่องว่างการคายก๊าซ

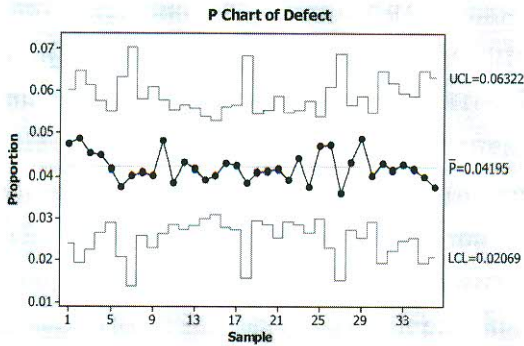
โดยตัวแปรทั้ง 2 นี้ เป็นหน้าที่ของ รองหัวหน้ากระบวนการผลิตขั้นรูปรีออน (Sub Leader Pressing Line) จะต้องเป็นผู้ทำการปรับพารามิเตอร์ของเครื่องทุกครั้ง ที่เริ่มต้นกระบวนการผลิตของโมเดล X068 โดยจะต้องทำการปรับตั้งค่าตามเอกสารการควบคุมกระบวนการผลิต (Process Specification) และจากนั้นบันทึกพารามิเตอร์ที่ทำการปรับตั้งในเอกสารสั่งผลิต เพื่อเป็นการยืนยันการตรวจสอบ นอกจากนั้นแล้ว ในส่วนของ Dwell time และ Dwell pressure นั้น ก็เป็นส่วนที่สำคัญที่จะมีความผิดพลาดไม่ได้ โดยในส่วนนี้ จะต้องทำการ Setup ก่อนเริ่มการผลิตโดยรองหัวหน้า และจดบันทึกลงในเอกสารสั่งผลิต เพื่อเป็นการยืนยันการตรวจสอบ

และหลังจากการปรับปรุงและการควบคุมตัวแปรต่างๆ แล้ว พบว่าปัญหาชิ้นงานรั่ว มีแนวโน้มลดลง แสดงดังรูปที่ 4-14



รูปที่ 4-14 ผลการดำเนินการแก้ไขหลังจากควบคุมตัวแปรต่างๆ

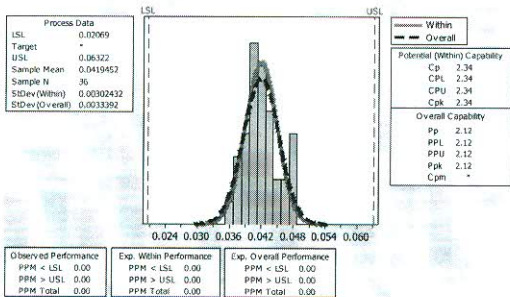
ขั้นตอนต่อมาวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการหลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงโดยนำข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างเดือนตุลาคม- ธันวาคม 2553 มาเขียนเป็นแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p Chart) โดยโปรแกรม mini-Tab โดยแสดงได้ดังรูปที่ 4-15 โดยได้ค่า P-bar ที่ 0.04195 และค่าเปอร์เซ็นต์ของของเสียอยู่ในค่าพิสัยควบคุม



รูปที่ 4-15 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (หลังการปรับปรุง)

จากนั้นทำการพิจารณาค่าดัชนีศักยภาพของกระบวนการ ( $P_{pk}$ ) โดยทำการคำนวณด้วยโปรแกรม mini-Tab พบว่าค่าเท่ากับ 2.12 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1.33 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการการขึ้นรูปชิ้นงานร้อนมีความผันแปรน้อยและมีความมั่นคงสูง

Process Capability of Defect (After improvement)



รูปที่ 4-16 แผนภูมิการควบคุมกระบวนการสัดส่วนของเสีย (หลังการปรับปรุง Oct-Dec'53)

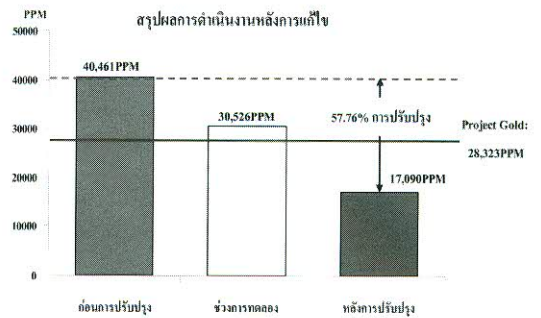
สามารถเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุง ได้ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ข้อมูลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

Item	Before	After
P-bar	0.05130	0.04195
Ppk	1.76	2.12

### 5. สรุปผลการทดลอง

จากการประยุกต์ใช้เทคนิคดีเอ็มเอไอซี (DMAIC) มาช่วยแก้ไขปัญหาลำบากในกระบวนการผลิตผ้าเบรคชนิดขึ้นรูปร้อน พบว่าก่อนการปรับปรุงเกิดปัญหาลำบาก โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 40,461 PPM ผลหลังจากการดำเนินการปรับปรุงทำให้สามารถลดปัญหาลำบากในโมเดล X068 ของกระบวนการขึ้นรูปร้อนของกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์ลงเหลือ 17,090 PPM หรือคิดเป็นสัดส่วนที่ลดลง 57.76% สรุปผลได้ ดังรูปที่ 4-16



รูปที่ 4-16 สรุปผลการทดลองก่อนและหลังการปรับปรุง

โดยผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยแผนภาพก้างปลาการระดมสมองและการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหา คือ 1. อุณหภูมิ 2. จำนวนการอัด-คายตัวของ Machine 3. ระยะช่องว่างในการคายก๊าซ 4. ระยะเวลาการอัดตัวของเครื่องจักร และ 5. แรงดันการอัดตัว

จากการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 5% พบว่า อุณหภูมิของแม่พิมพ์ (Tooling Surface Temperature), จำนวนการอัด-คายตัวของ Machine และระยะของช่องว่างในการคายก๊าซส่งผลต่อปัญหาลำบากอย่างมีนัยสำคัญและจากการปรับปรุงด้วยการออกแบบการทดลองแบบ 2<sup>3</sup> Full Factorial เพื่อทำการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย พบว่า อุณหภูมิของแม่พิมพ์, จำนวนการอัด-คายตัวของ Machine และ ระยะของช่องว่างในการคายก๊าซ มีค่าเท่ากับ 157°C, 4 bump และ 1 mm. โดยลำดับ



ซึ่งนอกจากนั้นแล้วในการปรับปรุงครั้งนี้ยังเพิ่มดัชนีศักยภาพ ของกระบวนการ ( $P_{pk}$ ) จากเดิม 1.76 เป็น 2.12ซึ่งทำให้ระดับมาตรฐานของกระบวนการผลิตที่สูงขึ้นลดค่าใช้จ่ายและต้นทุนคุณภาพในการผลิต และสามารถทำให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นมีคุณภาพตรงตามข้อกำหนดของลูกค้า

### ข้อเสนอแนะ

1. ผู้ที่สนใจจะนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนานั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโมเดลอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาได้แต่จะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของความแตกต่างของสูตรเคมี(Formula)ที่นำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ของลูกค้าแต่ละรายเพื่อศึกษาอัตราส่วนของการเกิดปัญหาขึ้นงานเร็ว ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ รวมไปถึงการเก็บข้อมูลทางสถิติเพิ่มเติมว่าโมเดลไหนมีอัตราการเกิดปัญหาเท่าไรโดยการพิจารณาจากการใช้อุณหภูมิ, จำนวนการอัดคายของเครื่องจักร และ ระยะช่องว่างการคายก๊าซที่ Setup เท่ากัน ซึ่งวัตถุประสงค์ก็เพื่อจะทำให้ผู้ที่ทำการวิจัย เข้าใจถึงวิธีและหลักการคิดแก้ปัญหาได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จะทำให้ผู้ที่ทำการศึกษาต่อไปมีแนวทางในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ในการศึกษาครั้งต่อไป หากมีการเพิ่มเติมความสามารถของกระบวนการผลิตโดยการนำเทคนิค ดีเอ็มเอไอซี (DMAIC) ของซิกม่า มาประยุกต์ใช้ในช่วงที่ผลิตภัณฑ์กำลังทำการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่(New Product) ก็จะช่วยส่งผลให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเมื่อเริ่มทำการผลิตผลิตภัณฑ์ไปแล้ว การปรับปรุงแก้ไขบางอย่างทำได้ยากมาก เนื่องจากจะกระทบต่อต้นทุนและอาจต้องแจ้งให้ลูกค้าทราบเพื่อขออนุมัติการเปลี่ยนแปลง

### กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.ระพี กาญจนะ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์, และ ผศ.ศรีโรจารุญญา ที่กรุณาให้ความรู้และคำปรึกษา

แนวคิดข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุงและแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องต่างๆ ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และคณาจารย์ทุกท่าน ที่สนับสนุนงานวิจัยไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] หนังสือพิมพ์บางกอกโพสต์, 2553. ข่าวธุรกิจอุตสาหกรรมยานยนต์ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (สอท), [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก [http:// www.bangkokbiznews.com](http://www.bangkokbiznews.com) (10 มิถุนายน 2553).
- [2] กิตติศักดิ์ พลอยพามิขเจริญ, 2542. การวิเคราะห์ระบบการวัด. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [3] พงศ์ สฤตกลานวัฒน์, 2551. การลดของเสียแขนจับหัวอ่านด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกม่า. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม.
- [4] วสันต์ พุกผาสุข, 2550. การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ซิกม่า กรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมชุบโครเมียม. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [5] T.N. Goh. 2002. Six sigma quality management, Journal of Quality Engineering 18(5): 403-410. 14.
- [6] Nicholas Roth, 2010. Process improvement for printing operations through the DMAIC Lean Six Sigma approach: A case study from Northwest Ohio, USA, Journal of Lean Six Sigma, Vol. 1 Iss: 2, pp.119 – 133.
- [7] Sameer Kumar and Michael Sosnoski, 2009. Using DMAIC Six Sigma to systematically improve shop floor production quality and cost, Journal of Productivity and Performance Management Vol.58 No.3.
- [8] Wichai Chattinnawat, 2008. Methodology of DMAIC with Why-Why Analysis in a Hierarchical

**Decision Procedure: A Case Study of Quality Improvement of Polarization Maintain and absorptionReducing (PANDA) Fiber Connectors**, Journal of Industrial Engineering, IC MIT 2008.

[9] J.P.C. Tong and F. Tsung, 2004. **A DMAIC approach to printed circuit board quality improvement**, Article of Manufacturing Technology, 23(7): 523-531.

[10] Clairton A. Siebra, Paulo H.R. Costa and Andre L.M. Santos, 2009. **Improving the Handsets Network Test Process via DMAIC Concepts**, Research of CIn/SIDI-Samsung Laboratory, 8248/91.

[11] Wang Zhiying and Sun Jing, 2006. **Application of DMAIC on Service Improvement of Bank Counter**, Service Systems and Service Management, 2006 International Conference on Vol.1: 726-731.