การเพิ่มผลิตภาพของการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยเทคนิค DMAIC กรณีศึกษา : โรงงานประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

PRODUCTIVITY IMPROVEMENT OF ELECTRONICS PART BY USING DMAIC TECHNIQUE: A CASE STUDY OF PRINTED CIRCUIT BOARD ASSEMBLY MANUFACTURING

ศิวะ ไวทย์รุ่งโรจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การเพิ่มผลิตภาพของการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยเทคนิค DMAIC
กรณีศึกษา : โรงงานประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ศิวะ ไวทย์รุ่งโรจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเพิ่มผลิตภาพของการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยเทคนิค DMAIC กรณีศึกษา: โรงงานประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ Productivity Improvement of Electronics Part by Using DMAIC Technique: A Case Study of Printed Circuit Board Assembly Manufacturing
ชื่อ - นามสกุล	นายศิวะ ไวทย์รุ่งโรจน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ณฐา คุปตัษเฐียร, Ph.D.
ปีการศึกษา	2555

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.)

..... กรรมการ
(อาจารย์กรกฎ เหมสถาปัตย์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(อาจารย์สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล, Ph.D.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ณฐา คุปตัษเฐียร, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมหมาย ผิวสอาด, Ph.D.)
วันที่ 10 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2556

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเพิ่มผลิตภาพของการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยเทคนิค DMAIC กรณีศึกษาโรงงานประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์
ชื่อ - นามสกุล	นายศิวะ ไวทย์รุ่งโรจน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ณฐา คุปตัษเฐียร, Ph.D.
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยประยุกต์นำเทคนิค DMAIC มาใช้ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ การกำหนดปัญหา การวัดสาเหตุปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุปัญหา การปรับปรุงกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการ

ระเบียบวิธีวิจัยมี 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) การเพิ่มปริมาณการผลิตตามความต้องการของลูกค้าจาก 17,000 ชิ้น ให้ได้อย่างน้อย 20,000 ชิ้นต่อวัน โดยปรับปรุงในขั้นตอนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นจุดคอขวดในสายการผลิต 2) การแก้ไขปัญหาอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย ซึ่งเป็นสิ่งบกพร่องที่เกิดขึ้นสูงสุดในกระบวนการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เท่ากับร้อยละ 4.12 โดยมีสาเหตุจากการโก่งของตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ซึ่งทำจากพลาสติกหลังผ่านขั้นตอนการหลอมดีบุก และ 3) การลดต้นทุนของดีบุกครีมซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีการสั่งซื้อสูงสุด ซึ่งหากเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่ที่มีราคาถูกกว่าแล้วคุณภาพสินค้าไม่แตกต่างจะทำให้ลดต้นทุนวัตถุดิบลงได้เท่ากับร้อยละ 10

จากการวิจัยพบว่า 1) ปริมาณการผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 20,147 ชิ้นต่อวัน โดยการจัดสมดุลย์จำนวนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้เครื่องจักรใหม่ และเปลี่ยนวิธีการจัดเตรียมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของพนักงานใหม่ 2) สิ่งบกพร่องจากปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยลดลงเหลือเท่ากับร้อยละ 1.42 โดยนำแท่งทองเหลืองทับบนตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์เพื่อไม่ให้โก่งตัวขณะดีบุกครีมหลอมเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้ากับจุดเชื่อมต่อบนแผงวงจรในขั้นตอนการหลอมดีบุก 3) ลดต้นทุนดีบุกครีมลงได้ร้อยละ 10 จากการเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่ โดยทำการทดลองแบบ 2^{k-1} แฟคทอเรียลบางส่วนเพื่อกรองหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าตอบสนองและทดลองซ้ำด้วยการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไปอีกครั้งเพื่อหาค่าระดับของปัจจัยที่จะนำไปใช้เป็นค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนการพิมพ์ดีบุก

คำสำคัญ : การเพิ่มผลิตภาพ ซิกส์ซิกม่า เทคนิค DMAIC แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

Thesis Title	Productivity Improvement of Electronics Part by Using DMAIC Technique: A Case Study of Printed Circuit Board Assembly Manufacturing
Name - Surname	Mr. Siva Vairungroje
Program	Industrial Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Natha Kuptasthien, Ph.D.
Academic Year	2012

ABSTRACT

The purpose of this research was to improve productivity in the printed circuit board assembly process by using DMAIC technique to define the problem, measure, analyze data, improve and control the system.

The research consisted of three phases 1) to increase the output to fulfill customer's requirement from 17,000 to 20,000 boards per day by improving the electronics part placement process that was bottleneck in production line 2) to solve the connector floating problem that was the highest defect of 4.12%. The cause was connector bending after passing the reflow soldering process and 3) to reduce solder paste material cost. If the quality of the new cheapen solder paste is similar to the old one, the material cost could be saved of about 10%.

The results of the research indicated that 1) the output average was increased to 20,147 boards per day by balancing the mounting point of electronic parts in each machine and changing the method of preparation electronic parts 2) the connector floating defect was reduced to 1.42% by using brass bar press on connector to solve the bend in reflow soldering process 3) the cost of solder paste was saved about 10% for using the new cheapen one by 2^{k-1} fractional factorial design of experiment to screen significant factors and retested them with general full factorial design to optimize level of factors for parameter setting in solder paste printing process.

Keywords: productivity improvement, six sigma, DMAIC technique, printed circuit board.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ ดร.ระพี กาญจนะ ดร.สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้อำนวยการฝ่ายวิศวกรรม Mr. Peter และเพื่อนร่วมงาน คุณกวีศักดิ์ คุณสายันต์ คุณพรสกล และคุณนพพล ที่ให้ความช่วยเหลือด้านเทคนิคกระบวนการผลิต สุดท้ายต้องกราบขอบพระคุณป่าป๊าและแม่ที่ออกทุนทรัพย์ในการศึกษาระดับปริญญาโทครั้งนี้

คุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเพื่อบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศิวะ ไวทย์รุ่งโรจน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฑ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 สมมติฐานของการศึกษา 3
1.4 ขอบเขตของการศึกษา 3
1.5 ขั้นตอนและแผนการวิจัย 4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ซิกส์ซิกม่า 5
2.2 ขั้นตอนการดำเนินงานตามหลักซิกส์ซิกม่า 6
2.3 การจัดองค์กรบริหารตามแนวทางซิกส์ซิกม่า 21
2.4 ตัวชี้วัดพื้นฐานสำหรับวัดความสามารถของกระบวนการ 22
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการลดความสูญเสีย 23
2.6 การทบทวนงานวิจัย 25
3 วิธีดำเนินการวิจัย 28
3.1 ศึกษาภาพรวมของกระบวนการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 28
3.2 ขั้นตอนการทำงานวิจัยในส่วนที่ 1 29
3.3 ขั้นตอนการทำงานวิจัยในส่วนที่ 2 34
3.4 ขั้นตอนการทำงานวิจัยในส่วนที่ 3 37

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

4 ผลการดำเนินงานวิจัย 43

4.1 กระบวนการประกอบ (Assembly Process) 43

4.2 กระบวนการทดสอบ (Testing Process) 51

4.3 การจัดตั้งทีมงานและการอบรมเบื้องต้น 51

4.4 การเพิ่มปริมาณการผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 จาก 17,000 ชิ้นเป็น 20,000 ชิ้นต่อวัน 53

4.5 การลดสิ่งบกพร่องในปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating) 93

4.6 การเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่เพื่อลดต้นทุนในการผลิต 115

5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย 147

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 147

5.2 อภิปรายผล 148

5.3 ข้อเสนอแนะ 149

รายการอ้างอิง 150

ภาคผนวก 154

ภาคผนวก ก เกณฑ์การให้คะแนนค่าความเสี่ยง (RPN) สำหรับการวิเคราะห์ FMEA 155

ภาคผนวก ข รูปภาพและข้อมูลประกอบวิทยานิพนธ์ 159

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมมินิแทป 167

ภาคผนวก ง ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ 174

ประวัติผู้เขียน 189

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ปริมาณสั่งผลิตสินค้าในแต่ละรุ่นระหว่างเดือนมกราคม - มีนาคม 2555 2

2.1 เกณฑ์การประเมินดัชนีความสามารถของกระบวนการ (C_p) 10

2.2 ชนิดของแผนภูมิควบคุมแยกตามการใช้งาน 20

3.1 อธิบายความหมายของขั้นตอนในการผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 29

4.1 ความสามารถในการผลิตของกระบวนการประกอบ 54

4.2 ความสามารถในการผลิตของกระบวนการทดสอบ 54

4.3 ข้อมูลการวัดเวลามาตฐานเพื่อวิเคราะห์ค่าเอนเอียงและสมบัติเชิงเส้น 57

4.4 ข้อมูลการวัดเวลามาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ 59

4.5 ผลการวัดรอบเวลาจากสิ่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ความเที่ยงตรง 60

4.6 ผลวิเคราะห์ความเที่ยงตรงด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน 62

4.7 ผลวิเคราะห์ FMEA ในปัญหารอบเวลาการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าสูงเกินไป 66

4.8 คะแนนความเสี่ยงของปัจจัยนำเข้าของงานวิจัยในส่วนที่ 1 67

4.9 ข้อมูลทางกายภาพของเครื่องวางอุปกรณ์รุ่น YAMAHA YG-200 กับ YG-100B 70

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดอุปกรณ์ ขนาดหัวจับ ความเร็วการวางและเคลื่อนที่ 71

4.11 เวลาการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่อ 1 ตัว (Takt Time) ในกระบวนการปัจจุบัน 72

4.12 การประมาณค่ารอบเวลางานของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ 73

4.13 รอบเวลาการวางอุปกรณ์ของโปรแกรมปัจจุบันและแบบใหม่ 75

4.14 ผลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม 75

4.15 ขั้นตอนและเวลาเฉลี่ยของการต่อม้วนอุปกรณ์ในปัจจุบัน 79

4.16 รอบเวลาของการทดลองต่อม้วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 3 กลุ่ม 82

4.17 ผลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลทั้ง 3 กลุ่ม 82

4.18 ผลการทดสอบความแปรผันของข้อมูลทั้ง 3 กลุ่ม 83

4.19 เปรียบเทียบจำนวนตำแหน่งการวางอุปกรณ์แบบปัจจุบันและแบบใหม่ 85

4.20 เปรียบเทียบปริมาณการผลิตระหว่างโปรแกรมปัจจุบันกับแบบใหม่ 87

4.21 ปริมาณงานทั้ง 3 สายผลิตด้วยโปรแกรมใหม่ 88

4.22 ผลการตรวจสอบชิ้นงานมาตรฐานของพนักงาน 95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.23 ผลวิเคราะห์ระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบ 97

4.24 ผลวิเคราะห์ FMEA ของปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating) 101

4.25 ลำดับคะแนนของปัจจัยนำเข้าสำหรับปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย 102

4.26 จำนวนคอนเนคเตอร์ลอยที่เกิดขึ้นในการทดลอง 106

4.27 ผลการตรวจสอบความเป็นระนาบของคอนเนคเตอร์ในรูปวัตถุดิบ 107

4.28 เปรียบเทียบรอบเวลาของพนักงานตรวจสอบระหว่างวิธีปัจจุบันกับวิธีใหม่ 109

4.29 ข้อมูลการวัดค่าความสูงมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ค่าความเอนเอียงและสมบัติเชิงเส้นตรง 118

4.30 ข้อมูลการวัดค่าความสูงมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ 119

4.31 ผลการวัดความสูงดีบุกในตำแหน่งอุปกรณ์ IC-U5 เพื่อวิเคราะห์ความเที่ยงตรง 121

4.32 ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรง (Gage R&R) ด้วยวิธี ANOVA ผ่านโปรแกรมมินิแทป 123

4.33 ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรที่ใช้กับขั้นตอนการพิมพ์ดีบุกในปัจจุบัน 125

4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความสูงดีบุกกับค่า C_{pk} ที่ต้องการ 126

4.35 ค่าระดับของปัจจัยในการทดลองแบบ 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน 127

4.36 ผลของการทดลองแบบ 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน 128

4.37 ผลการแยก Alias ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสูงดีบุก 130

4.38 การประเมินค่าความสูงดีบุกโดยการใช้กราฟ Response Optimization 132

4.39 ผลการทดลองค่าความสูงดีบุกของ 3 ปัจจัยแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป 135

4.40 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ระหว่างใช้ดีบุกครีมยี่ห้อเดิมกับยี่ห้อใหม่ 139

4.41 จำนวนปัญหา Solder Bridging อุปกรณ์ IC-U5 จากการใช้ดีบุกครีมใหม่ในสายผลิตที่ 1 140

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed Circuit Board : PCB) 1

2.1 ลักษณะโครงสร้างของแผนภาพก้างปลา 12

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสถิติและค่าพารามิเตอร์ 14

2.3 ลักษณะการใช้งานของแผนภูมิควบคุม 20

3.1 แผนภาพการไหลขั้นตอนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่น Helios 3.0 28

3.2 ขั้นตอนการทำงานวิจัยในส่วนที่ 1 40

3.3 ขั้นตอนการทำงานวิจัยในส่วนที่ 2 41

3.4 ขั้นตอนการทำงานวิจัยในส่วนที่ 3 42

4.1 แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่น Helios 3.0 43

4.2 กระบวนการประกอบ (Assembly Process) รุ่น Helios 3.0 44

4.3 เครื่องพิมพ์ดีบุก (Solder Paste Printing Machine) 45

4.4 การเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนและหลังพิมพ์ดีบุกครีม 46

4.5 การวัดค่าความสูงดีบุก (Solder Height) ด้วยเครื่องวัดแบบเลเซอร์ 46

4.6 เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Part Placement Machine) 47

4.7 การเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนและหลังวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 48

4.8 เครื่องหลอมดีบุก (Reflow Soldering Machine) 48

4.9 การเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนและหลังผ่านเครื่องหลอมดีบุก 49

4.10 การติดสติ๊กเกอร์บาร์โค้ดที่ตัวชิ้นงาน 49

4.11 เครื่องตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติ (AOI Machine) 50

4.12 การตรวจสอบชิ้นงานผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า 50

4.13 กระบวนการทดสอบ (Testing Process) รุ่น Helios 3.0 51

4.14 โครงสร้างทีมงานในการดำเนินงานวิจัย 52

4.15 สายการผลิตที่เครื่องจักรต่อกันด้วยสายพานลำเลียง 53

4.16 ฮีสโตแกรมรอบเวลางานของเครื่อง Part Placement # 3 ในกระบวนการประกอบ 55

4.17 แผนภูมิควบคุมรอบเวลางานของเครื่อง Part Placement # 3 ในกระบวนการประกอบ 56

4.18 ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านเอนเอียงและสมบัติเชิงเส้นของนาฬิกาจับเวลา 58

4.19 ผลการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดด้วยแผนภูมิควบคุม 60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.20 ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรง (Gage R&R) ด้วยกราฟผ่านโปรแกรมมินิแทป 61
4.21 แผนภาพก้างปลาของปัญหา “รอบเวลางานการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าสูงเกินไป 64
4.22 ลำดับความสำคัญคะแนนความเสี่ยงจากผลวิเคราะห์ FMEA ของงานวิจัยส่วนที่ 1 67
4.23 การเปรียบเทียบรอบการทำงานของเครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 2 รุ่น 68
4.24 เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รุ่น YAMAHA YG-200 69
4.25 เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รุ่น YAMAHA YG-100B 69
4.26 การเปรียบเทียบชิ้นงานสำเร็จ (Finish good) กับแผ่น PCB วัตถุดิบ 70
4.27 การหาขนาดของสิ่งตัวอย่างแบบ 2-Sample T-Test 74
4.28 การกระจายตัวแบบปกติในข้อมูลรอบเวลางานของโปรแกรมปัจจุบันและแบบใหม่ 75
4.29 ผลทดสอบความผันแปรในรอบเวลาของโปรแกรมปัจจุบันกับแบบใหม่ 76
4.30 ผลวิเคราะห์ข้อมูลด้วย 2-Sample T-Test ระหว่างโปรแกรมปัจจุบันและแบบใหม่ 76
4.31 เครื่องวางอุปกรณ์แบบ 2 ช่วงการทำงาน (2 Stage) รุ่น YAMAHA YG-200 77
4.32 ชุดหัวจับด้านหน้า (Front Nozzle) และชุดหัวจับด้านหลัง (Rear Nozzle) 78
4.33 หัวจับ (Nozzle) จำนวน 6 หัวจับ ที่ติดตั้งในชุดหัวจับ 78
4.34 ม้วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขณะติดตั้งร่วมกับเครื่องจักร 79
4.35 การจัดเตรียมม้วนอุปกรณ์แบบแยกตามชนิด 80
4.36 การจัดเตรียมม้วนอุปกรณ์แบบแยกตามเครื่องจักร 80
4.37 หมายเลขและข้อมูลของอุปกรณ์ที่บันทึกไว้ในกระดาษ 81
4.38 การแจกแจงข้อมูลของการต่อม้วนอุปกรณ์ทั้ง 3 แบบ 83
4.39 ผลการทดสอบสมมติฐานแบบวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) 84
4.40 ปริมาณงานของกระบวนการประกอบ (SMT Yield) ของวันที่ 13 - 18 กุมภาพันธ์ 2555 88
4.41 การเฝ้าระวังรอบเวลางานของสายผลิตที่ 1 89
4.42 การเฝ้าระวังรอบเวลางานของสายผลิตที่ 2 90
4.43 การเฝ้าระวังรอบเวลางานของสายผลิตที่ 3 90
4.44 ปริมาณงาน SMT Yield ต่อวันหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต 91
4.45 การเปรียบเทียบปริมาณงานก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ 92
4.46 เปอร์เซ็นต์สิ่งบกพร่องที่เกิดขึ้นสูงสุด 5 อันดับแรก 93

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.47 การตรวจสอบปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยด้วยเกจวัดความหนา (Feeler Gauge) 94

4.48 เป้าหมายในการลดปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating) 94

4.49 แผนผังกระบวนการ (Process Mapping) ของปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย 98

4.50 ความสามารถกระบวนการ (Process Capability) ก่อนปรับปรุงกระบวนการ 99

4.51 แผนภาพก้างปลาของปัญหาสิ่งบกพร่อง “คอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating)” 100

4.52 ลำดับความสำคัญของความเสี่ยงจากผลวิเคราะห์ FMEA ของปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย 102

4.53 แบบแท่งทองเหลืองที่ใช้วางทับอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ 103

4.54 ลักษณะการวางแท่งทองเหลืองทับบนอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ 104

4.55 การหาขนาดของสิ่งตัวอย่างแบบ 2 Proportion T-Test 105

4.56 การตรวจสอบตัวคอนเนคเตอร์ก่อนทำการทดลอง 106

4.57 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนของเสีย 2 กลุ่มประชากร (2 Proportion T-Test) 107

4.58 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์คอนเนคเตอร์ลอยระหว่าง 16 - 28 เมษายน 2555 109

4.59 การเฝ้าระวังปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยระหว่างพฤษภาคม - มิถุนายน 2555 110

4.60 ขั้นตอนการประกอบคอนเนคเตอร์ด้วยวิธีแบบใหม่ 111

4.61 จุดที่พนักงานวางแท่งทองเหลืองทับอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ 111

4.62 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สิ่งบกพร่องก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ 112

4.63 ความสามารถกระบวนการ (Process Capability) หลังปรับปรุงกระบวนการ 112

4.64 ต้นทุนวัตถุดิบทางอ้อมเฉลี่ยต่อเดือนตั้งแต่เมษายน - มิถุนายน 2555 115

4.65 เปรียบเทียบราคาดีบุกครีมที่ใช้ปัจจุบันกับยี่ห้อใหม่ 116

4.66 ผลการวิเคราะห์ค่าความเอนเอียงและสมบัติเชิงเส้นของเครื่องวัดความสูงดีบุก 118

4.67 ผลการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดด้วยแผนภูมิควบคุม X Bar – R 120

4.68 การวัดความสูงดีบุกที่ถูกพิมพ์ในตำแหน่ง IC-U5 โดยใช้เครื่องวัดแบบเลเซอร์ 121

4.69 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล Gage R&R ด้วยกราฟผ่านโปรแกรมมินิแทป 122

4.70 ดัชนีชี้วัดความสามารถกระบวนการ (C_{pk}) การพิมพ์ดีบุกในปัจจุบัน 124

4.71 ดัชนีชี้วัดความสามารถกระบวนการ (C_{pk}) การพิมพ์ดีบุกของการทดสอบใหม่ 125

4.72 การพิมพ์ดีบุกครีมลงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 128

4.73 ผลวิเคราะห์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุกแบบ 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน 129

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.74 ผลวิเคราะห์หลังลดรูปการทดลอง 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน 130
4.75 ผลวิเคราะห์หาค่าระดับของปัจจัยจากการทำ Response Optimization 131
4.76 การใช้กราฟ Response Optimization เพื่อหาค่าระดับของปัจจัย 133
4.77 ผลวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุกแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป 135
4.78 ผลวิเคราะห์ของการลดรูปการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป 136
4.79 กราฟแสดงลักษณะข้อมูลจากการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป 136
4.80 กราฟอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างความเร็วการปาดดีบุกกับระยะห่างการพิมพ์ 137
4.81 การเฝ้าระวังค่าความสูงดีบุกระหว่างวันที่ 1 - 7 กรกฎาคม 2555 140
4.82 การหาขนาดตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนสิ่งบกพร่อง Solder Bridging 141
4.83 การเปรียบเทียบสัดส่วนของเสีย 2 กลุ่มข้อมูลโดยวิธีแบบ 2 Proportion T-Test 142
4.84 การควบคุมกระบวนการของทั้ง 3 สายผลิตด้วยแผนภูมิ X Bar – R Chart 143
4.85 ค่าความสามารถกระบวนการของทั้ง 3 สายผลิตจากดีบุกครีมใหม่ 144
4.86 สัดส่วนของเสียสำหรับปัญหา Solder Bridging กับอุปกรณ์ IC-U5 145
4.87 ลักษณะของปัญหา Solder Bridging กับอุปกรณ์ IC-U5 145

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ANOVA	Analysis of Variance
AOI	Auto Optical Inspection
CL	Center Line
CTC	Critical to Cost
CTD	Critical to Delivery
CTQ	Critical to Quality
D	Detection
DOE	Design and analysis of Experiment
DPO	Defect per Total Opportunity
DPU	Defect per Unit
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
Gage R&R	Gage Repeatability & Reproducibility
IC	Integrated Circuit
KPIV	Key Process Input Variable
KPOV	Key Process Output Variable
LCL	Lower Control Limit
LSL	Lower Specification Limit
MSA	Measurement System Analysis
NDC	Number of Distinct Categories
Min	Minimum
O	Occurrence
PCB	Printed Circuit Board
PCBA	Printed Circuit Board Assembly
PI	Process Instruction
PM	Preventive Maintenance
PPM	Parts Per Million

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

RPN	Risk Priority Number
S	Severity
SMT Yield	Assembly Process Yield of Surface Mounting Technology
SPC	Statistical Process Control
UCL	Upper Control Limit
USL	Upper Specification Limit
VMI	Visual Mechanical Inspection
$\mathbf{C_{pk}}$	Process Capability Index
$\mathbf{H_0}$	Null Hypothesis
$\mathbf{H_1}$	Alternative Hypothesis
$\mathbf{I_{min}}$	Index of a miss
$\mathbf{I_{FA}}$	False Alarm Index
$\mathbf{O_E}$	Operator Effectiveness
P/TV	Part to Part / Total Variation
P-Value	Probability Value
R-Square	Coefficient of Determination
$\mathbf{Y_{FT}}$	First Time Yield
$\mathbf{Y_{RT}}$	Rolled Throughput Yield
α	Significant Level
σ	Standard Deviation

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว และมีการแข่งขันกันสูงเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน ฮาร์ดดิสก์เป็นชิ้นส่วนของคอมพิวเตอร์ที่มีปริมาณการผลิตที่มาก ดังนั้นบริษัทที่เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนของฮาร์ดดิสก์จึงจำเป็นต้องทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยเพิ่มผลผลิตต่อวันให้มากขึ้น ตัดลดขั้นตอนของการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า ลดสัดส่วนของชิ้นงานที่มีข้อบกพร่อง เพื่อที่จะลดต้นทุนการผลิต และสามารถแข่งขันด้านราคาและคุณภาพกับคู่แข่งได้

บริษัทตัวอย่างกรณีศึกษา เป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์ ดังแสดงในภาพที่ 1.1 ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตคือ กำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า และต้นทุนการผลิตที่สูง ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงขั้นตอนในกระบวนการผลิต โดยการใช้เทคนิคและขั้นตอน DMAIC คือ Define, Measure, Analyze, Improve และ Control

แผ่นวงจรประกอบเสร็จพร้อมใช้งาน แผ่นวงจรต่อควบคุมการทำงานฮาร์ดดิสก์

ภาพที่ 1.1 แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed Circuit Board : PCB)

จากการเก็บข้อมูลของจำนวนสั่งผลิตล่วงหน้าตั้งแต่เดือนมกราคม – มีนาคม 2555 ดังแสดงในตารางที่ 1.1 พบว่าผลิตภัณฑ์รุ่น Helios 3.0 มีปริมาณขายรวมสูงสุดคือ 300,000,000 บาท ซึ่งคิดเป็น 73% ของทั้งหมด ดังนั้นจึงเลือกปรับปรุงกระบวนการของสินค้ารุ่นนี้เป็นหลัก

ตารางที่ 1.1 ปริมาณสั่งผลิตสินค้าในแต่ละรุ่น ระหว่างเดือน มกราคม - มีนาคม 2555

ผลิตภัณฑ์	จำนวนขาย (ชิ้น)	ราคาขาย (บาท)	เปอร์เซ็นต์ขาย
1. HELIOS 3.0	1,000,000	300,000,000	73.0 %
2. HELIOS 2.0	200,000	56,000,000	13.6 %
3. ARTEMIS CP48	150,000	17,250,000	4.2 %
4. F2Q	30,000	15,600,000	3.8 %
5. QASIS	100,000	7,500,000	1.8 %
6. DVR3.5	50,000	7,000,000	1.7 %
7. CANW-032X	250,000	5,000,000	1.2 %
8. DVR2.5	50,000	3,000,000	0.7 %
รวม	1,830,000	411,350,000	100 %

ในปัจจุบันลูกค้ามีความต้องการให้จัดส่งสินค้ารุ่น Helios 3.0 ทุกวัน จำนวนวันละ 20,000 ชิ้น ซึ่งโรงงานตัวอย่างมีกำลังการผลิตเพียง 17,000 ชิ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาหาแนวทางเพื่อเพิ่มกำลังผลิตให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า โดยทำการศึกษาในขั้นตอนของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพราะเป็นขั้นตอนที่ช้าที่สุดของสายการผลิต ซึ่งเป้าหมายคือจัดส่งสิ้นค้าให้ได้ 20,000 ชิ้นต่อวัน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิม 15%

จากนั้นมาทำการแก้ไขปัญหาสิ่งบกพร่อง ซึ่งมีความสำคัญต่อการจัดส่งสินค้าในแบบวันต่อวัน เนื่องจากถ้าผลผลิตของกระบวนการประกอบ (SMT Yield) มีค่าต่ำ ก็อาจส่งงานไม่ทันเพราะมีงานรอซ่อมเป็นจำนวนมาก ซึ่งลักษณะปัญหาที่พบมากและซ่อมแซมได้ยากคือ คอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating) ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา แล้วแก้ไขตามขั้นตอน DMAIC เพื่อลดปริมาณงานซ่อมซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายแฝงที่อยู่ในต้นทุนของการผลิต ซึ่งจุดประสงค์ของการทดลองนี้คือต้องการลดปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยลงจากเดิมประมาณ 4% ให้เหลือน้อยกว่า 2%

วัตถุประสงค์สุดท้ายคือเรื่องของต้นทุนการผลิต ผู้วิจัยมีความต้องการที่จะลดต้นทุนของวัตถุดิบ โดยได้เลือกดีบุกครีม (Solder Paste) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีค่าใช้จ่ายสั่งซื้อมากเป็นอันดับหนึ่ง

โดยทำการทดลองดีบุกครีมยี่ห้อใหม่แล้วใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment : DOE) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความสูงดีบุก (Solder Height) ที่พิมพ์ลงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ระหว่างดีบุกครีมใหม่กับยี่ห้อเดิม เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อปัญหาการเชื่อมต่อดีบุกกับจุดเชื่อมข้างเคียง (Solder Bridging) ซึ่งจุดประสงค์ของการทดลองนี้คือต้องการเปลี่ยนมาใช้ดีบุกครีมใหม่ที่มีราคาถูกกว่า ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนวัตถุดิบลงได้ 10%

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาหาแนวทางในการเพิ่มปริมาณการผลิตต่อวันจาก 17,000 เป็น 20,000 ชิ้นต่อวัน

1.2.2 เพื่อศึกษาหาแนวทางในการลดความแปรปรวนของกระบวนการ เพื่อต้องการลดปริมาณสิ่งบกพร่องในปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating) โดยใช้เทคนิค DMAIC

1.2.3 เพื่อหาแนวทางในการลดต้นทุนของวัตถุดิบ โดยการหาวัตถุดิบใหม่ที่ราคาถูกกว่า หากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันโดยใช้เทคนิค DOE

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

จากการได้ศึกษากระบวนการผลิต พบว่าสามารถใช้เทคนิค DMAIC ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ กำหนดปัญหา (Define) การวัดสาเหตุของปัญหา (Measure) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze) การปรับปรุงกระบวนการ (Improve) และการควบคุมกระบวนการ (Control) มาใช้ทำการปรับปรุงกระบวนการ เพื่อเพิ่มยอดการผลิต ลดสัดส่วนของสิ่งบกพร่อง และลดต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้จริง

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในกระบวนการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed Circuit Board Assembly : PCBA) ณ โรงงานตัวอย่างในสินค้ารุ่น Helios 3.0 ซึ่งในเรื่องของสิ่งบกพร่องจะทำการศึกษาเฉพาะปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating) เท่านั้น ส่วนในเรื่องของวัตถุดิบจะทำการศึกษาเฉพาะดีบุกครีมสำหรับกระบวนการพิมพ์ดีบุกเท่านั้น ซึ่งกำหนดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัยประมาณ 6 เดือน ระหว่างมกราคม - มิถุนายน 2555

1.5 ขั้นตอนและแผนการวิจัย

งานวิจัยนี้มีการศึกษาทั้งหมด 3 ส่วนคือ เพิ่มปริมาณการผลิตต่อวัน ลดสิ่งบกพร่องในปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating) และการเปลี่ยนดีบุกครีม (Solder Paste) ใหม่เพื่อลดต้นทุนวัตถุดิบในการผลิต การเริ่มต้นงานวิจัยต้องจัดตั้งทีมงานซึ่งเป็นกลุ่มคนที่ทำงานประจำในส่วนงานที่ต้องการศึกษาคือ แผนกกระบวนการ แผนกผลิต แผนกประกันคุณภาพ และแผนกซ่อมบำรุง จากนั้นให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัย รวมถึงหลักการเทคนิคต่างๆที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย แล้ววางแผนในรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานและระยะเวลาของงานวิจัยทั้ง 3 ส่วน โดยส่วนที่ 1 การเพิ่มปริมาณงานผลิต จะดำเนินงานในช่วงมกราคม - มีนาคม 2555 ส่วนที่ 2 การลดปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย จะดำเนินงานในช่วงกุมภาพันธ์ – เมษายน 2555 และส่วนที่ 3 การเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่ จะดำเนินงานในช่วงมีนาคม – พฤษภาคม 2555

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถทำให้บริษัทส่งสินค้าให้ลูกค้าได้เพิ่มขึ้นจากเดิม 15 %

1.6.2 สามารถลดปริมาณงานซ่อมลงได้ 50 % ซึ่งเป็นการลดต้นทุนแฝงในการผลิต

1.6.3 สามารถลดต้นทุนค่าวัตถุดิบลงได้ 10 %

1.6.4 ช่วยเพิ่มความรู้ในการใช้เทคนิค DMAIC และเครื่องมือทางสถิติเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้แก่พนักงานในองค์กร

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ซิกส์ซิกม่า

จากที่ธุรกิจในปัจจุบันมีการแข่งขันสูงมาก ทำให้ผู้ผลิตจะต้องสร้างความพอใจให้กับลูกค้าอย่างเบ็ดเสร็จ ทำให้บริษัท โมโตโรลา โดยไมเคิล แฮร์รี ได้คิดค้นแนวความคิดในการบริหารคุณภาพแนวทางใหม่ เพื่อตอบสนองถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยใช้แนวทางการลดสิ่งที่ไม่เป็นประโยชน์ ลดต้นทุนที่ไม่สร้างคุณภาพ และเพิ่มประสิทธิภาพให้กับหน่วยงาน ให้ตรงหรือมากกว่าความต้องการของลูกค้า เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันทางธุรกิจ

2.1.1 หลักการของซิกส์ซิกม่า

จุดประสงค์หลักของซิกส์ซิกม่าคือ การลดความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อที่จะกำจัดต้นทุนคุณภาพต่ำ (Cost of Poor Quality) ซึ่งหมายถึง ต้นทุนความเสียหายภายใน ภายนอก ต้นทุนการประเมินผล และต้นทุนการป้องกันต่างๆ นอกจากนี้ยังรวมไปถึงงานที่ต้องนำไปทำลายทิ้ง (Scrap) และงานที่ต้องนำไปซ่อมแซมใหม่ (Rework) ซึ่งจะเป็นการใช้เครื่องมือทางสถิติอย่างเป็นระบบ หลีกเลี่ยงการใช้ความรู้สึกในการตัดสินใจ เพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์และบริการที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่า รวดเร็วกว่า และมีราคาถูกกว่า

2.1.2 เป้าหมายของซิกส์ซิกม่า

ในกระบวนการผลิตทั่วไป ลักษณะของผลิตภัณฑ์จะกระจายตัวแบบปกติคือมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ระดับ $\pm 3\sigma$ ซึ่งสามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแน่นอนได้เท่ากับ 99.73% และมีโอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่องถึง 2700 PPM ซึ่งยังถือว่าไม่เป็นระดับที่ลูกค้าพอใจ เพราะลูกค้าต้องการให้มีค่าใกล้เคียงศูนย์มากที่สุด ดังนั้นจึงได้นำแนวทางของซิกส์ซิกม่ามาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยตั้งเป้าหมายความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ระดับ $\pm 6\sigma$ ซึ่งถ้าพิจารณาความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น (ค่า C_p) นั้นจะได้ค่าเท่ากับ 2 ซึ่งหมายถึง มีโอกาสเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องเพียง 0.002 PPM แต่เมื่อพิจารณาจากความสามารถของกระบวนการในระยะยาวจะพบว่าในกระบวนการใดๆ ค่ากลางของข้อมูลมักมีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ตั้งไว้ในตอนแรก (Setting Value) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงเท่ากับ $\pm 1.5\sigma$ โดยปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “Shift and Drifts” ซึ่งเมื่อกระบวนการได้มีการปรับปรุงคุณภาพ โดยใช้แนวทางซิกส์ซิกม่าแล้วจะทำให้มีโอกาสในการเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องเท่ากับ 3.4 PPM ซึ่งจะเห็นว่าโอกาสในการเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องนั้นน้อยมาก

2.2 ขั้นตอนการดำเนินงานตามหลักซิกส์ซิกม่า

ขั้นตอนการทำซิกส์ซิกม่ามีทั้งหมด 5 ขั้นตอน คือ DMAIC ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 ระบุปัญหา (Define Phase)

ปัญหาที่ถูกนำมาพิจารณานั้น ต้องเป็นปัญหาที่ส่งผลต่อธุรกิจเช่น ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ (Critical to Quality : CTQ) ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุน (Critical to Cost : CTC) หรือปัญหาที่มีผลกระทบต่อการส่งมอบ (Critical to Delivery : CTD) โดยปัญหาที่ต้องพิจารณาเป็นสิ่งแรกคือ ปัญหาที่กระทบต่อการส่งมอบหรือคุณภาพ เนื่องจากเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พอใจ จากนั้นจึงค่อยพิจารณาด้านต้นทุน จากนั้นทำการวางเป้าหมายซึ่งต้องเป็นเป้าหมายที่สามารถวัดค่าได้ จากนั้นต้องทำการกำหนดขอบเขตของโครงงานให้ชัดเจน กำหนดผู้รับผิดชอบ รวมถึงทีมงานในการแก้ปัญหา และกำหนดแผนงาน รวมถึงตารางเวลาในการทำงาน

2.2.2 การวัดกระบวนการ (Measure Phase)

ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดที่ใช้ หากระบบการวัดมีความผันแปรมากเกินกว่าค่าที่ยอมรับ เราต้องทำการปรับปรุงระบบการวัดให้ดีเสียก่อน จากนั้นทำการศึกษาความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) ปัจจุบัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายที่ต้องการ และศึกษาถึงขั้นตอนต่างๆในกระบวนการด้วยแผนภาพการไหล (Process Flow) แล้ววิเคราะห์จุดที่เกิดปัญหาด้วยแผนผังกระบวนการ (Process Mapping) เพื่อทำการหาปัจจัยและสาเหตุที่คาดว่าน่าจะส่งผลก่อให้เกิดปัญหาขึ้น

1. แผนที่กระบวนการ (Process Mapping)

เป็นการนำเสนอกระบวนการเป็นรูปภาพแสดงลำดับปัญหา แล้ววิเคราะห์หาจุดที่เกิดปัญหารวมถึงจำนวนของปัญหาหรือสิ่งบกพร่องที่พบ โดยใช้สัญลักษณ์ของแผนภาพการไหล (Flow Chart) ซึ่งมีขั้นตอนการทำดังนี้

1) เลือกตัวชี้วัด (Key Process Output Variable : KPOV) ที่ต้องการปรับปรุง
2) ระบุกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัด
3) สร้างแผนที่กระบวนการ
4) สร้างเส้นทางเลือกย่อย
5) วัดผลจุดที่ทำการตรวจสอบ
6) วิเคราะห์ผลจุดที่ทำการปรับปรุง

2. การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA)

ในระบบการวัดจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ 2 ประเภทคือ ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ ซึ่งเกิดจากคุณสมบัติด้านความถูกต้องของระบบการวัด และความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม ซึ่งเกิดจากความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่กระจายตัวแบบสุ่มรอบค่าจริง โดยเป็นสมบัติด้านความเที่ยงตรง

1) การวิเคราะห์ความถูกต้อง (Accuracy) ของระบบการวัด

ก. ค่าความเอนเอียง (Bias)

ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการวัดเทียบกับค่าอ้างอิงหรือค่ามาสเตอร์ (ค่ามาสเตอร์ หมายถึง ค่าที่ได้จากการวัดซ้ำด้วยเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูง ภายใต้สภาวะควบคุมหรือห้องปฏิบัติการสอบเทียบและต้องสามารถตรวจสอบกลับได้) ซึ่งสามารถหาค่าได้ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าความเอนเอียง} = \text{ค่าเฉลี่ยของการวัด} - \text{ค่ามาสเตอร์} \quad (2.1)$$

$$\%\ \text{เอนเอียงความคลาดเคลื่อนอนุโลม} = \frac{\text{ค่าความเอนเอียง}}{\text{ค่าพิกัดความเผื่อ}} \times 100 \quad (2.2)$$

$$\%\ \text{เอนเอียงของกระบวนการวัด} = \frac{\text{ค่าความเอนเอียง}}{\text{ความผันแปรกระบวนการ}} \times 100 \quad (2.3)$$

จากนั้นทำการประเมินผลค่า % เอนเอียงของกระบวนการวัด ซึ่งโดยทั่วไปมีเกณฑ์ดังนี้คือ

% เอนเอียง < 5 %	อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ไม่ต้องทำการปรับปรุงระบบการวัด
5 % < % เอนเอียง < 20 %	อยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ใช้
% เอนเอียง $\geq$ 20 %	ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องทำการปรับปรุงระบบการวัด

ข. ค่าสมบัติเชิงเส้นตรง (Linearity)

หมายถึง การที่ค่าเอนเอียงของระบบการวัดมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไปตลอดย่านการวัด (Working Range) ของระบบการวัด แต่ถ้าค่าเอนเอียงมีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อช่วงของการวัดเปลี่ยนแสดงว่าระบบการวัดนั้นขาดสมบัติเชิงเส้นตรง และค่าความแม่นยำของการวัดจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนช่วงของการวัด ซึ่งต้องพิจารณาหาสาเหตุและทำการแก้ไขดังต่อไปนี้

- เครื่องมือวัดมีการสึกหรอหรือไม่

- เครื่องมือวัดได้ทำการสอบเทียบอย่างถูกต้อง ตลอดย่านของการวัดหรือไม่
- ชิ้นงานมาตรฐาน ขนาดเล็กและใหญ่ มีความคลาดเคลื่อนของขนาดไม่เท่ากัน

ค. ค่าเสถียรภาพของระบบการวัด (Stability)

หมายถึงสมบัติด้านอายุการใช้งานของอุปกรณ์วัด โดยพิจารณาจากความผันแปรโดยรวมของระบบการวัด ที่ได้จากการวัดงานมาตรฐานชิ้นหนึ่งตลอดช่วงเวลาหนึ่ง โดยปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการศึกษาความมีเสถียรภาพของระบบการวัดคือ ระยะเวลาที่ทำการศึกษา ซึ่งต้องพิจารณาอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงระยะเวลาที่ทำให้ค่าเอนเอียงของระบบการวัดเพิ่มขึ้นตามเวลาใช้งานเนื่องจากความเสื่อมสภาพโดยธรรมชาติของระบบการวัดเท่านั้น หรือพยายามเลือกศึกษาให้ระบบการวัดมีค่าเอนเอียงที่ขึ้นกับปัจจัยภายนอกต่างๆให้น้อยที่สุด เพราะปัจจัยภายนอกเช่น ความชื้นในอากาศ อุณหภูมิ ฯลฯ ก็ส่งผลให้ระบบการวัดไม่มีเสถียรภาพทั้งสิ้น

2) การวิเคราะห์ความเที่ยงตรง (Precision) ของระบบการวัด

คุณสมบัติด้านความเที่ยงตรง สามารถจำแนกตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นได้เป็น 2 ประเภท คือความสามารถในการทำซ้ำหรือรีพีททะบิลิตี้ (Repeatability) และ ความสามารถในการทำเหมือนหรือรีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) โดยมีความหมายดังนี้

ก. รีพีททะบิลิตี้ (Repeatability)

หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับงานชิ้นเดียวกัน ด้วยเครื่องมือเดียวกัน และพนักงานคนเดียวกัน หรือ ความผันแปรภายในเงื่อนไขการวัดเดียวกัน ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ค่ารีพีททะบิลิตี้ ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะสั้น

ข. รีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility)

หมายถึง ค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของการวัดกับงานชิ้นเดียวกัน ด้วยเครื่องมือเดียวกัน แต่ต่างพนักงาน ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้ ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะยาว

3) การวางแผนศึกษารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด (Gage R&R)

ก. วิธีและเวลาที่จะทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด

การสอบเทียบเครื่องมือวัดเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ ในการพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนด้านความถูกต้องของระบบการวัด จึงควรทำการสอบเทียบเครื่องมือก่อนการศึกษาด้านรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้จะเริ่มขึ้น และไม่ควรมีการสอบเทียบเครื่องมือใหม่ในระหว่างการศึกษาที่ยังไม่สิ้นสุด เพราะความผันแปรของการสอบเทียบจะรวมอยู่กับค่ารีพีททะบิลิตี้ของระบบการวัดด้วย

ข. จำนวนพนักงานวัดที่ใช้ศึกษา Gage R&R

การกำหนดจำนวนพนักงานวัดที่เหมาะสมสำหรับการศึกษา มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องพิจารณาก่อน ว่าในระบบการผลิตมีพนักงานวัดจำนวนเท่าใด ซึ่งถ้าหากเครื่องมือดังกล่าวไม่ใช้พนักงานในการวัดหรือมีการใช้พนักงานคนเดียววัด ก็แสดงว่าค่าความผันแปรในระบบการวัดมิได้มีผลมาจากสาเหตุด้านพนักงานวัดเลย และในกรณีที่ระบบการวัดมีพนักงานวัดจำนวนหลายคน ให้ทำการสุ่มพนักงานวัดมาทำการศึกษาอย่างน้อย 2 คน โดยพนักงานวัดทุกคนจะต้องผ่านการฝึกอบรมมาแล้วอย่างดี และทำงานเกี่ยวกับงานวัดในอุปกรณ์วัดที่ทำการศึกษาเป็นงานประจำ

ค. จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้วัดในการศึกษา Gage R&R

จำนวนของสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานั้น โดยปกติจะแนะนำไว้ที่ 10 ตัวอย่าง ซึ่งถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้จะต้องให้ (จำนวนของสิ่งตัวอย่าง) x (จำนวนพนักงานวัด) มีค่ามากกว่า 15 และถ้าหากไม่ทำตามกรณีนี้อีก ก็ให้เพิ่มจำนวนวัดซ้ำในแต่ละสิ่งตัวอย่าง

ง. จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับสิ่งตัวอย่างแต่ละชิ้น

โดยปกติแล้วจะทำการวัดซ้ำในแต่ละสิ่งตัวอย่างด้วยจำนวนซ้ำเท่าๆกัน ซึ่งจะกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนด้วยจำนวน 2-3 ครั้งต่อชิ้นงานแต่ละชิ้น

จ. วิธีการลดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษา Gage R&R

การศึกษา Gage R&R บางกรณีนั้น จะไม่สามารถกำจัดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างออกจากการวัดซ้ำ (การประเมินรีพีททะบิลิตี้) เช่นในกรณีการตรวจสอบแบบทำลายที่จะมีความผันแปรภายในล็อตรวมอยู่กับรีพีททะบิลิตี้เสมอ จึงต้องพยายามเลือกงานในล็อตให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

ฉ. วิธีการประเมินผลรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้

เมื่อการทดลองสิ้นสุดลง จะต้องมีการประเมินถึงคุณภาพของข้อมูลเสียก่อน จากนั้นจึงมีการประเมินผลรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่เหมาะสมกับผลจากการออกแบบการทดลอง เพื่อพิจารณาว่าพนักงานและชิ้นงานเป็นสาเหตุความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่ารีพีททะบิลิตี้ได้

3. ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

ความสามารถของกระบวนการเป็นการศึกษาถึงสาเหตุความผันแปรตามธรรมชาติของกระบวนการที่บ่งชี้ถึงผลจากการออกแบบกระบวนการที่ศึกษา เพื่อพิจารณาว่ากระบวนการมีความสามารถหรือไม่ ซึ่งการศึกษานั้นจะเป็นการเปรียบเทียบความผันแปรโดยธรรมชาติ

(Natural Tolerance) กับความผันแปรที่ยอมให้เกิด (Specification Tolerance) ในรูปของดัชนี C_p (Process Capability Index) ตามสมการที่ 2.4

$$C_p = \frac{\text{Specification Tolerance}}{6\sigma} \quad (2.4)$$

โดยดัชนี C_p จะเป็นการศึกษาที่ไม่สนใจถึงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ดังนั้น C_p จึงมีความหมายในด้านแนวโน้มของกระบวนการ (Process Potential) มากกว่าความสามารถที่แท้จริง ซึ่งในกรณีที่ค่าเฉลี่ยกระบวนการเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมายด้วยระยะ k (Kurtosis ที่หมายถึง การเลื่อนไป) จะสามารถประเมินผลได้จากสมการที่ 2.5

$$C_{pk} = \text{Min of } (C_{pu};\ C_{pl}) \quad (2.5)$$

โดยที่

$$C_{pu} = \frac{(USL - \mu)}{3\sigma} \quad (2.6)$$

และ

$$C_{pl} = \frac{(\mu - LSL)}{3\sigma} \quad (2.7)$$

ในกรณีที่ $C_p > C_{pk}$ แสดงว่ากระบวนการมีการเลื่อนไปทำให้ต้องมีการปรับค่าเซ็ตติ้ง (Setting Value) ของพารามิเตอร์ควบคุมใหม่จนทำให้ $C_p = C_{pk}$ และเมื่อ C_p มีค่าต่ำกว่า ตามตารางที่ 2.1 จะต้องมีการทบทวนกระบวนการใหม่ เพื่อลดความผันแปรอันเนื่องมาจากสาเหตุที่ไม่ได้รับการควบคุมหรือตัวแปรรบกวน (Noise Factor) ออกไป ซึ่งเท่ากับเป็นการปรับปรุงคุณภาพโดยตรง

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การประเมินดัชนีความสามารถของกระบวนการ (C_p)

ประเภทของกระบวนการ	ค่า C_p ขั้นต่ำ
1. กระบวนการอัตโนมัติ	2.00 หรือ $\pm 6\sigma$
2. กระบวนการกึ่งอัตโนมัติ	1.33 หรือ $\pm 4\sigma$
3. กระบวนการที่อาศัยแรงงานเป็นส่วนใหญ่	1.00 หรือ $\pm 3\sigma$
4. กระบวนการที่อาศัยวัตถุดิบจากธรรมชาติ	0.67 หรือ $\pm 2\sigma$

2.2.3 การวิเคราะห์ (Analyze Phase)

ในขั้นตอนการวิเคราะห์นี้ เราจะนำข้อมูลและปัจจัยต่างๆที่คาดว่าน่าจะส่งผลทำให้เกิดปัญหาในขั้นตอนการวัด มาทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีทดสอบทางสถิติเชิงอนุมาน โดยวิธีการทดสอบที่ใช้นั้นต้องสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดความผันแปรกับปัญหา โดยศึกษาทั้งความผันแปรภายในกลุ่มและความผันแปรระหว่างกลุ่ม ซึ่งจะทำการทดสอบสมมติฐานทีละปัจจัย เพื่อหาว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อการเกิดปัญหาอย่างมีนัยสำคัญ แล้วจะนำปัจจัยที่มีผลอย่างแท้จริงนี้ (Key Process Input Variable : KPIV) ไปทำการหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนต่อไป

1. แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram)

เป็นแผนภาพสำหรับใช้วิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภทโดยผ่านหลักการพาเรโต ซึ่ง ดร.โจเซฟ จูราน ได้สังเกตพฤติกรรมของข้อมูลและได้ทำการวิจัย พบว่าถ้าข้อมูลอยู่ในสภาวะเสถียรภาพแล้ว “ข้อมูลที่มีความสำคัญจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital Few) ในขณะที่ข้อมูลที่เหลืออยู่อีกจำนวนมากจะมีความสำคัญเพียงเล็กน้อย (Trial Many) ซึ่งได้เรียกหลักการนี้ว่า หลักการพาเรโต (Pareto Principle) และถ้าข้อมูลมีลักษณะตามกฎของพาเรโตแล้วแสดงว่าข้อมูลนั้นอยู่ในสภาวะเสถียรภาพและสามารถคาดการณ์ได้ แต่ถ้าหากรูปแบบของข้อมูลไม่ได้เป็นตามหลักการของพาเรโตแล้ว แสดงว่าข้อมูลนั้นไร้เสถียรภาพเนื่องจากข้อมูลที่เก็บมาอยู่ในสภาวะปรับตัว (Transient State) เข้าสู่สภาวะเสถียรภาพ จึงต้องมีการแก้ไขด้วยการทำให้กระบวนการมีมาตรฐาน

2. แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram)

เป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีระบบ ระหว่างผลที่แน่นอนประการหนึ่งกับสาเหตุต่างๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียวเมื่อ ค.ศ. 1943 แผนภาพก้างปลาที่นำมาใช้ในซิกซ์ซิกม่านี้ จะเป็นประเภทการกำหนดรายการของสาเหตุ โดยจะมุ่งสู่สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา (ตามหัวปลา) จะมีประโยชน์คือทำให้ทราบรายการของสาเหตุทั้งหมด ซึ่งจะทำให้พิสูจน์หาสาเหตุได้ค่อนข้างง่าย แต่ข้อเสียคือสร้างค่อนข้างยาก เพราะนอกจากจะต้องพยายามระดมสมองหาสาเหตุทั้งหมดที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมดแล้ว ยังจำเป็นต้องทบทวนอยู่เสมอด้วย เพื่อให้มั่นใจว่าสาเหตุหลักๆไม่ได้ตกหล่นไปจากการพิจารณา ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้

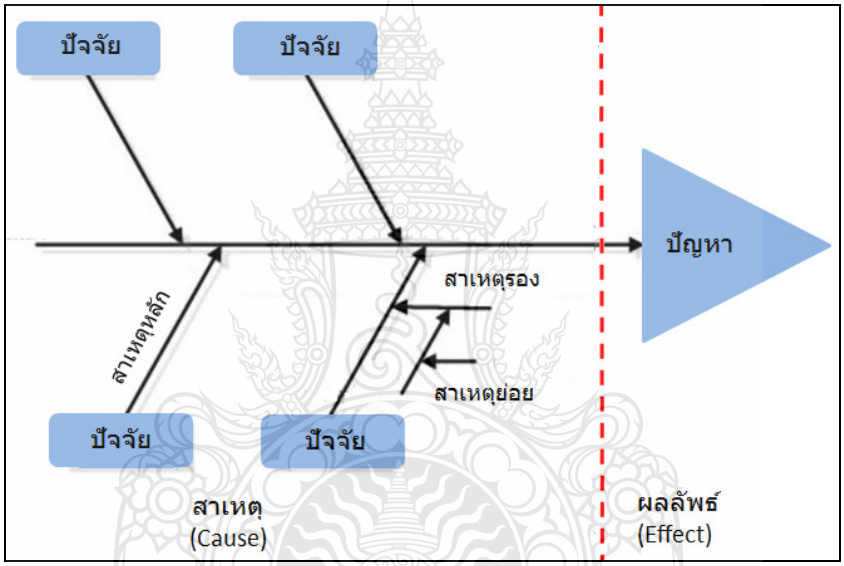
1) ทำการนิยามปัญหาให้ชัดเจนคือ ตั้งปัญหาให้อยู่ในรูปปริมาณ ไม่ใช่เชิงคุณภาพ

2) ทำการระดมสมองจากทีมผ่านวิธีการเขียนลงบนกระดาษ โดยตกลงกันก่อนว่าจะให้ออกความเห็นได้กี่ข้อ แล้วให้เขียนสาเหตุของปัญหาลงบนกระดาษที่เตรียมไว้แผ่นละหนึ่งข้อ

3) ทำการแยกแนวความคิด ตามแหล่งกำเนิดของสาเหตุ โดยใช้ 4M + 1E (คน เครื่องจักร วิธีการ วัตถุดิบ และสภาพแวดล้อม) แล้วสร้างแผนภาพก้างปลา

4) ตรวจสอบแผนภาพก้างปลาว่าสาเหตุและผล มีความสอดคล้องซึ่งกันและกันหรือไม่ และการจัดกลุ่มของสาเหตุนั้นถูกต้องหรือไม่

5) ทำการทบทวนสาเหตุรากเหง้าที่ระบุในแผนภาพก้างปลา ด้วยการพิจารณาให้เห็นสาเหตุที่ควบคุมได้และสาเหตุที่ควบคุมไม่ได้



ภาพที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของแผนภาพก้างปลา

3. การวิเคราะห์ผลกระทบจากข้อบกพร่อง (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

FMEA เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หา Potential KPIV โดยการวิเคราะห์จะหาข้อบกพร่องที่คาดว่าจะเกิดและสาเหตุที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง เพื่อทำการกำหนดแนวทางป้องกัน ซึ่งจะใช้หลักการในการให้คะแนน โดยให้ความสำคัญใน 3 เรื่องคือ

1) ความรุนแรง (Severity: S)

ความรุนแรงของผลจากข้อบกพร่อง หมายถึงอัตราที่บ่งชี้ถึงความรุนแรงของผลจากแนวโน้มของลักษณะของข้อบกพร่องของกระบวนการ โดยความรุนแรงนี้จะใช้พิจารณาจากผลของข้อบกพร่องเท่านั้น แต่ถ้าหากลูกค้าที่ได้รับผลจากลักษณะข้อบกพร่องคือ ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์หรือฝ่ายการ

ผลิตถัดไป การประเมินความรุนแรงจะออกนอกขอบเขตประสบการณ์และความรู้ของคณะทำงาน ซึ่งถ้าเป็นเช่นนี้ต้องทำการปรึกษาข้อมูลกับเจ้าหน้าที่ของแผนกนั้นๆด้วย

2) โอกาสในการเกิด (Occurrence: O)

อัตราที่แสดงถึงจำนวนความถี่หรือจำนวนข้อบกพร่องสำหรับสาเหตุหนึ่งๆ ภายใต้ระบบควบคุมที่มีอยู่ ซึ่งในการบ่งชี้โอกาสในการเกิดนั้นสามารถใช้ได้หลายวิธีคือ

- SPC จากดัชนี C_p และ C_{pk}
- ใช้ความถี่คาดหมาย
- ใช้จำนวนชิ้นส่วนบกพร่องสะสม

3) การตรวจจับ (Detection: D)

เป็นการประเมินความสามารถของการตรวจจับสิ่งบกพร่องของกระบวนการที่ใช้ในปัจจุบัน ถึงแม้ว่าสิ่งบกพร่องนั้นนานๆจะเกิดซักครั้งหรือเกิดในปริมาณที่น้อย แต่ถ้าระบบไม่สามารถตรวจจับสิ่งบกพร่องนั้นได้ เราก็ต้องให้คะแนนในส่วนนี้มาก

การประเมินความเสี่ยงของข้อบกพร่องนั้นสามารถดูจากตัวเลขแสดงลำดับก่อนหลังของความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) ซึ่งในการจัดลำดับก่อนหลังของความเสี่ยง จะได้มาจากผลคูณของความรุนแรง โอกาสในการเกิด และความสามารถในการตรวจจับสิ่งบกพร่อง ซึ่งค่า RPN จะเป็นไปตามหลักการพาเรโต และเราต้องทำการแก้ไขข้อบกพร่องที่มีค่า RPN สูงๆ และข้อบกพร่องที่มีคะแนนของความรุนแรงมากๆ ก่อน

4. หลักการสถิติ (Statistic)

สถิติที่ใช้กันอยู่ทางวิจัยแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ สถิติเชิงบรรยายหรือสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) และสถิติเชิงอ้างอิงหรือสถิติอนุมาน (Inferential Statistics)

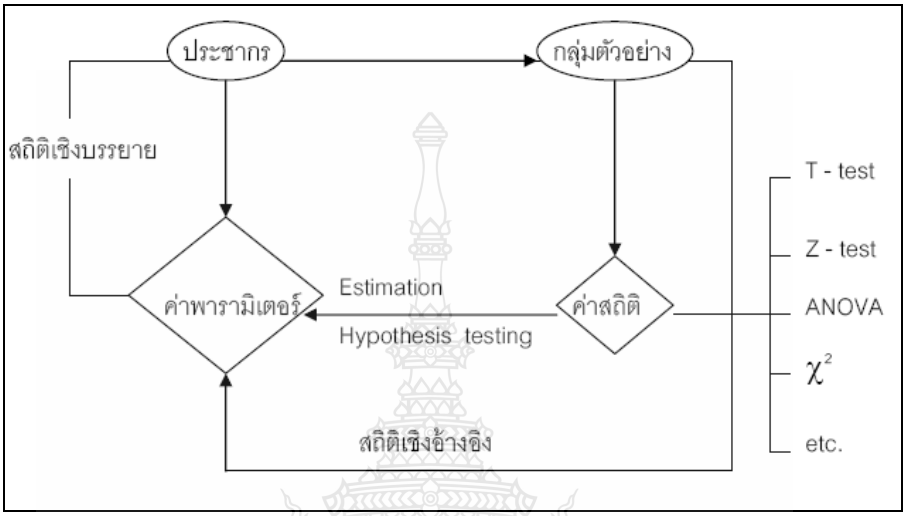
1) สถิติเชิงบรรยาย (Descriptive Statistics)

เป็นสถิติที่บรรยายคุณลักษณะของสิ่งที่ต้องการศึกษาจากกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งโดยเฉพาะซึ่งอาจเป็นกลุ่มเล็กหรือกลุ่มใหญ่ก็ได้ ผลที่ได้จากการศึกษาไม่สามารถนำไปอ้างอิงถึงกลุ่มประชากร (Population group) ได้ สถิติที่ใช้ในการบรรยายหรือพรรณนาคุณลักษณะของข้อมูลได้แก่ ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) มัธยฐาน (Median) พิสัย (Range) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2) สถิติเชิงอ้างอิง (Inferential Statistics)

เป็นสถิติที่ศึกษาข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง (Sample) แล้วนำผลสรุปที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสรุปอ้างอิงไปยังลักษณะประชากรหรือค่าสถิติ (Sample Statistics) ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสรุปไปยัง

ค่าพารามิเตอร์ (Population Parameters) ของประชากร การได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างมีความสำคัญยิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนของประชากร โดยสถิติอ้างอิงจะเกี่ยวกับการประมาณค่า (Estimation) และการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing) ดังความสัมพันธ์ระหว่างค่าสถิติและค่าพารามิเตอร์ในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสถิติและค่าพารามิเตอร์

ก. การประมาณค่า (Estimation)

เป็นวิธีการใช้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างมาทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ที่แสดงลักษณะของประชากร สถิติที่ใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์นี้เรียกว่าตัวประมาณ (Estimator) วิธีการประมาณค่าที่ใช้กันอยู่ทั่วๆไปมี 2 วิธีคือ

- การประมาณแบบค่าเดียว (Point Estimation)

เป็นการประมาณค่าที่คำนวณได้จากตัวอย่าง แล้วประมาณค่าของค่าพารามิเตอร์เช่น การใช้ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างเป็นค่าเฉลี่ยของประชากร เป็นต้น

- การประมาณแบบเป็นช่วง (Interval Estimation)

เป็นการประมาณค่าที่ระบุเป็นช่วงตัวเลขโดยมีความเชื่อมั่นว่าค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริงจะอยู่ในขอบเขตของช่วงตัวเลขนั้น เช่น ค่าใช้จ่ายจริงต่อเดือนของนักศึกษาปี 4 จะอยู่ในช่วง 3,000 – 4,000 บาทต่อเดือน ตัวเลข 3,000 – 4,000 คือค่าที่ระบุช่วงตัวเลข และเป็นค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริงจะอยู่ในช่วง 3,000 – 4,000 นี้เท่านั้น เป็นต้น

ข. การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

เป็นคำตอบที่ผู้วิจัยคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าก่อนทำวิจัย สำหรับขั้นตอนในการตรวจสอบคำตอบที่คาดการณ์ไว้นั้น จะตรงกับคำตอบที่ได้จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาหรือไม่นั้น เรียกว่า การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) โดยใช้สถิติในการทดสอบ เช่น T – Test, Z – Test, ANOVA, χ^2

5. การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

เป็นหลักการทางสถิติที่ใช้ทดสอบข้อมูลที่ต้องการศึกษา โดยขั้นแรกต้องตั้งข้อสงสัยกับปัญหาเพื่อพิสูจน์ว่าเป็นจริงหรือไม่ ซึ่งในวิชาสถิติเรียกข้อสงสัยดังกล่าวว่า “สมมติฐาน” ในทางปฏิบัติจะเอาปัญหามาตั้งเป็นสมมติฐาน แล้วทำการทดลอง เก็บข้อมูล แล้ววิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์และตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน โดยอ้างอิงตามผลการวิเคราะห์ดังกล่าว ซึ่งเราเรียกกระบวนการทั้งหมดนี้ว่า การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) โดยสมมติฐานมี 2 ประเภทคือ

1) สมมติฐานการวิจัย (Research Hypothesis)

เป็นการคาดคะเนคำตอบของการวิจัยไว้ล่วงหน้าอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งลักษณะสำคัญคือ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรขึ้นไป และสามารถทดสอบได้ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์หรือสถิติ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

ก. สมมติฐานแบบมีทิศทาง

คือสมมติฐานที่บอกทิศทางของตัวแปรอย่างชัดเจนเช่น หลังเรียนนักศึกษามีผลการเรียนดีกว่าก่อนเรียน

ข. สมมติฐานแบบไม่มีทิศทาง

คือสมมติฐานที่ไม่บอกทิศทางความสัมพันธ์ เพียงแต่บอกว่าต่างกันหรือสัมพันธ์กัน เช่น นักศึกษามีผลการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนต่างกัน

2) สมมติฐานทางสถิติ (Statistical Hypothesis)

เป็นข้อความที่เขียนโดยใช้สัญลักษณ์ทางสถิติแทนข้อความในสมมติฐานการวิจัย สมมติฐานทางสถิติจะเป็นการคาดคะเนเกี่ยวกับประชากร เพราะฉะนั้นการเขียนจะต้องใช้ค่าพารามิเตอร์ (Parameter) แทนค่าประชากร กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ สมมติฐานทางสถิติ เป็นการนำเอาสมมติฐานทางวิจัยมาดำเนินการทางปฏิบัติ ด้วยวิธีการทดสอบทางสถิติและเขียนสัญลักษณ์สั้นๆ ซึ่งสื่อความหมายเป็นที่เข้าใจตรงกันในทางวิชาการทางสถิติและวิจัย โดยแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

ก. สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis)

เป็นสมมุติฐานที่อธิบายว่าไม่มีความแตกต่างหรือไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร แทนด้วยสัญลักษณ์ H_0 เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักศึกษาที่เรียนโดยการใช้สื่อนั้นไม่แตกต่างจากการเรียนโดยวิธีปกติ ซึ่งจะเขียนแทนด้วย "$H_o : \mu_1 = \mu_2$"

ข. สมมติฐานทางเลือก (Alternative Hypothesis)

ใช้เขียนแทนสมมติฐานการวิจัยซึ่งบ่งบอกความแตกต่างระหว่างตัวแปรหรือมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเช่น มากกว่า น้อยกว่า ไม่เท่ากับ ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ H_1 เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักศึกษาที่เรียนโดยการใช้สื่อนั้นได้ผลการเรียนดีกว่าการเรียนโดยวิธีปกติ ซึ่งจะเขียนแทนด้วย "$H_1 : \mu_1 > \mu_2$"

6. สถิติที่ใช้ทดสอบความแตกต่าง

สถิติในกลุ่มทดสอบความแตกต่างเช่น สถิติกลุ่มวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง Z – Test, T – Test, ANOVA และ χ^2 โดยสถิติแต่ละตัวมีหลักการเลือกใช้ดังนี้

1) Z – Test

ก. ทดสอบค่าเฉลี่ยหนึ่งกลุ่มตัวอย่าง (One – Sample Test) มีเงื่อนไขการทดสอบคือ

- ข้อมูลทดสอบมาจากการสุ่ม (Random)
- ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (σ^2) หากไม่ทราบก็ให้ประมาณค่าความแปรปรวนได้จากกลุ่มตัวอย่าง (S^2)
- ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนไม่น้อยกว่า 30 ($n > 30$)
- การแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติ (Normal Distribution)
- ข้อมูลอยู่ในมาตราอัตรภาค (Interval Scale) หรืออยู่ในมาตราส่วน (Ratio Scale)

ข. ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มตัวอย่าง (Two – Sample Test) มีเงื่อนในการทดสอบดังนี้

- กลุ่มตัวอย่างต้องได้จากการสุ่ม (Random) และเป็นอิสระต่อกัน (Independent)
- ต้องการทราบค่าความแปรปรวนของประชากรทั้งสองกลุ่ม (σ_1^2, σ_2^2) ในกรณีที่ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรให้ใช้ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (S_1^2, S_2^2) แทน
- ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนมาก (Large Sample) และต้องไม่น้อยกว่า 30 หน่วย ($n1 > 30$, $n2 > 30$)
- การแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ (Normal Distribution)
- ข้อมูลอยู่ในมาตราอัตรภาคหรือมาตราอัตราส่วน

2) T – Test

ก. ทดสอบค่าเฉลี่ยหนึ่งกลุ่มตัวอย่าง (One - Sample T-Test) มีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

- กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก (n < 30)

- ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (σ^2) แต่ทราบค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (S^2)

- กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่ม (Random)

- การแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ (Normal Curve)

ข. ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสองกลุ่มตัวอย่าง (Two - Sample T-Test) โดยการทดสอบมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

- กลุ่มตัวอย่างทั้งสองได้มาจากการสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

- ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (σ_1^2, σ_2^2) ใช้ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (S_1^2, S_2^2) แทน

- กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มต้องเป็นอิสระกัน (Independent)

ค. การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์กันด้วยค่าที (Pair T-Test) การทดสอบมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

- ข้อมูล 2 ชุด สุ่มมาจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน

- การแจกแจงเป็นแบบโค้งปกติ

- ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (σ_1^2, σ_2^2) ใช้ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (S_1^2, S_2^2) แทน

3) ANOVA

เป็นวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป โดยการทดสอบมีข้อกำหนดเบื้องต้นดังนี้

ก. กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มต้องสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบโค้งปกติ

ก่อนการทดสอบ ANOVA ควรนำข้อมูลที่สุ่มมาทดสอบความเป็นโค้งปกติ (Test for Goodness of Fit) ด้วย χ^2 ในกรณีที่ข้อมูลมากกว่า 20 (n > 20) แต่ถ้าข้อมูลน้อยกว่า 20 (n < 20) ให้ทดสอบด้วย Kolmogorov Goodness of Fit เสียก่อน แต่หากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่และได้มาด้วยวิธีการสุ่มแล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องทดสอบเพราะโดยหลักการแล้วหากข้อมูลมีขนาดใหญ่ข้อมูลที่ได้จะมีลักษณะเป็นการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

ข. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ต้องได้จากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากันทุกกลุ่ม

เพื่อให้เป็นไปตามข้อตกลงนี้ ต้องทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนเสียก่อนอาจทดสอบด้วยวิธี Hartley's F_{max} Test หรือ Cochran Test เป็นต้น แต่ถ้าหากขนาดตัวอย่างทุกกลุ่มเท่ากันจะมีผลไม่มากนัก แต่ถ้าขนาดไม่เท่ากันจะมีผลทำให้ข้อสรุปไม่ตรงกับความจริงได้ จึงควรมีการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนก่อนการทดสอบ ANOVA

ค. กลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบต้องเป็นอิสระจากกันมากกว่า 2 กลุ่ม

4) χ^2 – Test

การทดสอบความแตกต่างด้วยไคสแควร์ เป็นการทดสอบสถิติแบบนันพาราเมตริก (Nonparametric Statistic) ซึ่งสถิติแบบนันพาราเมตริกเป็นสถิติที่ไม่คำนึงถึงลักษณะการแจกแจงของประชากรและข้อมูลที่นำมาทดสอบอาจอยู่ในรูปความถี่ เป็นข้อมูลที่อยู่ในมาตรานามบัญญัติ (Normal Scale) หรือมาตราเรียงอันดับ (Ordinal Scale) การทดสอบข้อมูลในลักษณะนี้จะเป็นการทดสอบว่า "ข้อมูลที่ได้เป็นไปตามคาดหวัง (Expected) ไว้หรือไม่ หรืออาจจะทดสอบว่าตัวแปร (Variable) มีความสัมพันธ์กันหรือไม่" ดังนั้นการทดสอบด้วย χ^2 – Test จึงมีการทดสอบหลายกรณี เช่นกรณีสุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว (Single Classification) กรณีกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่ม (Two – Way Classification) กรณีการทดสอบความเป็นโค้งปกติ (Test for Goodness of Fit) เป็นต้น

2.2.4 การปรับปรุง (Improve Phase)

ในขั้นตอนการปรับปรุงนี้จะนำ KPIV ที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์มาออกแบบการทดลองทางสถิติ (Design and Analysis of Experiment : DOE) โดยทำการหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างปัจจัยกับตัวแปรตอบสนองเพื่อหาค่าระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการจนได้ค่าตัวแปรตอบสนองที่ดีที่สุด

1. การออกแบบการทดลองแบบ Two - Level Full Factorial Design

ในการทดลองจะมีค่าระดับของแต่ละปัจจัยเพียง 2 ระดับเท่านั้นคือ สูงสุดและต่ำสุด การทดลองแต่ละรันจะมีทุกค่าระดับของทุกปัจจัย ถึงแม้ว่าตัวแบบ Two - Level Full Factorial จะไม่สามารถทำการทดลองที่ค่าปัจจัยย่าน (Range) กว้างๆมากได้ แต่ก็สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ได้ โดยที่จำนวนรันไม่มากนักต่อหนึ่งปัจจัย เพราะสามารถที่จะแสดงค่าแนวโน้มเพื่อที่เป็นแนวทางในการสร้างการทดลองต่อไป เช่นเมื่อต้องการที่จะทำการทดลองใหม่ในย่านที่กว้างขึ้น ซึ่งมีสมมติฐานเบื้องต้นแล้วว่าจะมีค่าที่ดีที่สุดอยู่ เราอาจใช้ตัวแบบแฟคทอเรียล (Factorial) เพิ่มจากจุดนี้โดยวิธีการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite ต่อไปได้

2. การออกแบบการทดลองแบบ General Full Factorial Design

การทดลองแต่ละครั้งในแต่ละปัจจัยจะมีค่าระดับหลายๆค่า เช่น ปัจจัย A มี 2 ระดับ ปัจจัย B มี 3 ระดับ และปัจจัย C มี 5 ระดับ การทดลองในทุกรันจะทำครบทุกค่าระดับของทุกปัจจัย ตัวแบบ General Full Factorial อาจนำไปใช้ในการทดลองขนาดเล็กเพื่อทำการคัดปัจจัย (Screening) หรือเพื่อทำการหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization)

3. การออกแบบการทดลองแบบ Fractional Factorial Design

ในการทดลองแบบ Full Factorial อาจมีจำนวนครั้งในการทดลองมากเช่น การทดลองแบบ Two - Level Full Factorial ของ 6 ปัจจัย ก็ต้องมีการทดลองอย่างน้อย 64 รัน ซึ่งทำให้ใช้เวลานานเกินไป ดังนั้นเพื่อช่วยประหยัดเวลาและต้นทุนอาจทำการทดลองเฉพาะบางเงื่อนไข ซึ่งตัวแบบ Factorial ที่มีการทดลองไม่ครบทุกเงื่อนไขนี้เรียกว่า Fractional Factorial Design

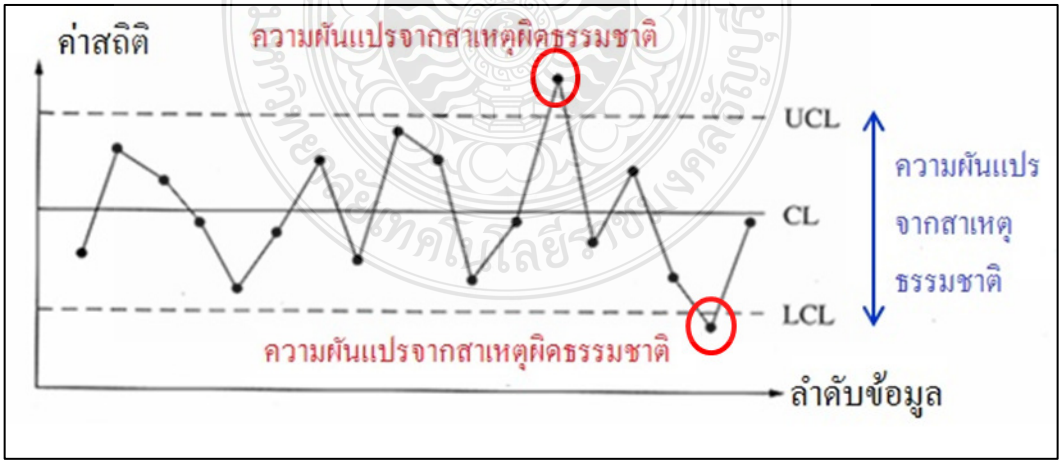
ตัวแบบนี้มีความสำคัญอย่างมากในการทดลองเพื่อคัดเลือกปัจจัย (Screening) เพราะว่ามีการลดจำนวนรันลงจนเหลือขนาดการทดลองที่สามารถทำได้จริง ส่วนกรณีที่ไม่ได้ทำการทดลองทุกเงื่อนไขของทุกปัจจัยจะทำให้เกิดผลอย่างหนึ่งที่เรียกว่าคอนฟาวด์ (Confounded) ซึ่งหมายถึงอิทธิพลของปัจจัยที่ไม่สามารถทำการประเมินแยกค่าออกมาเดี่ยวๆหรืออาจเรียกว่า Alias ดังนั้นต้องทำการแยก Alias ของความสัมพันธ์เพื่อให้ทราบว่าเป็นอิทธิพล (Effect) ของปัจจัยใด แต่บางตัวไม่สามารถหาค่าได้ทำให้การเลือกทำ Fractional Factorial ต้องเลือกส่วนที่ถูกต้องเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใช้งานได้ โดยการเลือกส่วนการทดลองที่ดีที่สุด (Best Fractional) บางครั้งอาจต้องใช้ความรู้เฉพาะเกี่ยวกับกระบวนการและผลิตภัณฑ์มาตัดสินใจด้วย

2.2.5 การควบคุม (Control Phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการควบคุมปัจจัยให้มีผลเป็นไปตามที่เรากำหนด จากนั้นทำการประเมินความสามารถของกระบวนการอีกครั้งเ พื่อเปรียบเทียบว่าการปรับปรุงนี้บรรลุเป้าหมายหรือไม่ ถ้ายังไม่บรรลุเป้าก็ต้องย้อนไปทำในขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาและปรับปรุงใน KPIV ตัวอื่นต่อไป ซึ่งในขั้นสุดท้ายจะต้องออกแบบวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ แล้วใช้แผนภูมิควบคุม (Control Chart) ในการเฝ้าระวังแนวโน้มความผันแปรของข้อมูล เพื่อที่จะแก้ปัญหาด้านคุณภาพได้อย่างรวดเร็วหากข้อมูลออกนอกพิกัดควบคุม (Control Limit) เนื่องจากจากสาเหตุผิดธรรมชาติ โดยประเภทและการใช้งานของแผนภูมิควบคุมแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ชนิดของแผนภูมิควบคุมแยกตามการใช้งาน

แผนภูมิ	คำอธิบาย	ลักษณะข้อมูล	ตัวอย่าง
1. ข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous Data)			
X Bar – R Chart	ควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย	ขนาดตัวอย่าง < 10	:รอบเวลางาน :น้ำหนักบรรจุ :ความสูงชิ้นงาน
X Bar – S Chart	ควบคุมค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ขนาดตัวอย่าง > 10	
I – MR Chart	ควบคุมค่าวัดและค่าพิสัยเคลื่อนที่	ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 1	:ความหวานน้ำตาล :ค่า pH ของสารละลาย
2. ข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Data)			
P Chart	ควบคุมสัดส่วนของเสีย	จำนวนนับต่อกลุ่มสิ่งตัวอย่าง	:ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง
NP Chart	ควบคุมชิ้นงานเสีย		
C chart	ควบคุมจำนวนตำหนิ	จำนวนนับต่อหน่วยมาตรฐาน	:อาการเสียต่อหนึ่งผลิตภัณฑ์
U Chart	ควบคุมสัดส่วนตำหนิต่อหนึ่งชิ้น		



ภาพที่ 2.3 ลักษณะการใช้งานของแผนภูมิควบคุม

2.3 การจัดองค์กรบริหารตามแนวทางซิกส์ซิกม่า

ในการบริหารงานโดยใช้แนวทางซิกส์ซิกม่านั้น จะเป็นการดำเนินงานทั่วทั้งองค์กรเพื่อเป็นการสร้างรากฐานในการปรับปรุงคุณภาพอย่างแท้จริง ซึ่งในการดำเนินงานนั้นต้องมีการจัดตั้งคณะทำงานเพื่อดำเนินงานและวางรากฐานอย่างเป็นระบบ โดยคณะทำงานนี้ต้องได้รับการอบรมเพื่อให้เข้าใจถึงหลักการแนวคิด วิธีการดำเนินงานตามแนวทางซิกส์ซิกม่า และบทบาทหน้าที่ของตนเอง ซึ่งคณะทำงานจะประกอบด้วย

2.3.1 ผู้บริหารระดับสูง (Executive Leadership)

เป็นผู้ให้การสนับสนุนและสร้างความเข้าใจร่วมกันในองค์กรถึงแนวทางการทำงานจะต้องประกาศวิสัยทัศน์ว่าในการนำแนวทางซิกส์ซิกม่ามาใช้ในองค์กร เพื่อต้องการให้องค์กรเป็นอย่างไร และกำหนดทิศทางขององค์กรต่อไปในอนาคต

2.3.2 แชมเปี้ยน (Champions)

เป็นบุคคลที่อยู่ในกลุ่มผู้บริหารระดับสูงในองค์กร โดยจะแบ่งลักษณะการทำงานออกเป็น 2 ลักษณะคือ ดีพลอยเมนต์แชมเปี้ยน (Deployment Champion) ซึ่งจะมีบทบาทในการกำหนดพันธกิจกระจายนโยบายลงไปสู่ผู้ปฏิบัติและติดตามตรวจสอบถึงผลของนโยบาย โดยจะต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง โดยผู้ที่จะเป็นดีพลอยเมนต์แชมเปี้ยนนั้นจะต้องเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในทางธุรกิจ และเป็นผู้ที่สามารถทำงานแบบข้ามสายงานได้เป็นอย่างดี ส่วนแชมเปี้ยนอีกลักษณะคือ แชมเปี้ยนโครงการ (Project Champion) มีหน้าที่หลักในการจัดตั้งและติดตามผลการทำงานของคณะทำงาน ตลอดจนการประเมินผล ซึ่งผู้ที่จะมาทำตำแหน่งนี้จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ในเรื่องของธุรกิจเป็นอย่างสูง และมีความรู้ความเข้าใจในทฤษฎีและเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการตามแนวทางซิกส์ซิกม่าเป็นอย่างดี

2.3.3 มาสเตอร์แบลคเบล (Master Black Belt)

มาสเตอร์แบลคเบลได้รับการแต่งตั้งจากแชมเปี้ยน เพื่อให้ทำหน้าที่ในการประสานการทำงานร่วมกับฝ่ายบริหาร มีการทำงานในรูปแบบเต็มเวลา เพื่อให้การสนับสนุนอบรมดูแลให้แก่แบลคเบล (Black Belt) และกรีนเบล (Green Belt) ในการปฏิบัติงานตามแนวทางซิกส์ซิกม่า

2.3.4 แบลคเบล (Black Belt)

แบลคเบลมีหน้าที่หลักในการรับผิดชอบแก้ปัญหาโครงการที่ได้รับมอบหมาย โดยมีหน้าที่ในการนำเอาหลักการ แนวคิด ตลอดจนวิธีในการปฏิบัติงานตามแนวทางซิกส์ซิกม่ามาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งมีลักษณะการทำงานในรูปแบบเต็มเวลา

2.3.5 กรีนเบล (Green Belt)

กรีนเบลจะเป็นผู้ที่ได้รับการเลือกให้เข้าไปแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานประจำที่ทำอยู่ โดยลักษณะการทำงานจะเป็นแบบเฉพาะกิจในแต่ละโครงการ และกรีนเบลจะเป็นผู้ช่วยในการทำการทดลองของเบลคเบลเพื่อให้การทำงานดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุเป้าหมาย

2.4 ตัวชี้วัดพื้นฐานสำหรับวัดความสามารถของกระบวนการ

ในการผลิตหรือการบริการใดๆนั้นมีเป้าหมายสำคัญคือ ต้องการให้การผลิตปราศจากข้อบกพร่องหรือเกิดข้อบกพร่องน้อยที่สุด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง และการวัดค่า ของข้อบกพร่องเสียก่อน

2.4.1 โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง (Opportunity for Nonconformities)

ในกระบวนการผลิตหรือกระบวนการใดๆจะมีขั้นตอนเป็นจำนวนมาก โดยในทุกๆขั้นตอนนั้นก็มีโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง ซึ่งหากเราแบ่งโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องเป็นหน่วยการผลิต (Unit) ให้เท่ากันแล้ว จะพบว่าข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นเพียงจุดหนึ่งนั้น มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้ในทุกๆพื้นที่เท่าๆกัน (Area of Opportunity for Nonconformities) ซึ่งถือว่าเป็นกฎแห่งโอกาส

2.4.2 ข้อบกพร่องต่อหน่วยการผลิต (Defect per Unit : DPU)

ข้อบกพร่องต่อหน่วยการผลิต หมายถึง สัดส่วนของจำนวนข้อบกพร่องต่อหน่วยการผลิตทั้งหมด เช่น เมื่อกำหนดให้ค่า DPU = 2 หมายความว่า ในทุกๆหนึ่งหน่วยการผลิตต้องมีข้อบกพร่องหรือตำหนิเกิดขึ้นโดยเฉลี่ยสองจุด ซึ่งมีสูตรความสัมพันธ์ดังนี้

$$DPU = \frac{\text{ตำหนิทั้งหมด}}{\text{ชิ้นงานทั้งหมด}} \quad (2.8)$$

2.4.3 ข้อบกพร่องต่อโอกาสเสียทั้งหมด (Defects per Total Opportunity : DPO)

มีสูตรความสัมพันธ์ดังนี้

$$DPO = \frac{\text{ตำหนิทั้งหมด}}{(\text{โอกาสเกิดตำหนิต่อชิ้นงาน} \times \text{ชิ้นงานทั้งหมด})} \quad (2.9)$$

2.4.4 เฟิร์สไทม์ยีลด์ (First Time Yield : Y_{FT})

เป็นค่าความน่าจะเป็นที่ผลิตภัณฑ์จะปราศจากข้อบกพร่องในหนึ่งหน่วยโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง มีสูตรความสัมพันธ์ดังนี้

$$Y_{FT} = \frac{\text{ชิ้นงานดีที่ไม่ผ่านการซ่อม}}{\text{ชิ้นงานทั้งหมด}} \quad (2.10)$$

2.4.5 โรลด์ทรูพุทยีลด์ (Rolled Throughput Yield : Y_{RT})

เป็นความน่าจะเป็นที่ผลิตภัณฑ์จะผ่านขั้นตอนต่างๆมาทุกกระบวนการโดยปราศจากข้อบกพร่อง (Defect Free) มีสูตรความสัมพันธ์ดังนี้

$$Y_{RT} = e^{-DPU} \quad (2.11)$$

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการลดความสูญเสีย

ความหมายคำนิยามต่างๆของทฤษฎีลดความสูญเสีย และวิธีการในการเพิ่มประสิทธิภาพตลอดจนดัชนีที่ชี้วัดถึงประสิทธิภาพมีดังนี้

2.5.1 อัตราผลิตภาพ

$$\text{Productivity} = \text{Output / Input} \quad (2.12)$$

เป็นดัชนีแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อทรัพยากร โดยใช้ความสัมพันธ์ของผลผลิตและทรัพยากรในรูปแบบเชิงเศรษฐกิจ ซึ่งสามารถแบ่งอัตราผลิตภาพเป็น 3 ประเภทคือ

1. อัตราผลิตภาพเฉพาะส่วน (Partial Productivity)

อัตราส่วนระหว่างผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละชนิด เช่น อัตราผลิตภาพวัตถุดิบ (Material Productivity) อัตราผลิตภาพแรงงาน (Labor Productivity) อัตราผลิตภาพค่าใช้จ่าย (Expense Productivity) อัตราผลิตภาพเงินลงทุน (Capital Productivity) เป็นต้น

2. อัตราผลิตภาพองค์ประกอบรวม (Total Factor Productivity)

อัตราผลผลิตสุทธิต่อผลรวมของทรัพยากรด้านเงินทุนและแรงงาน ซึ่งอธิบายได้จากผลผลิตรวมลบด้วยค่าวัสดุและค่าบริการที่ต้องซื้อ

3. อัตรผลิตภาพรวม (Total Productivity)

อัตราส่วนของผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ทั้งหมด

2.5.2 การปรับปรุงผลิตภาพ (Productivity Improvement)

คือความพยายามที่จะทำให้ค่าของอัตราส่วนของหน่วยผลผลิตต่อปัจจัยการผลิตมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถทำได้ 5 กรณีคือ

1. เพิ่มผลผลิตแต่ลดปัจจัยการผลิต
2. เพิ่มผลผลิตแต่ปัจจัยการผลิตเท่าเดิม
3. ผลผลิตเท่าเดิมแต่ลดปัจจัยการผลิต
4. เพิ่มผลผลิตและเพิ่มปัจจัยการผลิต แต่การเพิ่มปัยจัยการผลิตน้อยกว่าการเพิ่มผลผลิต
5. ลดผลผลิตและลดปัจจัยการผลิต แต่การลดปัยจัยการผลิตมากกว่าการลดผลผลิต

2.5.3 ความสูญเปล่าในการผลิต

จุดสำคัญในการปรับปรุงสายการผลิตคือ ต้องเริ่มจากการค้นหาความสูญเปล่าแล้วขจัดให้หมดไป ซึ่งมีความสูญเปล่าหลักๆคือ

1. ความสูญเปล่าเนื่องจากการรอคอย (Waiting)

มีสาเหตุมาจากความไม่พร้อมหรือเหตุขัดข้องต่างๆเช่น เครื่องจักรขัดข้อง การรอวัตถุดิบ การรองานเนื่องจากพนักงานยังไม่เข้าใจงาน การรอแก้ไขงานที่ผิดพลาดเช่น ชิ้นงานผิดขนาด

2. ความสูญเปล่าจากการผลิตที่มากเกินไปโดยไม่จำเป็น (Over Production)

ความสูญเปล่านี้ทำให้งานระหว่างผลิต (Work in Process) มีมากเกินความต้องการในขณะนั้น ซึ่งอาจเกิดจากความต้องการต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุด ผู้ประกอบการจึงผลิตสินค้าไว้คราวละมากๆ โดยไม่สนใจว่างานที่ผลิตนั้น จะนำไปใช้หมดในขั้นตอนผลิตถัดไป หรือขายให้ลูกได้หรือไม่

3. ความสูญเปล่าจากการขนส่งที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Transportation)

ความสูญเปล่าจากการย้ายระหว่างแผนก ย้ายจากชั้นบนลงชั้นล่าง ย้ายจากโกดังเก็บของไปสู่โรงงานหนึ่งเพื่อส่งต่อไปยังโรงงานถัดไป กิจกรรมเหล่านี้ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่สินค้า ดังนั้นเราต้องลดการขนส่งให้เหลือน้อยที่สุด

4. ความสูญเปล่าจากการมีกระบวนการผลิตที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Processing)

มีสาเหตุมาจากการขั้นตอนการทำงานไม่มีประสิทธิภาพ ทำงานซ้ำซ้อนกัน การวางแผนการทำงานไม่รัดกุม ทำให้เกิดการแก้ไขหลังการผลิต หรือทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์ ไม่เพิ่มคุณค่าให้ตัวผลิตภัณฑ์ แต่กลับเพิ่มต้นทุนอย่างไม่จำเป็น

5. ความสูญเปล่าจากการมีสินค้าคงคลังเกินความจำเป็น (Unnecessary Inventory)

ความสูญเสียนี้เกิดจากการสั่งซื้อวัสดุมาเก็บไว้ครั้งละมากๆ เพื่อที่จะมีใช้ไม่ขาดมือ วิธีนี้ทำให้เกิดต้นทุนเพิ่มขึ้นในด้านการเก็บรักษา ค่าเช่าโกดัง และหากการจัดเก็บวัสดุคงคลังไม่ดีพออาจเกิดการเสื่อมสภาพได้

6. ความสูญเปล่าของการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motion)

เกิดจากการจัดสภาพแวดล้อมการทำงานที่ไม่ดี คือจัดตำแหน่งของคนและสิ่งของไม่เหมาะสมพนักงานต้องก้ม เอียง ลุก รีบเดิน เช่นพนักงานต้องรีบหยิบของออกจากสายพานที่เร็วเกินไป หรือเอื้อมไปหยิบของด้านหลัง เหล่านี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเมื่อยล้า แล้วเป็นสาเหตุให้การทำงานล่าช้าและไม่มีประสิทธิภาพ

7. ความสูญเปล่าจากของเสีย (Defect)

ของเสียจากขั้นตอนการผลิต โดยที่ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถตรวจสอบของเสียที่เกิดขึ้นได้ทันที ความสูญเสียนี้เกิดจากความละเลยของพนักงานหรือหัวหน้างาน ซึ่งเมื่อมีการตรวจสอบก็พบของเสียจำนวนมาก ความสูญเสียประเภทนี้ นอกจากจะเพิ่มต้นทุนแล้ว ยังต้องเสียเวลามาซ่อมแซมงานให้ได้ตามความต้องการ หรือทิ้งงานเสียไปทั้งหมด

8. ความคิดสร้างสรรค์ไม่ถูกนำมาใช้ (Unused Creativity)

ความสูญเปล่านี้เกิดจากการถูกปิดกั้นโอกาสในการแสดงความคิดเห็น

2.6 การทบทวนงานวิจัย

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการ เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตและลดปริมาณสิ่งบกพร่อง พบว่ามีหลายอุตสาหกรรมได้นำเทคนิคและขั้นตอน DMAIC มาใช้เช่น อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ประเสริฐ [1] วิศิษฏ์ศรี [2] นิศากร [3] เสกสรรค์ [4] ชัยรัตน์ [5] ศราวุธ [6] อรรถพล [7] ชีวรัตน์ [8] ปัณฑ์ชนิด [9] การันต์ [10] สหพร [11] ศรัยนี [12] ชญานี [13] นวลลออ [14] พงศ์ [15] อรอุมา [16] ประยูร [17] ธีระพงษ์ [18] พรเทพ [19] สมอุษา [20] ปฐม์พงศ์ [21] ณัฐนารี [22] ศุภกฤต [23] อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ วิลาสินี [24] สุขุมาล [25] วุฒิชัย [26] อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง จิตลดา [27] อุตสาหรรมเครื่องประดับ ปาณิกา [28] อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ ปารเมศ [29] และอุตสาหกรรมกระจก สุนทร [30] เป็นต้น ซึ่งทุกงานวิจัยสามารถนำเทคนิค DMAIC มาใช้ปรับปรุงแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกเทคนิคดังกล่าวมาใช้ปรับปรุงกระบวนการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ณ โรงงานตัวอย่าง

ในทุกงานวิจัยที่กล่าวมา จะมีขั้นตอนการดำเนินงานที่คล้ายกัน 5 ขั้นตอนคือ การระบุปัญหา เป็นการศึกษาว่าปัญหาที่จะแก้ไขคืออะไรและอยู่ตรงจุดใด โดยใช้แผนภาพพาเรโต จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัด ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยเบื้องต้นพบว่ามีตัวแปรตอบสนอง 2 แบบคือ Variable Characteristic เช่น การลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิกส์ซิกม่า [3] การเพิ่มผลิตภาพการหัวอ่านเขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์ [11] การพัฒนาการควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่าการโก่งตัวของหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ [12] โดยเกณฑ์วัดผลดูจากเปอร์เซ็นต์ Total $G_{R\&R}$ ซึ่งเกณฑ์การยอมรับอยู่ที่น้อยกว่า 10% และค่า Number of Distinct Categories ซึ่งเกณฑ์การยอมรับอยู่ที่มากกว่า 4 ส่วนในระบบการวัดผลที่มีข้อมูลเป็นแบบ Attribute Characteristic เช่น การลดปัญหาทูมสโตน คอมโพเน้นท์ โดยใช้แนวทางซิกส์ซิกม่า [18] ซึ่งเกณฑ์ที่ยอมรับได้ต้องมีเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ (Consistency) และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพ (Efficiency) มีค่าเท่ากับ 100% ซึ่งในการทำงานวิจัยนี้ก็ต้องทำการวิเคราะห์ระบบการวัดผลทั้งสองแบบ

จากนั้นถึงขั้นตอนการหาสาเหตุ ซึ่งส่วนมากจะใช้ Process Mapping แผนภูมิก้างปลา และ FMEA แล้วต่อด้วยการทดสอบสมมติฐาน Potential KPIVs การทดสอบ Equal Variance และ Two - Sample T-Test ในการลดของเสียที่เกิดจากการประกอบสปินเดิลมอเตอร์โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิกส์ ซิกม่า [3] การลดของเสียแขนจับหัวอ่านด้วยวิธีการซิกส์ ซิกม่า [15] การปรับปรุงค่าซีสกอร์ความสูงของแขนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์โมเดล 10K.7 [22] การทดสอบ Two - Proportion T-Test ในการประยุกต์ซิกส์ซิกม่า เพื่อลดของเสียจากการพ่นสีรองพื้นในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิการาคาแพง [29] การปรับปรุงผลิตผลของกระบวนการเจียรกระจกเทมเปอร์ [30] ซึ่งในงานวิจัยนี้ก็ได้ใช้วิธีการทดสอบนี้เป็นเครื่องมือช่วยในการหา Significant KPIVs ด้วย

ซึ่งเมื่อได้ Significant KPIVs แล้ว เราก็นำมาทำการทดลอง DOE เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ แล้วสร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ หรือหาระดับของแต่ละปัจจัย เพื่อให้ได้ค่าทดสอบที่ต้องการ ซึ่งในงานวิจัยที่ได้ศึกษาทั้งหมดนี้ ได้มีการออกแบบการทดลองที่ต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับจำนวนของปัจจัยที่ทำการศึกษา จำนวนของการทดลองซ้ำ และลักษณะของปัญหาที่ต่างกันออกไป เช่น นำ Significant Factor มาทดลองโดยทำการทดลองเป็นแบบ 2^k Factorial Design ในการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับลดของเสียในการประกอบฮาร์ดดิสก์ [1-2] การทดลองแบบ Two-Way ANOVA ในการลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์ [3] การทดลองแบบ 3^k Factorial Design ในการปรับปรุงคุณภาพของการผลิตชุดหัวอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ [5] และการใช้หลักการทากูชิ L_{16} (2^{15}) กรองปัจจัยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการทดลองออกไปก่อน แล้วทำการทดลอง

ด้วย 3^k Factorial Design กับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการทดลองอีกรอบหนึ่ง เพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม สำหรับการพัฒนาประสิทธิภาพงานหล่อเครื่องประดับ กรณีโรงงานเครื่องประดับ [28]

สำหรับงานวิจัยบางเรื่องที่เกี่ยวกับการเพิ่มผลผลิต ก็ไม่จำเป็นต้องมาปรับปรุงกระบวนการด้วยการทดลอง DOE เพราะสามารถวิเคราะห์ผลแล้วสามารถปรับปรุงด้วยวิธีการอื่นเช่น ใช้เทคนิค ECRS ในการจัดวิธีการทำงานของคนใหม่ แล้วส่งผลให้เครื่องจักรมีเวลารอคอยลดลง ในการเพิ่มผลผลิตของสายการผลิต Sleeve สำหรับ Spindle Motor [16] ทำเครื่องมือเพื่อช่วยลดเวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน ในการเพิ่มผลผลิตโดยการปรับปรุงการทำงาน กรณีศึกษาบริษัทเซมิคอนดักเตอร์ [17] สร้างเครื่องมือช่วยประกอบ เพื่อลดเวลารอคอยของพนักงาน ในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มผลผลิต กรณีศึกษาการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ [24] และใช้วิธีลดการสูญเสีย 7 Waste โดยการตัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น และจัดสมดุลสายการผลิต ในการเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตเครื่องสำอาง [27]

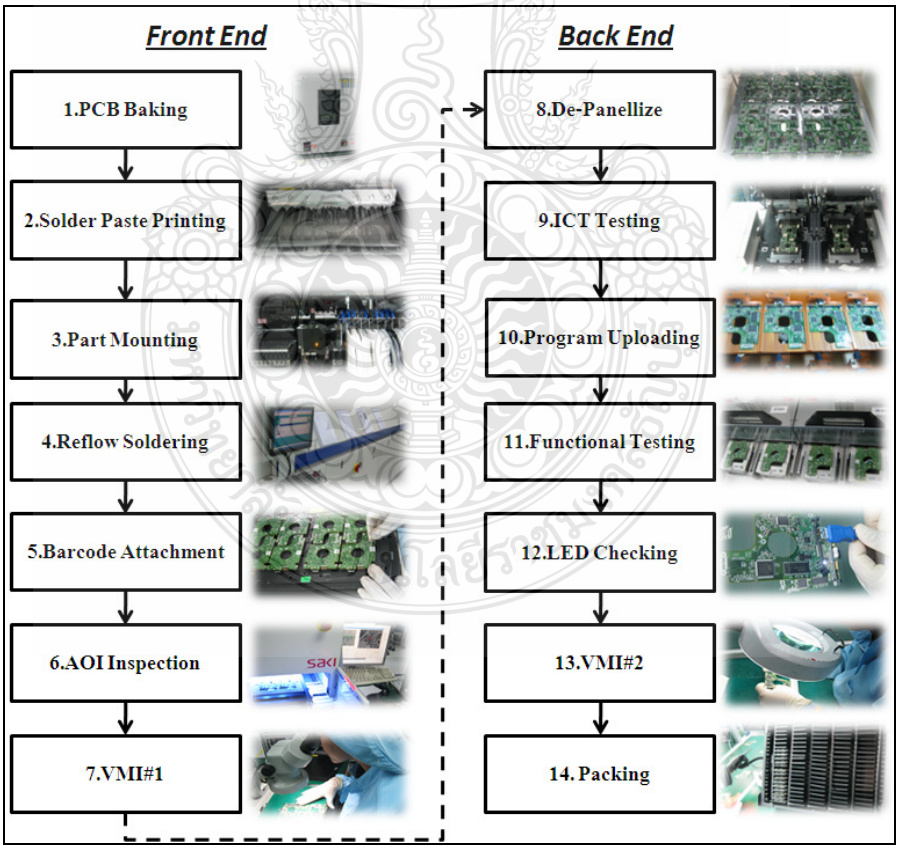
ส่วนในขั้นตอนสุดท้ายนี้จะเป็นการควบคุมกระบวนการหลังจากปรับปรุงแล้ว โดยเครื่องมือทางสถิติส่วนใหญ่จะใช้แผนภูมิควบคุมเช่นใช้ NP Chart เพื่อควบคุมกระบวนการของเสียในการลดฝาครอบฮาร์ดดิสก์บกพร่องในการถอดประกอบเพื่อเปลี่ยนชิ้นส่วน [6] และใช้ P Chart เพื่อควบคุมของเสียจากการพ่นสีรองพื้นกล่อง ในการผลิตกล่องนาฬิการาคาแพง [29] เป็นต้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้นำเอาเทคนิค DMAIC มาช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิต ตัดลดขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า รวมถึงลดปริมาณงานซ่อม โดยทำการแก้ไขปัญหาอย่างมีระบบ ซึ่งใช้เครื่องมือทางสถิติเข้ามาเป็นส่วนช่วยในการตัดสินใจและวัดผล เพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดีกว่า รวดเร็วกว่า และมีราคาถูกกว่า

3.1 ศึกษาภาพรวมของกระบวนการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เป็นการศึกษาภาพรวมขั้นตอนการผลิตของโรงงานตัวอย่าง ศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต เครื่องจักรที่ใช้ทำการผลิต และวิธีการผลิต จากนั้นทำเป็นแผนภาพการไหลของขั้นตอนการผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการ ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนภาพการไหลขั้นตอนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่น Helios 3.0

ตารางที่ 3.1 อธิบายความหมายของขั้นตอนในการผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0

ขั้นตอนในการผลิต	รายละเอียดขั้นตอน
1. PCB Baking	การอบแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อกำจัดความชื้น
2. Solder Paste Printing	การปาดดีบุกครีมลงบนแผ่นชิ้นงานตามตำแหน่งบนแบบพิมพ์
3. Part Mounting	การวางอุปกรณ์เล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นชิ้นงานตามตำแหน่ง
4. Reflow Soldering	การหลอมดีบุกครีมให้อุปกรณ์เชื่อมต่อกับแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์
5. Barcode Attachment	การติดสติ๊กเกอร์ Barcode บนชิ้นงานเพื่อบันทึกข้อมูลการผลิต
6. Auto Optical Inspection (AOI)	การตรวจสอบลักษณะทางกลด้วยเครื่องอัตโนมัติ
7. Visual Inspection #1 (VMI#1)	การตรวจสอบลักษณะทางกลผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า
8. De-paneling	การตัดแยกชิ้นงานหลังวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยเครื่องจักร
9. ICT Testing	การตรวจสอบลักษณะทางไฟฟ้าของชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบ
10. Program Uploading	การบรรจุโปรแกรมที่ใช้ควบคุมฮาร์ดดิสก์ลงในชิ้นงาน
11. Functional Testing	ทดสอบการควบคุมฮาร์ดดิสก์ของชิ้นงาน
12. LED Checking	การตรวจสอบการทำงานของไฟ LED
13. Visual Inspection #2 (VMI#2)	การตรวจสอบลักษณะทางกลผ่านเลนส์กำลังขยาย 5 เท่า
14. Packing	การบรรจุชิ้นงานลงกล่องป้องกันไฟฟ้าสถิตย์

3.2 ขั้นตอนการทำงานวิจัยในส่วนที่ 1

3.2.1 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)

1. หาจุดคอขวดของกระบวนการ

เป็นการศึกษาเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตของสินค้ารุ่น Helios 3.0 จาก 17,000 ชิ้น เป็น 20,000 ชิ้นต่อวัน ตามความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มมากขึ้น โดยเริ่มทำการเก็บข้อมูลของรอบเวลางานในแต่ละขั้นตอนตามแผนภาพการไหล แล้วหาจุดที่เป็นคอขวด (Bottleneck) ของกระบวนการและนำมาคำนวณหากำลังการผลิต

2. กำหนดเป้าหมายยอดผลิต

ลูกค้ามีความต้องการสินค้า 20,000 ชิ้นต่อวันโดยส่งสินค้าทุกวัน ดังนั้นจึงต้องคำนวณหาเป้าหมายของการผลิตที่เผื่อรวมชิ้นงานเสียที่ต้องซ่อมแซมด้วย

3. ตรวจสอบกระบวนการปัจจุบัน

ตรวจสอบในขั้นตอนที่ต้องการปรับปรุงว่าอยู่ในสภาวะเสถียรหรือไม่ โดยวัดรอบเวลาแล้วนำมาทำการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิฮีสโตแกรมและแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย แผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.2.2 ขั้นตอนการวัดกระบวนการ (Measure Phase)

1. ตรวจสอบค่าเอนเอียง (Bias) และสมบัติเชิงเส้น (Linearity) การวัดเวลางาน

เป็นการศึกษาความคลาดเคลื่อนของการวัดเวลางานของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยนาฬิกาจับเวลา ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) เลือกช่วงเวลามาตรฐานจำนวน 3 ช่วงเวลาคือ 10, 30 และ 50 วินาที

2) เตรียมนาฬิกาจับเวลา 1 เรือน (นาฬิกามีความคลาดเคลื่อน 1/1000 วินาที)

3) เลือกพนักงานที่ผ่านการอบรมมาแล้ว 1 คน ให้เป็นผู้วัดเวลามาตรฐาน

4) ทำการวัดเวลามาตรฐานจำนวน 10 ครั้งต่อตัวอย่าง โดยทำการทดลองแบบสุ่ม

5) ทำการวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมมินิแทป

2. ตรวจสอบความมีเสถียรภาพของระบบการวัด (Stability)

เป็นการตรวจสอบความมีเสถียรภาพของระบบการวัด ตลอดช่วงเวลาของการทำงานวิจัยในส่วนที่ 1 โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดเวลามาตรฐานที่ใช้ทดสอบ 1 ค่า ซึ่งใกล้เคียงกับรอบเวลาที่เป็นคอขวด

2) เตรียมนาฬิกาจับเวลาที่ใช้ในงานวิจัย 1 เรือน

3) ทำการวัดเวลาสัปดาห์ละ 2 ครั้งๆละ 5 ข้อมูล ทั้งหมด 8 สัปดาห์

4) ทำการวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมมินิแทป

3. ตรวจสอบความเที่ยงตรงของระบบการวัด (Gage R&R)

เป็นการตรวจสอบความแม่นยำและเที่ยงตรงของระบบการวัด ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) เลือกวิศวกรที่ทำการวัดเวลาประจำในกระบวนการประกอบมา 2 คน

2) เลือกนาฬิกาจับเวลาเพียงเรือนเดียวสำหรับศึกษาความเที่ยงตรงของระบบการวัด

3) เลือกชิ้นงานแบบสุ่มตลอดช่วงความแปรผันของกระบวนการ โดยใช้กล้องวีดีโอบันทึกภาพการทำงานของเครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ 3 ทั้งหมด 10 ชิ้น แล้วทำการกำหนดจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของการทำงานให้เข้าใจตรงกัน

4) ทำการวัดเวลางานจากกล้องวีดีโอทีละชิ้นทั้งหมด 10 ชิ้นแบบสุ่ม จากนั้นทำการวัดซ้ำในรอบที่ 2 ด้วยลักษณะเดียวกัน

5) ให้วิศวกรคนที่ 2 ทำการวัดเวลางานเหมือนกับคนที่ 1

6) ทำการวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมมินิแทป

3.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์กระบวนการ (Analyze Phase)

1. แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram)

ทำการระดมสมองหาสาเหตุรากเหง้าของปัญหาโดยมีขั้นตอนดังนี้

1) นิยามปัญหาให้ชัดเจนคือ รอบเวลางานของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สูงเกินไป

2) ให้สมาชิกแต่ละคนทำการออกความคิดเห็น โดยเขียนสาเหตุของปัญหาใส่กระดาษ

3) จัดกลุ่มสาเหตุของปัญหา โดยแยกตามหลัก 4M + 1E

4) สร้างแผนภาพก้างปลา

2. การวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่อง (FMEA)

วิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่อง (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA) ซึ่งเป็นการเข้าถึงสาเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยการระดมสมองเพื่อพิจารณาและตรวจหาถึงแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง ความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง ตลอดจนโอกาสในการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) ระบุปัจจัยป้อนเข้าที่น่าจะส่งผลต่อความผันแปรในกระบวนการ (Potential KPIVs)

2) ระบุลักษณะข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิด (Potential Failure Mode) โดยตั้งคำถามว่า “ถ้าการทำงานไม่เป็นไปตามหน้าที่ที่ต้องการ แล้วลักษณะข้อบกพร่องจะเป็นอย่างไร”

3) ระบุลักษณะผลกระทบของข้อบกพร่อง (Potential Effect of Failure) โดยตั้งคำถามว่า “หากข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดเกิดขึ้นมา แล้วจะส่งผลกระทบอย่างไรต่อปัญหาที่สนใจ

4) ให้คะแนนตามความรุนแรงของผลกระทบ (Severity of the Effect : S) โดยเกณฑ์การให้คะแนนได้แสดงในภาคผนวก ก

5) ระบุสาเหตุที่มีแนวโน้มในการเกิดข้อบกพร่อง (Potential Cause of Failure)

6) ให้คะแนนโอกาสในการเกิด (Occurrence : O)

7) ระบุการควบคุมในปัจจุบัน (Current control) ซึ่งมี 2 แบบคือ การตรวจจับ (Detection) และการป้องกัน (Protection)

8) ให้คะแนนการตรวจจับของการควบคุมในปัจจุบัน

9) คำนวณค่าระดับความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากผลคูณของคะแนนตามความรุนแรง คะแนนโอกาสในการเกิด และคะแนนการตรวจจับ

3. จัดลำดับความสำคัญของค่าความเสี่ยง

วิเคราะห์คะแนนค่าระดับความเสี่ยงของแต่ละปัจจัยป้อนเข้า (Potential KPIVs) ด้วยแผนภูมิพาเรโต ภายใต้หลักการของพาเรโตที่ว่า “ถ้าข้อมูลอยู่ในสภาวะเสถียรภาพแล้ว ข้อมูลที่มีความสำคัญมาก (ประมาณ 80% ของความสำคัญทั้งหมด) จะมาจากประเภทข้อมูลจำนวนเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 20% ของประเภทข้อมูลทั้งหมด) ในขณะที่ข้อมูลที่เหลืออีกประมาณ 80% จะมีความสำคัญเพียง 20% ของความสำคัญทั้งหมด หรืออาจเลือกปัจจัยป้อนเข้า (Potential KPIVs) ที่มีค่าคะแนนความเสี่ยง (RPN) สูงเกิน 100 คะแนนมาทำการแก้ไขก่อนก็ได้

4. การทดสอบปัจจัยนำเข้า

เป็นการทดสอบปัจจัยป้อนเข้า (Potential KPIVs) ที่ได้จากขั้นตอนที่แล้ว ว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาหรือไม่ ซึ่งมีขั้นตอนย่อยดังนี้

1) สำรวจสภาพปัจจุบันและหาวิธีปรับปรุงใหม่

เป็นการหาสภาวะปัจจุบันว่ามีขั้นตอนการทำงานเป็นอย่างไร มีจุดด้อยอย่างไร ควรปรับแก้ตรงจุดใด และคิดวิธีการใหม่เพื่อปรับปรุงแก้ไขปัญหา

2) ตั้งสมมติฐานการทดลอง

ทำการตั้งสมมติฐานการวิจัยที่ต้องการทดสอบ แล้วแปลงมาเป็นสมมติฐานทางสถิติเพื่อใช้ในการทดสอบ

3) หาขนาดของตัวอย่าง (Sample Size)

การหาขนาดตัวอย่างของการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยรอบเวลาการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งใช้โปรแกรมมินิแทป (Minitab Program) ในการคำนวณ

4) ทำการทดลอง

การทดสอบสมมติฐานต้องมีการทดลองก่อน เพื่อหาผลลัพธ์มายืนยันความเชื่อของผู้วิจัย หากไม่สามารถยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้ก็จำเป็นต้องยอมรับอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งอาจมิใช่ทางเลือกที่ถูกต้องแต่ไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะทำการปฏิเสธทางเลือกนั้น (Fail to Reject) และในทางกลับกันถ้าผลลัพธ์ที่ได้สามารถยืนยันความเชื่อของผู้วิจัยได้ก็สามารถยอมรับทางเลือกนั้นได้

โดยจะนำ KPIVs ที่มีคะแนนสูงผ่านเกณฑ์ของพาเรโตมาวิเคราะห์และปรับวิธีการใหม่แล้วควบคุมปัจจัยอื่นๆให้คงที่ ก่อนนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับวิธีการเดิมตามหลักสถิติ

5) ทดสอบสมมติฐานด้วยหลักสถิติ

ก. ใช้หลักสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อมูล 2 กลุ่ม (2 Sample T-Test)

ทำการตัดสินใจผ่านการทดสอบสมมติฐานโดยใช้หลักสถิติแบบ 2 Sample T-Test เนื่องจากเป็นการทดสอบค่าเฉลี่ยรอบเวลางานสำหรับ 2 กลุ่มประชากร ซึ่งมีตัวแบบการตัดสินใจ 2 ทางเลือกคือ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis : H_0) ซึ่งเป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อความหวังที่จะปฏิเสธ และสมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis : H_1) ซึ่งผลการทดสอบจะขึ้นกับค่า P – Value ที่ได้ แล้วมาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 (α) ที่ระดับ 0.05 ซึ่งมีเกณฑ์ตัดสินใจดังนี้

- ค่า P – Value < α หมายถึง ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (ยอมรับ H_1)
- ค่า P – Value > α หมายถึง ไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

ข. ใช้หลักสถิติแบบวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA)

ทำการตัดสินใจผ่านการทดสอบสมมติฐานโดยใช้หลักสถิติแบบ One Way ANOVA เนื่องจากเป็นการทดสอบค่าเฉลี่ยรอบเวลางานสำหรับข้อมูลมากกว่า 2 กลุ่มประชากร ซึ่งมีตัวแบบการตัดสินใจ 2 ทางเลือกคือ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis : H_0) และสมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis : H_1) ซึ่งผลการทดสอบจะขึ้นกับค่า P – Value ที่ได้ แล้วมาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 (α) ที่ระดับ 0.05 ซึ่งมีเกณฑ์ตัดสินใจดังนี้

- ค่า P – Value < α หมายถึง ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (ยอมรับ H_1)
- ค่า P – Value > α หมายถึง ไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

3.2.4 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

1. ทดสอบวิธีการใหม่

เมื่อทราบสาเหตุของปัญหาและแนวทางแก้ไขแล้วนั้น ขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบวิธีการปรับปรุงกระบวนการแบบใหม่ในสายผลิตจริงเพียง 1 สายผลิตเป็นระยะเวลา 6 วัน แล้วทำการเปรียบเทียบผลกับวิธีการเดิม

2. ใช้วิธีใหม่กับทุกสายผลิต

หากการทดสอบวิธีการใหม่ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น และมีแนวโน้มที่จะสามารถบรรลุเป้าหมายได้ ก็สามารถเริ่มใช้วิธีการใหม่กับทุกสายผลิตแล้วเก็บข้อมูลปริมาณการผลิตรวมเป็นเวลา 6 วัน ว่าเพียงพอกับการจัดส่งสินค้าที่ 20,000 ชิ้นต่อวันหรือไม่

3.2.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดมาตรฐานการทำงานแบบใหม่ การตรวจสอบ Audit และเฝ้าระวังผลของการปรับปรุงกระบวนการโดยมีการวิเคราะห์ผลดังนี้

1. แผนภูมิควบคุม

สร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (X Bar – S Chart) เพื่อเฝ้าระวังรอบเวลางานของทุกสายผลิต เพื่อทำการแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็วหากเกิดข้อผิดพลาดขึ้น

2. เก็บข้อมูลปริมาณการผลิต

ทำการเก็บข้อมูลปริมาณการผลิตหลังปรับปรุงกระบวนการเป็นเวลา 2 เดือน ว่าสามารถบรรลุเป้าหมายที่ 20,000 ชิ้นต่อวันได้หรือไม่ แล้วหาทางแก้ไขหากไม่บรรลุเป้าหมายต่อไป

3.3 ขั้นตอนการทำงานวิจัยในส่วนที่ 2

3.3.1 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)

1. เลือกปัญหาของสิ่งบกพร่อง

เป็นการศึกษาเพื่อลดสิ่งบกพร่องในสินค้ารุ่น Helios 3.0 เพื่อลดงานซ่อม โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลาประมาณ 2 เดือนตั้งแต่มกราคม - มีนาคม 2555 แล้วเลือกสิ่งบกพร่องที่มีเปอร์เซ็นต์สูงสุดมาทำการแก้ไขปัญหา

2. กำหนดเป้าหมายของงานวิจัย

ตั้งเป้าหมายในการลดสิ่งบกพร่องให้มากกว่า 50 %

3. ศึกษาขั้นตอนการตรวจสอบ

ศึกษารายละเอียดในวิธีการตรวจสอบ อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบ สถานีงานที่ทำการตรวจสอบ และเกณฑ์ในการตรวจสอบสิ่งบกพร่องชนิดนี้

3.3.2 ขั้นตอนการวัดกระบวนการ (Measure Phase)

1. ความสามารถกระบวนการ (Process Capability)

หาค่าชี้วัดความสามารถกระบวนการก่อนปรับปรุงกระบวนการ โดยใช้การวิเคราะห์แบบทวินาม (Binomial) เพราะข้อมูลสิ่งบกพร่องที่ใช้วิเคราะห์เป็นแบบจำนวนนับ

2. การประเมินความสามารถระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage R&R)

วิเคราะห์ประสิทธิภาพของพนักงานในการตรวจสอบชิ้นงานซึ่งมีผลลัพธ์อยู่ 2 ทางคือ งานดีหรืองานเสีย เพราะก่อนที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต้องทราบก่อนว่าการวัดผลของพนักงานมี

ความถูกต้องและความแม่นยำมากน้อยเพียงใด อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ ต้องมีการปรับปรุงระบบการวัดผลใหม่หรือไม่ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) นำชิ้นงานมาตรฐานมาทดสอบทั้งหมด 40 ชิ้น โดยเป็นชิ้นงานดี 15 ชิ้น เป็นชิ้นงานเกือบเสีย 5 ชิ้น เป็นชิ้นงานเกือบดี 5 ชิ้น และเป็นชิ้นงานเสีย 15 ชิ้น

2) ทดสอบพนักงานตรวจสอบทั้งหมด 6 คน

3) ทำการตรวจสอบ 2 ครั้งต่อหนึ่งชิ้นงานโดยทำการทดลองแบบสุ่ม

4) ทำการวิเคราะห์ผลแบบคำนวณมือในค่าความมั่นใจ ค่าประสิทธิผล ค่าอัตราปฏิเสธผิดพลาด และค่าอัตรายอมรับผิดพลาด

3. แผนผังขั้นตอนการทำงาน (Process Mapping)

ศึกษาขั้นตอนต่างๆของการผลิต เพื่อที่จะสามารถระบุปัญหาที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องได้อย่างชัดเจน ซึ่งผลที่ได้รับคือทำให้ทราบว่าขั้นตอนใดมีโอกาสก่อให้เกิดปัญหาที่ต้องการศึกษาและขั้นตอนใดตรวจจับปัญหาดังกล่าวได้ เพื่อที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์สาเหตุต่อไป

3.3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์กระบวนการ (Analyze Phase)

ในขั้นตอนนี้ของการทำแผนภาพก้างปลา การวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่อง และการจัดลำดับความสำคัญของค่าความเสี่ยง จะใช้ขั้นตอนและหลักการเดียวกับงานวิจัยในส่วนที่ 1 แต่มีส่วนแตกต่างในการทดสอบปัจจัยนำเข้าคือ

1. การทดสอบปัจจัยนำเข้า

เป็นการทดสอบปัจจัยป้อนเข้า (Potential KPIVs) ที่ได้จากส่วนที่แล้ว ว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาหรือไม่ ซึ่งมีขั้นตอนย่อยดังนี้

1) สำรวจสภาพปัจจุบันและหาวิธีปรับปรุงใหม่

เป็นการหาสภาวะปัจจุบันว่ามีขั้นตอนทำงานอย่างไร มีจุดด้อยอย่างไร แล้วคิดหาวิธีใหม่เพื่อปรับปรุงแก้ไขปัญหา

2) ตั้งสมมติฐานการทดลอง

ทำการตั้งสมมติฐานการวิจัยที่ต้องการทดสอบ แล้วแปลงมาเป็นสมมติฐานทางสถิติเพื่อใช้ในการทดสอบ

3) หาขนาดของตัวอย่าง (Sample Size)

การหาขนาดตัวอย่างของการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าสัดส่วนของเสียได้ใช้โปรแกรมมินิแทปในการคำนวณ

4) ทำการทดลอง

ในการทดสอบสมมติฐานต้องมีการทดลองก่อน เพื่อหาผลลัพธ์มายืนยันความเชื่อของผู้วิจัย หากไม่สามารถยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้ก็จำเป็นต้องยอมรับอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งอาจมิใช่ทางเลือกที่ถูกต้องแต่ไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะทำการปฏิเสธทางเลือกนั้น (Fail to Reject) และในทางกลับกันถ้าผลลัพธ์ที่ได้สามารถยืนยันความเชื่อของผู้วิจัยได้ ก็สามารถยอมรับทางเลือกนั้นได้ โดยจะนำปัจจัยป้อนเข้าที่มีคะแนนสูงผ่านเกณฑ์ของพาเรโตมาวิเคราะห์และปรับวิธีการใหม่ แล้วควบคุมปัจจัยอื่นๆให้คงที่ ก่อนนำผลของมาเปรียบเทียบกับวิธีแบบเดิมตามหลักสถิติ

5) ทดสอบสมมติฐานของสัดส่วนสิ่งบกพร่อง 2 กลุ่มประชากร (2 Proportion T-Test)

ตัดสินใจผ่านการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบสัดส่วนของสิ่งบกพร่องสำหรับ 2 กลุ่มประชากร ซึ่งมีตัวแบบการตัดสินใจ 2 ทางเลือกคือ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis : H_0) ซึ่งเป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อความหวังที่จะปฏิเสธ และสมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis : H_1) ซึ่งผลการทดสอบจะขึ้นกับค่า P –Value แล้วมาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 (α) ที่ระดับ 0.05 ซึ่งมีเกณฑ์ตัดสินใจดังนี้

ก. ค่า P – Value < α หมายถึง ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (ยอมรับ H_1)

ข. ค่า P – Value > α หมายถึง ไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

3.3.4 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

1. จัดเตรียมอุปกรณ์และอบรมพนักงานที่ปฏิบัติงาน

เตรียมอุปกรณ์ต่างๆให้ครบตามจำนวนที่ต้องใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ และอบรมพนักงานในส่วนของกิจกรรมที่เพิ่มขึ้น

2. ทดสอบวิธีการใหม่

หลังจากทราบสาเหตุของปัญหาและแนวทางแก้ไขแล้วนั้น ขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบวิธีการปรับปรุงกระบวนการแบบใหม่ในสายผลิตจริงเป็นระยะเวลา 6 วัน แล้วทำการเปรียบเทียบผลกับวิธีการเดิม

3.3.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดมาตรฐานการทำงานแบบใหม่ การตรวจสอบ การประเมิน (Audit) และเฝ้าระวังผลของการปรับปรุงกระบวนการโดยมีการวิเคราะห์ผลดังนี้

1. แผนภูมิควบคุม

สร้างแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P Chart) คอยเฝ้าระวังสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลา 2 เดือน เพื่อจะได้ทำการแก้ไขปัญหาได้รวดเร็วหากเกิดข้อผิดพลาดในการผลิต

2. เก็บข้อมูลปริมาณงานเสีย

เก็บข้อมูลปริมาณงานเสียหลังปรับปรุงกระบวนการเป็นเวลา 2 เดือน เปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนปรับปรุงกระบวนการ ว่าสามารถบรรลุเป้าหมายหรือไม่

3. จัดทำเอกสารขั้นตอนการทำงานและอบรมพนักงาน

จัดทำเอกสารขั้นตอนการทำงานและอบรมพนักงาน ถ้าแนวทางที่แก้ไขสามารถลดปัญหาสิ่งบกพร่องได้จริง

4. หาระยะเวลาคืนทุน

หาระยะเวลาคืนทุน หากมีการลงทุนซื้ออุปกรณ์ช่วยในการผลิต

3.4 ขั้นตอนการทำงานวิจัยในส่วนที่ 3

3.4.1 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)

1. เลือกชนิดของวัตถุดิบที่มีการสั่งซื้อสูงสุด

ศึกษาเพื่อลดต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลาประมาณ 3 เดือนตั้งแต่เมษายน - มิถุนายน 2555 แล้วเลือกวัตถุดิบที่มีการสั่งซื้อสูงสุดมาเป็นหัวข้อในงานวิจัย

2. คำนวณเป้าหมายของงานวิจัย

หาวิธีการลดต้นทุนของวัตถุดิบ ซึ่งวิธีที่เหมาะที่สุดคือเปลี่ยนใช้ยี่ห้อที่ถูกกว่า โดยทำการคำนวณเป็นต้นทุนที่ลดลงเมื่อเปลี่ยนใช้ยี่ห้อใหม่

3.4.2 ขั้นตอนการวัดกระบวนการ (Measure Phase)

1. ตรวจสอบระบบการวัดค่าความสูงดีบุก (Solder Height)

1) ตรวจสอบค่าความเอียง (Bias) และสมบัติเชิงเส้น (Linearity) การวัดความสูงดีบุก

ศึกษาความคลาดเคลื่อนการวัดค่าความสูงดีบุกที่พิมพ์บนชิ้นงาน ด้วยเครื่องวัดแบบเลเซอร์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ก. ใช้ค่าความสูงมาตรฐาน 3 ค่าความสูงคือ 0.10257, 0.12145 และ 0.15052 มม.

ข. ใช้เครื่องวัดค่าความสูงดีบุกที่ใช้งานประจำ 1 เครื่อง

ค. เลือกพนักงานที่ผ่านการอบรมมาแล้ว 1 คน ให้เป็นผู้วัดค่าความสูงมาตรฐาน

ง. ทำการวัดค่าความสูงมาตรฐานจำนวน 10 ครั้งต่อตัวอย่าง โดยทดลองแบบสุ่ม

จ. ทำการวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมมินิแทป

2) ตรวจสอบความมีเสถียรภาพ (Stability) ของระบบการวัด

ก. เลือกค่าความสูงมาตรฐานทดสอบ 1 ค่าคือ 0.12145 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าใช้งาน

ข. ใช้เครื่องวัดค่าความสูงดีบุกที่ใช้งานประจำ 1 เครื่อง

ค. ทำการวัดค่าความสูงมาตรฐานดังกล่าว 2 วันต่อครั้งๆละ 5 ข้อมูล โดยเก็บข้อมูลทั้งหมด 20 ตัวอย่าง ตลอดช่วงเวลาทำงานวิจัยในส่วนที่ 3

ง. ทำการวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมมินิแทป

3) ตรวจสอบความเที่ยงตรงของระบบการวัด

ก. เลือกวิศวกรที่ทำการวัดความสูงดีบุกประจำในกระบวนการประกอบมา 2 คน

ข. ใช้เครื่องวัดค่าความสูงดีบุกที่ใช้งานประจำ 1 เครื่อง

ค. เลือกชิ้นงานแบบสุ่มตลอดช่วงความแปรผันของกระบวนการทั้งหมด 10 ชิ้น

ง. วัดความสูงของดีบุกที่พิมพ์ลงบนแผ่นวงจรในตำแหน่งของอุปกรณ์ IC - U5 ทีละชิ้นทั้งหมด 10 ชิ้นแบบสุ่ม โดยการวัดแต่ละชิ้นจะได้ค่าความสูงทั้งหมด 8 ค่าซึ่งเป็นข้อจำกัดของเครื่องแล้วทำการหาค่าเฉลี่ย เนื่องจากอุปกรณ์ไอซีที่จะทำการประกอบในตำแหน่งนี้มีระยะของจุดเชื่อมวงจร (Pad) แคบและมีจำนวนหลายจุด จากนั้นทำการวัดซ้ำในรอบที่ 2 ด้วยลักษณะเดียวกัน

จ. ให้พนักงานคนที่ 2 วัดความสูงของดีบุกเหมือนคนที่ 1 และบันทึกข้อมูล

ฉ. ทำการวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมมินิแทป

2. ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

หาค่าความสามารถของกระบวนการพิมพ์ดีบุกโดยใช้ค่าความสูงเป็นค่าตอบสนอง (Response) ซึ่งใช้ค่าพารามิเตอร์ (Parameter) แบบเดิมทั้งหมด

1) คำนวณค่า C_{pk} ของความสูงดีบุกจากยี่ห้อที่ใช้ปัจจุบัน

2) คำนวณค่า C_{pk} ของความสูงดีบุกจากยี่ห้อทดสอบใหม่

3) คำนวณค่าความสูงดีบุกที่มากสุดที่ยอมรับได้ เมื่อกำหนดค่า C_{pk} ไม่น้อยกว่า 1.3

3.4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์กระบวนการ (Analyze Phase)

ขั้นตอนนี้จะทำการกรองหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุก โดยปัจจัยที่ทำการควบคุมคือ ความหนาแบบพิมพ์ 0.125 มม. ขนาดใบปาดดีบุกยาว 30 ซม. และปริมาณดีบุกครีมในการทดลอง 500 กรัม โดยทำการศึกษา 5 ปัจจัยคือความเร็วการปาดดีบุก แรงกดใบปาดดีบุก ระยะห่างการพิมพ์ ความเร็วแยกจาก และความห่างแยกจาก ซึ่งใช้การออกแบบการทดลองแบบ 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Design) โดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ด้วยการทดลองแบบสุ่ม จากนั้นวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมมินิแทป

3.4.4 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

นำปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าตอบสนอง (Significant Factors) จากขั้นตอนที่แล้ว มาทำการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป (General Full Factorial Design) ซ้ำอีกครั้ง เพื่อหาค่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสม (Optimization) โดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้งด้วยการทดลองแบบสุ่ม

3.4.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

เป็นการกำหนดมาตรฐานการทำงานแบบใหม่ การตรวจสอบ การประเมิน (Audit) และเฝ้าระวังผลของการปรับปรุงกระบวนการโดยมีการวิเคราะห์ผลดังนี้

1. ทดลองดีบุกครีมใหม่ในสายผลิตที่ 1

1) เก็บข้อมูลค่าความสูงดีบุกด้วยแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย (X Bar – R Chart)

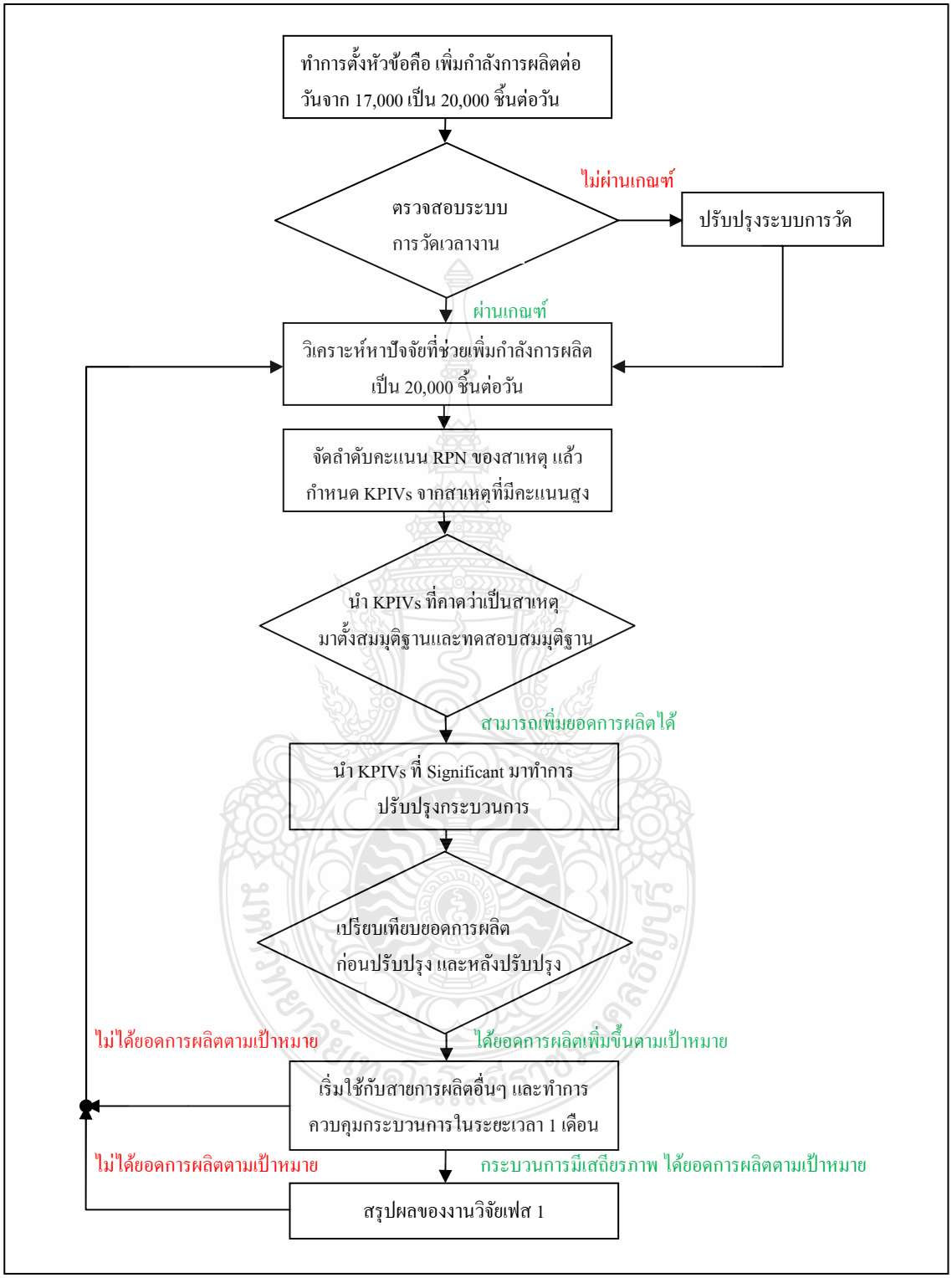
2) เปรียบเทียบสิ่งบกพร่องการเชื่อมต่อดีบุกระหว่างจุดเชื่อมข้างเคียง (Solder Bridging) ในอุปกรณ์ IC-U5 กับข้อมูลก่อนเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่ โดยใช้หลักสถิติการเปรียบเทียบสิ่งบกพร่องข้อมูล 2 กลุ่มประชากร (2 - Proportion T-Test)

2. ใช้ดีบุกครีมใหม่กับทั้ง 3 สายผลิต

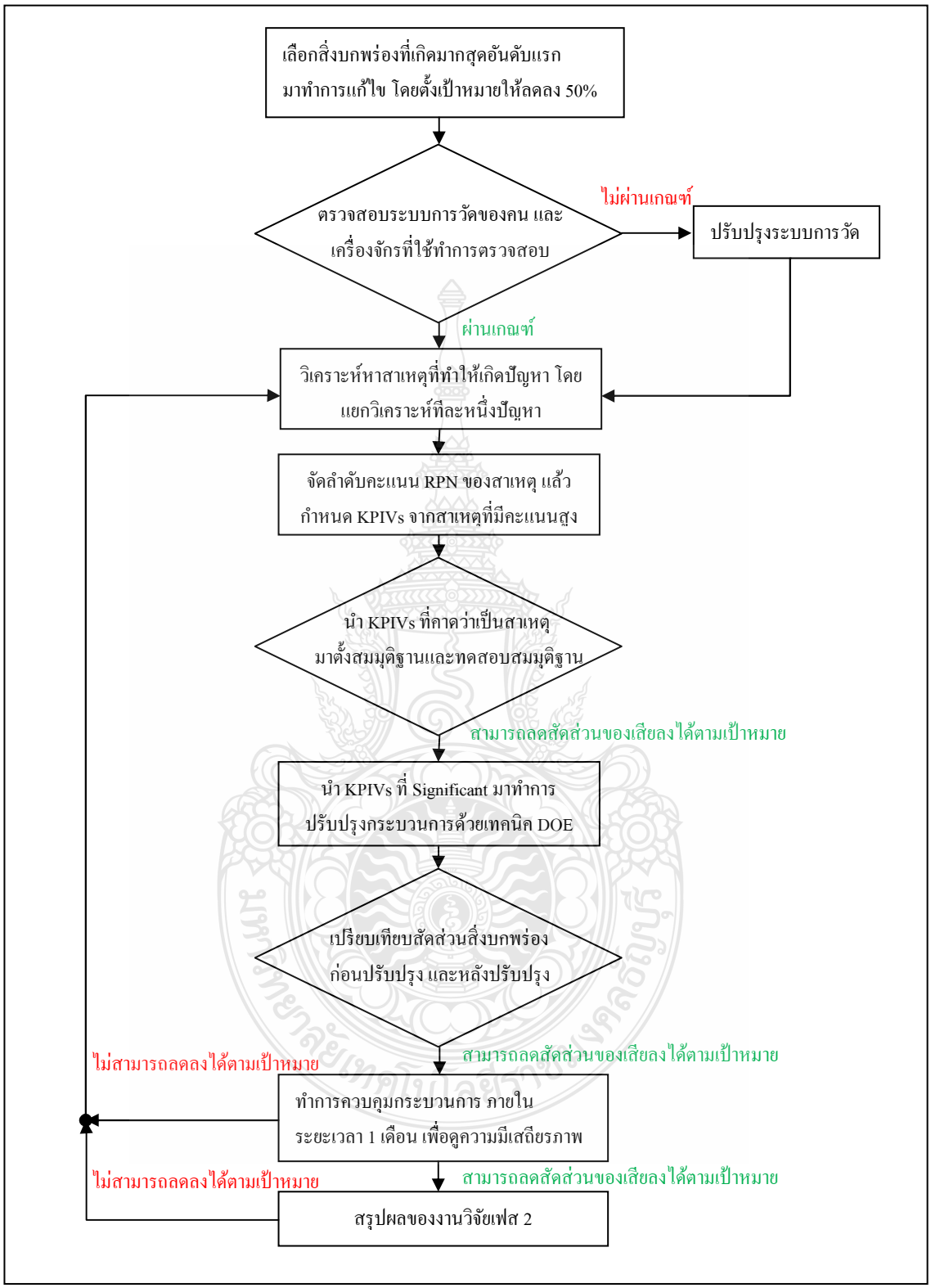
1) เฝ้าระวังค่าความสูงดีบุกทั้ง 3 สายผลิตด้วยแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย (X Bar – R Chart) เป็นเวลา 1 เดือน

2) หาค่าความสามารถกระบวนการ (Process Capability) หลังจากปรับปรุงขั้นตอนการพิมพ์ดีบุก (Solder Paste Printing) ทั้ง 3 สายผลิต

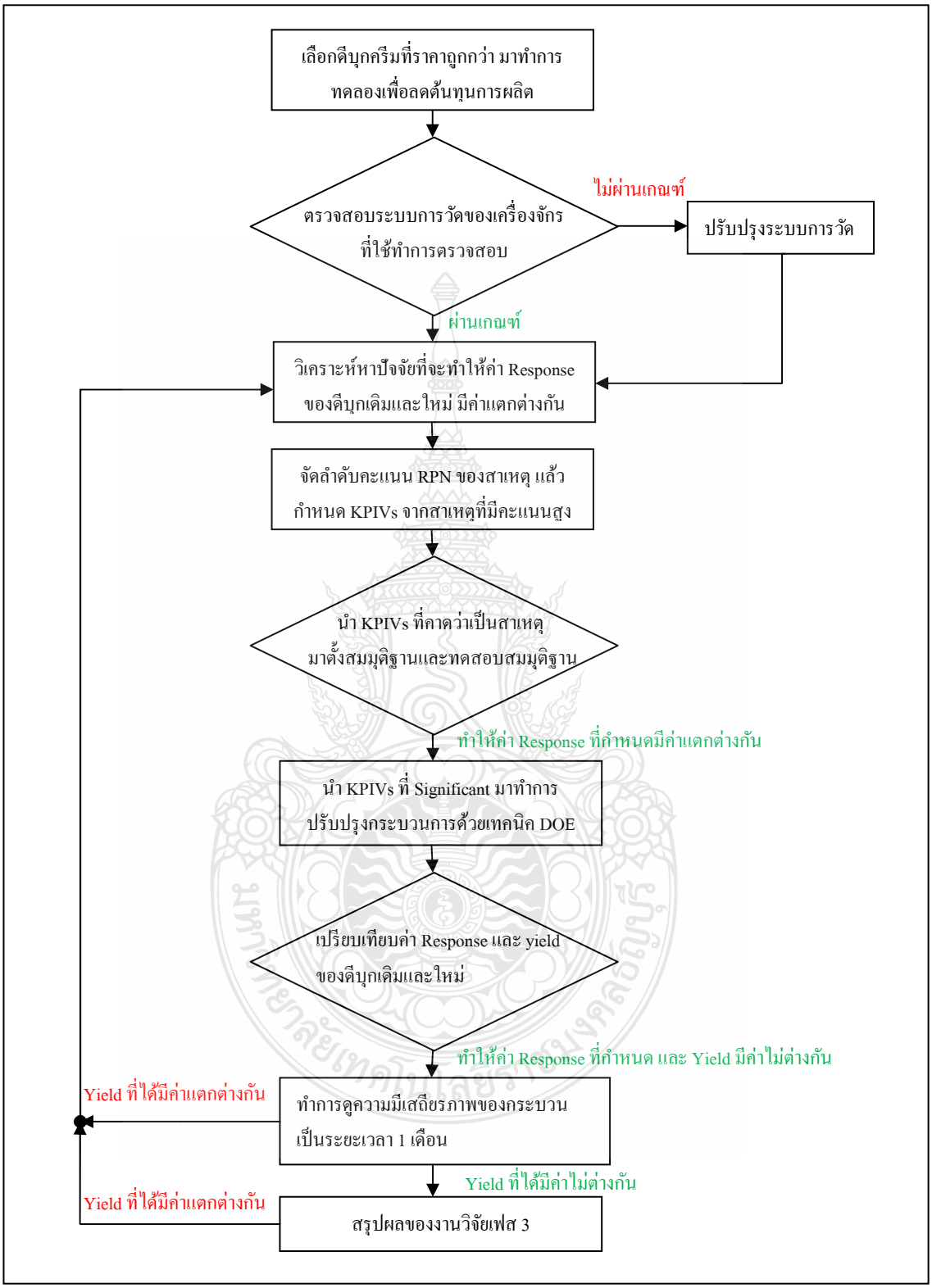
3) เฝ้าระวังปัญหาการเชื่อมต่อดีบุกระหว่างจุดเชื่อมข้างเคียง (Solder Bridging) ที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ IC-U5 ด้วยแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P Chart) เป็นเวลา 1 เดือน



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานวิจัยในส่วนที่ 1



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการทำงานวิจัยในส่วนที่ 2



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการทำงานวิจัยในส่วนที่ 3

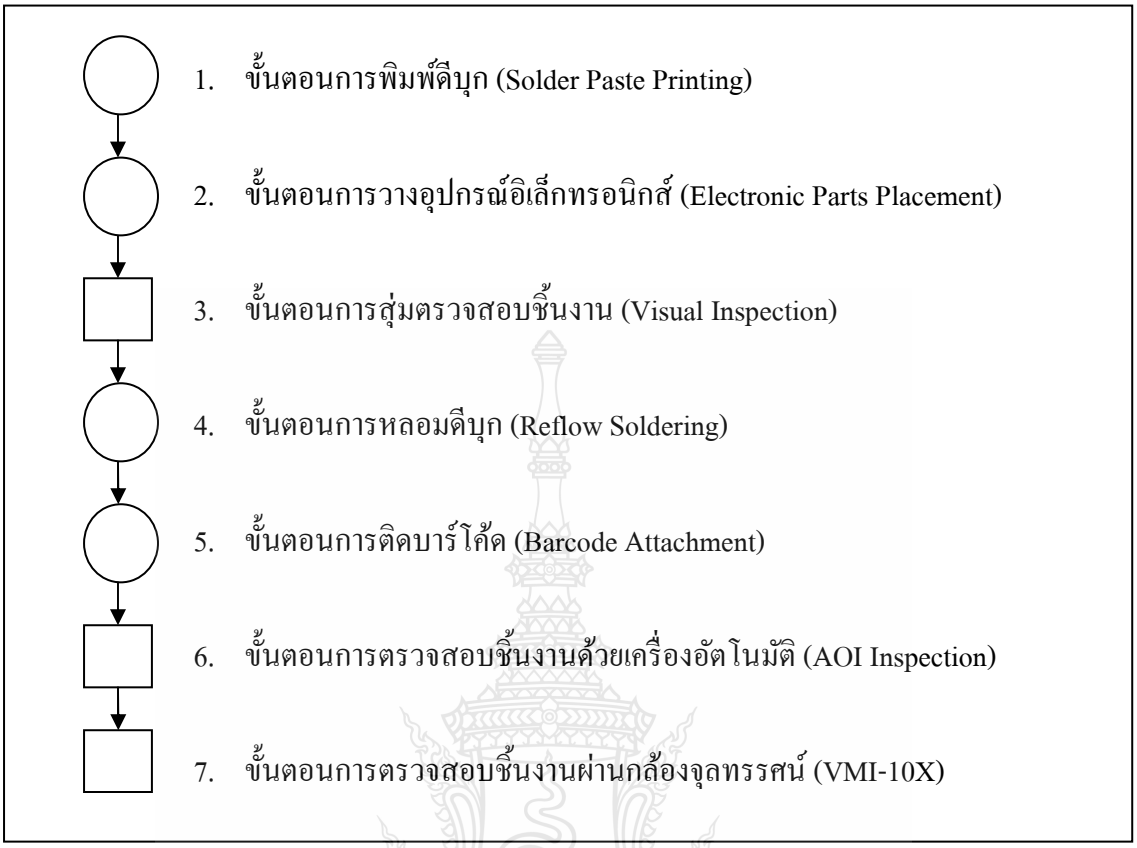
บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการเพิ่มผลิตภาพของการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในรุ่น Helios 3.0 ซึ่งจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ส่วนหลักคือกระบวนการประกอบและกระบวนการทดสอบ ซึ่งผู้วิจัยจะทำการอธิบายถึงขั้นตอนการทำงานของแต่ละสถานีงาน โดยจะเน้นในส่วนของขั้นตอนการประกอบ (Assembly Process) เนื่องจากปัญหาที่ทำการปรับปรุงแก้ไขอยู่ในส่วนนี้ทั้งหมด จากนั้นถึงลงในรายละเอียดของผลงานวิจัยทั้ง 3 ส่วนต่อไป

4.1 กระบวนการประกอบ (Assembly Process)

แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed Circuit Board : PCB) ดังภาพที่ 4.1 เป็นส่วนประกอบหนึ่งของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ มีหน้าที่คอยควบคุมการทำงานต่างๆของฮารดดิสก์เช่น สั่งงานให้มอเตอร์หมุน เป็นต้น ซึ่งในกระบวนการผลิตที่ได้นำมาศึกษานี้จะมีลักษณะเป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยมีเครื่องจักรอัตโนมัติทำหน้าที่ในการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผงวงจร พนักงานควบคุมเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนการผลิต และพนักงานตรวจสอบชิ้นงานหลังจากประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เสร็จสมบูรณ์ ซึ่งมีทั้งหมด 7 ขั้นตอนดังภาพที่ 4.2

ภาพที่ 4.1 แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่น Helios 3.0



ภาพที่ 4.2 กระบวนการประกอบ (Assembly Process) รุ่น Helios 3.0

4.1.1 ขั้นตอนการพิมพ์ดีบุก (Solder Paste Printing)

เป็นการพิมพ์ดีบุกครีมลงบนแผ่นวงจรตามแบบพิมพ์ที่ได้กำหนดไว้ ก่อนที่จะทำการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และหลอมด้วยความร้อนต่อไป โดยมีเครื่องจักร อุปกรณ์และวัตถุดิบดังนี้

1. เครื่องพิมพ์ดีบุก (Printing Machine)

เป็นเครื่องจักรที่ใช้พิมพ์ดีบุกลงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีหลักการทำงานคือ ปาดดีบุกครีมให้ผ่านลงช่องว่างของแบบพิมพ์ตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งมีตัวแปรหลักคือ ความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) แรงกดใบปาดดีบุก (Print Force) ระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) ความเร็วแยกจาก (Separate Speed) และความห่างแยกจาก (Separate Distance)

2. แบบพิมพ์ดีบุก (Stencil)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับเครื่องจักร โดยแบบพิมพ์จะถูกเจาะเป็นช่องว่างตามแบบที่ต้องการเพื่อให้ดีบุกครีมไหลผ่านลงบนชิ้นงาน

3. ใบปาดดีบุกครีม (Squeegee)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับเครื่องจักรเพื่อปาดดีบุกครีมให้ไหลลงช่องว่างของแบบพิมพ์

4. ดีบุกครีม (Solder Paste)

เป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยจะนำดีบุกครีมใส่ลงบนแบบพิมพ์ก่อนทำการพิมพ์ดีบุก

5. แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB Panel)

เป็นชิ้นงานตามแบบที่ลูกค้ากำหนด โดยต้องพิมพ์ดีบุกลงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ตามตำแหน่งของอุปกรณ์ที่จะทำการประกอบ

6. ชั้นใส่แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Magazine)

ใช้สำหรับบรรจุแผ่นวงจรอิเล็กทรอกนิกส์เพื่อนำไปใส่ใน Loader แล้วส่งชิ้นงานเข้าเครื่องพิมพ์ดีบุกต่อไป

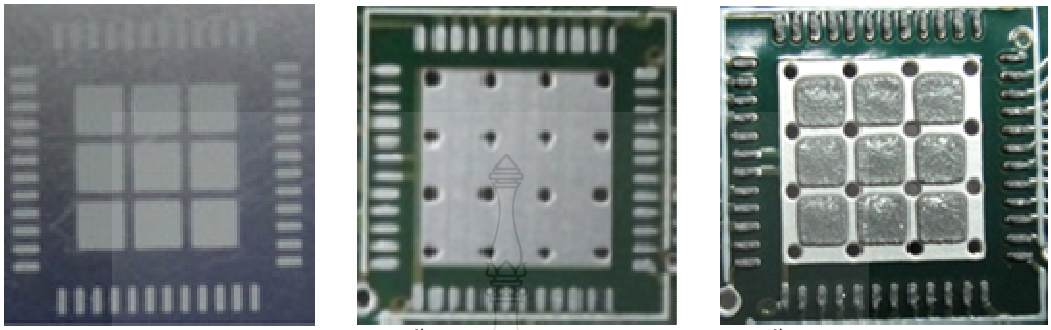
7. ตัวโหลดแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Loader)

เป็นตัวที่ใช้ป้อนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้าเครื่องพิมพ์ดีบุก

ภาพที่ 4.3 เครื่องพิมพ์ดีบุก (Solder Paste Printing Machine)

ขั้นตอนการพิมพ์ดีบุกคือ พนักงานนำแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB Panel) บรรจุลงในชั้นใส่แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Magazine) แล้วนำไปใส่กับตัวโหลดแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Loader) จากนั้นแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะถูกส่งเข้าเครื่องพิมพ์ดีบุกแบบอัตโนมัติ ซึ่งได้ใส่แบบพิมพ์และดีบุกครีมเตรียมไว้แล้ว จากนั้นเครื่องจักรทำการปาดดีบุกครีมให้ลงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ผ่านรู

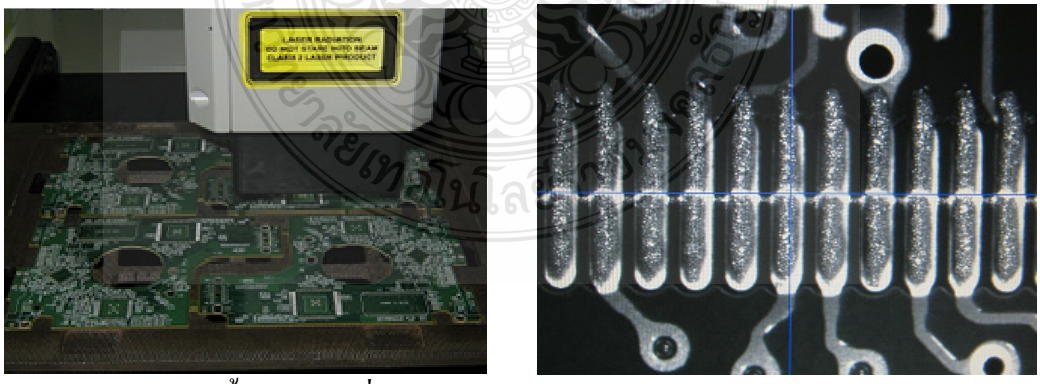
ช่องว่างของแบบพิมพ์ตามตำแหน่งที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นพนักงานสุ่มตรวจสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงาน แล้วส่งผ่านตามสายพานลำเลียงเพื่อไปสู่ขั้นตอนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่อไป



รูเจาะของแบบพิมพ์ ชิ้นงานก่อนพิมพ์ดีบุก ชิ้นงานหลังพิมพ์ดีบุก

ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนและหลังพิมพ์ดีบุกครีม

ชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอนการพิมพ์ดีบุกจะมีลักษณะดังภาพที่ 4.4 โดยขนาด ตำแหน่งและรูปทรงของดีบุกครีมจะขึ้นอยู่กับรูเจาะ (Aperture) และความหนาของแบบพิมพ์ (Stencil Thickness) ซึ่งความต้องการของกระบวนการพิมพ์ดีบุกคือควบคุมค่าความสูงดีบุก (Solder Height) ที่พิมพ์ลงบนชิ้นงานให้อยู่ในข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) คือ 0.125 +/- 0.015 มม. โดยนำชิ้นงานที่ผ่านการพิมพ์ดีบุกครีมมาวัดค่าความสูงดีบุกด้วยเครื่องวัดแบบเลเซอร์ ซึ่งหลักการของเครื่องวัด คือ เปรียบเทียบระนาบอ้างอิงคือพื้นชิ้นงานกับความสูงของดีบุกที่พิมพ์บนชิ้นงานแสดงดังภาพที่ 4.5



ลักษณะการวางชิ้นงานเข้าเครื่องวัด ลักษณะลำแสงเลเซอร์ขณะวัดค่าความสูง

ภาพที่ 4.5 การวัดค่าความสูงดีบุก (Solder Height) ด้วยเครื่องวัดแบบเลเซอร์

4.1.2 ขั้นตอนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Parts Placement)

เป็นการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนชิ้นงานตามตำแหน่งที่ทำโปรแกรมไว้

1. เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Part Placement Machine)

เป็นเครื่องจักรที่ใช้ประกอบตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผงวงจร โดยทำการหยิบตัวอุปกรณ์ที่ใส่ในตัวป้อนอุปกรณ์ (Feeder) หรือถาดใส่อุปกรณ์ (Tray) แล้ววางบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตามตำแหน่งในโปรแกรมที่กำหนดไว้

2. ตัวป้อนอุปกรณ์ (Feeder)

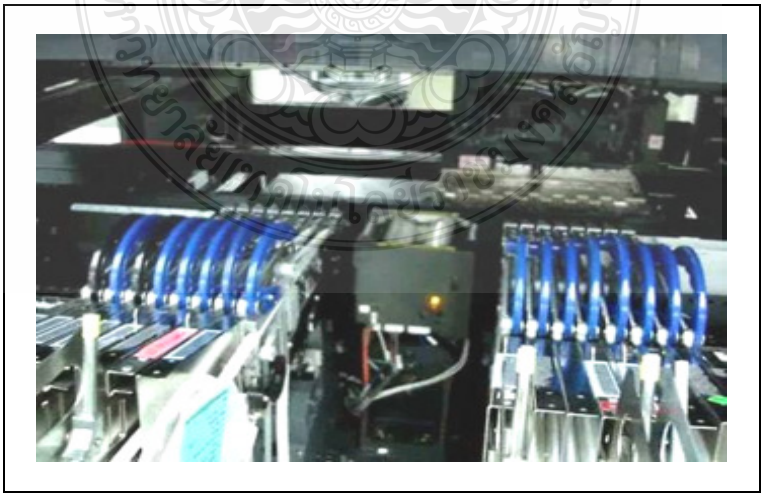
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับเครื่องจักร โดยพนักงานจะนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่บรรจุอยู่ในรูปแบบม้วน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชิปคาร์ปาซิเตอร์ (Chip Capacitor) ชิปรีซิสเตอร์ (Chip Resistor) ชิปเทอร์มิสเตอร์ (Chip Thermistor) และ ชิปไดโอด (Chip Diode) มาใส่ในตัวป้อนอุปกรณ์แล้วนำไปติดตั้งเข้ากับเครื่องจักรตามตำแหน่งในโปรแกรม

3. ถาดอุปกรณ์ (Tray Stack)

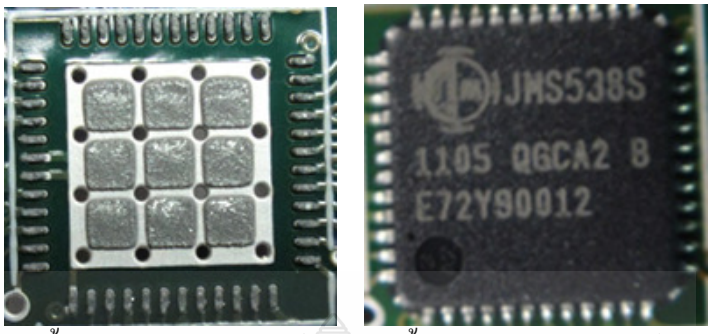
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับเครื่องจักร โดยพนักงานจะนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่บรรจุอยู่ในรูปแบบถาด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC) และคอนเนคเตอร์ (Connector) มาใส่ในถาดอุปกรณ์แล้วนำไปติดตั้งเข้ากับเครื่องจักรตามตำแหน่งในโปรแกรม

4. ตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เป็นตัวอุปกรณ์ที่ทำการประกอบลงบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ตามตำแหน่งที่ได้ออกแบบไว้ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทคือคาปาซิเตอร์ (Capacitor) รีซิสเตอร์ (Resistor) เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) และอินดักเตอร์ (Inductor) ส่วนอีกประเภทคือไอซี (IC) และคอนเนคเตอร์ (Connector)



ภาพที่ 4.6 เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Part Placement Machine)



ชิ้นงานก่อนวางอุปกรณ์ ชิ้นงานหลังวางอุปกรณ์

ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนและหลังวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

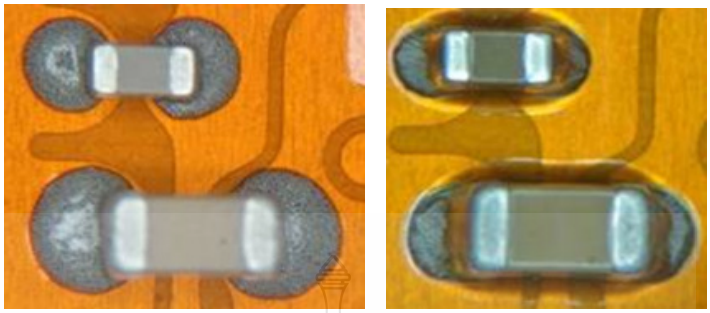
4.1.3 ขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน (Visual Inspection)

เป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยสายตา หลังจากที่ผ่านเครื่องจักรวางอุปกรณ์เครื่องสุดท้ายก่อนที่จะผ่านเข้าสู่กระบวนการหลอมดีบุก ซึ่งเป็นเพียงการสุ่มตรวจทุกต้นชั่วโมงๆละ 5 ชิ้นงาน หรือทุกครั้งที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ใหม่

4.1.4 ขั้นตอนการหลอมดีบุก (Reflow Soldering)

ใช้ความร้อนเพื่อหลอมละลายดีบุกครีมให้เชื่อมอุปกรณ์กับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้ประสานเป็นชิ้นส่วนเดียวกัน โดยชิ้นงานผ่านเข้าสู่เครื่องหลอมดีบุกทางสายพานลำเลียง

ภาพที่ 4.8 เครื่องหลอมดีบุก (Reflow Soldering Machine)

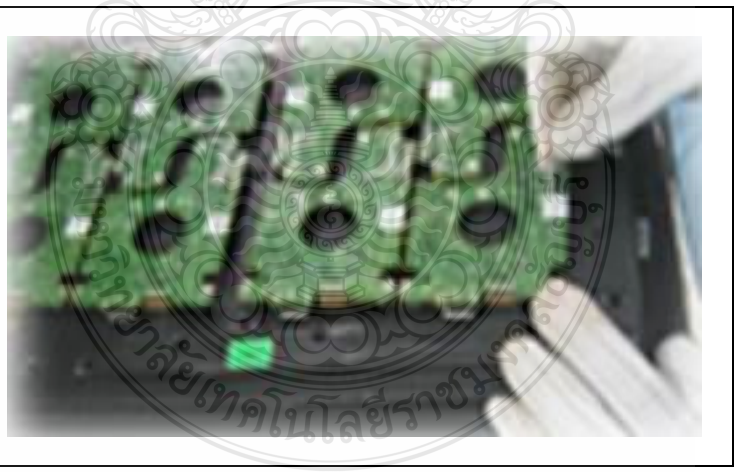


ดีบุกก่อนหลอมเหลว ดีบุกหลังหลอมเหลว

ภาพที่ 4.9 การเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนและหลังผ่านเครื่องหลอมดีบุก

4.1.5 ขั้นตอนการติดบาร์โค้ด (Barcode Attachment)

เมื่อชิ้นงานเคลื่อนออกจากเครื่องหลอมดีบุกแล้ว พนักงานทำการติดบาร์โค้ดที่ด้านหลังของชิ้นงานแล้วทำการสแกนเพื่อนับยอดงานเข้าสู่ระบบ โดยมีการพิมพ์บาร์โค้ดเตรียมไว้ตอนเริ่มต้นผลิตในแต่ละกะ ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลของการผลิตเอาไว้เช่น วันที่ผลิต สายการผลิต เป็นต้น



ภาพที่ 4.10 การติดสติ๊กเกอร์บาร์โค้ดที่ตัวชิ้นงาน

4.1.6 ขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงานด้วยเครื่องอัตโนมัติ (Auto Optical Inspection : AOI)

เป็นการตรวจสอบด้วยเครื่องจักรซึ่งได้ทำโปรแกรมลักษณะของสิ่งบกพร่องต่างๆเอาไว้ เช่นการเชื่อมต่อดีบุกระหว่างจุดเชื่อมข้างเคียง (Solder Bridging) และ การวางอุปกรณ์เยื้องจากแนว (Part Misalignment) เป็นต้น ถ้าไม่พบสิ่งผิดปกติชิ้นงานจะถูกส่งไปยังสถานีงานถัดไป แต่หากเครื่องตรวจจับความผิดปกติได้พนักงานจะติดสติ๊กเกอร์ในตำแหน่งที่พบ แล้วแยกออกไปซ่อมแซมเสียก่อน

ภาพที่ 4.11 เครื่องตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติ (AOI Machine)

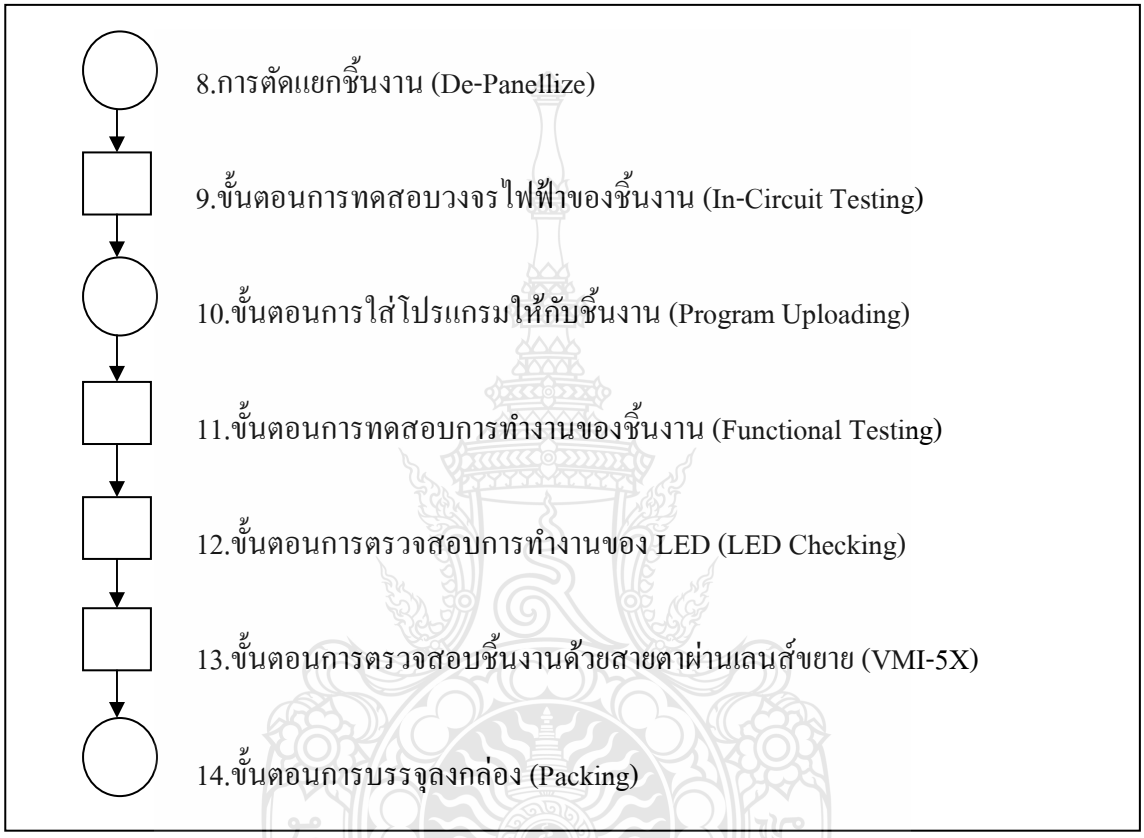
4.1.7 ขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงานผ่านกล้องจุลทรรศน์ (VMI-10X)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการประกอบ (Assembly Process) ซึ่งพนักงานจะตรวจสอบความสมบูรณ์ของการประกอบชิ้นงานผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า โดยเน้นในตำแหน่งที่เครื่องตรวจสอบอัตโนมัติไม่สามารถตรวจสอบได้เช่น ปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย เป็นต้น

ภาพที่ 4.12 การตรวจสอบชิ้นงานผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า

4.2 กระบวนการทดสอบ (Testing Process)

ขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบทางไฟฟ้าและทดสอบการควบคุมการทำงานฮาร์ดดิสก์ของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำการประกอบเสร็จซึ่งมีทั้งหมด 7 ขั้นตอนดังภาพที่ 4.13 แต่จะไม่ลงลึกในรายละเอียดเพราะในงานวิจัยนี้ไม่ได้เกี่ยวข้องกับขั้นตอนในกระบวนการทดสอบ



ภาพที่ 4.13 กระบวนการทดสอบ (Testing Process) รุ่น Helios 3.0

4.3 การจัดตั้งทีมงานและการอบรมเบื้องต้น

จากการประสานความร่วมมือกับแผนกต่างๆในการจัดตั้งกลุ่มงานคุณภาพขึ้นนั้น สามารถรวบรวมทีมงานได้ทั้งหมด 6 คน ดังภาพที่ 4.14 และเพื่อที่จะให้การทำงานบรรลุผลตามเป้าหมายที่กำหนดไว้จึงได้กำหนดหน้าที่ของแต่ละบุคคลดังนี้

4.3.1 หัวหน้าทีม

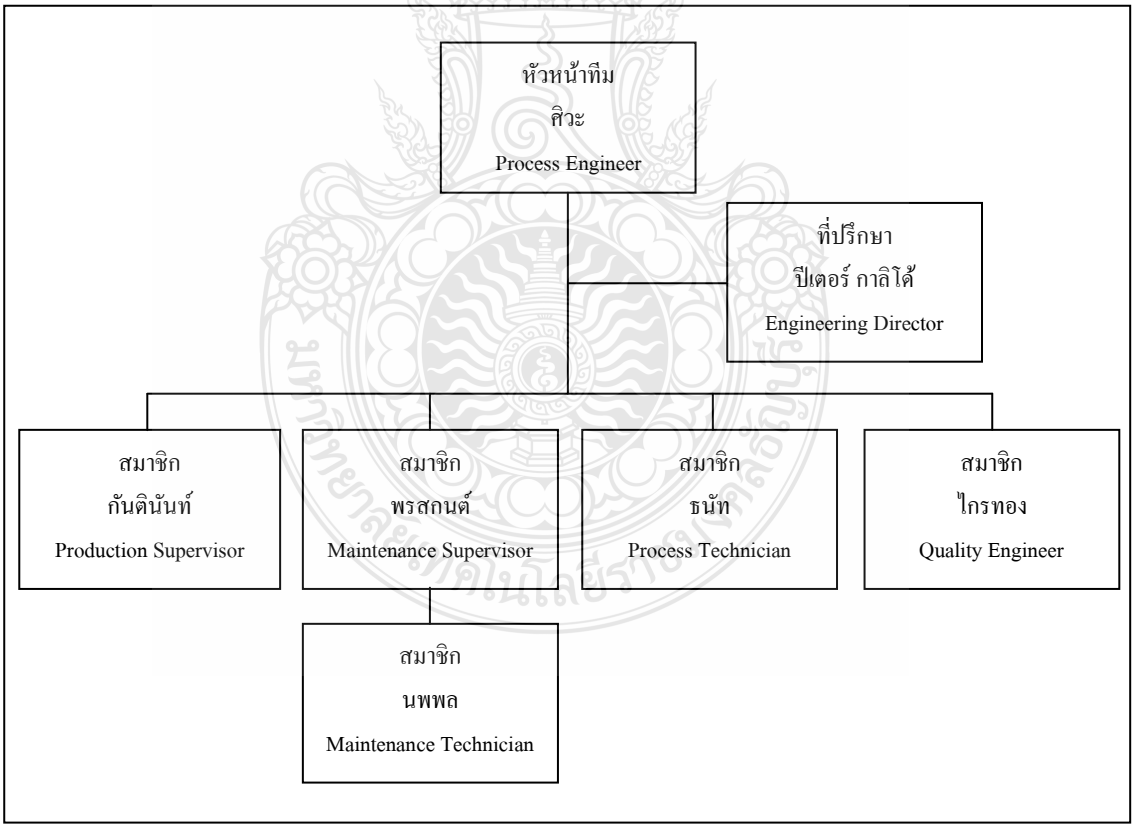
วิศวกรกระบวนการ (Process Engineer) มีหน้าที่นัดหมายการประชุม ให้ความรู้เบื้องต้นในขั้นตอน DMAIC การออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment) การเก็บผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.3.2 ที่ปรึกษา

ผู้อำนวยการฝ่ายวิศวกรรม (Engineering Director) มีหน้าที่ในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับเทคนิคต่างๆในขั้นตอนการทำงานวิจัย

4.3.3 สมาชิกในทีม

ซุปเปอร์ไวเซอร์แผนกผลิต (Production Supervisor) ซุปเปอร์ไวเซอร์แผนกซ่อมบำรุง (Maintenance Supervisor) ช่างเทคนิคแผนกซ่อมบำรุง (Maintenance Technician) ช่างเทคนิคแผนกกระบวนการ (Process Technician) และวิศวกรประกันคุณภาพ (QA Engineer) มีหน้าที่คือระดมสมองในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา คิดหาวิธีการแก้ไขปัญหาและเก็บข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องตลอดจนทำการทดลองเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จ ในการอบรมให้ความรู้แก่ทีมงานนั้น ผู้วิจัยได้ทำการสอนในส่วนของขั้นตอน DMAIC ว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง แล้วในแต่ละขั้นตอนนั้นต้องการข้อมูลอะไร ต้องใช้เครื่องมือตัวใดมาทำการวิเคราะห์หรือทำการวัดผล รวมไปถึงการวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้หลักสถิติและการออกแบบการทดลอง ซึ่งมีระยะเวลาในการอบรมเป็นจำนวน 3 วัน



ภาพที่ 4.14 โครงสร้างทีมงานในการดำเนินงานวิจัย

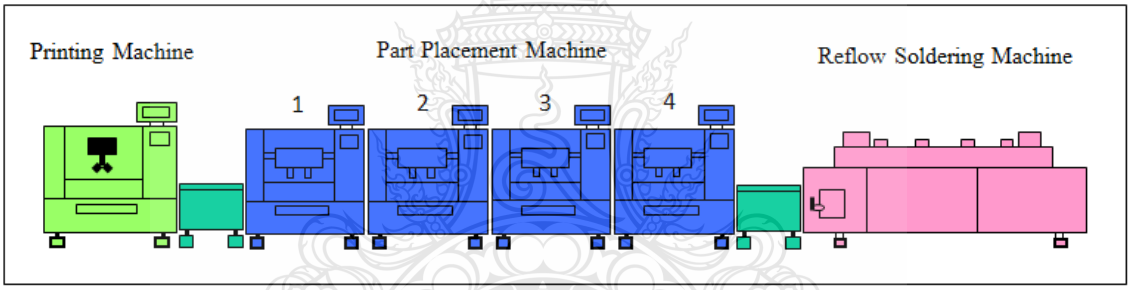
4.4 การเพิ่มปริมาณการผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 จาก 17,000 ชิ้น เป็น 20,000 ชิ้นต่อวัน

4.4.1 ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define Phase)

1. สภาพของปัญหา (Problem Statement)

กระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่น Helios 3.0 ได้แบ่งกระบวนการเป็น 2 ส่วนใหญ่คือ กระบวนการประกอบ (Assembly Process) และกระบวนการทดสอบ (Testing Process) โดยในกระบวนการประกอบมี 3 ขั้นตอนที่เครื่องจักรเรียงต่อกันด้วยสายพานลำเลียงคือเครื่องพิมพ์ดีบุก เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องหลอมดีบุก ซึ่งในแต่ละสายการผลิตมีจำนวนเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนดังภาพที่ 4.15

1) เครื่องพิมพ์ดีบุก (Printing Machine) มีจำนวน 1 เครื่อง
2) เครื่องวางอุปกรณ์ (Part Placement Machine) มีจำนวน 4 เครื่อง
3) เครื่องหลอมดีบุก (Reflow Soldering Machine) มีจำนวน 1 เครื่อง



ภาพที่ 4.15 สายการผลิตที่เครื่องจักรต่อกันด้วยสายพานลำเลียง

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลรอบเวลางานแล้วคำนวณเป็นความสามารถในการผลิตของทั้งกระบวนการประกอบและกระบวนการทดสอบดังแสดงข้อมูลตามตารางที่ 4.1 และ 4.2 ซึ่งพบว่ากำลังการผลิตต่อหนึ่งสายผลิตที่ต่อกันด้วยสายพานลำเลียงจะมีขั้นตอนที่เป็นตัวกำหนดปริมาณงานของสายผลิตคือ Part Placement # 3 เพราะเป็นเครื่องจักรที่ช้าที่สุด

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่ารอบเวลางาน (Cycle Time) มีค่า 43 วินาที หรือคิดเป็นปริมาณงาน 284 ชิ้นต่อชั่วโมง (UPH = 284) ส่วนกำลังการผลิตรวมทั้งหมดของกระบวนการทดสอบตามตารางที่ 4.2 ซึ่งเป็นเครื่องจักรวางเดี่ยวจะเห็นว่าแต่ละขั้นตอนมีกำลังการผลิตต่อวันได้มากเกิน 20,000 ชิ้น โดยคิดชั่วโมงการทำงานที่ 21 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตของกระบวนการนี้

ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการผลิตของกระบวนการประกอบ

Assembly Process	Cycle Time	Loading	Eff.	Std. UPH	Machine	UPH	UPD (21Hr.)
1. Solder Paste Printing	30 sec.	4	0.85	408	1	408	8,568
2. Part Placement#1	35 sec.	4	0.85	349	1	349	7,329
3. Part Placement#2	37 sec.	4	0.85	330	1	330	6,930
4. Part Placement#3	**43 sec.**	**4**	**0.85**	**284**	**1**	**284**	**5,964**
5. Part Placement#4	32 sec.	4	0.85	382	1	382	8,022
6. Reflow Soldering	25 sec	4	0.85	489	1	489	10,269
7. Barcode Attachment	32 sec.	4	0.80	382	1	382	8,022
8. AOI Inspection	27 sec.	4	0.80	426	1	426	8,946
9. VMI -10X	75 sec.	4	0.80	153	2	306	6,426

ตารางที่ 4.2 ความสามารถในการผลิตของกระบวนการทดสอบ

Testing Process	Cycle Time	Loading	Eff.	Std. UPH	Machine	UPH	UPD (21Hr.)
1.De-Panellize	50 sec.	16	0.85	979	1	979	20,559
2.ICT Testing	25 sec.	4	0.85	489	2	978	20,538
3.Upload F/W	12 sec.	4	0.85	1,020	1	1,020	21,420
4.RTS Testing	95 sec.	4	0.85	128	8	1,024	21,504
5.Led Checking	5 sec.	1	0.80	576	2	1,152	24,192
6.VMI-5X	12 sec.	1	0.80	240	4	960	20,160
7.Packing	3 sec.	1	0.80	960	1	960	20,160

2. เป้าหมายโครงการ (Project Target)

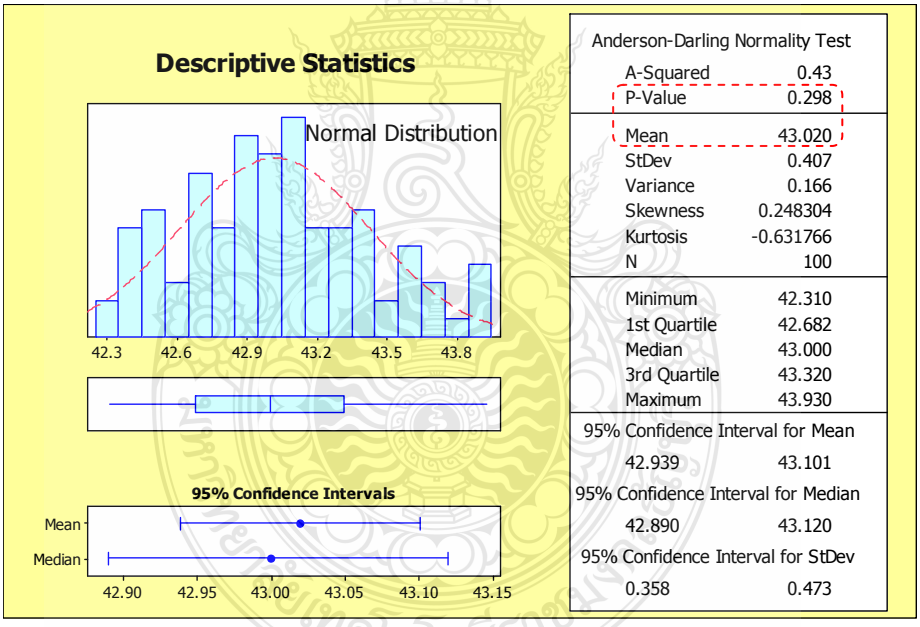
เพิ่มปริมาณการผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 จาก 17,000 ชิ้นเป็น 20,000 ชิ้นต่อวัน ตามความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งคำนวณแผนการผลิตเพื่อที่จะสามารถส่งงานให้ลูกค้าได้ทุกวันๆละ 20,000 ชิ้น โดยใช้ปริมาณความต้องการของลูกค้าต่อวันเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของสิ่งบกพร่องโดยปัจจุบันอยู่ที่ประมาณ 5% ซึ่งแผนการผลิตที่คำนวณได้คือ 21,053 ชิ้นต่อวัน ตามสูตรความสัมพันธ์นี้

$$\text{แผนการผลิต} = \frac{\text{ความต้องการลูกค้า}}{1 - \text{สัดส่วนสิ่งบกพร่อง}} \quad (4.1)$$

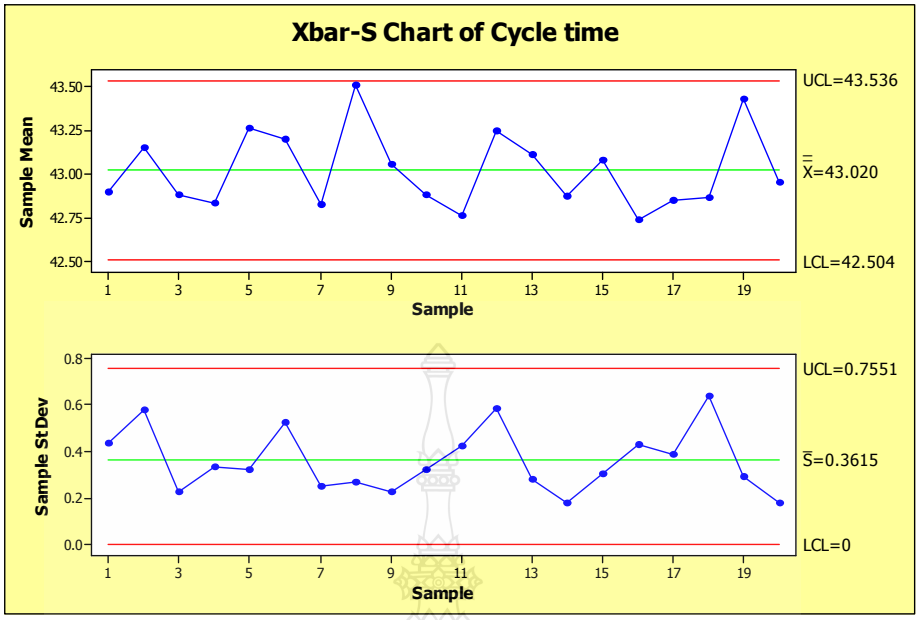
บริษัทกรณีศึกษามีทั้งหมด 4 สายผลิต แต่ได้ทำการแบ่งให้ใช้ผลิตรุ่น Helios 3.0 เพียง 3 สายผลิตเท่านั้น ส่วนอีก 1 สายผลิตจัดเตรียมไว้สำหรับผลิตสินค้ารุ่นอื่นๆ ดังนั้นเมื่อแบ่งแผนการผลิตออกเป็น 3 ส่วน จะได้แผนการผลิตต่อหนึ่งสายผลิตคือ 7,018 ชิ้นต่อวัน (คำนวณจาก 21,053 / 3) ซึ่งปัจจุบันมีกำลังการผลิตต่อหนึ่งสายผลิตเพียง 5,964 ชิ้นต่อวัน ดังนั้นงานวิจัยส่วนนี้จำเป็นต้องปรับปรุงขั้นตอนในกระบวนการประกอบ โดยขั้นตอนที่ช้าที่สุดที่เป็นตัวกำหนดปริมาณงานของสายการผลิตคือ Part Placement # 3 โดยมีเป้าหมายอยู่ที่ 7,018 ชิ้นต่อวันหรือ UPH = 335 (คำนวณจาก 7,018 / 21)

3. ตรวจสอบสภาวะของกระบวนการ (Process Steady)

การตรวจสอบสภาวะของกระบวนการว่ามีความเสถียรหรือไม่ ทำโดยทดลองจับเวลาการทำงานของ Part Placement # 3 โดยสุ่มจับเวลางานชั่วโมงละ 5 ข้อมูล เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งแสดงผลดังภาพที่ 4.16 และ 4.17



ภาพที่ 4.16 ฮีสโตแกรมรอบเวลางานของเครื่อง Part Placement # 3 ในกระบวนการประกอบ



ภาพที่ 4.17 แผนภูมิควบคุมรอบเวลางานของเครื่อง Part Placement # 3 ในกระบวนการประกอบ

จากภาพที่ 4.16 ลักษณะของข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ เนื่องจากค่า P-Value = 0.298 มีค่ามากกว่า α ที่ 0.05 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 43.020 วินาที และจากภาพที่ 4.17 ไม่มีข้อมูลออกนอกพิกัดควบคุม (Control Limit) แสดงว่าข้อมูลมีการผันแปรภายใต้สาเหตุตามธรรมชาติ (Common Cause) ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดกระบวนการปัจจุบันคือ 43.020 วินาที (UPH = 284) ไม่มีความแตกต่างกับค่าเวลาที่ใช้เป็นมาตรฐานของกำลังการผลิต คือ 43.00 วินาที (UPH =284) เพราะค่ากำลังการผลิตต่อชั่วโมงเท่ากัน ดังนั้นจึงสามารถใช้ UPH = 284 ชิ้นต่อชั่วโมง เป็นข้อมูลตั้งต้นในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตต่อหนึ่งชั่วโมงได้

4. สรุปผลขั้นตอนกำหนดปัญหา (Define Phase)

จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตงานรุ่น Helios 3.0 พบว่าในการเพิ่มกำลังการผลิตนั้นต้องปรับปรุงกระบวนการประกอบ (Assembly Process) ซึ่งจุดคอขวดที่เป็นตัวกำหนดปริมาณการผลิตของทั้งสายผลิตคือเครื่องจักร Part Placement # 3 ดังนั้นการลดรอบเวลาการทำงานของขั้นตอนที่เป็นคอขวดจะสามารถเพิ่มยอดการผลิตได้และจะช่วยทำให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลดต่ำลง ผู้วิจัยจึงได้ใช้เทคนิค DMAIC และทฤษฎีลดความสูญเสียเข้ามาช่วยในการปรับปรุงกระบวนการ โดยตั้งเป้าหมายคือเพิ่มปริมาณการผลิตต่อชั่วโมงขึ้น 15% จากค่าปัจจุบัน 284 ชิ้น เป็น 335 ชิ้น เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้น

4.4.2 การวัดกระบวนการ (Measure Phase)

การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis : MSA) คือ การศึกษาและประเมินความสามารถของระบบการวัดที่เกิดจากคนวัด เครื่องมือวัด ชิ้นงานที่ถูกวัด และวิธีการที่ใช้ในการวัด ว่าระบบการวัดมีความผันแปรมากน้อยเพียงใด อยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่

โดยระบบการวัดของปัญหานี้คือ ระบบการวัดเวลาการทำงานของกระบวนการ ซึ่งสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์คือเวลาที่ใช้ทำงานในขั้นตอนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องจักรที่ 3 ซึ่งงานวิจัยนี้ถูกกำหนดให้ใช้นาฬิกาจับเวลาเพียงเครื่องเดียวตลอดงานวิจัย และวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัดด้วยค่าเอนเอียงของระบบ (Bias) การวิเคราะห์สมบัติเชิงเส้น (Linearity) และการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ (Stability) ส่วนในการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของระบบการวัดจะใช้การประเมินผ่านค่ารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบ (Gage R&R)

ซึ่งการทดลองนี้ค่ามาตรฐาน (Master) ถูกกำหนดจากเวลามาตรฐานประเทศไทย (เวลามาตรฐานประเทศไทย ซึ่งใช้นาฬิกาอะตอมที่มีความคลาดเคลื่อน 1 ในล้านวินาที โดยสามารถเรียกสัญญาณได้จากโทรศัพท์หมายเลข 181 ซึ่งเป็นบริการแจ้งสัญญาณสอบเทียบเวลามาตรฐาน)

1. การตรวจสอบค่าเอนเอียง (Bias) และสมบัติเชิงเส้น (Linearity) มีขั้นตอนดังนี้

1) เลือกช่วงเวลามาตรฐานจำนวน 3 ช่วงเวลาคือ 10, 30 และ 50 วินาที

2) เตรียมนาฬิกาจับเวลา 1 เรือน (นาฬิกามีความคลาดเคลื่อน 1/1000 วินาที)

3) เลือกพนักงานที่ผ่านการอบรมมาแล้ว 1 คน ให้เป็นผู้วัดเวลามาตรฐาน

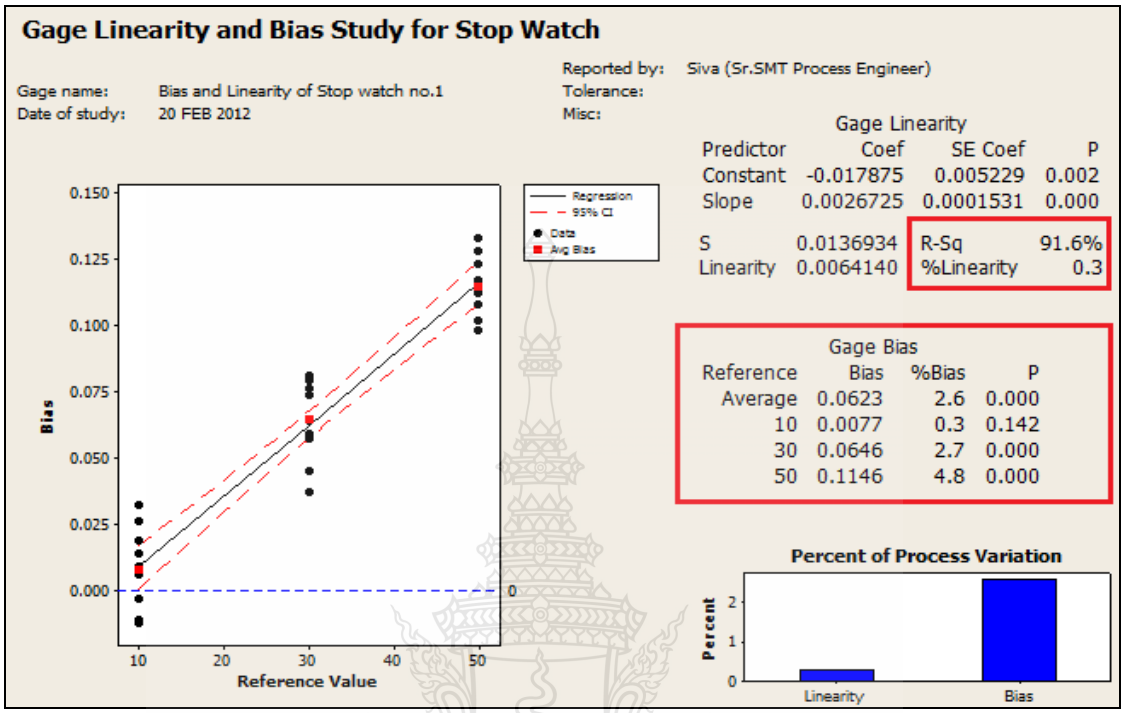
4) ทำการวัดเวลามาตรฐานจำนวน 10 ครั้งต่อตัวอย่างโดยทำการทดลองแบบสุ่ม

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการวัดเวลามาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ค่าเอนเอียงและสมบัติเชิงเส้น

ชิ้น	ค่ามาตรฐาน	การวัดครั้งที่									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10	10.006	9.997	9.989	10.009	10.014	10.026	10.032	9.997	10.019	9.988
2	30	30.037	30.074	30.057	30.045	30.079	30.076	30.059	30.064	30.081	30.074
3	50	50.113	50.108	50.128	50.112	50.098	50.112	50.102	50.133	50.117	50.123

(หน่วย: วินาที)

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยผ่านโปรแกรมมินิแทป (Minitab Program)



ภาพที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านเอนเอียงและสมบัติเชิงเส้นของนาฬิกาจับเวลา

จากผลการทดลองพบว่า ค่าเอนเอียงของระบบการวัดมีความเบี่ยงเบนในการวัดเวลาไปจากค่าอ้างอิงเทียบกับความผันแปรของกระบวนการมีค่าเท่ากับ 2.6 % หมายถึง หากค่าความแตกต่างของเวลาการทำงานในกระบวนการมีค่า 100 หน่วย จะมีค่าความคลาดเคลื่อนจากสมบัติด้านเอนเอียงของระบบการวัดเกิดขึ้นอยู่เท่ากับ 2.6 หน่วย ซึ่งถือเป็นเกณฑ์ที่ดีมาก (% ค่าเอนเอียง < 5 %)

จากผลการทดลองพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Sq) มีค่าเท่ากับ 91.6% หมายถึง หากความผันแปรทั้งหมดของระบบการวัดมีค่า 100 หน่วย จะเป็นค่าความผันแปรที่สามารถอธิบายได้ด้วยค่าอ้างอิง 91.6 หน่วย และไม่สามารถอธิบายได้ว่าเกิดจากสาเหตุใด 8.4 หน่วย แสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากการทดลองนี้มีคุณภาพดีเพียงพอที่จะใช้อธิบายความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าอ้างอิงกับค่าเอนเอียงได้ แล้วจากผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงเส้นพบว่าเปอร์เซ็นต์เชิงเส้นตรงเทียบกับความผันแปรของกระบวนการมีค่า 0.3% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัดเวลาการทำงานอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก (% ค่าเชิงเส้น < 5 %)

2. การวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของระบบการวัด มีขั้นตอนดังนี้

1) เลือกเวลามาตรฐานที่ใช้ทดสอบ 1 ค่าคือ 40 วินาที

2) เตรียมนาฬิกาจับเวลาที่ใช้ในงานวิจัย 1 เรือน

3) วัดเวลามาตรฐานสัปดาห์ละ 2 ครั้งๆละ 5 ข้อมูล ทั้งหมด 8 สัปดาห์ ตลอดช่วงการวิจัย แล้วบันทึกผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

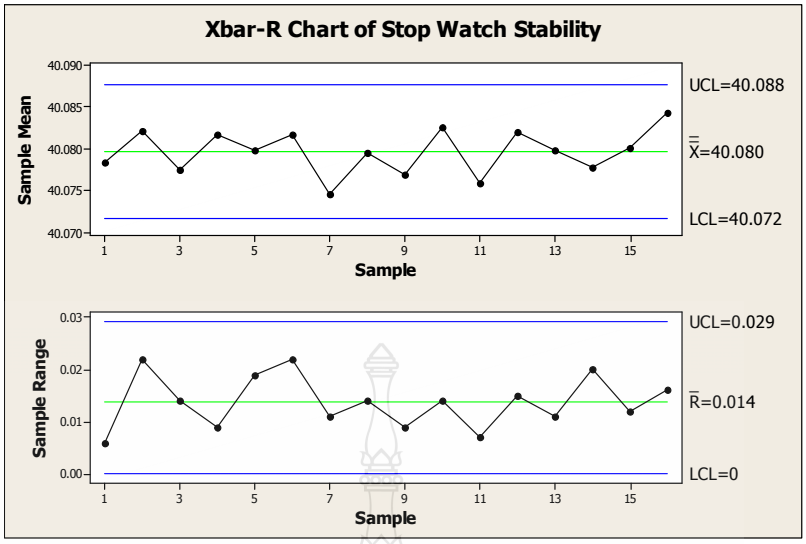
สำหรับการเลือกค่าเวลามาตรฐานได้พิจารณาจากรอบเวลางานที่ทำการศึกษาคือ 43 วินาที และความถี่การวัดเวลาได้พิจารณาจากการใช้งานนาฬิกาจับเวลา รวมถึงปัจจัยที่อาจทำให้ความมีเสถียรภาพของเครื่องมือเปลี่ยนแปลงไปตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษาเช่น แบตเตอรี่ เป็นต้น

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลการวัดเวลามาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ

ข้อมูล	สัปดาห์ที่ 1		สัปดาห์ที่ 2		สัปดาห์ที่ 3		สัปดาห์ที่ 4	
1	40.079	40.081	40.079	40.085	40.091	40.085	40.074	40.075
2	40.078	40.077	40.071	40.086	40.079	40.075	40.077	40.075
3	40.076	40.071	40.074	40.077	40.074	40.071	40.073	40.089
4	40.077	40.093	40.085	40.082	40.072	40.093	40.08	40.075
5	40.082	40.089	40.079	40.079	40.083	40.085	40.069	40.084
ข้อมูล	สัปดาห์ที่ 5		สัปดาห์ที่ 6		สัปดาห์ที่ 7		สัปดาห์ที่ 8	
1	40.074	40.086	40.074	40.078	40.075	40.09	40.086	40.084
2	40.083	40.089	40.08	40.089	40.077	40.07	40.081	40.079
3	40.078	40.075	40.074	40.085	40.086	40.075	40.074	40.095
4	40.075	40.078	40.073	40.084	40.085	40.082	40.078	40.082
5	40.075	40.085	40.079	40.074	40.076	40.072	40.082	40.082

(หน่วย : วินาที)

พิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R Chart) ในภาพที่ 4.19 พบว่าสภาวะอยู่ภายใต้การควบคุมแสดงว่าระบบการวัดมีเสถียรภาพที่ดีและมีความสม่ำเสมอที่ดี และเมื่อพิจารณาแผนภูมิค่าเฉลี่ย (X Bar Chart) พบว่าสภาวะอยู่ภายใต้การควบคุมก็แสดงว่าระบบการวัดไม่มีปัญหาด้านความถูกต้องในค่าวัดหมายถึงค่าเอนเอียงที่เกิดขึ้นทำให้ค่าวัดแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ จึงสรุปว่าระบบการวัดมีความสามารถในการวัดอย่างสม่ำเสมอภายในระยะเวลาที่กำหนด



ภาพที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดด้วยแผนภูมิควบคุม

3. การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของระบบการวัด มีขั้นตอนดังนี้

1) เลือกวิศวกรที่ทำการวัดเวลาประจำในกระบวนการประกอบมา 2 คน

2) เลือกนาฬิกาจับเวลาเพียงเรือนเดียวสำหรับศึกษาความเที่ยงตรงของระบบการวัด

3) เลือกชิ้นงานแบบสุ่มตลอดช่วงความแปรผันของกระบวนการ โดยใช้กล้องวีดีโอบันทึกภาพการทำงานของเครื่อง Part Placement ที่ 3 ทั้งหมด 10 ชิ้น แล้วกำหนดจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของการทำงานให้เข้าใจตรงกัน

4) วัดเวลางานจากกล้องวีดีโอทีละชิ้นทั้งหมด 10 ชิ้นแบบสุ่ม แล้ววัดซ้ำในรอบที่ 2 ด้วยลักษณะเดียวกัน

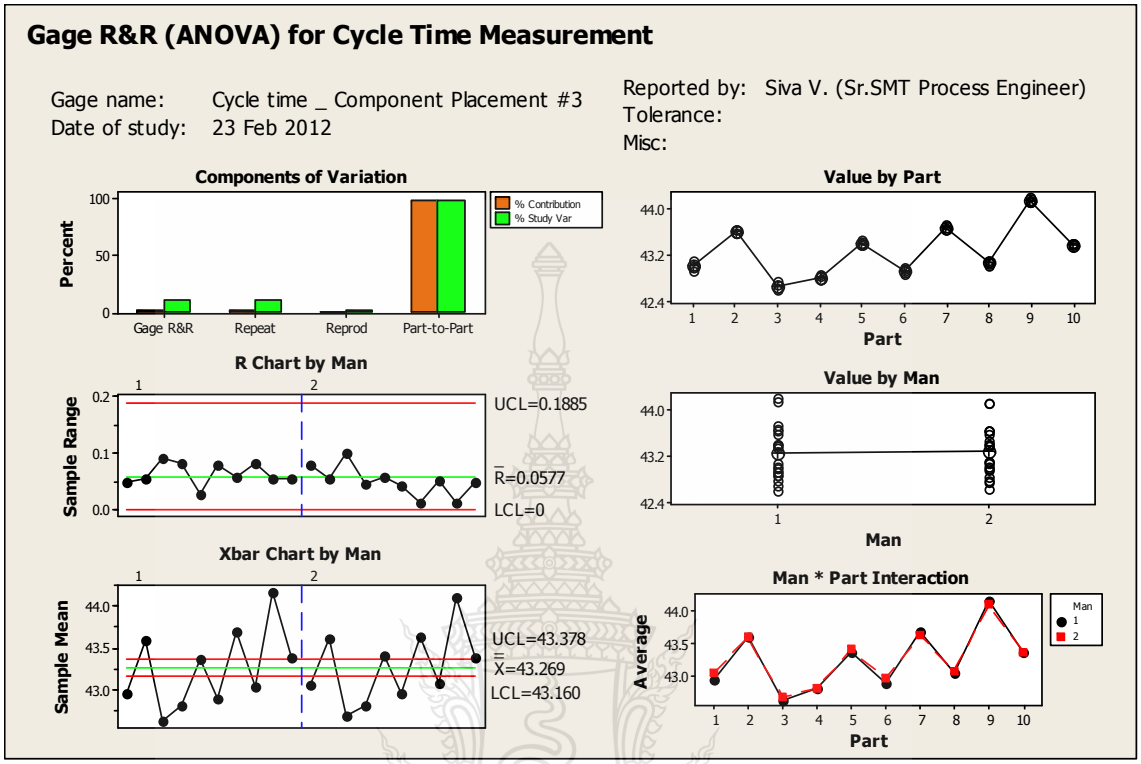
5) ให้วิศวกรคนที่ 2 ทำการวัดเวลางานเหมือนกับคนที่ 1 แล้วบันทึกผล

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดรอบเวลาจากสิ่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ความเที่ยงตรง

		ชิ้นงานที่									
คน	ครั้ง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	42.986	43.578	42.598	42.778	43.363	42.857	43.726	43.004	44.189	43.411
1	2	42.936	43.634	42.691	42.861	43.392	42.936	43.668	43.087	44.134	43.355
2	1	43.101	43.637	42.743	42.790	43.390	42.945	43.650	43.116	44.104	43.408
2	2	43.020	43.583	42.641	42.837	43.447	42.989	43.637	43.064	44.116	43.358

(หน่วย: วินาที)

จากผลของรอบเวลางานทำการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมมินิแทปได้ผลลัพธ์ดังนี้



ภาพที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรง (Gage R&R) ด้วยกราฟผ่านโปรแกรมมินิแทป

พิจารณาภาพที่ 4.20 แผนภูมิควบคุมพิสัย (R Chart) พบว่าข้อมูลทั้งหมดอยู่ภายในเส้นควบคุม (Control Limit) แสดงว่าระบบการวัดมีความสามารถในการวัดละเอียดหรือสามารถแยกความแตกต่างของค่าวัดได้ พิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (X Bar Chart) พบว่าจุดข้อมูลส่วนมากออกนอกพิกัดควบคุมและไม่มีรูปแบบ ซึ่งแสดงว่าความผันแปรส่วนใหญ่มาจากความแตกต่างของสิ่งตัวอย่างเป็นหลัก มิได้เกิดจากระบบการวัด พิจารณาแผนภาพอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานกับชิ้นงานพบว่ารอบเวลางานที่วัดได้มีผลไปในทิศทางเดียวกัน แสดงว่าพนักงานวัดไม่มีอิทธิพลร่วมกับชิ้นงาน พิจารณาแผนภาพที่พล็อตเทียบค่ารอบเวลางานกับชิ้นงานพบว่าไม่มีรูปแบบที่แน่นอน แสดงว่าการทดลองเป็นไปแบบสุ่ม และแผนภาพที่พล็อตเทียบระหว่างพนักงานทั้งสองคนพบว่ามีระดับค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยที่ไม่ต่างกัน แสดงว่าการวัดรอบเวลางานของพนักงานทั้งสองคนไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.6 ผลวิเคราะห์ความเที่ยงตรงด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	7.37362	0.819291	327.529	0.000
Man	1	0.00384	0.003842	1.536	0.247
Part * Man	9	0.02251	0.002501	1.292	0.301
Repeatability	20	0.03873	0.001937		
Total	39	7.43870			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	7.37362	0.819291	387.948	0.000
Man	1	0.00384	0.003842	1.819	0.188
Repeatability	29	0.06124	0.002112		
Total	39	7.43870			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.002198	1.06
Repeatability	0.002112	1.02
Reproducibility	0.000086	0.04
Man	0.000086	0.04
Part-To-Part	0.204295	98.94
Total Variation	0.206493	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.046887	0.24147	10.32
Repeatability	0.045955	0.23667	10.11
Reproducibility	0.009300	0.04789	2.05
Man	0.009300	0.04789	2.05
Part-To-Part	0.451990	2.32775	99.47
Total Variation	0.454415	2.34024	100.00

Number of Distinct Categories = 13

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.6 สามารถประเมินระบบการวัดโดยพิจารณาค่าการแยกประเภทข้อมูล (Number of Distinct Categories) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13 หมายความว่า ระบบการวัดรอบเวลางานที่ศึกษามีความสามารถในการแยกข้อมูลที่มีความแตกต่างได้ 13 ประเภท (มากกว่าเกณฑ์ที่ 4 ประเภท) แสดงว่าเครื่องมือวัดสามารถตรวจจับความผันแปรในกระบวนการได้ดี สามารถนำค่าความผันแปรไปใช้วิเคราะห์ต่อได้ข้อมูลน่าเชื่อถือ

พิจารณาค่าความผันแปรเครื่องมือวัด (Contribution) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.06 % หมายความว่าค่าวัดที่ได้จากเครื่องมือวัดคือนาฬิกาจับเวลามีความผันแปรเนื่องจากเครื่องมือวัดเพียง 1.06 % ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับที่ไม่เกิน 2% แสดงว่าสามารถนำนาฬิกาจับเวลาเรือนนี้ไปใช้ทำการทดลองได้

เมื่อเปรียบเทียบผลความผันแปรของกระบวนการ (P/TV) พบว่า ความผันแปรจากกระบวนการมีค่าร้อยละ 99.47 และความผันแปรจากระบบการวัดมีค่าร้อยละ 10.32 ซึ่งมีสาเหตุจากการวัดซ้ำชิ้นงานเดิม (Repeatability) เป็นส่วนใหญ่

วิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่าง โดยใช้การพิจารณาจากค่า P - Value พบว่ามีค่า 0.301 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ หมายความว่า อิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ พิจารณาค่า P-Value ของพนักงานวัดมีค่า 0.247 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ หมายความว่าพนักงานทั้งสองคนทำการวัดเวลางานได้ไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาที่ค่า P - Value ของสิ่งตัวอย่างพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ หมายความว่าสิ่งตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งมาจากความจงใจในการเลือกสิ่งตัวอย่างให้มีความแตกต่างกัน

4.4.3 การวิเคราะห์กระบวนการ (Analyze Phase)

1. แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram)

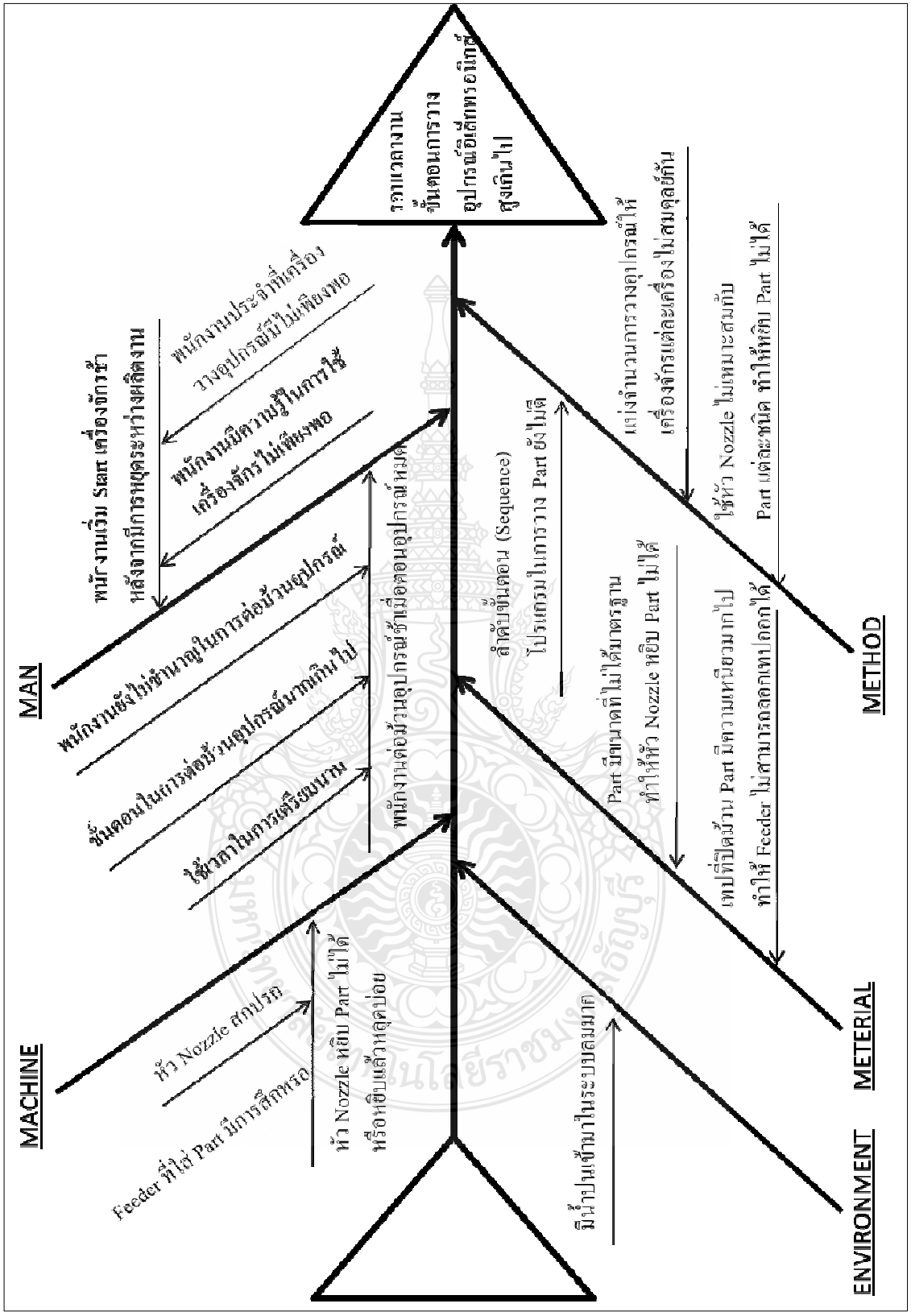
เครื่องมือที่ใช้ศึกษาสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลเพื่อทำการทดสอบสมมติฐานและแก้ไขปัญหา ซึ่งเกิดจากการระดมสมองมีขั้นตอนดังนี้

1) นิยามปัญหาให้ชัดเจน ซึ่งข้อมูลรอบเวลางานจากตารางที่ 4.1 พบว่ารอบเวลางานของเครื่องจักรวางอุปกรณ์ที่ 3 มีค่าสูงสุดจึงเป็นสาเหตุให้ไม่สามารถผลิตงานได้ 20,000 ชิ้นต่อวัน ดังนั้นปัญหาของการทดลองนี้คือ รอบเวลางานขั้นตอนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าสูงเกินไป

2) ให้สมาชิกแต่ละคนทำการออกความคิดเห็น โดยเขียนสาเหตุของปัญหาใส่กระดาษ

3) จัดกลุ่มสาเหตุของปัญหา โดยแยกตามหลัก 4M + 1E

4) สร้างแผนภาพก้างปลา ดังภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.21 แผนภาพก้างปลาของปัญหา “รอบเวลางานการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าสูงเกินไป”

2. การวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่อง

หลังจากทำแผนภาพก้างปลาแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่อง (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA) ซึ่งเป็นวิธีการเข้าถึงสาเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยการระดมสมองเพื่อการพิจารณาและตรวจหาถึงแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง ความรุนแรงของลักษณะข้อบกพร่อง ตลอดจนโอกาสในการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง ซึ่งมีขั้นตอนในการทำดังนี้

1) ระบุปัจจัยป้อนเข้าที่น่าจะส่งผลต่อความผันแปรในกระบวนการ (Potential KPIVs)

2) ระบุลักษณะข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิด (Potential Failure Mode) โดยตั้งคำถามว่า “ถ้าการทำงานไม่เป็นไปตามหน้าที่ที่ต้องการ แล้วลักษณะข้อบกพร่องจะเป็นอย่างไร”

3) ระบุลักษณะผลกระทบของข้อบกพร่อง (Potential Effect of Failure) โดยตั้งคำถามว่า “หากข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดเกิดขึ้นมา แล้วจะส่งผลกระทบอย่างไรต่อปัญหาที่สนใจ

4) ให้คะแนนตามความรุนแรงของผลกระทบ (Severity of the Effect : S) โดยเกณฑ์การให้คะแนนจะใช้หลักการที่อยู่ในภาคผนวก ก

5) ระบุสาเหตุที่มีแนวโน้มในการเกิดข้อบกพร่อง (Potential Cause of Failure)

6) ให้คะแนนโอกาสในการเกิด (Occurrence : O) โดยเกณฑ์การให้คะแนนจะใช้หลักการที่อยู่ในภาคผนวก ก

7) ระบุการควบคุมในปัจจุบัน (Current control) ซึ่งมี 2 แบบคือ การตรวจจับ (Detection) และการป้องกัน (Protection)

8) ให้คะแนนการตรวจจับของการควบคุมในปัจจุบัน โดยเกณฑ์การให้คะแนนจะใช้หลักการที่อยู่ในภาคผนวก ก

9) คำนวณคะแนนค่าความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากผลคูณของคะแนนตามความรุนแรง คะแนนโอกาสในการเกิด และคะแนนการตรวจจับ

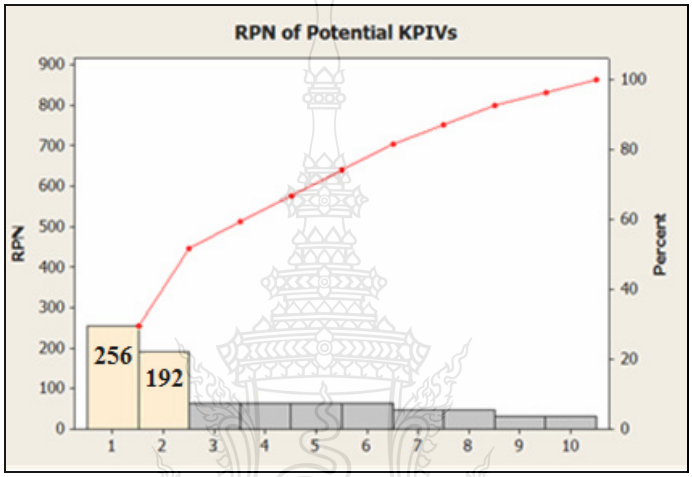
10) สร้างตารางวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่อง (FMEA) ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลวิเคราะห์ FMEA ในปัญหารอบเวลาการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าสูงเกินไป

Main Causes	Potential KPIVs	(Pontential Failure Mode)	Potential Effect of Failure	(S)	Pontential Cause of Failure	(O)	Current Process Control		(D)	RPN	Rank
							(Prevention)	(Detection)			
Man	พนักงานต่อม้วนอุปกรณ์ช้าเมื่อเวลาอุปกรณ์หมด	ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตเกิด Downtime เนื่องจากคน	ได้ยอดงานต่อชั่วโมงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	4	พนักงานใหม่ยังขาดความชำนาญในการต่อม้วนอุปกรณ์	2	มีการอบรมขั้นตอนการทำงานก่อนปฏิบัติงานจริง	มี Trainer คอยทำงานควบคู่ไปด้วยในสัปดาห์แรก	4	32	6
		ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตเกิด Downtime เนื่องจากคน	ได้ยอดงานต่อชั่วโมงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	4	ใช้เวลาในการเตรียมม้วนอุปกรณ์งานเกินไป	8	-	มี Trainer คอยทำงานควบคู่ไปด้วยในสัปดาห์แรก	6	192	2
		ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตเกิด Downtime เนื่องจากคน	ได้ยอดงานต่อชั่วโมงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	4	ขั้นตอนระบบในการต่อม้วนอุปกรณ์มากเกินไป	6	มี Software ช่วยในการป้องกัน	มี Trainer คอยทำงานควบคู่ไปด้วยในสัปดาห์แรก	4	96	3
	พนักงานทำการเริ่ม Start เครื่องจักรช้า เมื่อมีการหยุดระหว่างผลิตงาน	ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตเกิด Downtime เนื่องจากคน	ได้ยอดงานต่อชั่วโมงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	4	พนักงานใหม่ ยังขาดความชำนาญในการใช้เครื่องจักร	2	มีการอบรมขั้นตอนการทำงานก่อนปฏิบัติงานจริง	มี Trainer คอยทำงานควบคู่ไปด้วยในสัปดาห์แรก	4	32	6
		ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตเกิด Downtime เนื่องจากคน	ได้ยอดงานต่อชั่วโมงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	4	พนักงานประจำที่เครื่องวางอุปกรณ์มีไม่เพียงพอ	2	มีการทบทวนบริมาณคนที่ต้องการโดย IE	มีการตรวจสอบปริมาณคนโดย Production Supervisor	4	32	6
Machine	Nozzle หยิบอุปกรณ์ไม่ได้หรือหยิบแล้วหลุดบ่อย	เกิดการหยุดของเครื่องจักรขณะผลิตงานบ่อย	ได้ยอดงานต่อชั่วโมงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	4	หัว Nozzle สกปรก	4	มีการ PM สัปดาห์ละหนึ่งครั้ง	มีการตรวจสอบ Nozzle ก่อนเริ่มต้นของกะ	4	64	4
		เกิดการหยุดของเครื่องจักรขณะผลิตงานบ่อย	ได้ยอดงานต่อชั่วโมงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	4	Feeder มีการสึกหรอ	4	มีการ PM เดือนละหนึ่งครั้ง	มีการตรวจสอบการทำงานของ Feeder ก่อนเริ่มต้นของกะ	4	64	4
Method	แบ่งจำนวนการวางอุปกรณ์ให้เครื่องจักรไม่สมดุลย์กัน	Cycle time ของการผลิตสูงเกินไป	ได้ค่ามาตรฐานของงานต่อชั่วโมง (Std.UPH) ต่ำเกินไป	8	ทำโปรแกรมหรือลำดับของการวางอุปกรณ์ไม่ดี	8	มีการทดลองโดยวิศวกรกระบวนการเมื่อทำโปรแกรมใหม่	มีการทบทวนความถูกต้องโดยช่างเทคนิคและIE	4	256	1
	ลำดับขั้นตอนในการวางอุปกรณ์ (Sequence) ยังไม่เหมาะสม	Cycle time ของการผลิตสูงเกินไป	ได้ค่ามาตรฐานของงานต่อชั่วโมง (Std.UPH) ต่ำเกินไป	8	ขาดการทดสอบก่อนใช้ผลิตจริงหลังจากทำโปรแกรมเสร็จ	2	มีการทดลองโดยวิศวกรกระบวนการเมื่อทำโปรแกรมใหม่	มีการตรวจสอบตอนเริ่มกะโดยแผนกควบคุมคุณภาพ	4	64	4
	ใช้หัวจับ (Nozzle) ไม่เหมาะสมกับลักษณะของอุปกรณ์	เกิดการหยุดของเครื่องจักรขณะผลิตงานบ่อย	ได้ยอดงานต่อชั่วโมงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	4	ขาดการทดสอบก่อนเริ่มใช้งานจริง	2	มีการทดสอบก่อนเริ่มใช้งานเมื่อทำโปรแกรมใหม่	มีการตรวจสอบตอนเริ่มกะโดยแผนกควบคุมคุณภาพ	4	32	6
Material	ความแตกต่างของเทปที่ติดม้วนอุปกรณ์มากเกินไป	Feeder ไม่สามารถลอกเทปได้ ทำให้เครื่องหยุดขณะผลิตงานบ่อย	ได้ยอดงานต่อชั่วโมงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	4	Supplier ใช้วัตถุดิบมาตรฐานในการผลิต	4	มีการตรวจสอบคุณภาพการผลิตของ Supplier โดยแผนก SQE	มีการตุ่มตรวจความแตกต่างของเทปทุก Lot โดย IQA	4	64	4
	ขนาดของอุปกรณ์ผิดมาตรฐาน	หัวจับหยิบอุปกรณ์ไม่ได้ ทำให้เครื่องหยุดขณะทำการผลิตบ่อย	ได้ยอดงานต่อชั่วโมงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน	4	เกิดความผิดพลาดในกระบวนการผลิตของ Supplier	4	มีการตรวจสอบคุณภาพการผลิตของ Supplier โดยแผนก SQE	มีการตุ่มตรวจขนาดของ Part ทุก Lot โดย IQA	4	64	4
Environment	แรงดันลมของระบบต่ำเกินไป	เครื่องจักรหยุดไม่สามารถผลิตงานได้ (Downtime สูง)	เกิดเวลา Downtime สูงเนื่องจากไม่ได้ผลิตงาน	6	หม้อลมควบคุมแรงดันเสีย	2	มีการ PM เดือนละหนึ่งครั้ง	มีการตรวจสอบอุปกรณ์โดยแผนกซ่อมบำรุงทุกวัน	4	48	5
	มีน้ำปนเข้ามาในระบบลมมากเกินไป	เครื่องจักรหยุดไม่สามารถผลิตงานได้ (Downtime สูง)	เกิดเวลา Downtime สูงเนื่องจากไม่ได้ผลิตงาน	6	ตัวกรองไอน้ำของระบบลมเสีย	2	มีการ PM เดือนละหนึ่งครั้ง	มีการตรวจสอบอุปกรณ์โดยแผนกซ่อมบำรุงทุกวัน	4	48	5

3. จัดลำดับความสำคัญของค่าความเสี่ยง (RPN)

พิจารณาภาพที่ 4.22 พบว่าหากใช้หลักการ 80/20 ของพาเรโต ต้องทำการทดลองถึงปัจจัยลำดับที่ 6 ซึ่งจะใช้เวลาและสูญเสียงบประมาณมากเกินไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกปัจจัยที่มีค่าคะแนนความเสี่ยงสูงเกิน 100 คะแนนมาทำการทดลองก่อน ซึ่งมี 2 ปัจจัยจากทั้งหมด 10 ปัจจัยคือ การแบ่งจำนวนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้เครื่องจักรไม่สมดุลย์กัน และพนักงานต่อม้วนอุปกรณ์ช้าเมื่ออุปกรณ์หมด โดยมีค่าคะแนนความเสี่ยง 256 และ 192 คะแนนตามลำดับ



ภาพที่ 4.22 ลำดับความสำคัญคะแนนความเสี่ยงจากผลวิเคราะห์ FMEA ของงานวิจัยส่วนที่ 1

ตารางที่ 4.8 คะแนนความเสี่ยงของปัจจัยนำเข้าของงานวิจัยในส่วนที่ 1

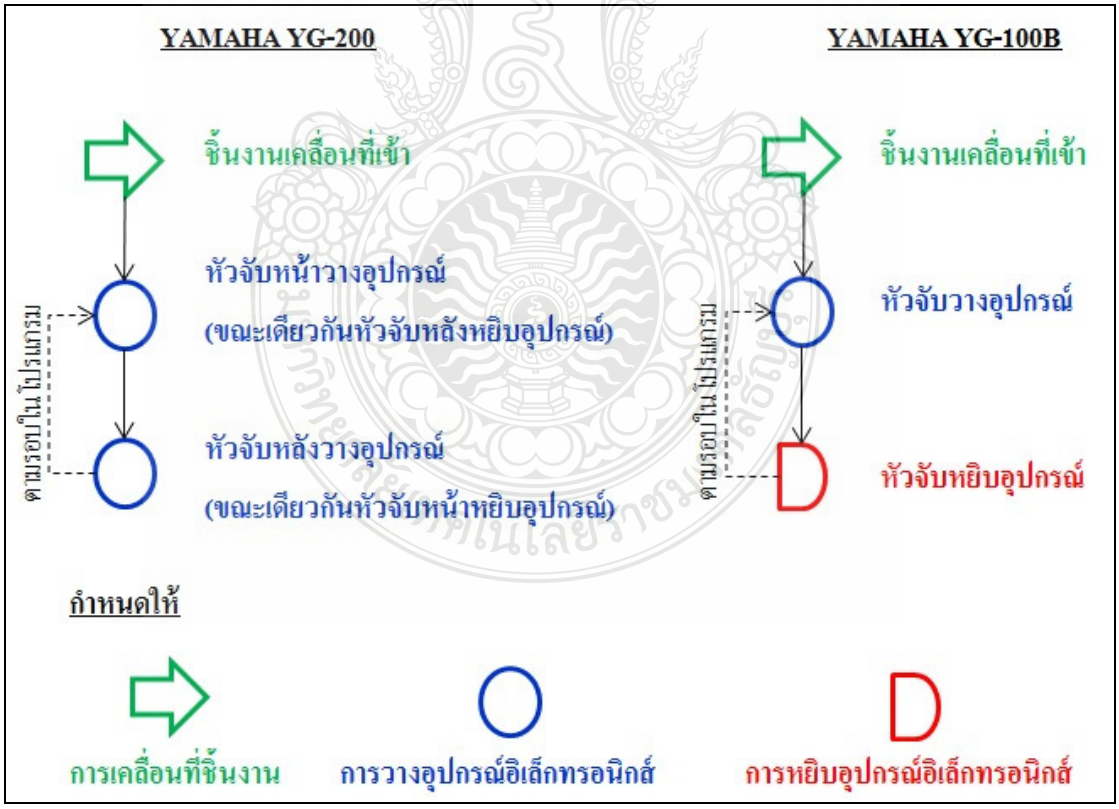
ลำดับ	ปัจจัยนำเข้า (Potential KPIVs)	คะแนน
1	การแบ่งจำนวนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้เครื่องจักรไม่สมดุลย์กัน	256
2	พนักงานต่อม้วนอุปกรณ์ช้าเมื่ออุปกรณ์หมด	192
3	หัวหยิบ (Nozzle) หยิบอุปกรณ์ไม่ได้หรือหยิบแล้วหลุดบ่อย	64
4	ลำดับขั้นตอนในการวางอุปกรณ์ (Sequence) ยังไม่เหมาะสม	64
5	ความเหนียวของเทปที่ปิดม้วนอุปกรณ์มากเกินไป	64
6	ขนาดของอุปกรณ์ผิดมาตรฐาน	64
7	แรงดันลมของระบบต่ำเกินไป	48
8	มีน้ำปนเข้ามาในระบบลมมากเกินไป	48
9	พนักงานทำการเริ่มเดิน (Start) เครื่องจักรช้า เมื่อมีการหยุดระหว่างผลิตงาน	32
10	ใช้หัวจับ (Nozzle) ไม่เหมาะสมกับลักษณะของอุปกรณ์	32

4. การทดสอบปัจจัยนำเข้า

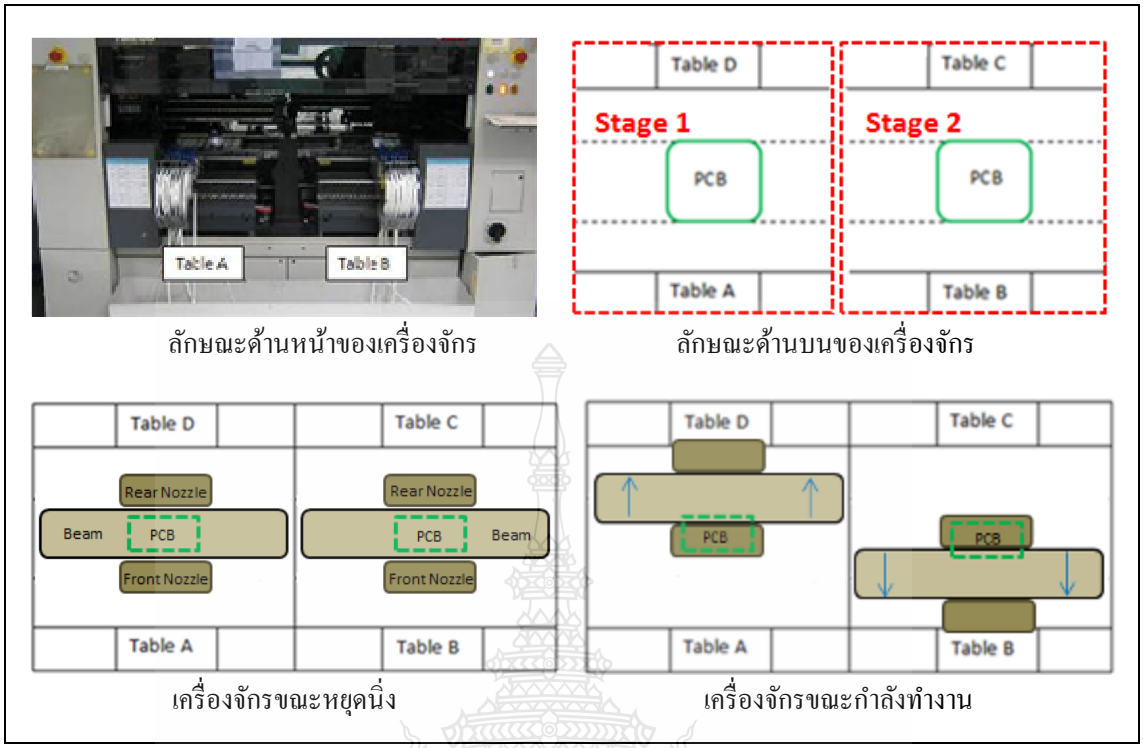
หลังจากสรุปปัจจัยที่น่าจะส่งผลต่อปัญหา “รอบเวลางานการวางอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์สูงเกินไป” แล้วนั้น ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบปัจจัยนำเข้า (Potential KPIVs) ทั้ง 2 ปัจจัยคือ การแบ่งจำนวนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้เครื่องจักรไม่สมดุลกัน และพนักงานต่อม้วนอุปกรณ์ช้าเมื่ออุปกรณ์หมด ว่าได้ส่งผลกระทบต่อปัญหาจริงหรือไม่

1) วิเคราะห์ปัจจัยการแบ่งจำนวนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

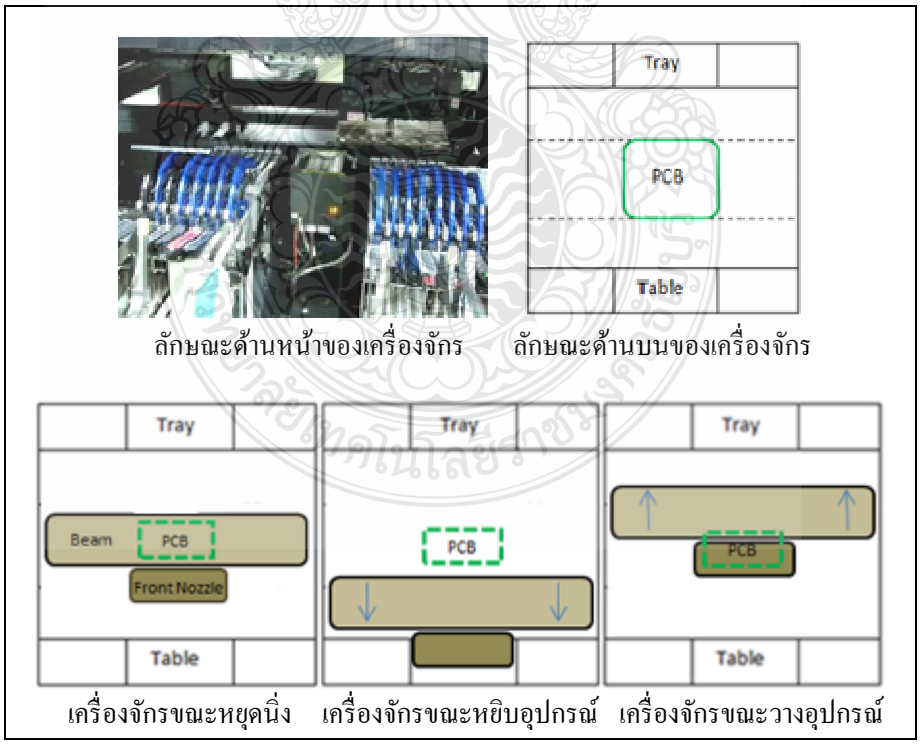
ปัจจัยนำเข้าลำดับที่หนึ่งคือ โปรแกรมเครื่องจักรยังไม่มีความสมดุลย์ในการแบ่งจำนวนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้กับเครื่องจักรทั้ง 4 เครื่อง ซึ่งทำให้รอบเวลางานของเครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 4 เครื่องเกิดความแตกต่างกัน จึงเป็นสาเหตุทำให้สูญเสียเวลาในการรอคอยชิ้นงาน ดังนั้นจึงต้องลดความสูญเสียนี้ให้เหลือน้อยที่สุด โดยผู้วิจัยได้ศึกษาการทำงานของเครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในสายผลิตซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 รุ่นคือ YAMAHA YG-200 และ YG-100B พบว่ามีความแตกต่างกันในส่วนรอบการทำงานซึ่งเปรียบเทียบข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 4.23 และเปรียบเทียบข้อมูลทางกายภาพของเครื่องจักรทั้ง 2 รุ่น ดังแสดงในตารางที่ 4.9



ภาพที่ 4.23 การเปรียบเทียบรอบการทำงานของเครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 2 รุ่น



ภาพที่ 4.24 เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รุ่น YAMAHA YG-200



ภาพที่ 4.25 เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รุ่น YAMAHA YG-100B

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลทางกายภาพของเครื่องวางอุปกรณ์รุ่น YAMAHA YG-200 กับ YG-100B

	YAMAHA YG-200	YAMAHA YG-100B
Stage การทำงาน	2 Stage	1 Stage
Nozzle set	2 Nozzle set (Front and Rear)	1 Nozzle set (Front)
Nozzle head / set	6 head	8 head
Nozzle Type	6 Flying	4 Flying 4 Fixing

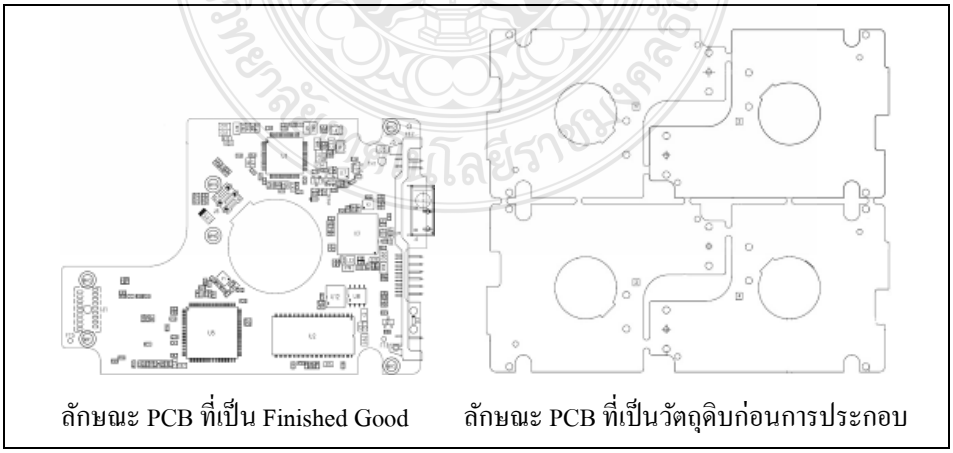
จากการศึกษาส่วนประกอบและรอบการทำงานของเครื่องจักรทั้ง 2 รุ่น สามารถวิเคราะห์หารอบเวลางาน (Cycle Time) ของเครื่องจักรทั้งสองรุ่นตามความสัมพันธ์ด้านล่าง

YAMAHA (YG-200) = เวลาการเคลื่อนที่ของชิ้นงาน + เวลาการวางอุปกรณ์ของหัวจับหน้า + เวลาการวางอุปกรณ์ของหัวจับหลัง (4.2)

YAMAHA (YG-100B) = เวลาการเคลื่อนที่ของชิ้นงาน + เวลาการวางอุปกรณ์ + เวลาการหยิบอุปกรณ์ (4.3)

ก. สำรวจสภาพโปรแกรมการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบปัจจุบัน

ตรวจสอบจำนวนตำแหน่งของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จะทำการวางบนแผงวงจร (PCB) โดยดูข้อมูลจากใบแสดงรายละเอียดวัตถุดิบ (BOM) ในภาคผนวก ข ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 174 ตำแหน่ง แต่ว่าชิ้นงานในรูปของวัตถุดิบมีลักษณะเป็นชิ้นงานรวมจำนวน 4 ชิ้นงานต่อแผ่น (Panel) ดังนั้นตำแหน่งการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่อแผ่น (Panel) มีทั้งหมด 696 ตำแหน่ง

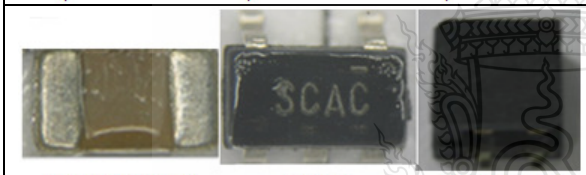
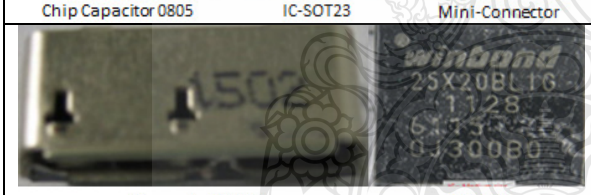


ลักษณะ PCB ที่เป็น Finished Good ลักษณะ PCB ที่เป็นวัตถุดิบก่อนการประกอบ

ภาพที่ 4.26 การเปรียบเทียบชิ้นงานสำเร็จ (Finished Good) กับแผ่น PCB วัตถุดิบ

เก็บข้อมูลการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรมการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อรอบเวลาคือ ขนาดของอุปกรณ์ (Part Size) ความเร็วในการวางอุปกรณ์ (Mounting Speed) และความเร็วในการเคลื่อนที่ (Moving Speed) ดังตารางที่ 4.10 และเมื่อพิจารณาเครื่องจักรที่ 3 ซึ่งเป็นตัวช้าที่สุดของสายการผลิต พบว่าได้ถูกกำหนดให้วางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อยู่สองขนาดคือเล็กและกลาง ส่วนเครื่องจักรที่ 1 กับเครื่องจักรที่ 2 กำหนดให้วางอุปกรณ์ขนาดเล็กและเครื่องจักรที่ 4 กำหนดให้วางอุปกรณ์ขนาดใหญ่เท่านั้น

ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดอุปกรณ์ ขนาดหัวจับ ความเร็วการวางและเคลื่อนที่

Component	Part Size	Mounting Speed	Moving Speed	Machine Number
Chip Diode 0603 Chip Resistor 0603 Chip Inductor 0603	Small	100%	100%	1, 2, 3
 Chip Capacitor 0805 IC-SOT23 Mini-Connector	Medium	95%	95%	3
 Connector USB3.0 IC - BGA	Big	75 %	75%	4

จากนั้นวิเคราะห์หาเวลาในการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่อ 1 ตัว (Takt Time) โดยนำรอบเวลารวม (Cycle Time) มาลบออกด้วยเวลาการเคลื่อนที่ (Transfer Time) เพื่อให้เหลือเพียงเวลาในการวางอุปกรณ์ (Mounting Time) เท่านั้น แล้วนำมาหารด้วยจำนวนการวางอุปกรณ์ (Mounting Point) ตามสมการความสัมพันธ์ที่ 4.4 และ 4.5 ดังนั้นจึงสรุปเวลา Takt Time ของการวางอุปกรณ์ในแต่ละเครื่องจักรดังตารางที่ 4.11 โดยคิดเฉพาะอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กและกลางซึ่งถูกวางด้วยเครื่องจักรรุ่น YG-200 เท่านั้น เพราะเครื่องจักรรุ่น YG-100B ยังมีเวลาในการหยิบอุปกรณ์รวมอยู่ดังในสมการที่ 4.3 อีกทั้งยังมีลักษณะของหัวจับที่ต่างกัน มีความเร็วในการวางอุปกรณ์และความเร็วในการเคลื่อนที่ต่ำกว่ามาก ซึ่งเป็นผลมาจากขนาดของตัวอุปกรณ์ที่ทำการวางมีขนาดใหญ่กว่า จึงเป็นเหตุผลที่ต้องแยกวิเคราะห์ต่างหาก

เวลาการวางอุปกรณ์ = รอบเวลารวม - เวลาการเคลื่อนที่ (4.4)

$$\text{เวลาการวางอุปกรณ์ต่อ 1 ตัว} = \frac{\text{เวลาการวางอุปกรณ์}}{\text{จำนวนการวางอุปกรณ์}} \quad (4.5)$$

ตารางที่ 4.11 เวลาการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่อ 1 ตัว (Takt Time) ในกระบวนการปัจจุบัน

Machine number/ Model	**1/YG200**		**2/YG200**		**3/YG200**		**4/YG100B**
Stage	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**
Rear Nozzle/Mounting point	54	60	64	60	60	38	20
Front Nozzle/Mounting point	54	60	60	60	64	38	4
Cycle Time (s.)	31.83	34.51	37.22	34.36	42.77	31.29	31.84
Transfer Time (s.)	4.08	4.02	4.12	4.03	4.22	4.04	4.31
Mounting Time (s.)	27.75	30.49	33.10	30.33	38.55	27.25	27.53
Mounting Point	108	120	124	120	124	76	24
Takt Time (s./point)	**0.257**	**0.254**	**0.267**	**0.253**	**0.311**	**0.359**	

หมายเหตุ :
ตัวเลขสีน้ำเงิน คือ จำนวนตำแหน่งของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก
ตัวเลขสีแดง คือ จำนวนตำแหน่งของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดกลาง

ข้อมูลในตารางที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าชิปอุปกรณ์ (Chip Component) ขนาด 0402 และ 0603 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ขนาดเล็ก ได้ทำการวางด้วยเครื่องจักรที่ 1, 2 และ 3 รวมจำนวนตำแหน่งการวางอุปกรณ์ตามแต่ละเครื่องจักรแสดงด้วยตัวเลขสีน้ำเงิน ส่วนชิปอุปกรณ์ขนาด 0805 และ SOT23 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ขนาดกลางได้ทำการวางด้วยเครื่องจักรที่ 3 แสดงตามตัวเลขสีแดง ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าเครื่องจักรที่ทำการวางอุปกรณ์ขนาดเล็กจะมีค่า Takt time ต่ำกว่าเครื่องจักรที่วางอุปกรณ์ขนาดกลาง หรือวางทั้งขนาดเล็กและขนาดกลางปนกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กจะใช้เวลาการวางอุปกรณ์ (Mounting Time) น้อยกว่าอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้นจะใช้เวลา Takt Time ที่คำนวณได้ไปสร้างสมดุลย์เวลาการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้กับเครื่องจักรใหม่ โดยที่ไม่ทำการเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยที่อาจส่งผลต่อคุณภาพของสินค้าเช่น ความเร็วในการเคลื่อนที่ ความเร็วในการวางอุปกรณ์ และขนาดของหัวจับ (Nozzle Size) ที่ใช้หยิบอุปกรณ์แต่ละชนิด เป็นต้น

ข. จัดสมดุลย์โปรแกรมการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใหม่

จากข้อมูลที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าจำนวนตำแหน่งของการวางอุปกรณ์ในแต่ละช่วงการทำงาน (Stage) ตามแต่ละเครื่องจักรได้ส่งผลต่อรอบเวลางาน (Cycle Time) ดังนั้นจึงต้องจัดสมดุลย์ในแต่ละส่วนใหม่เพื่อลดรอบเวลาของการผลิตและเวลารอคอยชิ้นงานให้เหลือน้อยที่สุด โดยการแบ่งจำนวนตำแหน่งการวางอุปกรณ์ให้แต่ละเครื่องจักรมีความสมดุลย์ในเรื่องของเวลา โดยใช้ค่า Takt Time และเวลาการเคลื่อนที่ชิ้นงาน (Transfer Time) ในตารางที่ 4.11 ช่วยในการจัดสมดุลย์ของจำนวนตำแหน่งการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใหม่ แล้วให้ค่ารอบเวลางานของสายผลิตใกล้เคียงกับเป้าหมายที่ 36.5 วินาที เพื่อให้ได้ปริมาณงานพร้อมส่งวันละ 20,000 ชิ้น โดยนำ Takt Time คูณกับจำนวนการวางอุปกรณ์ (Mounting Point) แล้วบวกกับเวลาการเคลื่อนที่ชิ้นงาน (Transfer Time) ซึ่งทำให้ได้รอบเวลางาน (Cycle Time) ของสายผลิตใหม่เท่ากับ 36.56 วินาที ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การประมาณค่ารอบเวลางานของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่

Machine number/ Model	**1/YG200**		**2/YG200**		**3/YG200**		**4/YG100B**
Stage	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**
Rear Nozzle/ Mounting point	60	60	60	60	4 + 48	44	20
Front Nozzle/Mounting point	60	60	60	60	52	44	4
Total Mounting point	120	120	120	120	104	88	24
Tact Time (s. /point); Refer.Table 4.12	0.257	0.254	0.267	0.253	0.311	0.359	
Mounting Time (s.)	30.84	30.48	32.04	30.36	32.34	31.59	27.53
Transfer Time (s.); Refer. Table 4.12	4.08	4.02	4.12	4.03	4.22	4.04	4.31
New Cycle Time (s.)	**34.92**	**34.50**	**36.16**	**34.39**	**36.56**	**35.63**	**31.84**

ค. การตั้งสมมติฐานการทดลอง

การวิเคราะห์ปัจจัยนี้ใช้การทดสอบค่าเฉลี่ยของข้อมูล 2 กลุ่ม (2-Sample T-Test) เพื่อทดสอบว่าเวลาเฉลี่ยของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องจักรทั้งสายผลิตด้วยการใช้โปรแกรมแบบใหม่ มีค่าน้อยลงกว่าเมื่อใช้โปรแกรมการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เนื่องจากการทดลองมี 2 กลุ่มประชากร คือ วิธีแบบปัจจุบันและวิธีแบบใหม่ จึงตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$
$$H_1 : \mu_1 > \mu_2 \quad (4.6)$$

กำหนดให้

μ_1 = รอบเวลาเฉลี่ยของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยโปรแกรมปัจจุบัน

μ_2 = รอบเวลาเฉลี่ยของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยโปรแกรมใหม่

ง. การหาขนาดตัวอย่าง (Sample Size)

หาขนาดของสิ่งตัวอย่างที่จะทำการทดสอบโดยใช้โปรแกรมมินิแทป ซึ่งผู้วิจัยเลือกขนาดของสิ่งตัวอย่างที่ 15 ตัวอย่าง มีค่ากำลังการทดสอบเท่ากับ 0.95 ดังภาพที่ 4.27

Power and Sample Size

2-Sample t Test

Testing mean 1 = mean 2 (versus >)
Calculating power for mean 1 = mean 2 + difference
Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 8

Difference	Sample Size	Target Power	Actual Power
10	12	0.90	0.906710
10	15	0.95	0.954863
10	21	0.99	0.990249

The sample size is for each group.

ภาพที่ 4.27 การหาขนาดของสิ่งตัวอย่างแบบ 2-Sample T-Test

จ. ขั้นตอนการทำการทดลอง

ทำการวัดรอบเวลางานที่ออกมาจากเครื่องจักรวางอุปกรณ์ตัวสุดท้าย (ไม่จำเป็นต้องวัดเวลางานทุกเครื่อง เพราะไม่ว่าอย่างไรก็ตามเวลางานของเครื่องจักรตัวที่มากสุดก็จะเป็นตัวกำหนดเวลางานของสายผลิต เนื่องจากเครื่องจักรวางต่อกันด้วยสายพานลำเลียงเป็นตัวนำพาชิ้นงาน) โดยให้พนักงานวัดรอบเวลางานของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในสายการผลิตที่ 1 ด้วยโปรแกรมปัจจุบันทั้งหมด 15 ตัวอย่าง จากนั้นเปลี่ยนเป็นโปรแกรมใหม่ แล้ววัดรอบเวลางานอีกทั้งหมด 15 ตัวอย่าง ซึ่งได้ค่าของรอบเวลางานทั้ง 2 แบบดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 รอบเวลาการวางอุปกรณ์ของโปรแกรมปัจจุบันและแบบใหม่

ชิ้นงานที่	โปรแกรมปัจจุบัน	โปรแกรมใหม่	ชิ้นงานที่	โปรแกรมปัจจุบัน	โปรแกรมใหม่
1	42.75	36.17	9	42.77	36.14
2	42.84	36.32	10	42.68	36.32
3	43.02	36.02	11	43.11	35.89
4	42.59	35.85	12	43.20	35.75
5	42.72	36.44	13	42.58	36.21
6	43.07	35.68	14	42.62	35.93
7	43.21	35.90	15	43.18	35.57
8	42.89	36.38			

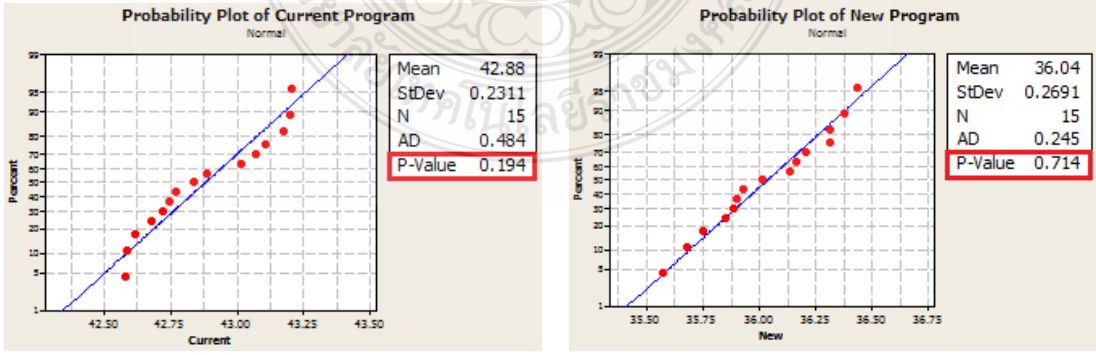
(หน่วย: วินาที)

ฉ. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ สามารถทดสอบโดยใช้ Normal Probability Plot ซึ่งจากการทดสอบพบว่าข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม มีลักษณะเป็นการแจกแจงแบบปกติ ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อได้

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม

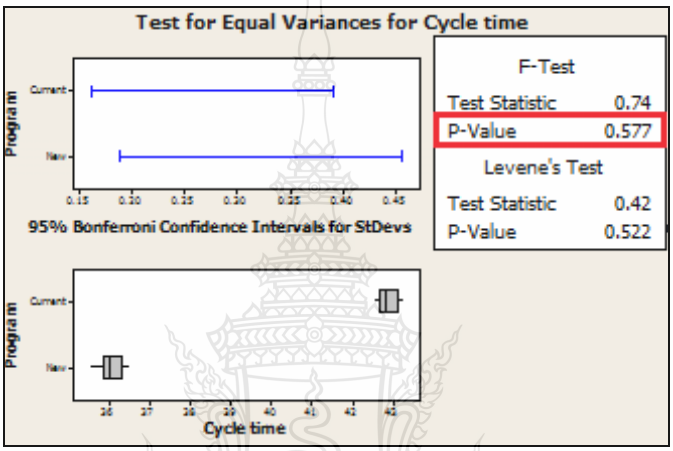
กลุ่มข้อมูล	ค่าเฉลี่ย (วินาที)	ค่า P-Value	ลักษณะการแจกแจง
รอบเวลาโดยใช้โปรแกรมปัจจุบัน	42.88	0.194 > α = 0.05	Normal
รอบเวลาโดยใช้โปรแกรมใหม่	36.04	0.714 > α = 0.05	Normal



ข้อมูลรอบเวลาของโปรแกรมปัจจุบัน ข้อมูลรอบเวลาของโปรแกรมแบบใหม่

ภาพที่ 4.28 การกระจายตัวแบบปกติในข้อมูลรอบเวลางานของโปรแกรมปัจจุบันและแบบใหม่

ทดสอบ Test for Equal Variance เป็นการเปรียบเทียบความแปรผันของข้อมูลทั้งสองกลุ่ม ว่ามีการกระจายตัวต่างกันหรือไม่ ซึ่งเราจะสามารถนำค่ากลางของข้อมูลทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกันได้ ก็ต่อเมื่อความผันแปรของข้อมูลทั้งสองกลุ่มต้องมีการกระจายตัวที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลการทดสอบ F-Test โดยค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.577 ซึ่งมากกว่า α = 0.05 ดังแสดงในภาพที่ 4.29 สามารถตีความได้ว่า ความผันแปรของข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับ α = 0.05 จึงสามารถนำข้อมูลทั้งสองกลุ่มนี้ไปเปรียบเทียบในส่วนของค่ากลางข้อมูลต่อไปได้



ภาพที่ 4.29 ผลทดสอบความผันแปรในรอบเวลาของโปรแกรมปัจจุบันกับแบบใหม่

ทดสอบสมมติฐานการทดลองโดยใช้หลักสถิติ 2 Sample T-Test ได้ผลลัพธ์คือ P -Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แล้วยอมรับสมมติฐาน H_1 ซึ่งสามารถตีความได้ว่ารอบเวลาเฉลี่ยของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยการใช้โปรแกรมแบบใหม่มีค่าน้อยกว่าการใช้โปรแกรมการวางแบบปัจจุบัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Two-Sample T-Test and CI: Current, New

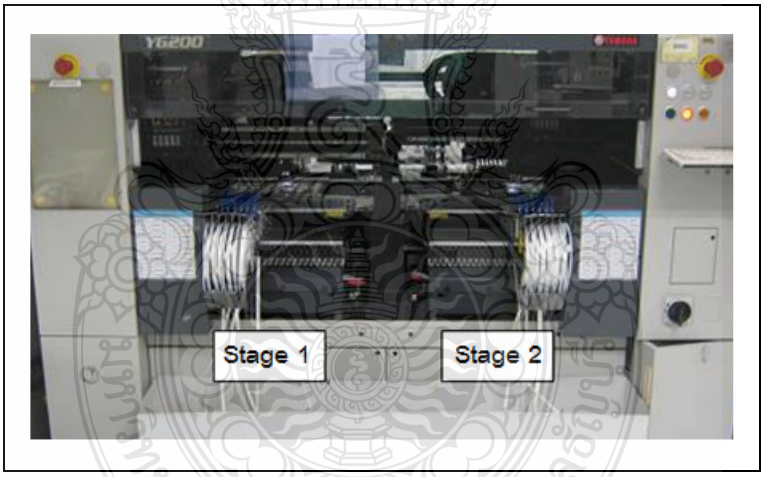
```
Two-sample T for Current vs New

          N     Mean   StDev  SE Mean
Current  15   42.882   0.231    0.060
New      15   36.038   0.269    0.069

Difference = mu (Current) - mu (New)
Estimate for difference:  6.8440
95% lower bound for difference:  6.6880
T-Test of difference = 0 (vs >): T-Value = 74.73  P-Value = 0.000  DF = 27
```

ภาพที่ 4.30 ผลวิเคราะห์ข้อมูลด้วย 2-Sample T-Test ระหว่างโปรแกรมปัจจุบันและแบบใหม่

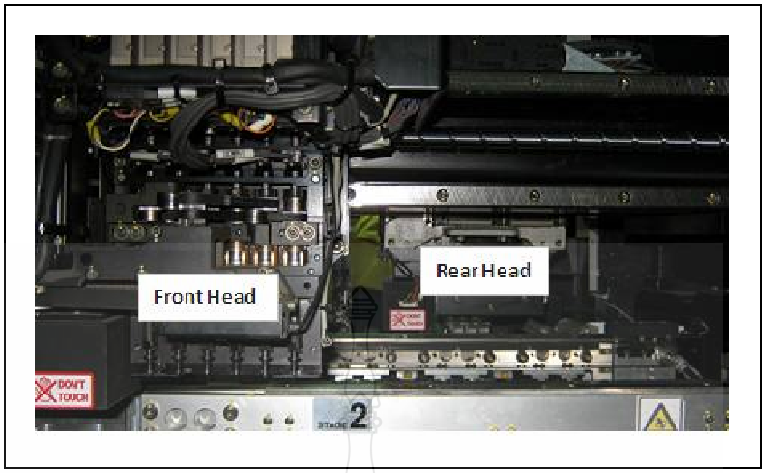
ช. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้น สามารถบอกได้ว่ารอบเวลางานเฉลี่ยของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยโปรแกรมแบบใหม่มีค่าน้อยกว่าการวางอุปกรณ์ด้วยโปรแกรมปัจจุบัน โดยรอบเวลางานเฉลี่ยจะลดลงจาก 42.88 วินาทีเหลือ 36.04 วินาที ซึ่งการจัดสมดุลย์จำนวนตำแหน่งการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ทำการปรับปรุงในเครื่องจักรที่ 1, 2 และ 3 เท่านั้น ซึ่งเป็นรุ่น YAMAHA YG-200 โดยมีหลักการและเทคนิคดังนี้

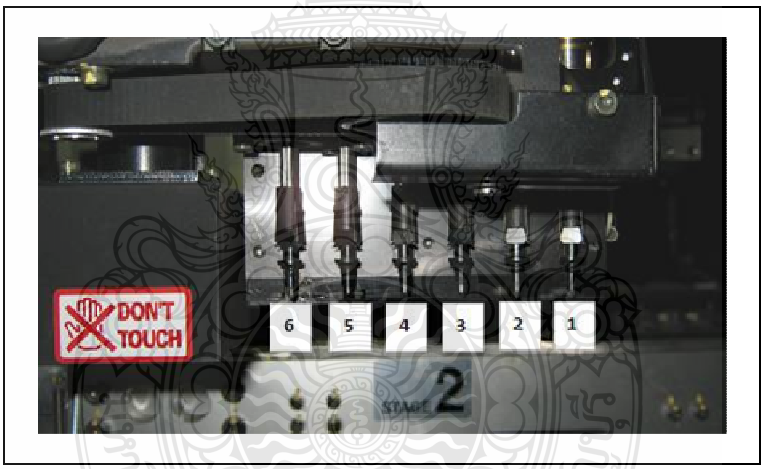
- การทำโปรแกรมควรกำหนดให้ชุดหัวจับ (Nozzle) หยิบอุปกรณ์โดยใช้ทั้ง 6 หัวจับ
- จำนวนรอบการหยิบอุปกรณ์ของหัวจับหน้า (Front Nozzle) และหัวจับหลัง (Rear Nozzle) ภายในช่วงการทำงาน (Stage) เดียวกัน ควรมีจำนวนรอบที่เท่ากัน
- หากจำเป็นต้องวางอุปกรณ์ขนาดใหญ่ปนกับขนาดเล็ก ควรกำหนดให้วางด้วยเครื่องจักรเดียวกัน และในช่วงการทำงาน (Stage) เดียวกัน
- จำนวนการวางอุปกรณ์ในแต่ละช่วงการทำงาน (Stage) แต่ละเครื่องจักรควรเท่ากัน



ภาพที่ 4.31 เครื่องวางอุปกรณ์แบบ 2 ช่วงการทำงาน (2 Stage) รุ่น YAMAHA YG-200



ภาพที่ 4.32 ชุดหัวจับด้านหน้า (Front Nozzle) และชุดหัวจับด้านหลัง (Rear Nozzle)

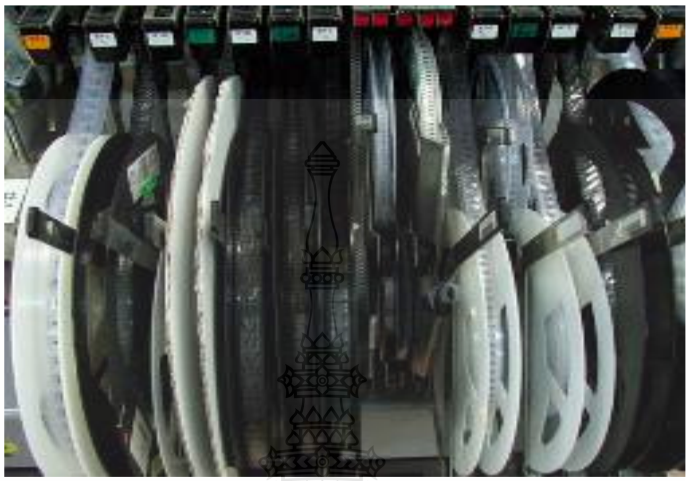


ภาพที่ 4.33 หัวจับ (Nozzle) จำนวน 6 หัวจับ ที่ติดตั้งในชุดหัวจับ

2) วิเคราะห์ปัจจัยการต่อม้วนอุปกรณ์ช้าเมื่ออุปกรณ์หมด

ปัจจัยนำเข้าตัวที่ 2 คือการต่อม้วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ม้วนใหม่เข้ากับม้วนเดิมขณะเครื่องจักรผลิตงาน จะทำต่อเมื่อจำนวนของอุปกรณ์ในม้วนที่กำลังใช้ผลิตอยู่นั้นเหลืออยู่ในจำนวนน้อยใกล้หมด พนักงานต้องทำการต่ออุปกรณ์ม้วนใหม่เข้าไปก่อนที่อุปกรณ์จะหมด เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องจักรต้องมีการหยุดรอ ซึ่งเป็นความสูญเสียเวลาในการผลิตอย่างหนึ่ง แต่จากข้อมูลย้อนหลังของ

ฝ่ายผลิตพบว่าเครื่องจักรยังมีการหยุดรอคอยซึ่งมีสาเหตุมาจากพนักงานไม่สามารถเตรียมอุปกรณ์ม้วนใหม่ได้ทันก่อนอุปกรณ์ม้วนเดิมหมด จึงต้องแก้ไขในส่วนของการเตรียมม้วนอุปกรณ์ต่อไป



ภาพที่ 4.34 ม้วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขณะติดตั้งร่วมกับเครื่องจักร

ก. สำรวจสภาพการจัดเตรียมม้วนอุปกรณ์ในปัจจุบัน

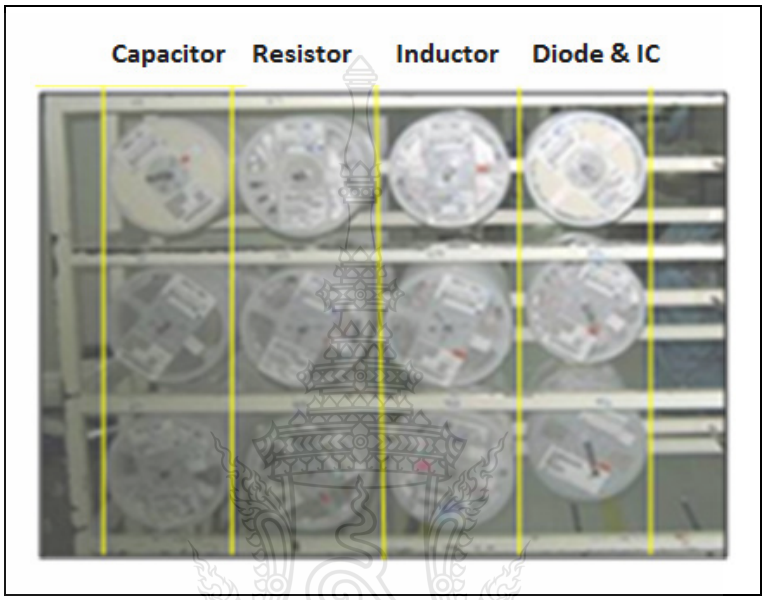
จากการพิจารณาขั้นตอนและเวลาของการต่อม้วนอุปกรณ์ พบว่าในขั้นตอนการหาม้วนอุปกรณ์ที่เป็นชนิดเดียวกับม้วนเดิมที่ต้องการต่อนั้นใช้เวลานานที่สุด ซึ่งการจัดเตรียมม้วนอุปกรณ์ในปัจจุบันนั้นทางแผนก CMC Kitting จะเบิกม้วนอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตงานทั้งหมดตามจำนวนขนาดการผลิตมาให้ แล้วพนักงานประจำที่เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำการต่อม้วนอุปกรณ์เข้ากับม้วนเดิม โดยในสภาพปัจจุบันต้องเสียเวลาในการหาม้วนอุปกรณ์ที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากไม่มีการคัดแยกประเภทการใช้งานไว้ ซึ่งรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ขั้นตอนและเวลาเฉลี่ยของการต่อม้วนอุปกรณ์ในปัจจุบัน

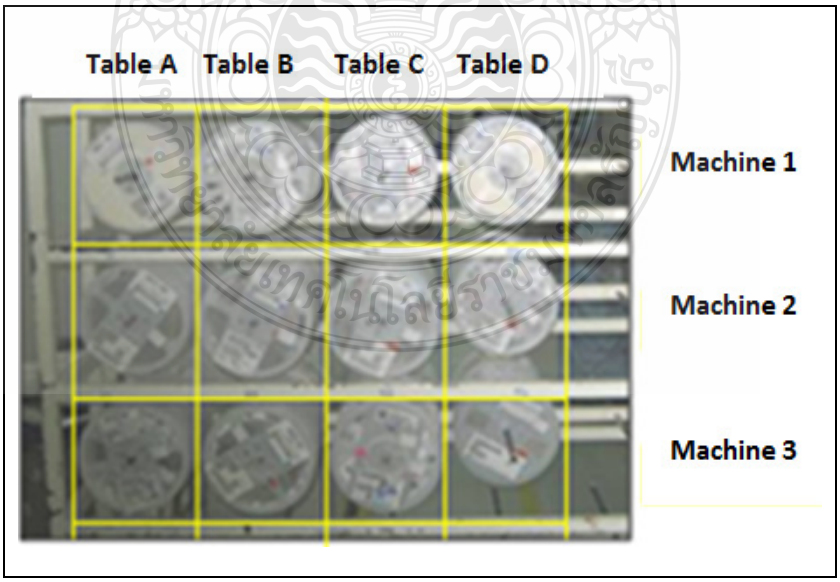
ขั้นตอนในการต่อม้วนอุปกรณ์	รอบเวลาเฉลี่ย (นาที)
1.หาอุปกรณ์ม้วนใหม่	1.1
2.ตรวจสอบหมายเลข โดยการสแกนบาร์โค้ด	0.5
3.ต่ออุปกรณ์ม้วนใหม่เข้ากับม้วนเดิม	1.0
เวลารวมเฉลี่ยของการต่อม้วนอุปกรณ์	2.6

ข. วิธีการจัดเตรียมม้วนอุปกรณ์แบบใหม่

ผู้วิจัยได้ทำการเสนอแนวทางการลดเวลาการหาม้วนอุปกรณ์มา 2 แบบคือ แบบแรกจะให้ทางแผนก CMC แยกอุปกรณ์ตามชนิด ส่วนในแบบที่สองจะให้แยกตามการใช้งานเป็นรายเครื่องจักรเพื่อให้ง่ายต่อการค้นหา ดังภาพที่ 4.35 และ 4.36 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.35 การจัดเตรียมม้วนอุปกรณ์แบบแยกตามชนิด



ภาพที่ 4.36 การจัดเตรียมม้วนอุปกรณ์แบบแยกตามเครื่องจักร

ค. การตั้งสมมติฐานการทดลอง

การวิเคราะห์ปัจจัยนี้จะใช้การทดสอบแบบวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) เพื่อทดสอบว่าเวลาเฉลี่ยการต่อม้วนอุปกรณ์ สำหรับการเตรียมม้วนอุปกรณ์แบบใหม่มีค่าน้อยลงกว่าการเตรียมม้วนอุปกรณ์แบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เนื่องจากการทดลองมี 3 กลุ่มประชากรคือ วิธีแบบปัจจุบัน วิธีใหม่แบบที่ 1 และวิธีใหม่แบบที่ 2 จึงตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ (4.7)

H_1 : มีอย่างน้อย 1 คู่ ของค่า μ ที่แตกต่างกัน

กำหนดให้

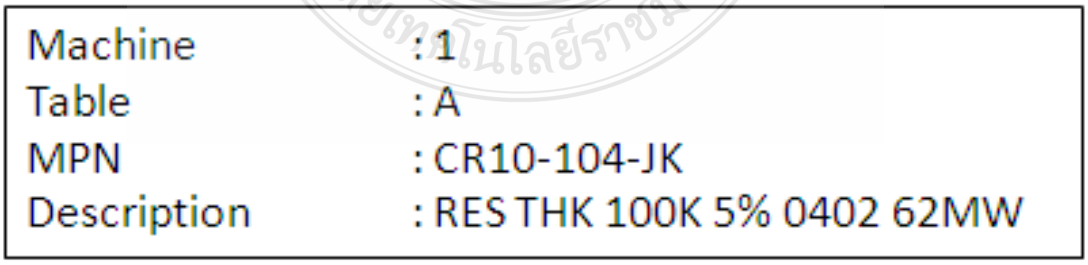
μ_1 = รอบเวลาเฉลี่ยของการต่อม้วนอุปกรณ์ด้วยการเตรียมแบบปัจจุบัน

μ_2 = รอบเวลาเฉลี่ยของการต่อม้วนอุปกรณ์ด้วยการเตรียมวิธีใหม่แบบที่ 1

μ_3 = รอบเวลาเฉลี่ยของการต่อม้วนอุปกรณ์ด้วยการเตรียมวิธีใหม่แบบที่ 2

ง. ขั้นตอนทำการทดลอง

ใช้พนักงานประจำทำการหาม้วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แล้วทำการต่อม้วนอุปกรณ์ตามขั้นตอนในตารางที่ 4.15 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการกำหนดหมายเลขและข้อมูลของอุปกรณ์ที่ต้องการหาไว้ในกระดาษดังตัวอย่างในภาพที่ 4.37 โดยทำการทดลองอย่างสุ่มมาอย่างละ 15 ตัวอย่าง ทั้งหมด 3 กลุ่ม คือการเตรียมอุปกรณ์แบบปัจจุบัน การเตรียมอุปกรณ์วิธีใหม่แบบที่ 1 และ 2 ซึ่งได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.16



ภาพที่ 4.37 หมายเลขและข้อมูลของอุปกรณ์ที่บันทึกไว้ในกระดาษ

ตารางที่ 4.16 รอบเวลาของการทดลองต่อม้วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 3 กลุ่ม

ตัวอย่าง	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
ปัจจุบัน	150.28	141.32	155.59	149.14	177.08	144.91	156.21	124.29
ใหม่ 1	125.51	136.44	113.43	106.34	110.70	127.00	101.98	102.26
ใหม่ 2	108.15	127.11	100.51	111.14	105.40	100.40	108.13	104.89
ตัวอย่าง	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	
ปัจจุบัน	149.97	140.39	160.73	150.8	166.11	147.27	181.19	
ใหม่ 1	121.99	111.36	116.48	124.24	129.37	104.61	133.77	
ใหม่ 2	117.52	115.46	106.07	128.36	109.91	100.44	113.56	

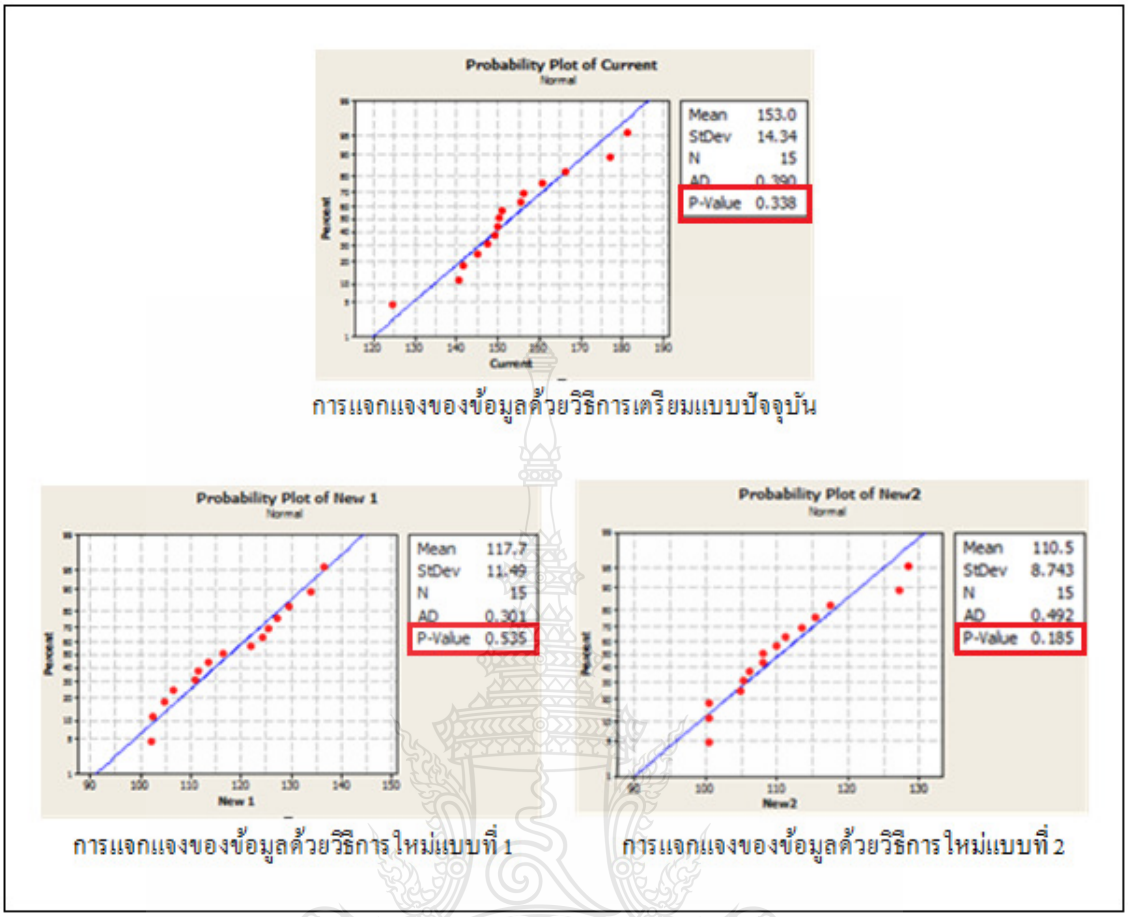
(หน่วย: วินาที)

จ. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทดสอบการแจกแจงข้อมูลว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ สามารถทดสอบได้โดยใช้ Normal Probability Plot ซึ่งจากการทดสอบพบว่าข้อมูลทั้ง 3 กลุ่ม ที่ได้มาจากการทดลองมีลักษณะเป็นการแจกแจงแบบปกติ ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อได้ ดังสรุปในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลทั้ง 3 กลุ่ม

กลุ่มข้อมูล	ค่าเฉลี่ย (วินาที)	ค่า P-Value	ลักษณะการแจกแจง
รอบเวลาการต่อม้วนแบบปัจจุบัน	153.0	$0.338 > \alpha = 0.05$	Normal
รอบเวลาการต่อม้วนแบบใหม่ 1	117.7	$0.535 > \alpha = 0.05$	Normal
รอบเวลาการต่อม้วนแบบใหม่ 2	110.5	$0.185 > \alpha = 0.05$	Normal



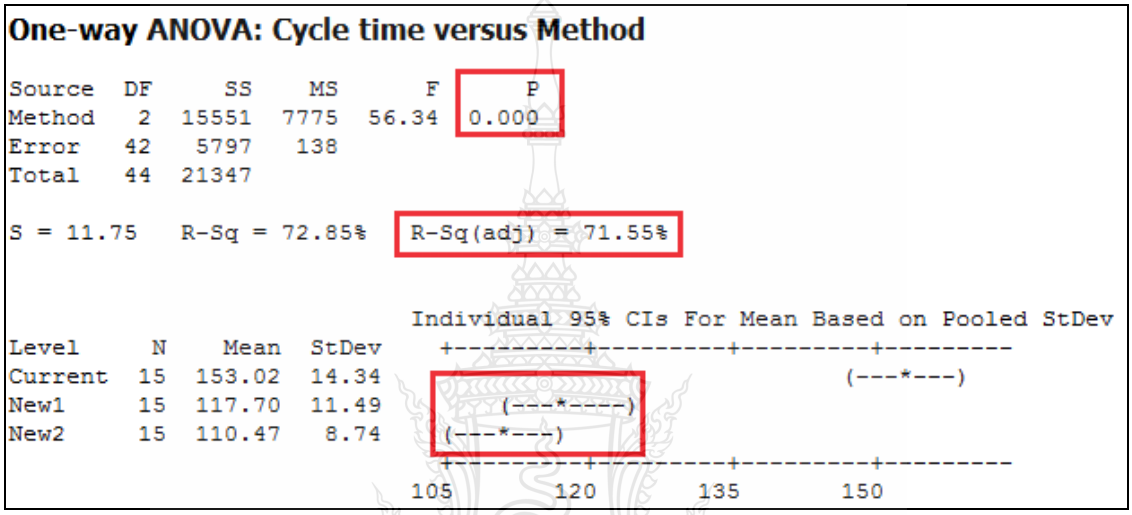
ภาพที่ 4.38 การแจกแจงข้อมูลของการต่อม้วนอุปกรณ์ทั้ง 3 แบบ

ทดสอบ Test for Equal Variance เป็นการตรวจสอบความแปรผันของข้อมูลแต่ละกลุ่มว่ามีการกระจายตัวเท่ากันหรือไม่ ซึ่งเราจะสามารถนำค่ากลางของข้อมูลทั้งสามกลุ่มมาเปรียบเทียบกันได้ ก็ต่อเมื่อความผันแปรของข้อมูลทั้งสามกลุ่มต้องมีการกระจายตัวที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลการทดสอบโดย F-Test มีค่าสถิติและค่า P-Value ดังแสดงในตารางที่ 4.18 สามารถตีความได้ว่าการกระจายตัวของข้อมูลทั้งสามกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับ $\alpha = 0.05$ จึงสามารถนำข้อมูลทั้ง 3 กลุ่มนี้ไปเปรียบเทียบในส่วนของค่ากลางข้อมูลต่อไปได้

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบความแปรผันของข้อมูลทั้ง 3 กลุ่ม

คู่ของกลุ่มข้อมูลที่ทำการทดสอบ	ค่าสถิติ F-Test	P-Value	ความผันแปรของคู่เปรียบเทียบ
แบบปัจจุบัน กับ แบบใหม่ 1	1.56	$0.418 > \alpha = 0.05$	ไม่แตกต่างกัน
แบบปัจจุบัน กับ แบบใหม่ 2	2.69	$0.075 > \alpha = 0.05$	ไม่แตกต่างกัน
แบบใหม่ 1 กับ แบบใหม่ 2	1.73	$0.318 > \alpha = 0.05$	ไม่แตกต่างกัน

ทดสอบสมมติฐานโดยใช้หลักสถิติ One Way ANOVA ได้ผลลัพธ์คือ P - Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แล้วยอมรับสมมติฐาน H_1 ซึ่งสามารถตีความได้ว่า มีวิธีการเตรียมอุปกรณ์บางแบบมีผลต่อค่ารอบเวลางาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และแสดงค่า R-Square (adjust) = 71.55 % ซึ่งหมายความว่าวิธีการจัดเตรียมอุปกรณ์มีผลต่อรอบเวลางาน 71.55 % ดังแสดงผลในภาพที่ 4.39



One-way ANOVA: Cycle time versus Method

Source	DF	SS	MS	F	P
Method	2	15551	7775	56.34	0.000
Error	42	5797	138		
Total	44	21347			

S = 11.75 R-Sq = 72.85% R-Sq(adj) = 71.55%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
Current	15	153.02	14.34
New1	15	117.70	11.49
New2	15	110.47	8.74

105 120 135 150

ภาพที่ 4.39 ผลการทดสอบสมมติฐานแบบวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA)

ฉ. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้น สามารถบอกได้ว่าวิธีการเตรียมอุปกรณ์ส่งผลต่อรอบเวลางานของการต่อม้วนอุปกรณ์ทั้งหมด 71.55% เพราะว่าการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่ดี จะส่งผลให้พนักงานใช้เวลาในการหาม้วนอุปกรณ์ไม่นาน ซึ่งจะส่งผลต่อเวลารวมในการต่อม้วนอุปกรณ์โดยตรง ส่วนที่เหลืออีก 29.45% อาจมาจากปัจจัยอื่นๆเช่นความชำนาญของพนักงานในการต่อม้วนอุปกรณ์

จากนั้นพิจารณาถึงวิธีการจัดเตรียมอุปกรณ์ ซึ่งจากการทดสอบข้างต้นพบว่าวิธีการแบบใหม่ที่ 1 และแบบใหม่ที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของรอบเวลางานและมีรอบเวลางานน้อยกว่าการจัดเตรียมอุปกรณ์ในแบบปัจจุบัน ดังนั้นจึงสามารถเลือกวิธีการใหม่แบบที่ 1 หรือที่ 2 มาเป็นวิธีปฏิบัติในขั้นตอนการต่อม้วนอุปกรณ์ได้

4.4.4 การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

หลังจากทดสอบสมมติฐานของสาเหตุโปรแกรมการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวิธีการจัดเตรียมม้วนอุปกรณ์ จนทราบแล้วว่าทั้งคู่เป็น Significant KPIVs ไปแล้วนั้น ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำเอา Significant KPIVs ไปเริ่มใช้จริงในกระบวนการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งผู้วิจัยจะทำการปรับใช้โปรแกรมการวางอุปกรณ์แบบใหม่ก่อน เนื่องจากเห็นว่าการปรับที่ตัวโปรแกรมการวางอุปกรณ์จะเป็นการลดรอบเวลางานซึ่งส่งผลให้จำนวนงานเพิ่มขึ้นโดยตรง แต่การปรับวิธีการเตรียมม้วนอุปกรณ์ใหม่เป็นการลดโอกาสที่เครื่องจักรหยุด (Down time) เนื่องจากต่ออุปกรณ์ไม่ทัน ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการมีขั้นตอนดังนี้

1. จัดสมดุลย์จำนวนการวางอุปกรณ์และย้ายตำแหน่งอุปกรณ์

แบ่งจำนวนตำแหน่งการวางอุปกรณ์ให้มีความสมดุลย์กันทั้ง 3 เครื่องจักร เพื่อลดเวลารอคอยระหว่างเครื่องจักรและให้มีรอบเวลางานต่ำลง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบจำนวนตำแหน่งของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบจำนวนตำแหน่งการวางอุปกรณ์แบบปัจจุบันและแบบใหม่

เครื่องจักรที่	1/YG200		2/YG200		3/YG200	
ช่วงการทำงาน (Stage)	1	2	1	2	1	2
หัวจับหลัง (ปัจจุบัน / ใหม่)	54/60	60/60	64/60	60/60	60/52	38/44
หัวจับหน้า (ปัจจุบัน / ใหม่)	54/60	60/60	60/60	60/60	64/52	38/44

2. สลับตำแหน่งของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

โดยพิจารณาจากตารางที่ 4.19 ร่วมกับชนิดของอุปกรณ์ที่ได้ทำการวางด้วยโปรแกรมปัจจุบัน ว่าควรย้ายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตัวใดเพื่อให้ง่ายที่สุด แล้วจึงย้ายม้วนอุปกรณ์ไปตามตำแหน่งที่ได้เปลี่ยนแปลงในตัวโปรแกรมซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) เครื่องจักรที่ 2 (Stage 1 / Rear Nozzle)

ย้ายอุปกรณ์ออก 1 ตำแหน่งของ BOM เท่ากับ 4 ตัว คือดังนี้

ก. อุปกรณ์ C12 (CAP HF CER 0.1UF 10% 16V X5R 0402) ย้ายไปวางด้วยเครื่องจักรที่ 1 ใน Stage 1 / Front Nozzle ทั้งหมด 2 ตัว และวางใน Stage 1 / Rear Nozzle อีก 2 ตัว

2) เครื่องจักรที่ 3 (Stage 1 / Front Nozzle)

ย้ายอุปกรณ์ออก 3 ตำแหน่งของ BOM เท่ากับ 12 ตัว คือดังนี้

ก. อุปกรณ์ C72 (CAP CER 0.047UF 10% 16V X7R 0402) ย้ายไปวางด้วยเครื่องจักรที่ 1 ใน Stage 1 / Front Nozzle ทั้งหมด 4 ตัว

ข. อุปกรณ์ C73 (CAP CER 0.047UF 10% 16V X7R 0402) ย้ายไปวางด้วยเครื่องจักรที่ 1 ใน Stage 1 / Rear Nozzle ทั้งหมด 4 ตัว

ค. อุปกรณ์ C67 (CAP CER 0.47UF 10% 10V X5R 0402) ย้ายไปวางด้วยเครื่องจักรที่ 3ใน Stage 1 / Rear Nozzle ทั้งหมด 4 ตัว

3) เครื่องจักรที่ 3 (Stage 1 / Rear Nozzle)

ย้ายอุปกรณ์ออก 3 ตำแหน่งของ BOM เท่ากับ 12 ตัว คือดังนี้

ก. อุปกรณ์ C57 (CAP CER 10UF 20% 10V X5R 160809) ย้ายไปวางด้วยเครื่องจักรที่ 3 ใน Stage 2 / Front Nozzle ทั้งหมด 4 ตัว

ข. อุปกรณ์ C89 (CAP CER 10UF 20% 10V X5R 160809) ย้ายไปวางด้วยเครื่องจักรที่ 3 ใน Stage 2 / Rear Nozzle ทั้งหมด 4 ตัว

ค. อุปกรณ์ C78 (CAP CER 22UF 10% 6.3V X5R 0805) ย้ายไปวางด้วยเครื่องจักรที่ 3 ใน Stage 2 / Front Nozzle ทั้งหมด 2 ตัว และวางที่ Stage 2 / Rear Nozzle อีก 2 ตัว

3. ทดสอบโปรแกรมใหม่

หลังจากทำโปรแกรมการวางอุปกรณ์ใหม่แล้ว ขั้นนี้จะเป็นการทดสอบการผลิตงานจริงโดยมีระยะเวลาทั้งหมด 6 วัน ระหว่าง 6 – 11 กุมภาพันธ์ 2555 ซึ่งจะทำการทดลองในสายผลิตที่ 1 เพียงสายการผลิตเดียวก่อน เพื่อทำการเปรียบเทียบยอดงานระหว่างโปรแกรมปัจจุบันและโปรแกรมใหม่ โดยในวันที่ 6 -8 กุมภาพันธ์ จะทำการเก็บยอดการผลิตและเปอร์เซ็นต์ของสิ่งบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการใช้โปรแกรมปัจจุบัน จากนั้นเก็บข้อมูลการผลิตจากการใช้โปรแกรมใหม่ในวันที่ 9 – 11 กุมภาพันธ์ 2555 ดังแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบปริมาณการผลิตระหว่างโปรแกรมปัจจุบันกับแบบใหม่

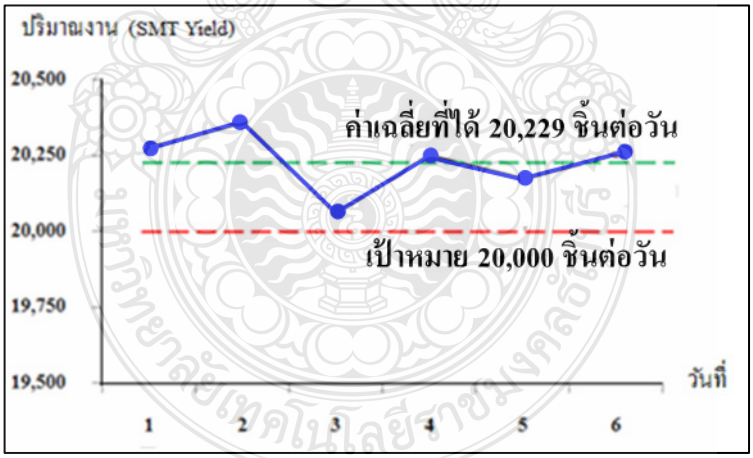
โปรแกรม	วันที่เก็บข้อมูล	ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล	ปริมาณการผลิต	% ของเสีย	ผลผลิตของ SMT
ปัจจุบัน	6 กุมภาพันธ์ 55	เช้า	3,000	4.50%	2,865
		กลางคืน	3,040	4.61%	2,900
	7 กุมภาพันธ์ 55	เช้า	3,020	5.23%	2,862
		กลางคืน	2,980	4.70%	2,840
	8 กุมภาพันธ์ 55	เช้า	3,000	3.80%	2,886
		กลางคืน	3,000	5.10%	2,847
ใหม่	9 กุมภาพันธ์ 55	เช้า	3,520	4.26%	3,370
		กลางคืน	3,500	3.80%	3,367
	10 กุมภาพันธ์ 55	เช้า	3,540	4.38%	3,385
		กลางคืน	3,480	5.46%	3,290
	11 กุมภาพันธ์ 55	เช้า	3,560	5.20%	3,375
		กลางคืน	3,500	4.71%	3,335

ข้อมูลในตารางที่ 4.20 ทำให้ทราบว่าค่าเฉลี่ยผลผลิตของกระบวนการประกอบ (SMT Yield) เมื่อใช้โปรแกรมใหม่มีค่าเท่ากับ 6,707 ชิ้นต่อวัน โดยเพิ่มขึ้นจากการใช้โปรแกรมปัจจุบันคิดเป็น 17% ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ 15% จากนั้นทำการพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของสิ่งบกพร่องถึงแม้ว่าการปรับปรุงกระบวนการนี้จะไม่ได้ไปยุ่งเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานก็ตาม ซึ่งจากการคำนวณพบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์สิ่งบกพร่องระหว่างโปรแกรมใหม่มีค่าไม่ต่างจากโปรแกรมปัจจุบันคือ 4.635% และ 4.656% ตามลำดับ แสดงว่าตลอดระยะเวลาทำการทดลองไม่มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นในสายผลิต หรือปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานได้ถูกควบคุมเป็นอย่างดี เช่น วัตถุดิบที่ใช้ผลิตมาจากล็อต (Lot) เดียวกัน เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ

จากนั้นใช้โปรแกรมการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใหม่กับทั้ง 3 สายผลิต โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 6 วันต่อเนื่อง ระหว่างวันที่ 13 – 18 กุมภาพันธ์ 2555 ดังแสดงในตารางที่ 4.21 ซึ่งพบว่าปริมาณงานของกระบวนการประกอบ (SMT Yield) ในแต่ละวันได้มากกว่า 20,000 ชิ้นตามเป้าหมายดังภาพที่ 4.40 ดังนั้นจึงสรุปว่าโปรแกรมการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่จะสามารถเพิ่มปริมาณงานผลิตได้จริง

ตารางที่ 4.21 ปริมาณงานทั้ง 3 สายผลิตด้วยโปรแกรมใหม่

วันที่เก็บข้อมูล	เวลา	สายการผลิต 1		สายการผลิต 2		สายการผลิต 3	
		ผลิต	ของเสีย	ผลิต	ของเสีย	ผลิต	ของเสีย
13 กุมภาพันธ์ 55	เช้า	3,540	3.31%	3,540	3.28%	3,520	3.30%
	กลางคืน	3,500	4.20%	3,580	4.19%	3,540	4.18%
14 กุมภาพันธ์ 55	เช้า	3,520	4.60%	3,560	4.10%	3,540	4.10%
	กลางคืน	3,540	4.12%	3,540	4.32%	3,580	4.69%
15 กุมภาพันธ์ 55	เช้า	3,560	4.72%	3,500	5.09%	3,500	6.11%
	กลางคืน	3,500	5.60%	3,580	5.20%	3,520	4.49%
16 กุมภาพันธ์ 55	เช้า	3,520	3.30%	3,540	4.69%	3,560	5.90%
	กลางคืน	3,540	4.12%	3,600	3.89%	3,500	6.57%
17 กุมภาพันธ์ 55	เช้า	3,540	3.93%	3,560	4.49%	3,540	7.18%
	กลางคืน	3,480	5.11%	3,600	4.39%	3,540	5.65%
18 กุมภาพันธ์ 55	เช้า	3,500	4.80%	3,580	4.19%	3,580	4.80%
	กลางคืน	3,520	4.49%	3,540	4.69%	3,520	4.89%



ภาพที่ 4.40 ปริมาณงานของกระบวนการประกอบ (SMT Yield) ของวันที่ 13 - 18 กุมภาพันธ์ 2555

4.4.5 การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

ขั้นตอนสุดท้ายของการปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มยอดการผลิตให้ได้แบบยั่งยืนนั้นคือการควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อยอดการผลิตซึ่งได้ทดลองในขั้นตอนที่ผ่านมาแล้ว โดยได้จัดทำและแก้ไขเอกสารเพื่อใช้ควบคุมกระบวนการมีดังนี้

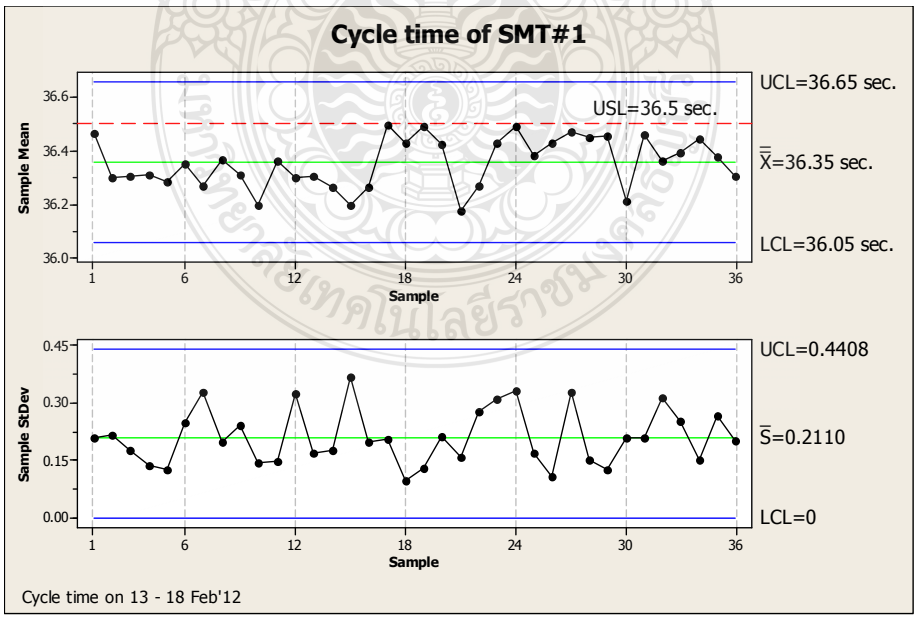
1. ควบคุมการใช้โปรแกรมการวางอุปกรณ์แบบใหม่

1) เปลี่ยนชื่อโปรแกรมเป็น “Helios 3.0 New” เพื่อไม่ให้พนักงานแผนกซ่อมบำรุงซึ่งเป็นผู้ทำการเปิดใช้งานเกิดความสับสน

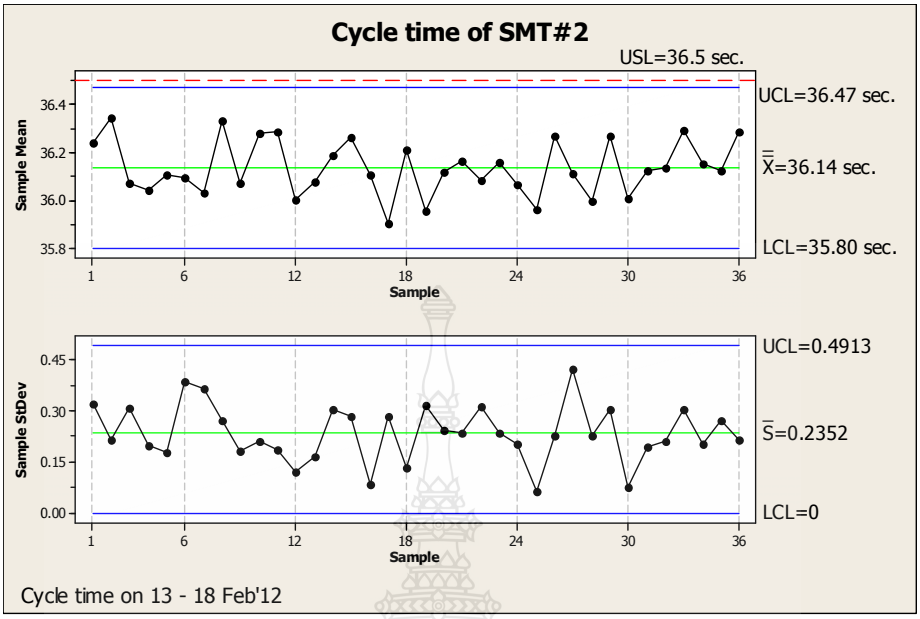
2) เปลี่ยนใบ Component Loading Sheet คือใบที่บอกตำแหน่งในการใส่ม้วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่อง เพื่อให้พนักงานฝ่ายผลิตทำงานได้ถูกต้อง

3) เปลี่ยนเอกสาร QC Audit ซึ่งเป็นเอกสารที่ทางฝ่ายควบคุมคุณภาพใช้ตรวจสอบถึงการเปิดใช้งานโปรแกรมและการใส่อุปกรณ์ในแต่ละตำแหน่งว่ามีความถูกต้องหรือไม่

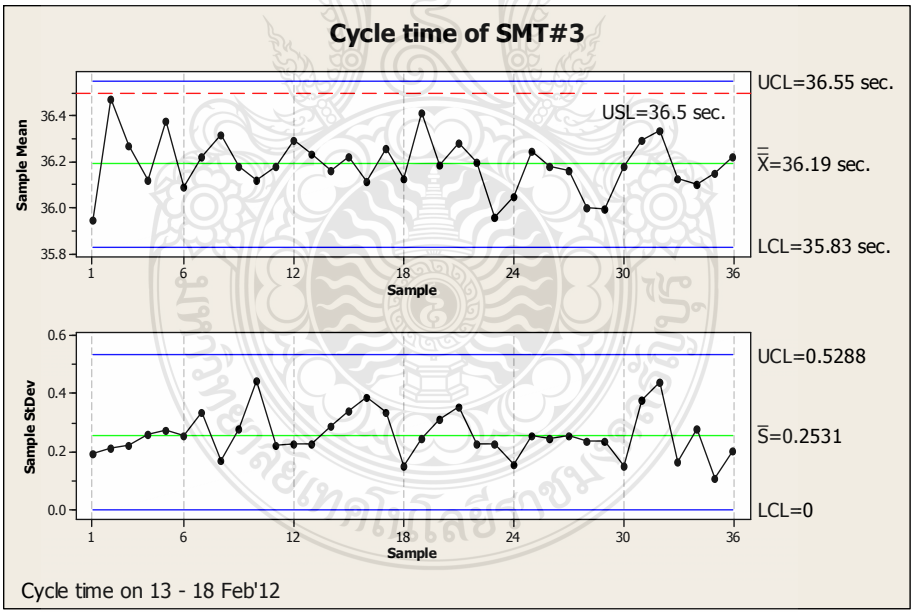
4) สร้างแผนภูมิควบคุมรอบเวลางานของสายผลิตด้วยแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (X Bar – S Chart) โดยวัดรอบเวลางานที่เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตัวสุดท้ายทุกๆ 4 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4.41 – 4.43 ซึ่งพบว่ารอบเวลางานของทั้ง 3 สายผลิตอยู่ภายในช่วงการควบคุมของค่าเฉลี่ย (Control limit) แสดงว่ากระบวนการอยู่ในสภาวะที่เสถียรสามารถนำผลไปวิเคราะห์และอ้างอิงได้ อีกทั้งค่าเฉลี่ยของเวลางานในแต่ละสายผลิตยังไม่เกินค่าที่กำหนดคือ 36.5 วินาที ซึ่งจะทำให้ได้ปริมาณงานผลิต (SMT Yield) รวมทั้งหมดเป็น 20,000 ชิ้นต่อวันตามเป้าหมาย



ภาพที่ 4.41 การเฝ้าระวังรอบเวลางานของสายผลิตที่ 1



ภาพที่ 4.42 การเฝ้าระวังรอบเวลางานของสายผลิตที่ 2



ภาพที่ 4.43 การเฝ้าระวังรอบเวลางานของสายผลิตที่ 3

2. จัดเตรียมม้วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่

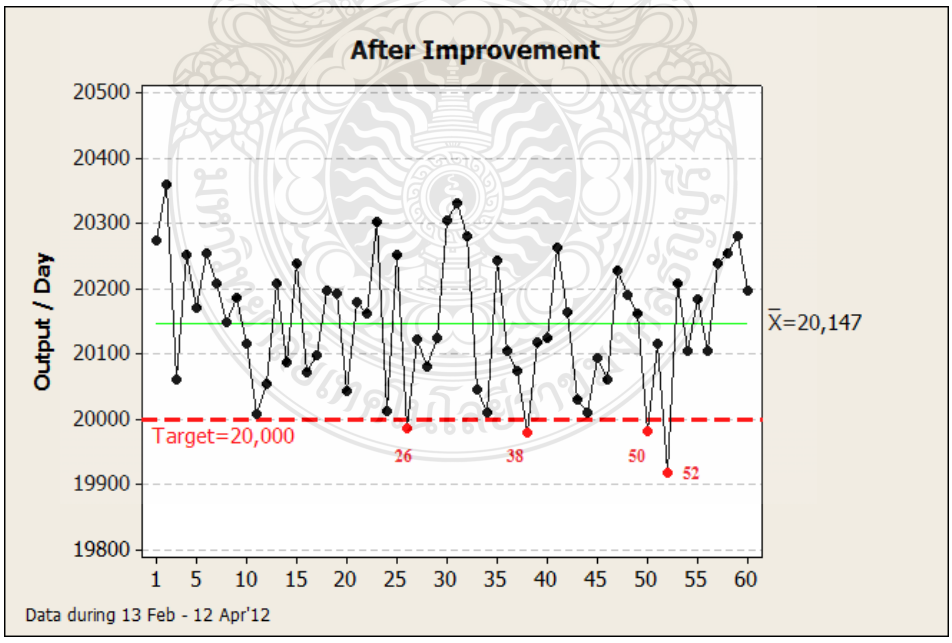
1) ใช้รถแขวนอุปกรณ์ 1 คันต่อสายการผลิต เพื่อป้องกันการหยิบอุปกรณ์สลับกัน

2) จัดทำขั้นตอนการทำงานในการจัดเตรียมม้วนอุปกรณ์ให้กับพนักงานในส่วนงานแผนก CMC โดยเตรียมอุปกรณ์แบบแยกตามชนิดเช่น คาปาซิเตอร์ก็ให้แขวนไว้ในช่องเดียวกัน

3) พนักงานที่ทำการต่อม้วนอุปกรณ์ต้องผ่านการอบรมและทดสอบในการหาอุปกรณ์และต่อม้วนอุปกรณ์เพื่อหลีกเลี่ยงการต่อม้วนอุปกรณ์ผิด เพราะอุปกรณ์บางชนิดจะมีขนาดที่เท่ากันแต่ต่างกันตรงค่าทางไฟฟ้าเช่น คาปาซิสเตอร์ รีซิสเตอร์ เป็นต้น

3. เก็บข้อมูลหลังควบคุมกระบวนการ

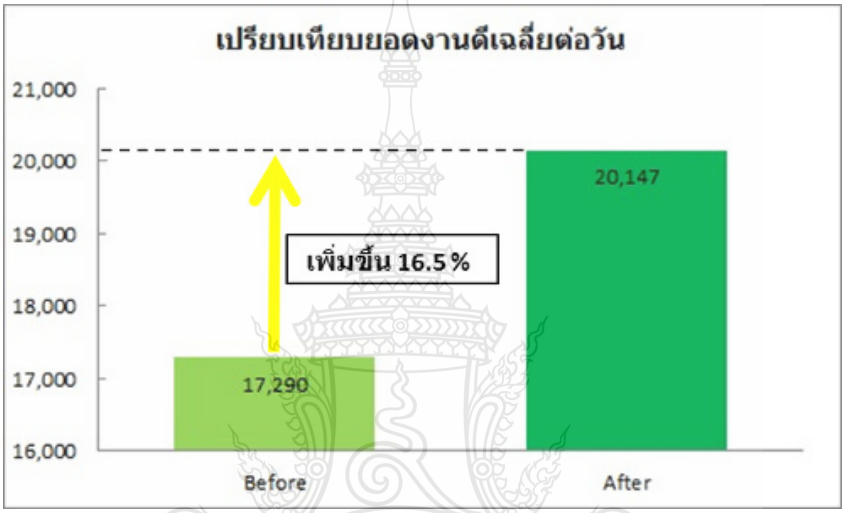
การวิจัยในส่วนที่ 1 มีวัตถุประสงค์ต้องการเพิ่มปริมาณการผลิตต่อวันในสินค้ารุ่น Helios 3.0 ซึ่งขั้นตอนนี้คือการเฝ้าสังเกตุผลหลังปรับปรุงกระบวนการผลิตเป็นเวลาทั้งหมด 2 เดือน โดยพบว่ามีเพียง 4 ข้อมูลหรือ 4วันที่ได้ปริมาณงานผลิตในกระบวนการประกอบ (SMT Yield) ต่ำกว่า 20,000 ชิ้น แต่ก็ไม่ส่งผลกระทบต่อการจัดส่งให้ลูกค้าเพราะว่าสามารถนำชิ้นงานดีที่เหลือจากวันก่อนหน้ามาเติมให้ครบจำนวน 20,000 ชิ้นต่อล็อตได้ แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงกระบวนการนี้สามารถช่วยให้บริษัทส่งสินค้าได้ครบตามจำนวนในแต่ละวัน โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณงานผลิตในกระบวนการประกอบ (SMT Yield) เท่ากับ 20,147 ชิ้นต่อวัน ดังแสดงในภาพที่ 4.44



ภาพที่ 4.44 ปริมาณงาน SMT Yield ต่อวันหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต

4.4.6 สรุปผลการดำเนินงาน

การปรับปรุงกระบวนการในส่วนที่ 1 นี้สามารถเพิ่มปริมาณงานผลิตได้จริง โดยเมื่อนำข้อมูลก่อนปรับปรุงกระบวนการช่วงวันที่ 3 ม.ค - 12 ก.พ 55 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 17,290 ชิ้นต่อวัน เปรียบเทียบกับข้อมูลหลังปรับปรุงกระบวนการช่วงวันที่ 13 ก.พ ถึง 12 เม.ย 55 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 20,147 ชิ้นต่อวัน (ข้อมูลแสดงในภาคผนวก ข) พบว่าได้ปริมาณงานเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 16.5% ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ 15%



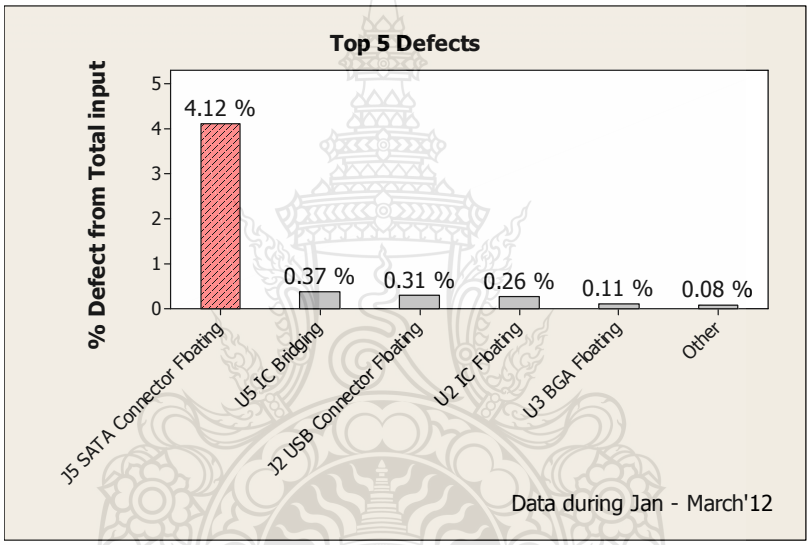
ภาพที่ 4.45 การเปรียบเทียบปริมาณงานก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ

4.5 การลดสิ่งบกพร่องในปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating)

4.5.1 ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define Phase)

1. สภาพของปัญหา (Problem Statement)

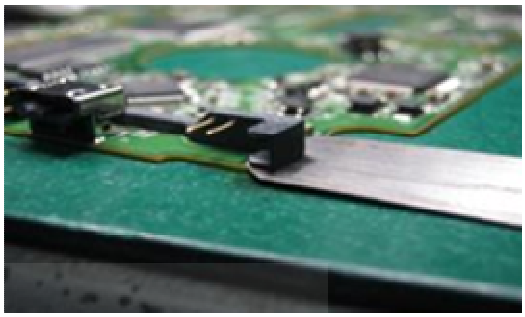
ปัจจัยที่มีความสำคัญสำหรับการจัดส่งสินค้าแบบวันต่อวันคือ ปัญหาของสิ่งบกพร่อง เพราะถ้าผลผลิตของกระบวนการประกอบ (SMT Yield) มีค่าต่ำก็อาจส่งงานไม่ทันหรือไม่ครบตามจำนวนเนื่องจากมีงานรอซ่อมเป็นจำนวนมาก ซึ่งปัญหาที่พบมากที่สุดในการผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 คือ ปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating) โดยข้อมูลตั้งแต่มกราคม - มีนาคม 2555 พบสิ่งบกพร่องทั้งหมด 4.12 % จากงาน 1,800,000 ชิ้น ดังในภาพที่ 4.46



ภาพที่ 4.46 เปอร์เซ็นต์สิ่งบกพร่องที่เกิดขึ้นสูงสุด 5 อันดับแรก

การตรวจสอบทำโดยพนักงานในขั้นตอนการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า หากพบชิ้นงานที่คอนเนคเตอร์ลอยพนักงานจะวางชิ้นงานนั้นบนโต๊ะงานที่เรียบแล้วใช้เกจวัดความหนา (Feeler Gauge) ขนาด 0.15 มม. สอดเข้าช่องว่างระหว่างอุปกรณ์คอนเนคเตอร์กับแผ่นชิ้นงานในแนวราบขนานดังรูปที่ 4.47 ซึ่งงานที่ผ่านข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) คือต้องไม่สามารถสอดผ่านเกจวัดความหนาเข้าไปได้ แต่หากสอดผ่านเข้าไปได้แสดงว่าชิ้นงานนั้นไม่ผ่านข้อกำหนดเฉพาะหรือเป็นงานเสีย โดยมีช่องว่าง (Gap) ระหว่างอุปกรณ์คอนเนคเตอร์กับแผ่นชิ้นงานมากกว่า 0.15 มม.(ข้อกำหนดเฉพาะ $\leq$ 0.15 มม.) ซึ่งต้องนำชิ้นงานนั้นไปซ่อมแซมก่อนส่งไปยังกระบวนการทดสอบต่อไป

ลักษณะการลอยของคอนเนคเตอร์

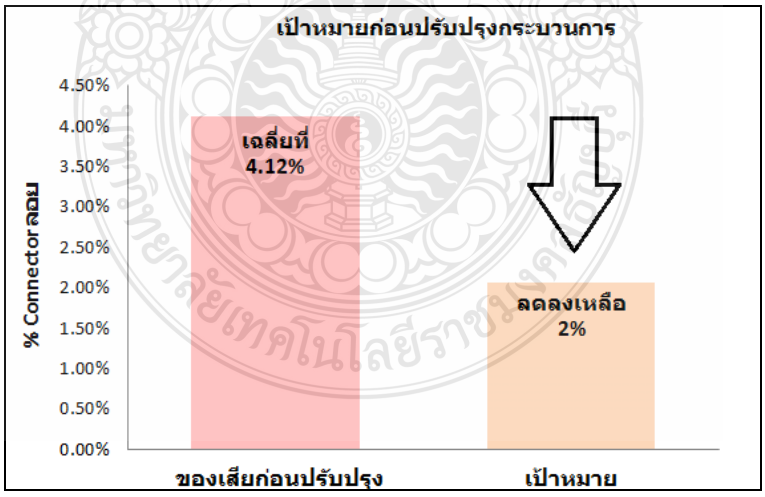


ลักษณะการตรวจสอบด้วยเกจวัดความหนา

รูปที่ 4.47 การตรวจสอบปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยด้วยเกจวัดความหนา (Feeler Gauge)

2. เป้าหมายโครงการ (Project Target)

เป็นการกำหนดขอบเขตและตั้งเป้าหมาย โดยทีมงานจะแก้ไขปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยที่เกิดจากการโก่งตัวของตัวอุปกรณ์หลังผ่านขั้นตอนการหลอมดีบุก (Reflow Soldering) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเท่านั้น ถ้าเป็นปัญหาจากตัวอุปกรณ์ที่ผิดข้อกำหนดมาจากบริษัทผู้ผลิต (Supplier) ทางทีมงานจะนำส่งข้อมูลให้กับหน่วยงานที่รับผิดชอบต่อไป โดยเป้าหมายที่ตั้งไว้คือลดจำนวนเปอร์เซ็นต์สิ่งบกพร่องลงจาก 4.12% ให้เหลือต่ำกว่า 2%



ภาพที่ 4.48 เป้าหมายในการลดปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating)

4.5.2 การวัดกระบวนการ (Measure Phase)

1. การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage R&R)

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของพนักงานในการตรวจสอบชิ้นงานซึ่งมีผลลัพธ์อยู่ 2 ทาง คืองานดีหรืองานเสีย เพราะก่อนที่จะนำข้อมูลปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยไปใช้ ต้องทราบก่อนว่าการวัดผลของพนักงานมีความถูกต้องและความแม่นยำมากน้อยเพียงใด อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ ต้องมีการปรับปรุงระบบการวัดผลใหม่หรือไม่ ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1) นำชิ้นงานมาตรฐานมาทดสอบทั้งหมด 40 ชิ้น โดยเป็นชิ้นงานดี 15 ชิ้น (ไม่ลอย หรือลอยไม่เกิน 0.05 มม.) เป็นชิ้นงานเกือบเสีย 5 ชิ้น (ลอยระหว่าง 0.10 ถึง 0.15 มม.) เป็นชิ้นงานเกือบดี 5 ชิ้น (ลอยระหว่าง 0.16 ถึง 0.20 มม.) และเป็นชิ้นงานเสีย 15 ชิ้น (ลอยเกิน 0.20 มม.)

2) ทดสอบพนักงานตรวจสอบทั้งหมด 6 คน ซึ่งผ่านการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดี

3) ทำการตรวจสอบ 2 ครั้งต่อหนึ่งชิ้นงาน โดยทำการทดลองแบบสุ่ม แล้วบันทึกผลการตรวจสอบดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ผลการตรวจสอบชิ้นงานมาตรฐานของพนักงาน

Part		App # 1		App # 2		App # 3		App # 4		App # 5		App # 6	
No.	Master	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	OK	OK
2	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
3	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	OK	OK	OK	OK
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
6	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
7	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
8	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
9	OK	NG	NG	OK	OK	NG	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK
10	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
11	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
13	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

ตารางที่ 4.22 ผลการตรวจสอบชิ้นงานมาตรฐานของพนักงาน (ต่อ)

Part		OP # 1		OP # 2		OP # 3		OP # 4		OP # 5		OP # 6	
No.	Master	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
16	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
17	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
18	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
19	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
20	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
21	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
23	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
24	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
25	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
26	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
27	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
28	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
29	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
30	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
31	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
32	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
33	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
34	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
35	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
37	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
38	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
39	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
40	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.22 สามารถวิเคราะห์ระบบการวัดผลของพนักงานในการตรวจสอบปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยซึ่งแสดงในตารางที่ 4.23 โดยคำนวณจากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\text{ความมั่นใจของพนักงาน (Consistency)} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตอบผลตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทดสอบทั้งหมด}} \quad (4.8)$$

$$\text{ประสิทธิผลของพนักงานวัด } (O_E) = \frac{\text{จำนวนที่ตรวจได้อย่างถูกต้อง}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะตรวจถูกต้อง}} \quad (4.9)$$

$$\text{อัตราปฏิเสธผิดพลาด } (I_{FA}) = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่ปฏิเสธผิดพลาด}} \quad (4.10)$$

$$\text{อัตรายอมรับผิดพลาด } (I_{miss}) = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ยอมรับผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะยอมรับผิดพลาด}} \quad (4.11)$$

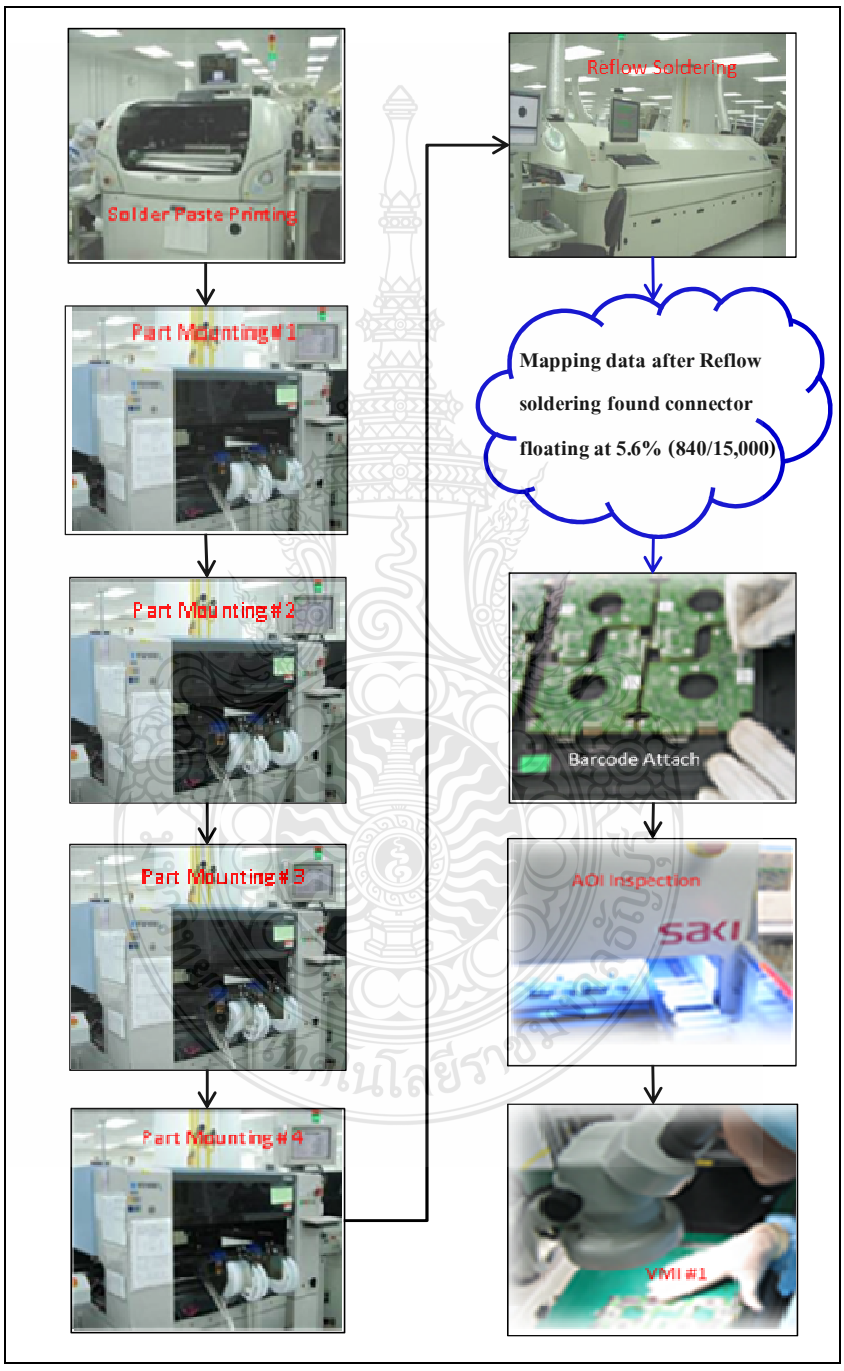
ตารางที่ 4.23 ผลวิเคราะห์ระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบ

Appraisal	Consistency	O_E	I_{FA} (Over Reject)	I_{miss} (Over Accept)
1	100%	97.5%	5.0%	0.0%
2	100%	100%	0.0%	0.0%
3	100%	97.5%	5.0%	0.0%
4	100%	97.5%	5.0%	0.0%
5	100%	97.5%	5.0%	0.0%
6	100%	100%	0.0%	0.0%

จากตาราง 4.23 จะเห็นว่าพนักงานทุกคนมีค่าความมั่นใจที่ 100 % แสดงว่าพนักงานมีความมั่นใจในการตรวจสอบชิ้นงานซ้ำได้ดีมาก มีประสิทธิผลการตรวจสอบของกลุ่มเฉลี่ยมากกว่า 95% ซึ่งมากกว่าเกณฑ์การยอมรับที่ 90% มีค่าปฏิเสธผิดพลาดไม่เกิน 5% ซึ่งเท่ากับเกณฑ์การยอมรับ และค่ายอมรับผิดพลาดที่ 0% ซึ่งหมายความว่าพนักงานกลุ่มนี้จะไม่ปล่อยงานเสียออกไปสู่ลูกค้า สรุปคือระบบการวัดผลของพนักงานกลุ่มนี้อยู่ในเกณฑ์ดีมาก ไม่ต้องส่งพนักงานคนใดกลับไปอบรมใหม่แล้วสามารถนำข้อมูลที่ผ่านระบบการวัดผลนี้ไปใช้ศึกษาและวิเคราะห์ต่อไปได้

2. แผนผังกระบวนการ (Process Mapping)

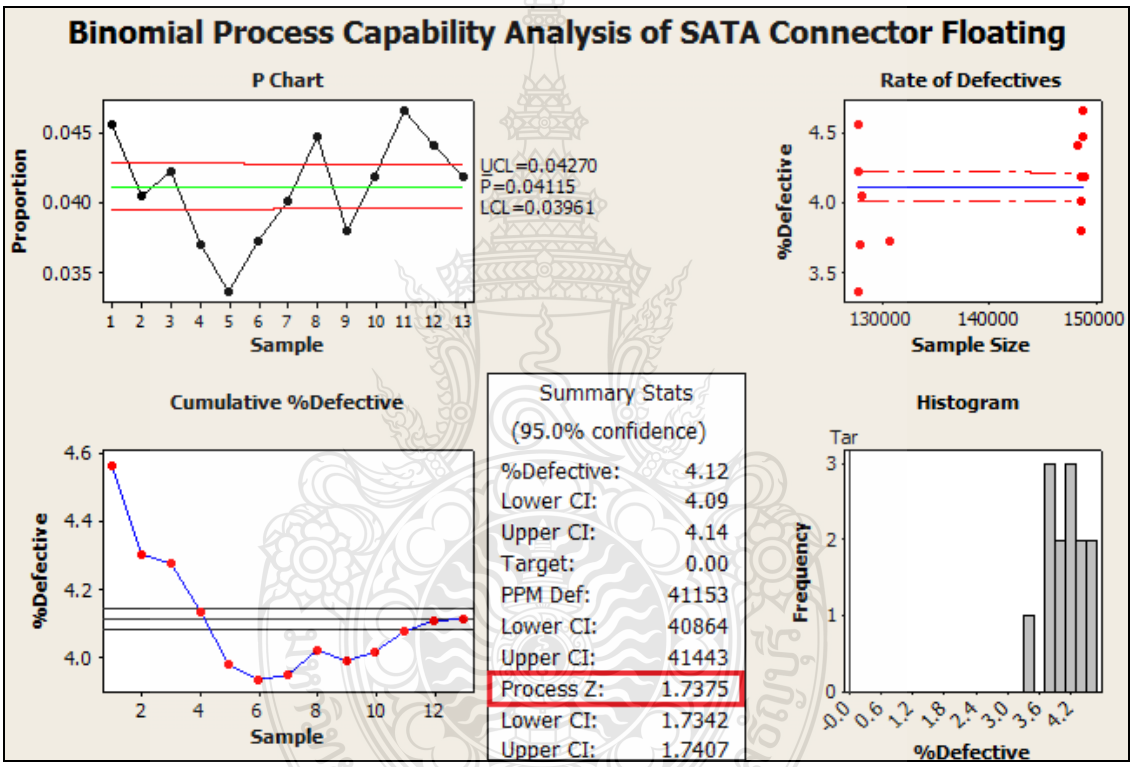
ศึกษาขั้นตอนต่างๆภายในกระบวนการประกอบ ว่าปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยเกิดขึ้นจากขั้นตอนใด ซึ่งหลังจากทำการศึกษาได้พบชิ้นงานบกพร่องจำนวน 840 ชิ้น จากการตรวจสอบทั้งหมด 15,000 ชิ้น หรือคิดเป็น 5.6% ที่ขั้นตอนการหลอมดีบุก (Reflow Soldering)



ภาพที่ 4.49 แผนผังกระบวนการ (Process Mapping) ของปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย

3. ความสามารถกระบวนการ (Process Capability)

ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการผลิตว่าอยู่ในช่วงการยอมรับของลูกค้าหรือไม่ สำหรับปัญหาอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอยต้องใช้หลักการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทวินาม (Binomial) เพราะข้อมูลสิ่งบกพร่องที่ใช้วิเคราะห์เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Distribution) โดยใช้ข้อมูลก่อนปรับปรุงกระบวนการตั้งแต่ มกราคม - มีนาคม 2555 รวมทั้งหมด 13 สัปดาห์ ซึ่งได้ค่าคะแนนมาตรฐาน (Process Z Score) เท่ากับ 1.7375 หรือคำนวณเป็นค่า C_{pk} = 0.58 (1.7375/3) ดังแสดงในภาพที่ 4.50

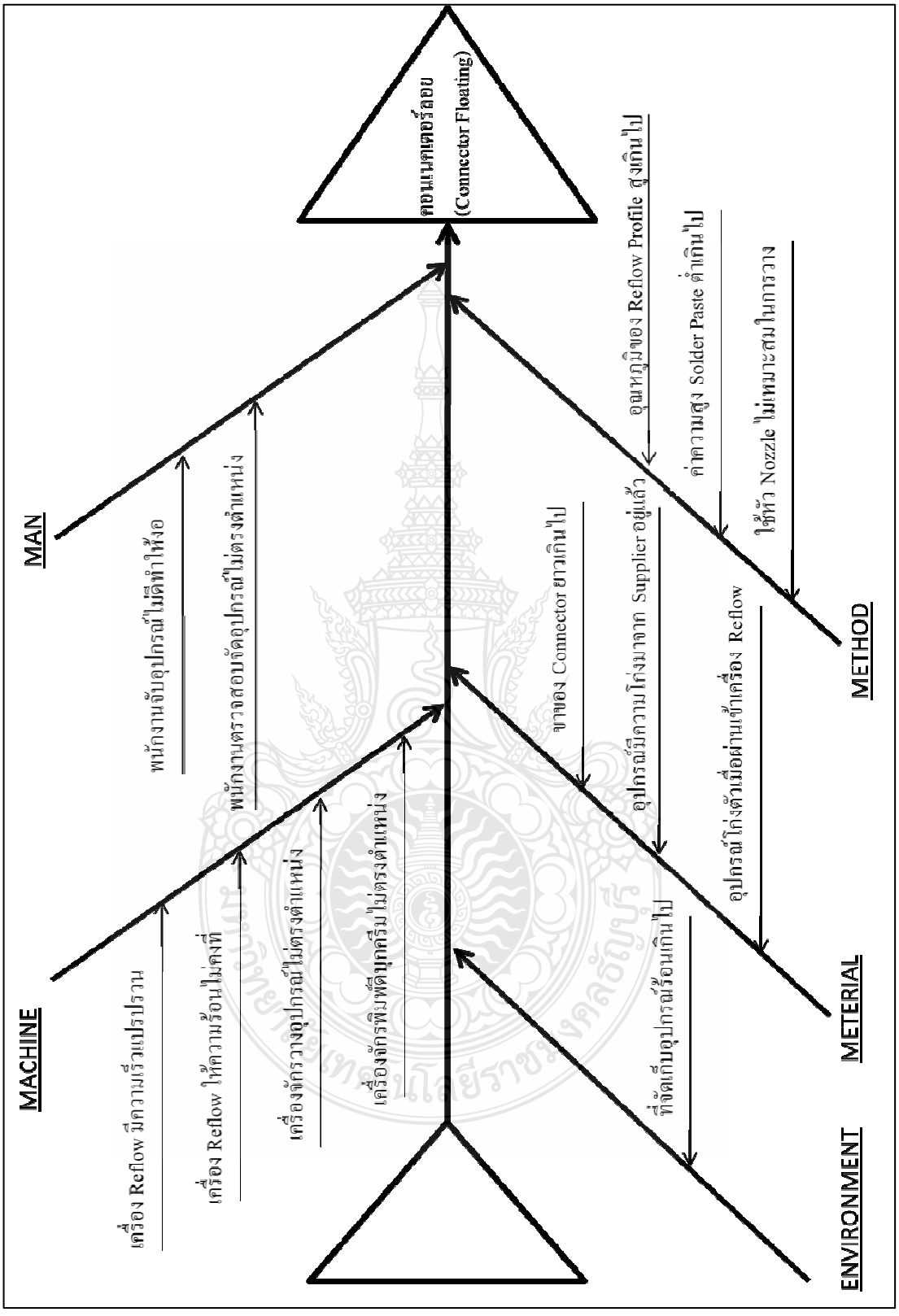


ภาพที่ 4.50 ความสามารถกระบวนการ (Process Capability) ก่อนปรับปรุงกระบวนการ

4.5.3 การวิเคราะห์กระบวนการ (Analyze Phase)

1. แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram)

ระดมสมองหาสาเหตุของปัญหา “คอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating)” ตามหลักการ 4 M + 1 E ผ่านทางแผนภาพก้างปลาดังแสดงในภาพที่ 4.51



ภาพที่ 4.51 แผนภาพก้างปลาของปัญหาสิ่งบกพร่อง “คอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating)”

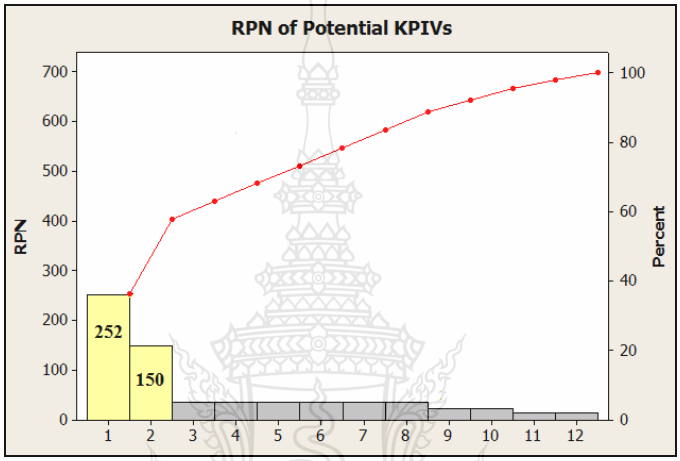
2. การวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่อง (FMEA)

ตารางที่ 4.24 ผลวิเคราะห์ FMEA ของปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย (Connector Floating)

Main Causes	Potential KPIVs	(Pontential Failure Mode)	Potential Effect of Failure	(S)	Pontential Cause of Failure	(O)	Current Process Control		(D)	RPN	Rank
							(Prevention)	(Detection)			
Man	วิธีการหยิบจับตัวอุปกรณ์	หยิบไม่ถูกวิธีทำให้สัมผัสรูปทรง, จอ	ทำให้เกิดการลอยของ Connector หลังจากประกอบ	6	พนักงานใหม่ หรือไม่เคยผ่านการฝึกฝน	2	มีการอบรมขั้นตอนการทำงานก่อนปฏิบัติงานจริง	มี Trainer คอยทำงานควบคู่ไปด้วยในสัปดาห์แรก	3	36	3
	การตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนเข้าเครื่อง Reflow	พนักงานขับเคลื่อนแท่นอุปกรณ์ไม่ดีพอ	ทำให้เกิดการลอยของ Connector หลังจากประกอบ	6	พนักงานใหม่ หรือไม่เคยผ่านการฝึกฝน	2	มีการอบรมขั้นตอนการทำงานก่อนปฏิบัติงานจริง	มี Trainer คอยทำงานควบคู่ไปด้วยในสัปดาห์แรก	3	36	3
Machine	เครื่อง Reflow มีความเร็วแปรปรวน	อุณหภูมิโปรไฟล์ผิดปกติ, การยึดติดอุปกรณ์กับ PCB	ทำให้เกิดการลอยของ Connector หลังจากประกอบ	6	มอเตอร์ทำงานผิดปกติ	2	มีการ PM มอเตอร์เดือนละ 1 ครั้ง	มีการตรวจสอบอุณหภูมิโปรไฟล์ก่อนเริ่มผลิต	3	36	3
	เครื่อง Reflow ให้ความร้อนไม่คงที่	อุณหภูมิโปรไฟล์ผิดปกติ, การยึดติดอุปกรณ์กับ PCB	ทำให้เกิดการลอยของ Connector หลังจากประกอบ	6	ฮีตเตอร์ทำงานผิดปกติ	2	มีการ PM ฮีตเตอร์เดือนละ 1 ครั้ง	มีการตรวจสอบอุณหภูมิโปรไฟล์ก่อนเริ่มผลิต	3	36	3
	เครื่องจักวางอุปกรณ์ไม่ตรงตำแหน่ง	Connector วางไม่ตรงตำแหน่งที่จะทำการเชื่อมติด	ทำให้ Connector ไม่ประกอบเข้ากับ PCB	6	หัวจับสูญปรก	2	มีการ PM หัวจับเดือนละ 1 ครั้ง	มีการตรวจสอบคุณภาพการวางอุปกรณ์ก่อนเริ่มผลิต	3	36	3
	เครื่องพิมพ์ครีมพิมพ์ไม่ตรงแบบ	ครีมบุกครีมพิมพ์ลงตามตำแหน่งที่ต้องการ	ทำให้ Connector ไม่ประกอบเข้ากับ PCB	6	มอเตอร์ทำงานผิดปกติ ทำให้การเคลื่อนที่ผิดตำแหน่ง	2	มีการ PM มอเตอร์เดือนละ 1 ครั้ง	มีการตรวจสอบคุณภาพการวางอุปกรณ์ก่อนเริ่มผลิต	3	36	3
Method	อุณหภูมิของ Reflow Profile	อุณหภูมิการหลอมเหลวสูงเกินไป	ทำให้การยึดติดของ Connector กับ PCB ไม่ดีเท่าที่ควร	4	ตั้งค่าอุณหภูมิผิด	2	มีการทดลองปรับปรุงกระบวนการเดือนละครั้ง	มีการวัดอุณหภูมิก่อนเริ่มผลิตงานและมีเอกสารควบคุม	2	16	5
	ค่าความสูง Solder Paste	ความสูงครีมบุกครีมต่ำเกินไป	ทำให้การยึดติดของ Connector กับ PCB ไม่ดีเท่าที่ควร	4	กำหนดค่าความสูงครีมบุกผิด	2	มีการทดลองปรับปรุงกระบวนการเดือนละครั้ง	มีการวัดค่าความสูงก่อนเริ่มผลิตงานและมีเอกสารควบคุม	2	16	5
	ใช้หัว Nozzle ไม่เหมาะสมในการวาง	Connector ไม่วางในตำแหน่งที่ถูกต้อง	ทำให้ Connector ไม่ประกอบเข้ากับ PCB	6	เลือกใช้หัวจับผิดขนาด	2	มีการทดลองปรับปรุงกระบวนการเดือนละครั้ง	มีการตรวจสอบก่อนเริ่มผลิตงานและมีเอกสารควบคุม	2	24	4
Material	ลักษณะรูปร่างของอุปกรณ์	ขาของ Connector ยาวเกินไป	ทำให้เกิดการลอยของ Connector หลังจากประกอบ	6	อุปกรณ์ไม่ได้คุณภาพตามข้อกำหนด	2	มีใบรับรองคุณสมบัติมาจาก Supplier	มีการสุ่มตรวจโดย IQA	3	36	3
		Connector บิดเบี้ยว โก่งจากโรงงานผู้ผลิต	ทำให้เกิดการลอยของ Connector หลังจากประกอบ	6	อุปกรณ์ไม่ได้คุณภาพตามข้อกำหนด	5	-	มีการสุ่มตรวจโดย IQA	5	150	2
	คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ทำตัวอุปกรณ์	ทนอุณหภูมิได้ต่ำและเกิดการโก่งตัวเมื่อผ่าน Reflow	ทำให้เกิดการลอยของ Connector หลังจากประกอบ	6	คุณสมบัติของอุปกรณ์ไม่เหมาะสมกับกระบวนการที่	6	มีใบรับรองคุณสมบัติมาจาก Supplier	-	7	252	1
Environment	ที่จัดเก็บอุปกรณ์	ที่จัดเก็บมีอากาศที่ร้อนเกินไปและทำให้เกิดการโก่งตัว	ทำให้เกิดการลอยของ Connector หลังจากประกอบ	6	ไม่จัดเก็บวัตถุดิบตามเงื่อนไขข้อกำหนด	2	จัดเก็บตามคุณสมบัติที่ระบุมากับตัววัตถุดิบ	มีที่วัดอุณหภูมิติดใกล้กับที่จัดเก็บวัตถุดิบ	2	24	4

3. จัดลำดับความสำคัญของค่าความเสี่ยง

วิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าโดยนำมาจัดลำดับความสำคัญของค่าความเสี่ยงดังภาพที่ 4.52 พบว่าหากใช้หลักการ 80/20 ของพาเรโต ต้องทำการทดลองถึงปัจจัยลำดับที่ 7 ซึ่งจะใช้เวลาและสูญเสียงบประมาณมากเกินไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกปัจจัยที่มีค่าคะแนนความเสี่ยงสูงเกิน 100 คะแนน มาทำการทดลองก่อนซึ่งมี 2 ปัจจัยคือการโก่งตัวของคอนเนคเตอร์เมื่อผ่านเครื่องหลอมดีบุก และความโก่งงอที่มาจากโรงงานผู้ผลิต โดยมีคะแนนความเสี่ยงเท่ากับ 252 และ 150 คะแนนตามลำดับ



ภาพที่ 4.52 ลำดับความสำคัญของความเสี่ยงจากผลวิเคราะห์ FMEA ของปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย

ตารางที่ 4.25 ลำดับคะแนนของปัจจัยนำเข้าสำหรับปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย

ลำดับ	ปัจจัยนำเข้า (Potential KPIVs)	คะแนน
1	การโก่งตัวของคอนเนคเตอร์เมื่อผ่านเครื่องหลอมดีบุก	252
2	คอนเนคเตอร์โก่งงอมาจากโรงงานผู้ผลิต	150
3	พนักงานจับอุปกรณ์ไม่ระมัดระวัง	36
4	พนักงานจัดอุปกรณ์ที่วางโดยเครื่องจักรไม่ละเอียดดีพอ	36
5	ความเร็วสายพานโซ่ของเครื่อง Reflow ไม่คงที่	36
6	อุณหภูมิของเครื่อง Reflow แปรปรวน	36
7	เครื่องจักรวางอุปกรณ์ไม่ตรงตำแหน่ง	36
8	เครื่องพิมพ์ดีบุกมาไม่ตรงตามตำแหน่ง	36
9	ใช้หัวหยิบไม่เหมาะสมกับตัวอุปกรณ์	24
10	ที่เก็บอุปกรณ์มีอุณหภูมิร้อนเกินไป	24
11	ใช้อุณหภูมิการหลอมเหลวสูงเกินไป	16
12	ใช้ค่าความสูงดีบุกต่ำเกินไป	16

4. การทดสอบปัจจัยนำเข้า

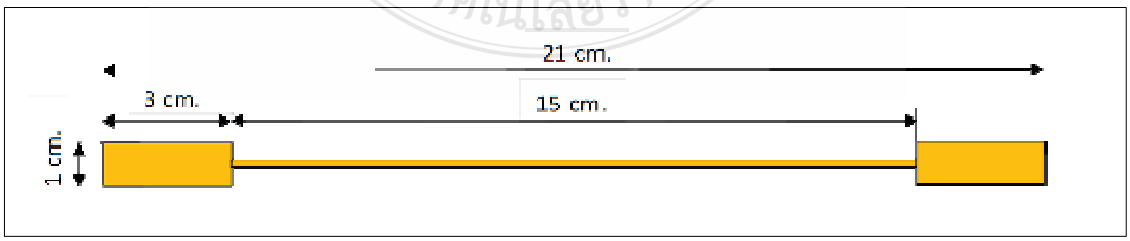
หลังจากสรุปปัจจัยที่น่าจะส่งผลต่อปัญหา (Potential KPIVs) คอนเนคเตอร์ลอยหลังจากประกอบเข้ากับแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) แล้วนั้น ขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบปัจจัยนำเข้าในแต่ละสาเหตุว่าได้ส่งผลกระทบต่อปัญหาจริงหรือไม่

1) วิเคราะห์ปัจจัยการโก่งตัวของคอนเนคเตอร์เมื่อผ่านเครื่องหลอมดีบุก

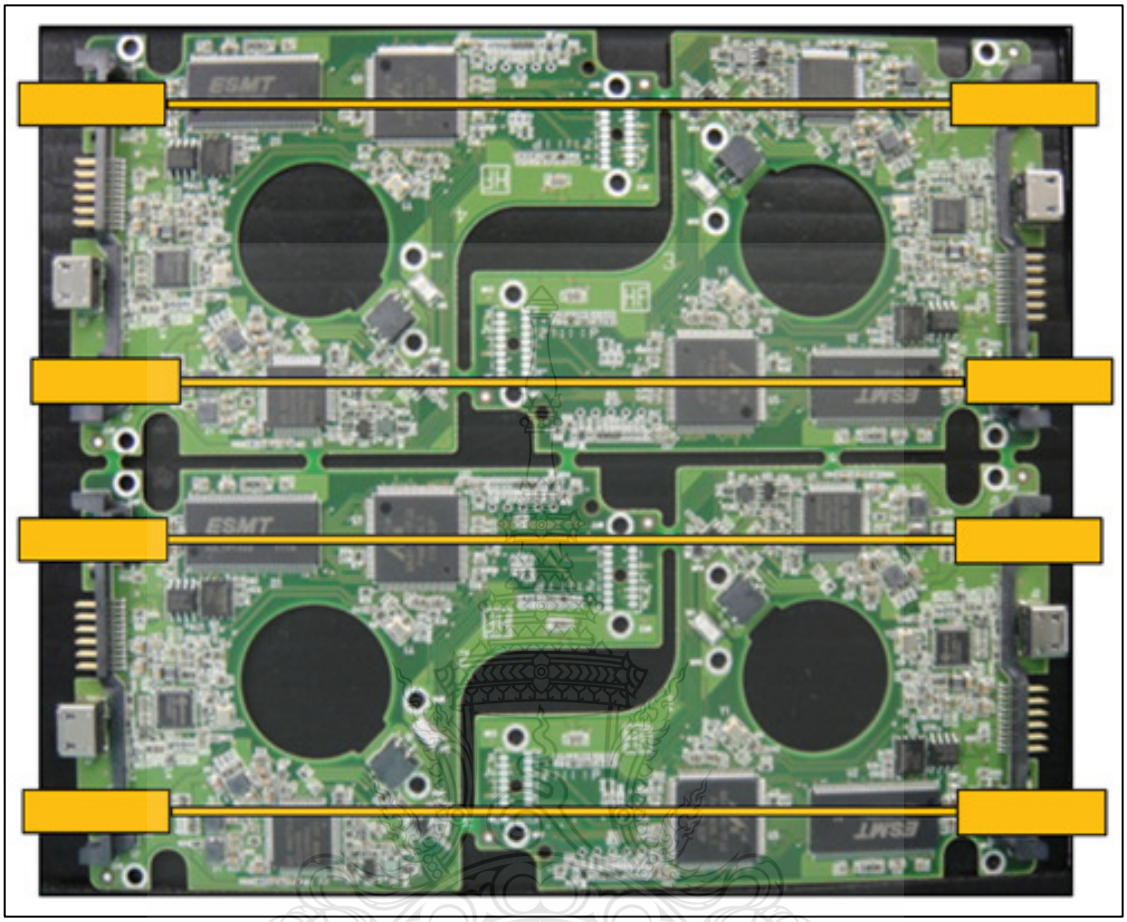
แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่น Helios 3.0 มีอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ (Connector) เพื่อใช้เป็นจุดต่อในการส่งข้อมูลร่วมกับอุปกรณ์อื่น แต่เนื่องจากตัวคอนเนคเตอร์ประเภทนี้มีลักษณะยาวและทำจากวัสดุที่เป็นพลาสติก เมื่อชิ้นงานเคลื่อนที่เข้าไปในเครื่องหลอมดีบุก (Reflow Soldering Machine) เพื่อหลอมดีบุกครีมให้ตัวอุปกรณ์เชื่อมติดกับแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) แต่อาจส่งผลกระทบต่อตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์นี้ให้เกิดการโก่งตัวเพราะพลาสติกอาจทนความร้อนได้ไม่สูงเท่ากับที่ใช้ในกระบวนการหลอมดีบุก ประกอบกับผู้วิจัยได้วิเคราะห์แผนผังกระบวนการ (Process Mapping) แล้วพบปัญหานี้เกิดขึ้นหลังจากชิ้นงานเคลื่อนที่ออกจากเครื่องหลอมดีบุก ดังนั้นต้องคิดวิธีการที่จะลดสิ่งบกพร่องชนิดนี้ลงเพื่อเป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิต

ก. ปรับปรุงขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์คอนเนคเตอร์แบบใหม่

เมื่อทราบแล้วว่าความร้อนในขั้นตอนหลอมดีบุกมีผลทำให้คอนเนคเตอร์เกิดการโก่งตัวจนเกิดปัญหาสิ่งบกพร่องขึ้น แต่เมื่อทำการตรวจสอบอุณภูมิโปรไฟล์ (Temperature Profile) พบว่าเป็นค่าที่อยู่ในข้อกำหนดของลูกค้าซึ่งไม่สามารถปรับลดค่าอุณหภูมิลงมาได้เพราะอาจทำให้เกิดปัญหาการเชื่อมติดระหว่างขั้วอุปกรณ์กับจุดเชื่อมบนแผ่นวงจร (Pad) ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการที่จะทำให้คอนเนคเตอร์ไม่เกิดการลอยตัว โดยนำทองเหลืองมาทำเป็นแท่งยาวแล้ววางพาดบนตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ก่อนชิ้นงานเคลื่อนที่ผ่านเครื่องหลอมดีบุก เพื่อกดไม่ให้อุปกรณ์ลอยตัวขณะดีบุกครีมกำลังหลอมเหลวเชื่อมติดอุปกรณ์คอนเนคเตอร์กับแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องหลอมดีบุก ซึ่งรูปแบบและการใช้งานอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 4.53 และ 4.54



ภาพที่ 4.53 แบบแท่งทองเหลืองที่ใช้วางทับอุปกรณ์คอนเนคเตอร์



ภาพที่ 4.54 ลักษณะการวางแท่งทองเหลืองทับบนอุปกรณ์คอนเนคเตอร์

ข. การตั้งสมมติฐานการทดลอง

ใช้การเปรียบเทียบสัดส่วนของเสีย 2 กลุ่ม (2 Proportion T -Test) เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของเสียคอนเนคเตอร์ลอยระหว่างวิธีประกอบแบบปัจจุบันกับวิธีประกอบแบบใหม่ ว่าสัดส่วนของเสียจากวิธีแบบใหม่มีค่าน้อยลงจากวิธีแบบปัจจุบันมากกว่า 2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

$$H_0 : p_1 - p_2 = 0.02$$
$$H_1 : p_1 - p_2 > 0.02 \qquad (4.12)$$

กำหนดให้

p_1 = สัดส่วนของเสียคอนเนคเตอร์ลอยด้วยวิธีประกอบแบบปัจจุบัน

p_2 = สัดส่วนของเสียคอนเนคเตอร์ลอยด้วยวิธีประกอบแบบใหม่

ค. การหาขนาดตัวอย่าง (Sample Size)

หาขนาดของสิ่งตัวอย่างที่จะทำการทดสอบโดยใช้โปรแกรมมินิแทป ซึ่งผู้วิจัยเลือกขนาดของสิ่งตัวอย่างที่ 1,572 ตัวอย่าง โดยมีค่ากำลังการทดสอบเท่ากับ 0.95 ดังภาพที่ 4.55

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus >)
Calculating power for proportion 2 = 0.02
Alpha = 0.05

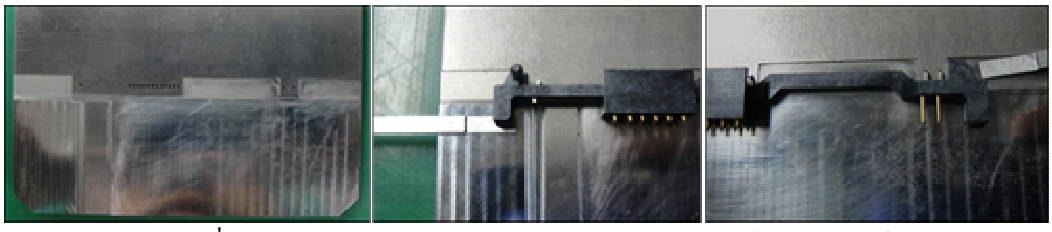
Proportion 1	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.04	899	0.80	0.800188
0.04	1045	0.85	0.850104
0.04	1245	0.90	0.900173
0.04	1572	0.95	0.950009

The sample size is for each group.

ภาพที่ 4.55 การหาขนาดของสิ่งตัวอย่างแบบ 2 Proportions T-Test

ง. ขั้นตอนทำการทดลอง

ขั้นแรกต้องทำการตรวจสอบตัวคอนเนคเตอร์ที่จะใช้ในการทดลอง โดยใส่ตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์เข้ากับตัวจับยึด (Fixture) แล้วใช้เกจวัดความหนา (Feeler Gauge) ขนาด 0.15 มม.ตรวจสอบความโก่งงอดังภาพที่ 4.56 เพื่อแยกตัวคอนเนคเตอร์ที่มีความโก่งงอจากความผิดพลาดของผู้ผลิตออกไปเสียก่อน โดยคัดเลือกตัวอุปกรณ์ดีใช้ทำการทดลองจำนวน 3,200 ตัว เพื่อเป็นการควบคุมปัจจัยในการทดลองให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด



ตัวจับยึด (Fixture) ที่ใช้ตรวจสอบ ภาพการตรวจสอบอุปกรณ์คอนเนคเตอร์

ภาพที่ 4.56 การตรวจสอบตัวคอนเนคเตอร์ก่อนทำการทดลอง

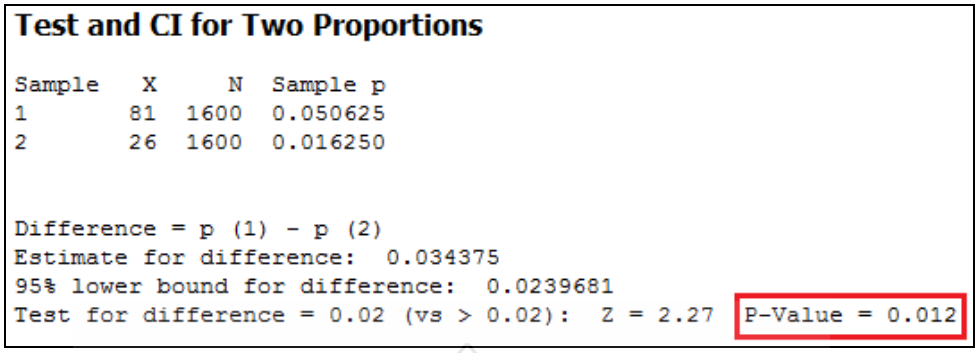
ขั้นต่อไปคือการกำหนดปัจจัยในการทดลองคือทดลองในสายผลิตที่ 1 กำหนดพนักงานตรวจสอบการวางอุปกรณ์และวางแท่งทองเหลืองทับตัวคอนเนคเตอร์เพียงหนึ่งคน กำหนดอุณหภูมิโปรไฟล์ (Temperature Profile) ของเครื่องหลอมดีบุกให้เหมือนกัน และกำหนดพนักงานตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานเพียงหนึ่งคนซึ่งควรเป็นคนที่มีประสิทธิผลการตรวจสอบดีที่สุด จากนั้นเริ่มทดลองผลิตงานด้วยขั้นตอนแบบปัจจุบันต่อเนื่องกัน 400 แผ่น (Panel) หรือ 1,600 ชิ้น (400 x 4) แล้วเปลี่ยนเป็นขั้นตอนแบบใหม่โดยนำแท่งทองเหลืองมาทับบนตัวคอนเนคเตอร์ต่อเนื่องกัน 400 แผ่น (Panel) แล้วให้พนักงานตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานในเกณฑ์คอนเนคเตอร์ลอยหลังผ่านขั้นตอนการหลอมดีบุก ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 จำนวนคอนเนคเตอร์ลอยที่เกิดขึ้นในการทดลอง

ขั้นตอนการประกอบ	จำนวนสิ่งตัวอย่าง	จำนวนของเสีย
แบบปัจจุบัน	1,600 ชิ้น	81 ชิ้น
แบบใหม่	1,600 ชิ้น	26 ชิ้น

จ. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทดสอบสมมติฐานแบบเปรียบเทียบสัดส่วนของเสีย 2 กลุ่มประชากร (2 Proportions T-Test) จากโปรแกรมมินิแทป ซึ่งจากการทดสอบได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.012 สามารถตีความได้ว่า สัดส่วนของเสียคอนเนคเตอร์ลอยในการประกอบด้วยวิธีแบบใหม่มีค่าน้อยกว่าการประกอบด้วยวิธีแบบปัจจุบันมากกว่า 2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	81	1600	0.050625
2	26	1600	0.016250

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.034375
95% lower bound for difference: 0.0239681
Test for difference = 0.02 (vs > 0.02): Z = 2.27 P-Value = 0.012

ภาพที่ 4.57 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบสัดส่วนของเสีย 2 กลุ่มประชากร (2 Proportions T-Test)

ฉ. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทำให้ทราบว่าปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยนั้นเกิดได้จาก 2 สาเหตุคือ เกิดขึ้นจากภายในกระบวนการประกอบ ซึ่งจากผลการทดลองนั้นแสดงให้เห็นว่าสามารถลดเปอร์เซ็นต์ของเสียจาก 5 % เหลือ 1.6 % ด้วยการนำแท่งทองเหลืองทับบนตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ตามภาพที่ 4.54 ก่อนผ่านชิ้นงานเข้าเครื่องหลอมดีบุก ส่วนสาเหตุที่สองคือตัวอุปกรณ์มีลักษณะโก่งงอมาจากบริษัทผู้ผลิตก่อนแล้ว ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการตรวจเจอก่อนทำการทดลองเป็นจำนวน 25 ตัวจากทั้งหมด 4,400 ตัว (1 ล็อต) คิดเป็น 0.57%

2) วิเคราะห์ปัจจัยตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์โก่งงอมาจากโรงงานผู้ผลิต

ส่วนที่แล้วได้ตรวจเจอตัวคอนเนคเตอร์ที่โก่งงอก่อนทำการทดลองจำนวน 0.57 % ซึ่งทีมงานตั้งข้อสงสัยว่าวัตถุดิบน่าจะมีความบกพร่องที่ไม่ผ่านตามเกณฑ์ข้อกำหนดด้านความเป็นระนาบ จึงทำการตรวจสอบวัตถุดิบ 100% เป็นจำนวน 3 ล็อต (Lot) โดยผลการตรวจสอบตามตารางที่ 4.27 สรุปได้ว่านอกจากสาเหตุความร้อนในขั้นตอนการหลอมดีบุกแล้ว ยังมีสาเหตุที่เกิดจากวัตถุดิบไม่ผ่านข้อกำหนดด้านความเป็นระนาบ ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยหลังการประกอบ จึงนำข้อมูลปัญหาด้านคุณภาพของวัตถุดิบส่งให้กับหน่วยงานควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ (Supplier Quality Engineer: SQE) ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบโดยตรงต่อไป

ตารางที่ 4.27 ผลการตรวจสอบความเป็นระนาบของคอนเนคเตอร์ในรูปวัตถุดิบ

ล็อต	จำนวน	ของเสีย	% ของเสีย
1	4,400	19	0.43%
2	4,400	14	0.32%
3	4,400	27	0.61%

4.5.4 การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

1. จัดเตรียมแท่งทองเหลือง

การทดลองขั้นต้นได้สั่งทำแท่งทองเหลืองเพียง 20 ชิ้นเพื่อไม่ให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย แต่เมื่อจะนำวิธีการนี้มาใช้ในสายการผลิตจริงก็จำเป็นต้องสั่งอุปกรณ์มาให้พอเพียงเพื่อไม่ให้เกิดการรอคอยซึ่งสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{จำนวนงานต่อชั่วโมง} = \frac{3600\ (\text{วินาที/ชั่วโมง})}{\text{รอบเวลางานของสายผลิต (วินาที/แผ่น)}} \qquad (4.13)$$

จากรอบเวลางานการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นตัวกำหนดปริมาณงานของสายการผลิตคือ 36 วินาที สามารถนำไปคำนวณจำนวนงานที่ผ่านเข้าเครื่องอบความร้อนตามความสัมพันธ์ที่ 4.13 ได้เท่ากับ 100 แผ่นต่อชั่วโมง และจากการใช้งานแท่งทองเหลืองตามภาพที่ 4.54 โดยใช้วางทับตัวคอนเนคเตอร์จำนวน 4 ชิ้นต่อ 1 แผ่น (Panel) ดังนั้นสรุปว่าต้องสั่งผลิตแท่งทองเหลืองทั้งหมด 400 ชิ้นต่อ 1 สายผลิตหรือรวมเป็น 1,200 ชิ้น (400 x 3 สายผลิต)

2. เพิ่มขั้นตอนการวางแท่งทองเหลือง

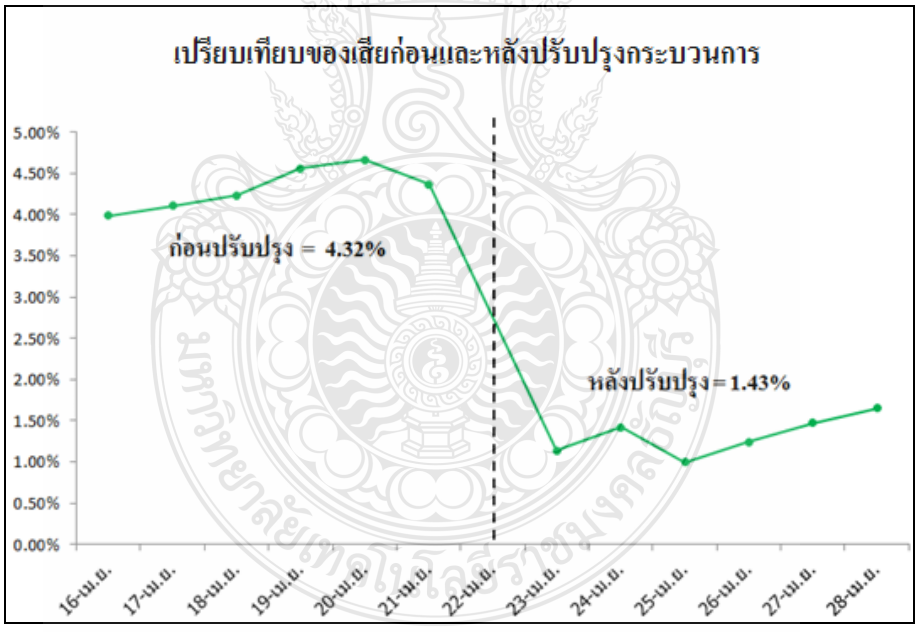
วิธีการปัจจุบันจะมีพนักงานประจำ 1 คนทำการตรวจสอบการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องจักรก่อนที่ชิ้นงานจะเคลื่อนผ่านเข้าสู่เครื่องหลอมดีบุกอยู่แล้ว ดังนั้นกิจกรรมการวางแท่งทองเหลืองทับอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ จึงไม่ได้เป็นการเพิ่มจำนวนคนในสายการผลิต เพียงแต่เป็นการเพิ่มงานให้กับพนักงาน โดยสิ่งที่ต้องระวังคือห้ามไม่ให้รอบเวลาทำงานของพนักงานในตำแหน่งนี้มีค่าสูงกว่า 36 วินาทีเนื่องจากเป็นเวลาของจุดคอขวด (Bottleneck) ในกระบวนการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จึงทำการวัดเวลางานของพนักงานตรวจสอบเปรียบเทียบระหว่างขั้นตอนแบบปัจจุบันกับแบบใหม่ด้วยจำนวนขนาดของสิ่งตัวอย่างที่ 20 ตัวอย่าง และจากผลการวัดเวลางานพบว่าวิธีการแบบใหม่ที่เพิ่มกิจกรรมการวางแท่งทองเหลืองทับอุปกรณ์คอนเนคเตอร์มีค่ารอบเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 26 วินาทีต่อ 1 แผ่น (Panel) ดังนั้นสรุปว่ากิจกรรมการวางแท่งทองเหลืองที่เพิ่มขึ้นมาไม่ได้ส่งผลกระทบต่อปริมาณงานของสายผลิต ดังแสดงในตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 เปรียบเทียบรอบเวลาของพนักงานตรวจสอบระหว่างวิธีปัจจุบันกับวิธีใหม่

งานที่	กิจกรรม	วิธีปัจจุบัน	วิธีใหม่
1	ตรวจสอบการวางอุปกรณ์ของเครื่องจักร	14 วินาที	14 วินาที
2	การวางแท่งทองเหลืองทับอุปกรณ์คอนเนคเตอร์	-	12 วินาที
รอบเวลารวมเฉลี่ย		14 วินาที	26 วินาที

3. ทดสอบการวางแท่งทองเหลืองในการผลิตงานจริง

เริ่มทดสอบการใช้แท่งทองเหลืองวางทับอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ในการผลิตทั้ง 3 สาย ผลิตตั้งแต่วันที่ 23 เมษายน - 28 เมษายน 2555 รวมทั้งหมด 6 วัน จากนั้นนำข้อมูลหลังปรับปรุงกระบวนการเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนปรับปรุงกระบวนการ พบว่าก่อนปรับปรุงกระบวนการมีของเสียที่เกิดจากปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยเฉลี่ยที่ 4.32% แต่หลังจากปรับปรุงกระบวนการมีของเสียลดลงเฉลี่ยที่ 1.43% ดังภาพที่ 4.58

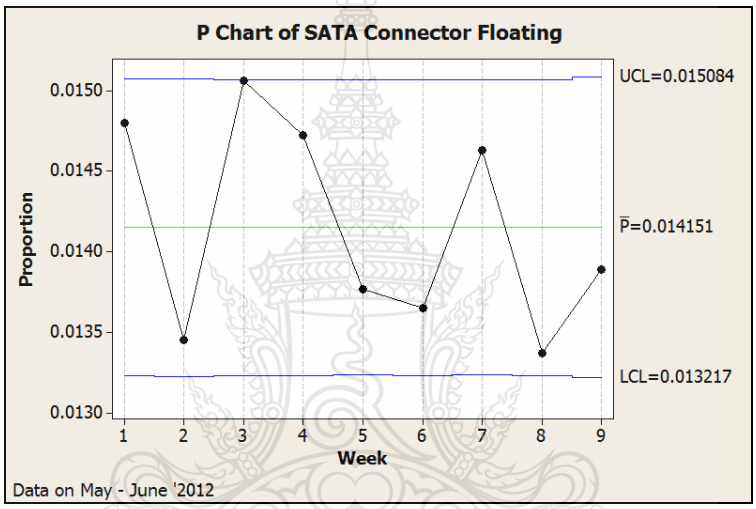


ภาพที่ 4.58 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์คอนเนคเตอร์ลอยระหว่างวันที่ 16 - 28 เมษายน 2555

4.5.5 การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

1. เฝ้าระวังกระบวนการด้วยแผนภูมิควบคุม

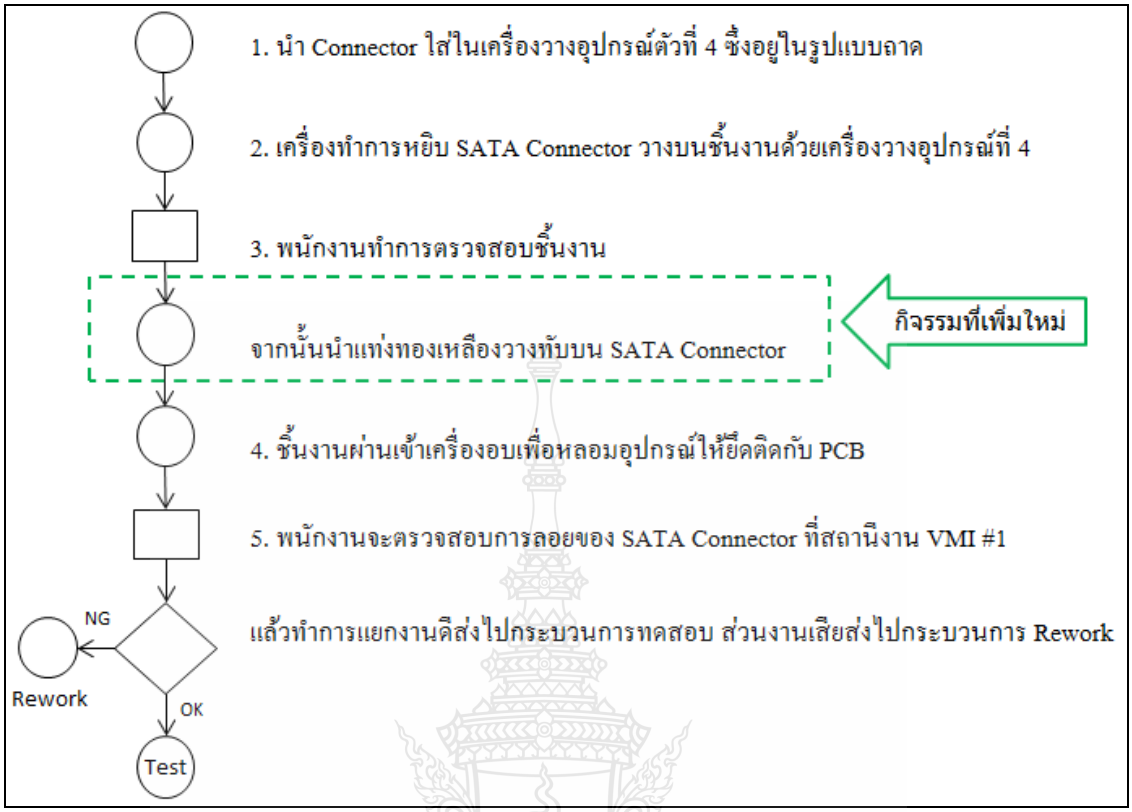
การทดสอบข้างต้นแสดงให้เห็นว่าปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยมีเปอร์เซ็นต์ของเสียเหลือต่ำกว่า 2% ตามเป้าหมาย จึงเฝ้าระวังกระบวนการเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ระหว่างเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน 2555 โดยใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P Chart) เนื่องจากข้อมูลของเสียเป็นข้อมูลแบบจำนวนนับดังภาพที่ 4.59 ซึ่งพบว่าสัดส่วนของเสียอยู่ภายในช่วงการควบคุมแสดงว่ากระบวนการอยู่ในสภาวะเสถียรสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ตัดสินใจได้และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.42%



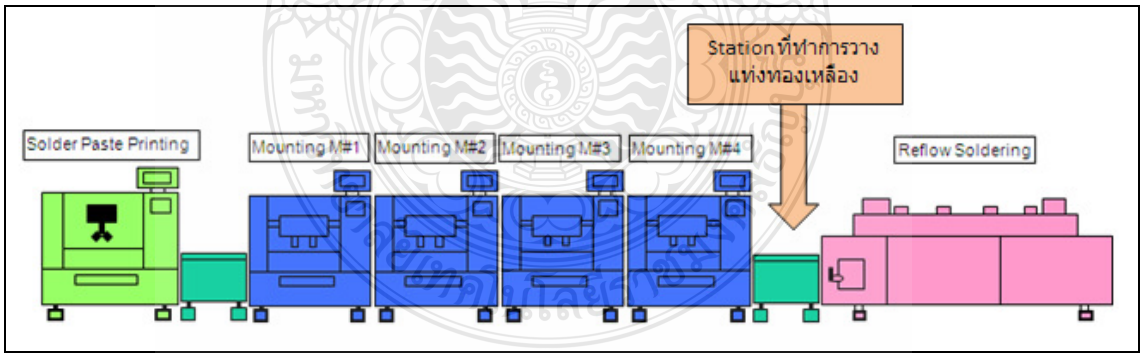
ภาพที่ 4.59 การเฝ้าระวังปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยระหว่างพฤษภาคม - มิถุนายน 2555

2. อบรมพนักงานและจัดทำเอกสาร

จัดทำเอกสารและอบรมพนักงานในขั้นตอนการทำงาน (Process Instruction) เกี่ยวกับการวางแท่งทองเหลืองทับอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ รวมถึงเอกสารเกี่ยวกับการตรวจสอบสภาพของแท่งทองเหลือง (PM Check Sheet) หลังจากถูกใช้งาน เพราะต้องผ่านเข้าออกเครื่องหลอมดีบุกซ้ำๆหลายครั้งจึงอาจเสื่อมสภาพได้



ภาพที่ 4.60 ขั้นตอนการประกอบคอนเนคเตอร์ด้วยวิธีแบบใหม่

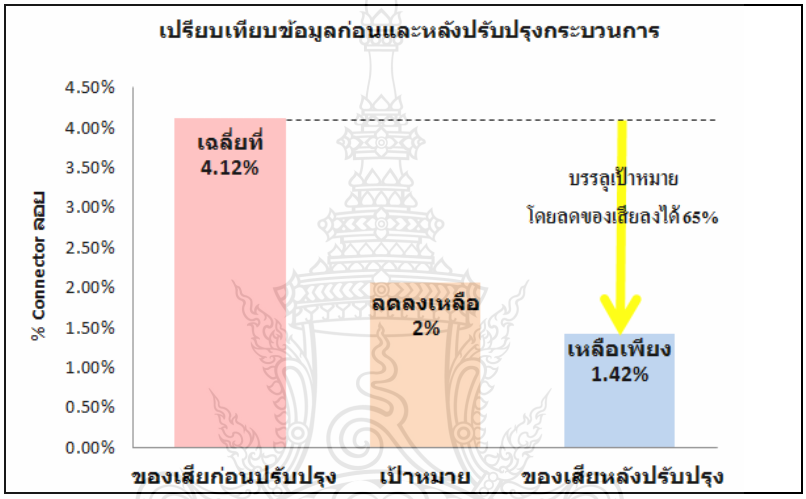


ภาพที่ 4.61 จุดที่พนักงานวางแท่งทองเหลืองทับอุปกรณ์คอนเนคเตอร์

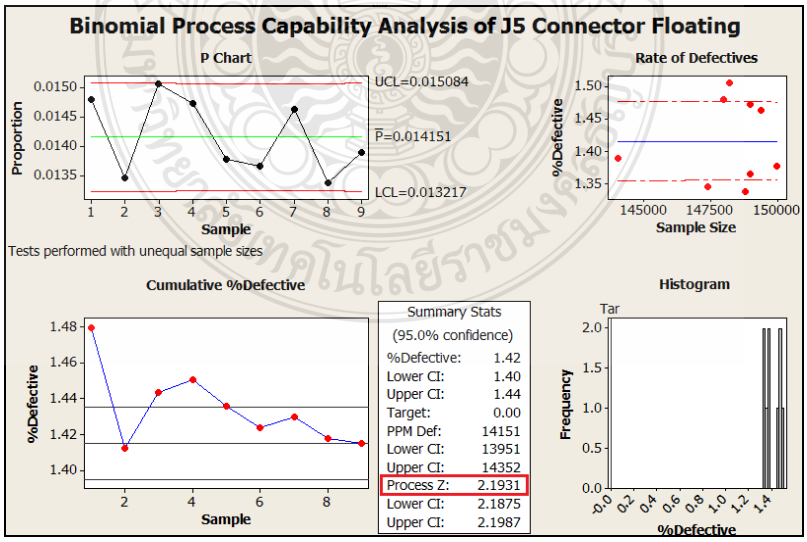
4.5.6 สรุปผลการดำเนินงาน

1. เปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ

การปรับปรุงกระบวนการในส่วนที่ 2 นี้สามารถลดจำนวนสิ่งบกพร่องของปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย โดยเมื่อนำข้อมูลก่อนปรับปรุงกระบวนการช่วงเดือนมกราคม - มีนาคม 2555 มาเปรียบเทียบกับข้อมูลหลังปรับปรุงกระบวนการช่วงเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน 2555 พบว่าสิ่งบกพร่องมีค่าลดลงจาก 4.12 % เหลือเพียง 1.42 % ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ค่าต่ำกว่า 2% และมีค่าคะแนนมาตรฐาน (Process Z Score) เท่ากับ 2.193 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิมคือ 1.7375 หรือเพิ่มขึ้น 26.22%



ภาพที่ 4.62 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สิ่งบกพร่องก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ



ภาพที่ 4.63 ความสามารถกระบวนการ (Process Capability) หลังปรับปรุงกระบวนการ

2. วิเคราะห์จุดคุ้มทุนของโครงการ

การลดปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยนั้นได้ใช้แท่งทองเหลืองเป็นอุปกรณ์ช่วยในการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นแม้ว่าโครงการจะบรรลุเป้าหมายในการลดสิ่งบกพร่องแต่ก็ต้องคำนึงถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นด้วย ผู้วิจัยจึงสรุปรายละเอียดต้นทุนและคำนวณจุดคุ้มทุนตามความสัมพันธ์ที่ 4.14 และ 4.15 ดังนี้

ต้นทุนซ่อมแซมงานที่ลดลง = ต้นทุนวัสดุที่ลดลง + ต้นทุนค่าแรงที่ลดลง (4.14)

$$\text{ระยะเวลาคุ้มทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนในการซื้ออุปกรณ์}}{\text{ต้นทุนซ่อมแซมงานที่ลดลง}} \quad (4.15)$$

1) ราคาของอุปกรณ์ที่ลงทุน

จำนวนแท่งทองเหลือง	=	1,200 ชิ้น
ราคาแท่งทองเหลือง	=	60 บาท / ชิ้น
เงินลงทุนในการซื้ออุปกรณ์	=	72,000 บาท

2) จำนวนงานเสียที่ลดลง

จำนวนยอดงานผลิตต่อเดือนเฉลี่ย	=	600,000 ชิ้น
เปอร์เซ็นต์งานเสียก่อนปรับปรุงกระบวนการ	=	4.12 %
เปอร์เซ็นต์งานเสียหลังปรับปรุงกระบวนการ	=	1.42 %
เปอร์เซ็นต์งานเสียลดลง	=	2.70 %
จำนวนงานเสียก่อนปรับปรุงกระบวนการต่อเดือน	=	24,720 ชิ้น
จำนวนงานเสียหลังปรับปรุงกระบวนการต่อเดือน	=	8,520 ชิ้น
จำนวนงานเสียที่ลดลงได้ต่อเดือน	=	16,200 ชิ้น

3) ต้นทุนของวัสดุในการซ่อมแซมคอนเนคเตอร์ลอย

ค่าหัวแร้งบัดกรีเฉลี่ยต่อชิ้น	=	0.35 บาท
ค่าลวดเชื่อมเฉลี่ยต่อชิ้น	=	0.50 บาท
รวมต้นทุนวัสดุซ่อมแซมต่อชิ้น	=	0.85 บาท

4) ต้นทุนของค่าแรงพนักงาน

ความสามารถในการซ่อมงานต่อคนต่อกะ (12ชั่วโมง)	=	450 ชิ้น
ใช้คนซ่อมงานก่อนปรับปรุงกระบวนการ	=	2 คน
ใช้คนซ่อมงานหลังปรับปรุงกระบวนการ	=	1 คน
ดังนั้นลดต้นทุนค่าแรงคนซ่อมงานได้ 1 คน	=	12,000 บาท / เดือน

5) ต้นทุนซ่อมแซมงานที่ลดลง	=	(16,200 x 0.85) + 12,000
	=	25,770 บาท / เดือน

6) ระยะเวลาคุ้มทุน	=	72,000 / 25,770
	=	2.8 เดือน

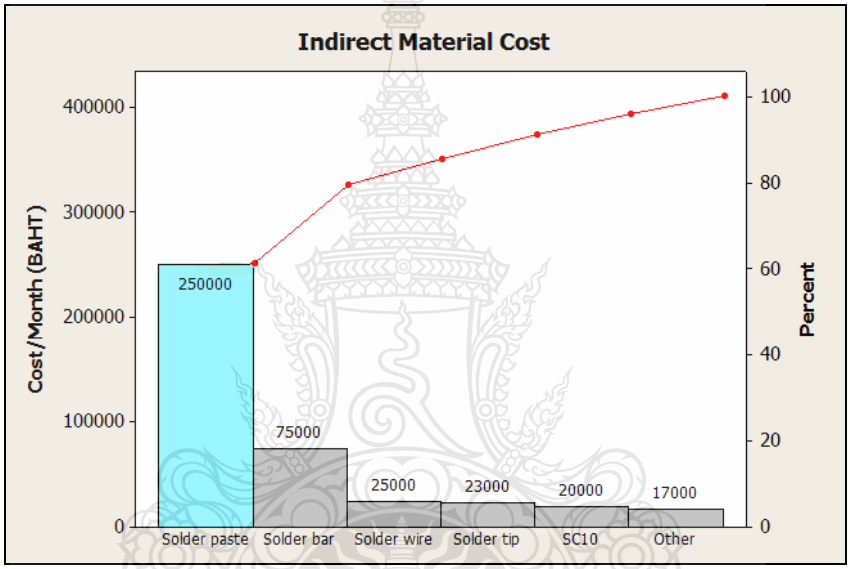
จากข้อมูลราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการซ่อมงานและค่าแรงพนักงานซ่อมงานสามารถคำนวณระยะเวลาคุ้มทุนได้ที่ประมาณ 3 เดือน จึงสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนซื้อแท่งทองเหลืองสำหรับดำเนินโครงการนี้เป็นการลงทุนที่คุ้มค่าน่าลงทุนเพราะมีระยะเวลาคืนทุนที่สั้น อีกทั้งยังสามารถช่วยลดเปอร์เซ็นต์ของเสียลงได้มากกว่า 50% ซึ่งจะสร้างความพึงพอใจให้ลูกค้าและช่วยลดต้นทุนการผลิตในระยะยาว

4.6 การเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่เพื่อลดต้นทุนในการผลิต

4.6.1 ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define Phase)

1. สภาพของปัญหา (Problem Statement)

ในกระบวนการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีการใช้วัตถุดิบทางอ้อม (Indirect Material) หลายชนิดซึ่งตัวที่มีปริมาณการใช้มากที่สุดคือดีบุกครีม (Solder Paste) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 250,000 บาทต่อเดือน ดังแสดงในภาพที่ 4.64 จึงเป็นเหตุผลที่ต้องทำการเปลี่ยนยี่ห้อวัตถุดิบชนิดนี้ให้มีราคาถูกลง เพื่อลดต้นทุนการผลิต



ภาพที่ 4.64 ต้นทุนวัตถุดิบทางอ้อมเฉลี่ยต่อเดือนตั้งแต่เมษายน – มิถุนายน 2555

2. เป้าหมายโครงการ (Project Target)

การลดต้นทุนของดีบุกครีมนี้ ทีมงานมีความเห็นว่าคงเป็นการยากที่จะลดพื้นที่ของจุดเชื่อมต่ออุปกรณ์ (Pad) บนแผงวงจรเพราะเป็นการออกแบบและเป็นความต้องการของลูกค้า ส่วนแนวคิดในการลดขนาดช่องเปิด (Aperture) ของแบบพิมพ์ดีบุก (Stencil) ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้มีปริมาณดีบุกครีมที่ถูกใช้ในการพิมพ์แต่ละครั้งน้อยลงก็คงไม่ใช่เรื่องง่าย เพราะจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพสินค้าเนื่องจากปริมาณการเชื่อมติดของดีบุกระหว่างจุดเชื่อมต่อ (Pad) บนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลดน้อยลง ดังนั้นจึงเลือกวิธีการเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่ซึ่งมีราคาต่ำกว่ายี่ห้อที่ใช้ในปัจจุบัน

ยี่ห้อ A ที่ใช้ในปัจจุบัน

ราคากิโลกรัมละ 2,500 บาท

ยี่ห้อ B ที่นำมาทดสอบใหม่

ราคากิโลกรัมละ 2,250 บาท

ภาพที่ 4.65 เปรียบเทียบราคาดีบุกครีมที่ใช้ปัจจุบันกับยี่ห้อใหม่

ในการทดลองเพื่อเปลี่ยนมาใช้ดีบุกครีมยี่ห้อใหม่จะมีขอบเขตการเปลี่ยนแปลงเฉพาะสินค้ารุ่น Helios 3.0 เท่านั้นเพราะเป็นสินค้าที่มียอดสั่งผลิตสูงที่สุด โดยเมื่อเทียบราคาของดีบุกครีมยี่ห้อใหม่ที่มีราคาถูกลงกิโลกรัมละ 250 บาท ดังภาพที่ 4.65 กับกำลังการผลิตของสินค้ารุ่น Helios 3.0 ที่เพิ่มขึ้นจากการปรับปรุงกระบวนการในส่วนที่ 1 แล้วนั้น จะสามารถลดต้นทุนค่าดีบุกครีมลงได้ 0.0425 บาทต่อชิ้น (0.425 – 0.3825) ซึ่งแสดงการคำนวณได้ดังนี้

1) กำลังการผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 ต่อเดือน = 21,000 ชิ้นต่อวัน x 28 วันต่อเดือน

= 588,000 ชิ้นต่อเดือน

2) น้ำหนักดีบุกครีมเฉลี่ยต่องาน 1 ชิ้น = (100 x 1,000) / 588,000

(ปริมาณใช้ดีบุกครีม 100 กก./เดือน) = 0.17 กรัมต่อชิ้น

3) ต้นทุนค่าดีบุกครีมต่อชิ้น (ปัจจุบัน) = (2,500/1,000) x 0.17

(ดีบุกครีมเดิมราคา 2,500 บาท/กก.) = 0.425 บาทต่อชิ้น

4) ต้นทุนค่าดีบุกครีมต่อชิ้น (ใหม่) = (2,250/1000) x 0.17

(ดีบุกครีมใหม่ราคา 2,250 บาท/กก.) = 0.3825 บาทต่อชิ้น

3. สรุปผลขั้นตอนกำหนดปัญหา

ในขั้นตอนการประกอบของสินค้ารุ่น Helios 3.0 พบว่าวัตถุดิบทางอ้อมที่มีต้นทุนสูงสุดคือดีบุกครีม (Solder Paste) ซึ่งใช้ในขั้นตอนพิมพ์ดีบุก (Solder Paste Printing) ทำหน้าที่ยึดติดแผ่นวงจรกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยปัจจุบันมีต้นทุนเฉลี่ยต่อชิ้นที่ 0.425 บาท ซึ่งหากนำดีบุกครีมใหม่มาใช้แทนแล้วไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการในด้านคุณภาพและปริมาณการผลิต จะทำให้ลดต้นทุนค่าดีบุกครีมลงเหลือ 0.3825 บาทต่อชิ้นหรือลดลง 10 % ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (DOE) เข้ามาช่วยในการปรับปรุงกระบวนการ โดยตั้งเป้าหมายคือเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรบางประการในขั้นตอนการพิมพ์ดีบุกครีมใหม่ เพื่อให้ได้ค่าตอบสนอง (Response) คือค่าความสูงดีบุกครีมที่พิมพ์บนชิ้นงานไม่ต่างจากเดิมหรือใกล้เคียงมากที่สุด โดยวัดผลผ่านค่าความสามารถของกระบวนการพิมพ์ดีบุกซึ่งต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ลูกค้ายอมรับ และปัญหาการเชื่อมต่อดีบุกกับจุดเชื่อมข้างเคียง (Solder Bridging) ต้องไม่เพิ่มขึ้นจากเดิม

4.6.2 การวัดกระบวนการ (Measure Phase)

1. การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis : MSA)

การศึกษาและประเมินความสามารถของระบบการวัดที่เกิดจากคนวัด เครื่องมือวัด ชิ้นงานที่ถูกวัด และวิธีการที่ใช้ในการวัด ว่าระบบการวัดมีความผันแปรมากน้อยเพียงใด อยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่ โดยระบบการวัดของปัญหานี้คือ ระบบการวัดค่าความสูงดีบุกครีม ซึ่งสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์คือค่าความสูงของดีบุกครีมที่อยู่บนแผงวงจรในขั้นตอนการพิมพ์ดีบุกครีม (Solder Paste Printing) ซึ่งงานวิจัยนี้ถูกกำหนดให้ใช้เครื่องวัดค่าความสูงดีบุกครีมเพียงเครื่องเดียวตลอดงานวิจัย และวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัดด้วยค่าความเอนเอียงของระบบ การวิเคราะห์สมบัติเชิงเส้น และการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ ส่วนในการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของระบบการวัดจะใช้การประเมินผ่านค่ารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบ โดยค่าต้นแบบถูกกำหนดจากเกจความสูงมาตรฐาน (Master Gauge) และผ่านการสอบเทียบคุณภาพมาแล้ว

1) การตรวจสอบค่าความเอนเอียง (Bias) และสมบัติเชิงเส้นตรง (Linearity)

ก. ใช้เกจความสูงมาตรฐาน 3 ค่าความสูงคือ 0.10257, 0.12145 และ 0.15052 มม.

ข. ใช้เครื่องวัดค่าความสูงดีบุกที่ใช้งานประจำ 1 เครื่อง

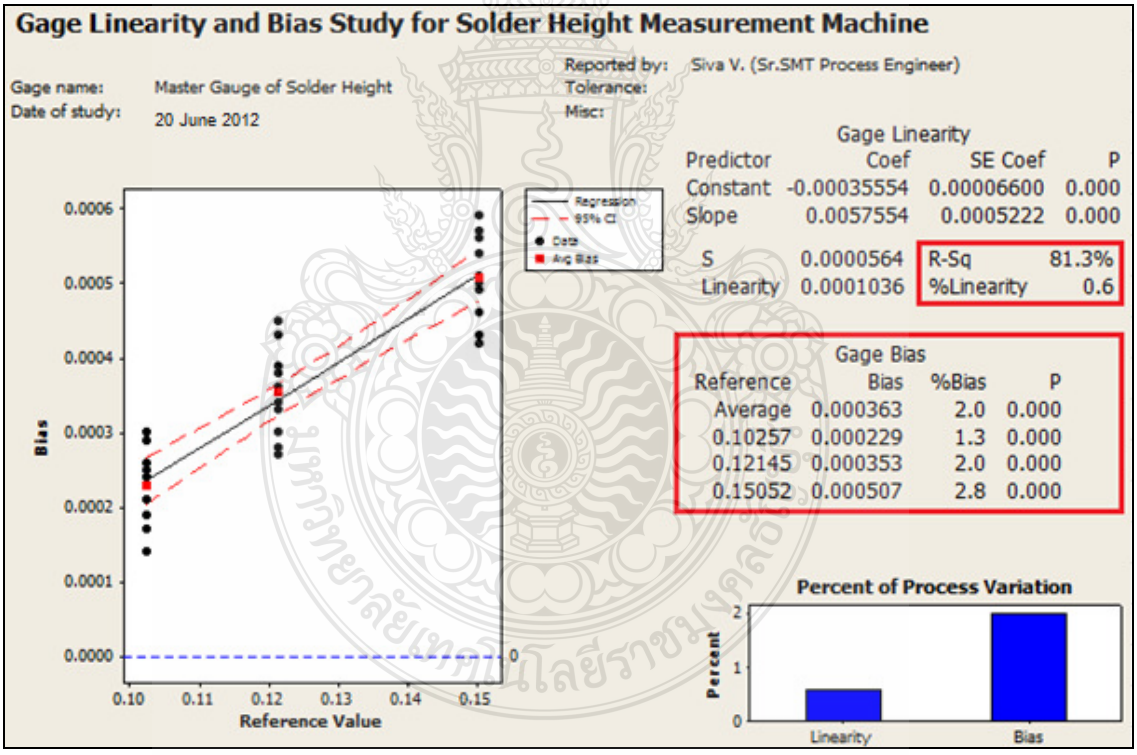
ค. เลือกพนักงานที่ผ่านการอบรมมาแล้ว 1 คน ให้เป็นผู้วัดค่าความสูงมาตรฐาน

ง. ทำการวัดค่าความสูงมาตรฐานจำนวน 10 ครั้งต่อตัวอย่าง โดยเป็นการทดลองแบบสุ่มซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 ข้อมูลการวัดค่าความสูงมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ค่าความเอนเอียงและสมบัติเชิงเส้นตรง

ชิ้น	การวัดครั้งที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.10281	0.10286	0.10271	0.10287	0.10283	0.10274	0.10282	0.10278	0.10281	0.10276
2	0.12190	0.12183	0.12173	0.12179	0.12184	0.12188	0.12172	0.12181	0.12178	0.12175
3	0.15102	0.15095	0.15106	0.15103	0.15094	0.15101	0.15109	0.15098	0.15111	0.15108

(หน่วย: มม.)



ภาพที่ 4.66 ผลการวิเคราะห์ค่าความเอนเอียงและสมบัติเชิงเส้นของเครื่องวัดความสูงดีบุก

จากผลการทดลองในภาพที่ 4.66 พบว่าค่าเอนเอียง (Bias) ของระบบการวัดมีความเบี่ยงเบนในการวัดค่าความสูงห่างจากค่าอ้างอิงเทียบกับความผันแปรของกระบวนการมีค่าเท่ากับ

2.0 % หมายถึง หากค่าความแตกต่างของความสูงดีบุกในกระบวนการมีค่า 100 หน่วย จะมีค่าความคลาดเคลื่อนจากคุณสมบัติความเอนเอียง (Bias) ของระบบการวัดเกิดขึ้นอยู่เท่ากับ 2 หน่วย ซึ่งถือว่าเป็นเกณฑ์ที่ดีมาก (เกณฑ์ < 5 %)

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Sq) พบว่ามีค่าเท่ากับ 81.3 % หมายถึง หากความผันแปรทั้งหมดของระบบการวัดมีค่า 100 หน่วย จะเป็นค่าความผันแปรที่สามารถอธิบายได้ด้วยค่าอ้างอิง 81.3 หน่วย และไม่สามารถอธิบายได้ว่าเกิดจากสาเหตุใด 18.7 หน่วย แสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากการทดลองนี้มีคุณภาพเพียงพอที่จะใช้อธิบายความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าอ้างอิงกับค่าเอนเอียง (Bias) ได้ แล้วจากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้น (Linearity) พบว่า เปอร์เซ็นต์เชิงเส้นตรงเทียบกับความผันแปรของกระบวนการมีค่าเท่ากับ 0.6 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัดค่าความสูงดีบุกอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก (เกณฑ์ < 5 %)

2) การวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ (Stability) ของระบบการวัด

ก. เลือกความสูงมาตรฐานที่ใช้ทดสอบ 1 ค่าคือ 0.12145 มม.

ข. ใช้เครื่องวัดค่าความสูงดีบุกที่ใช้งานประจำ 1 เครื่อง

ค. ทำการวัดความสูงมาตรฐานดังกล่าว 2 วันต่อครั้งๆละ 5 ข้อมูล โดยเก็บข้อมูลทั้งหมด 20 ตัวอย่าง (ในช่วงเวลาทำงานวิจัยในส่วนที่ 3) แสดงผลดังตารางที่ 4.30

การเลือกความสูงมาตรฐานจะพิจารณาจากความสูงที่ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการศึกษา ซึ่งค่าความสูงของดีบุกในผลิตภัณฑ์รุ่น Helios 3.0 ถูกกำหนดไว้ที่ 0.125 มม. ตามความหนาของแบบพิมพ์ดีบุก (Stencil Thickness) และความถี่ที่กำหนดขึ้นนี้ได้พิจารณาจากความถี่ในการใช้งานเครื่องวัดความสูงดีบุก นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยที่อาจทำให้ความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดเปลี่ยนแปลงไปในตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

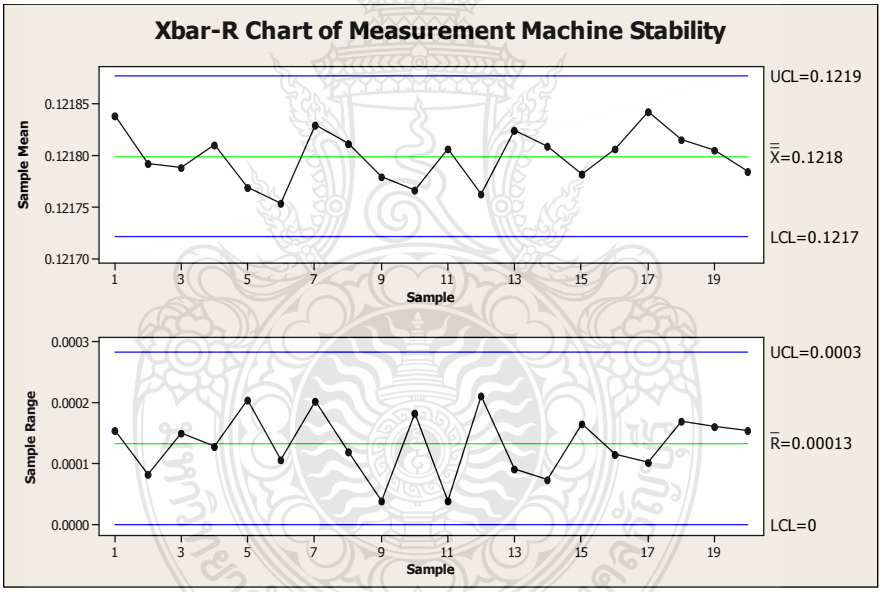
ตารางที่ 4.30 ข้อมูลการวัดค่าความสูงมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ

	22 Jul	24 Jul	26 Jul	28 Jul	30 Jul	1 Aug	3 Aug	5 Aug	7 Aug	9 Aug
1	0.12176	0.12176	0.12178	0.12180	0.12175	0.12171	0.12184	0.12180	0.12181	0.12173
2	0.12191	0.12182	0.12175	0.12186	0.12180	0.12181	0.12189	0.12188	0.12177	0.12185
3	0.12186	0.12175	0.12174	0.12187	0.12174	0.12178	0.12170	0.12178	0.12179	0.12186
4	0.12187	0.12179	0.12177	0.12177	0.12168	0.12177	0.12181	0.12176	0.12177	0.12173
5	0.12180	0.12184	0.12189	0.12174	0.12188	0.12170	0.12191	0.12183	0.12177	0.12167

ตารางที่ 4.30 ข้อมูลการวัดค่าความสูงมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ (ต่อ)

	11 Aug	13 Aug	15 Aug	17 Aug	19 Aug	21 Aug	23 Aug	25 Aug	27 Aug	29 Aug
1	0.12181	0.12173	0.12184	0.12186	0.12185	0.12185	0.12186	0.12187	0.12176	0.12176
2	0.12179	0.12175	0.12179	0.12182	0.12184	0.12183	0.12183	0.12170	0.12191	0.12172
3	0.12180	0.12190	0.12182	0.12178	0.12168	0.12173	0.12180	0.12180	0.12175	0.12183
4	0.12183	0.12175	0.12180	0.12179	0.12177	0.12183	0.12190	0.12187	0.12179	0.12187
5	0.12181	0.12169	0.12188	0.12180	0.12177	0.12179	0.12182	0.12183	0.12182	0.12175

(หน่วย: มม.)



ภาพที่ 4.67 ผลการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของเครื่องมือวัดด้วยแผนภูมิควบคุม X Bar – R

พิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R Chart) พบว่าสภาวะอยู่ภายใต้การควบคุมแสดงว่าระบบการวัดมีเสถียรภาพที่ดีและมีความสม่ำเสมอที่ดี พิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (X Bar Chart) พบว่าสภาวะอยู่ภายใต้การควบคุมก็แสดงว่าระบบการวัดไม่มีปัญหาด้านความถูกต้องในค่าวัด หมายถึงค่าเอนเอียงที่เกิดขึ้นทำให้ค่าวัดแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นสรุปว่าระบบการวัดมีความสามารถในการวัดอย่างสม่ำเสมอภายในระยะเวลาที่กำหนด

3) การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของระบบการวัด

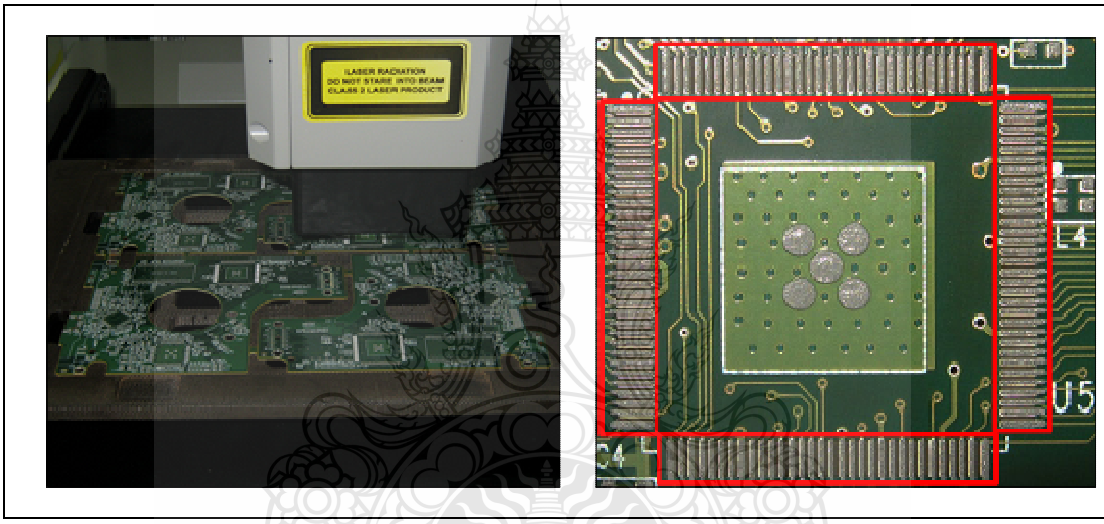
ก. เลือกวิศวกรที่ทำการวัดความสูงดีบุกประจำในกระบวนการประกอบมา 2 คน

ข. ใช้เครื่องวัดค่าความสูงดีบุกที่ใช้งานประจำ 1 เครื่อง

ค. เลือกชิ้นงานแบบสุ่มตลอดช่วงความแปรผันของกระบวนการทั้งหมด 10 ชิ้น

ง. ทำการวัดความสูงของดีบุกที่พิมพ์ลงบนแผ่นวงจรในตำแหน่งของอุปกรณ์ IC-U5 ทีละชิ้นทั้งหมด 10 ชิ้นแบบสุ่ม โดยการวัดแต่ละชิ้นจะได้ค่าความสูงทั้งหมด 8 ค่า (ข้อจำกัดของเครื่อง) แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย จากนั้นทำการวัดซ้ำในรอบที่ 2 ด้วยลักษณะเดียวกัน

จ. ให้พนักงานคนที่ 2 วัดความสูงดีบุกเหมือนคนที่ 1 และบันทึกข้อมูลในตาราง 4.31



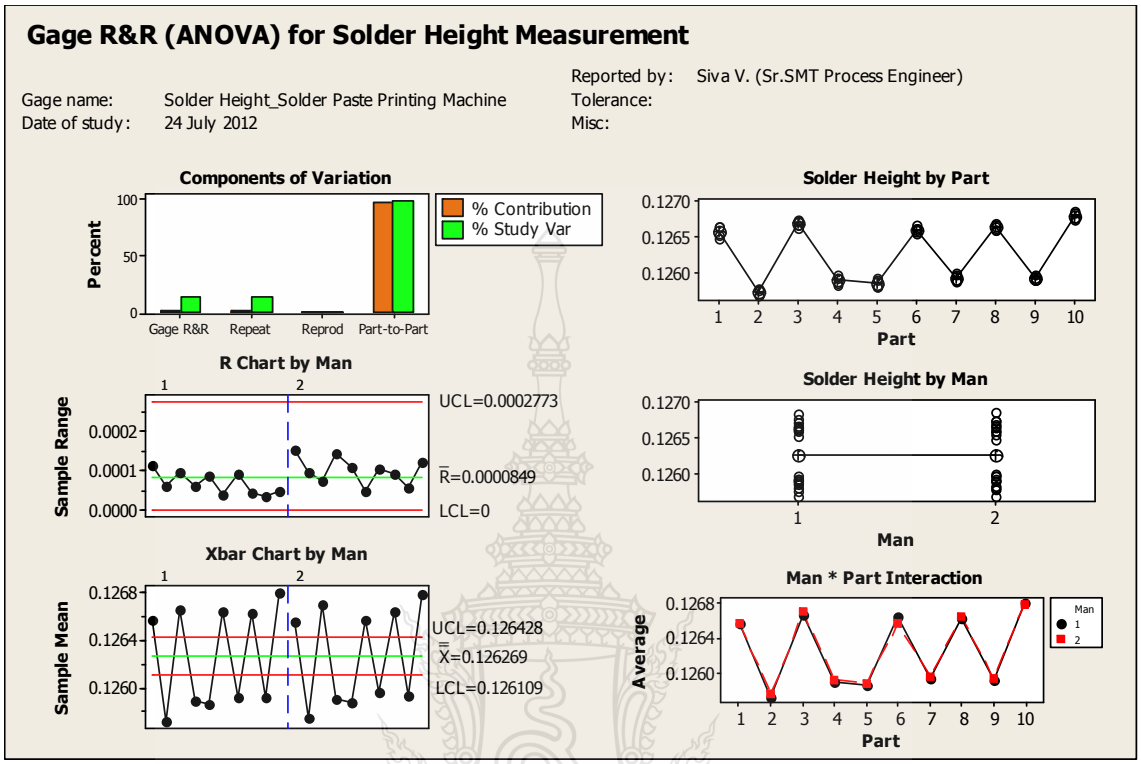
ภาพที่ 4.68 การวัดความสูงดีบุกที่ถูกพิมพ์ในตำแหน่ง IC-U5 โดยใช้เครื่องวัดแบบเลเซอร์

ตารางที่ 4.31 ผลการวัดความสูงดีบุกในตำแหน่งอุปกรณ์ IC-U5 เพื่อวิเคราะห์ความเที่ยงตรง

ชิ้นงานที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
คน	ครั้ง										
1	1	0.12652	0.12570	0.12671	0.12592	0.12581	0.12667	0.12597	0.12665	0.12594	0.12682
1	2	0.12663	0.12576	0.12662	0.12586	0.12590	0.12663	0.12588	0.12661	0.12590	0.12677
2	1	0.12649	0.12580	0.12675	0.12599	0.12593	0.12659	0.12602	0.12660	0.12597	0.12673
2	2	0.12664	0.12570	0.12667	0.12584	0.12583	0.12654	0.12591	0.12669	0.12591	0.12685

(หน่วย: มม.)

จากผลการวัดความสูงดีบุกทำการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมมินิแทปได้ผลลัพธ์ดังนี้



ภาพที่ 4.69 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล Gage R&R ด้วยกราฟผ่านโปรแกรมมินิแทป

พิจารณาแผนภูมิควบคุมพิสัย (R Chart) พบว่าข้อมูลทั้งหมดอยู่ภายในเส้นควบคุม (Control Limit) แสดงว่าระบบการวัดนั้นมีความสามารถในการวัดละเอียดได้เพียงพอหรือมีความสามารถในการแยกความแตกต่างของค่าวัดได้ พิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (X Bar Chart) พบว่าจุดข้อมูลส่วนมากออกนอกพิกัดควบคุมและไม่มีรูปแบบ ซึ่งแสดงว่าความผันแปรส่วนใหญ่มาจากความแตกต่างของสิ่งตัวอย่างเป็นหลัก มิได้เกิดจากระบบการวัด พิจารณาแผนภาพอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานกับชิ้นงานพบว่าค่าความสูงที่วัดได้มีผลไปในทิศทางเดียวกัน แสดงว่าพนักงานวัดไม่มีอิทธิพลร่วมกับชิ้นงาน พิจารณาแผนภาพที่พล็อตเทียบค่าความสูงกับชิ้นงานพบว่าไม่มีรูปแบบที่แน่นอน แสดงว่าการทดลองเป็นไปแบบสุ่ม และแผนภาพที่พล็อตเทียบระหว่างพนักงานทั้งสองคนพบว่ามีระดับค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยที่ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าการวัดค่าความสูงของพนักงานทั้งสองคนไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรง (Gage R&R) ด้วยวิธี ANOVA ผ่านโปรแกรมมินิแทป

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	0.0000063	0.0000007	544.907	0.000
Man	1	0.0000000	0.0000000	0.447	0.521
Part * Man	9	0.0000000	0.0000000	0.310	0.962
Repeatability	20	0.0000001	0.0000000		
Total	39	0.0000064			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	0.0000063	0.0000007	215.242	0.000
Man	1	0.0000000	0.0000000	0.176	0.678
Repeatability	29	0.0000001	0.0000000		
Total	39	0.0000064			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000000	1.83
Repeatability	0.0000000	1.83
Reproducibility	0.0000000	0.00
Man	0.0000000	0.00
Part-To-Part	0.0000002	98.17
Total Variation	0.0000002	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0000572	0.0002947	13.54
Repeatability	0.0000572	0.0002947	13.54
Reproducibility	0.0000000	0.0000000	0.00
Man	0.0000000	0.0000000	0.00
Part-To-Part	0.0004188	0.0021568	99.08
Total Variation	0.0004227	0.0021768	100.00

Number of Distinct Categories = 10

พิจารณาค่าการแยกประเภทข้อมูล (Number of Distinct Categories) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10 หมายความว่า ระบบการวัดค่าความสูงดีบุกที่ศึกษามีความสามารถในการแยกข้อมูลที่มีความแตกต่างได้ 10 ประเภท (มากกว่าเกณฑ์ที่ 4 ประเภท) แสดงว่าเครื่องมือวัดสามารถตรวจจับความผันแปรในกระบวนการได้ดี สามารถนำค่าความผันแปรไปใช้วิเคราะห์ต่อได้ข้อมูลน่าเชื่อถือ

พิจารณาค่าความผันแปรเครื่องมือวัด (Contribution) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.83 % หมายความว่าค่าวัดที่ได้จากเครื่องวัดความสูงดีบุกมีความผันแปรเนื่องจากเครื่องมือวัดเพียง 1.83 % ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับที่ไม่เกิน 2 % แสดงว่าสามารถนำเครื่องวัดนี้ไปใช้ทำการทดลองได้

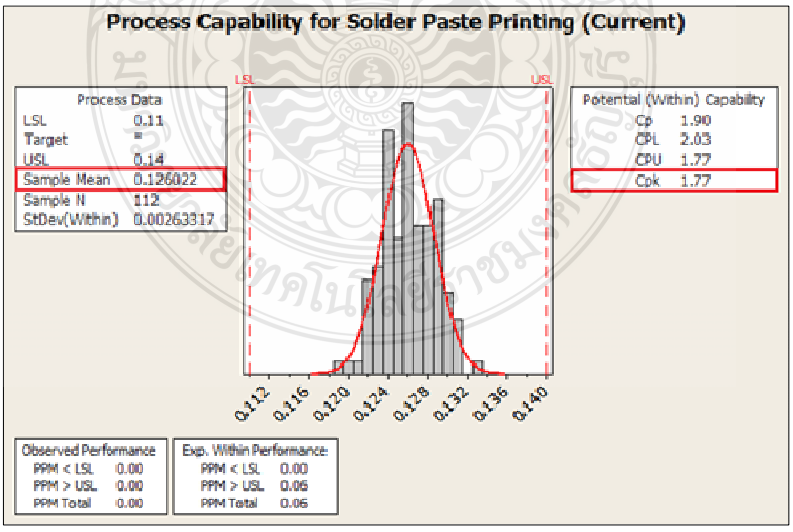
พิจารณาความผันแปรของกระบวนการ (P/TV) พบว่า ความผันแปรจากกระบวนการมีค่าร้อยละ 99.08 และความผันแปรจากระบบการวัดมีค่าร้อยละ 13.54 ซึ่งมีผลจากการวัดซ้ำชิ้นงานเดิม (Repeatability) ทั้งหมด

วิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่าง โดยพิจารณาจากค่า P-Value พบว่ามีค่า 0.962 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ หมายความว่า อิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ พิจารณาค่า P-Value ของพนักงานวัดมีค่า 0.521 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ หมายความว่าพนักงานทั้งสองคนทำการวัดค่าความสูงดีบุกได้ไม่แตกต่างกัน และพิจารณาค่า P-Value ของสิ่งตัวอย่างมีค่า 0.00 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ หมายความว่าสิ่งตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมาจากความจงใจในการเลือกสิ่งตัวอย่างให้มีความแตกต่างกัน

2. ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

1) ความสามารถกระบวนการของดีบุกครีมที่ใช้ปัจจุบัน

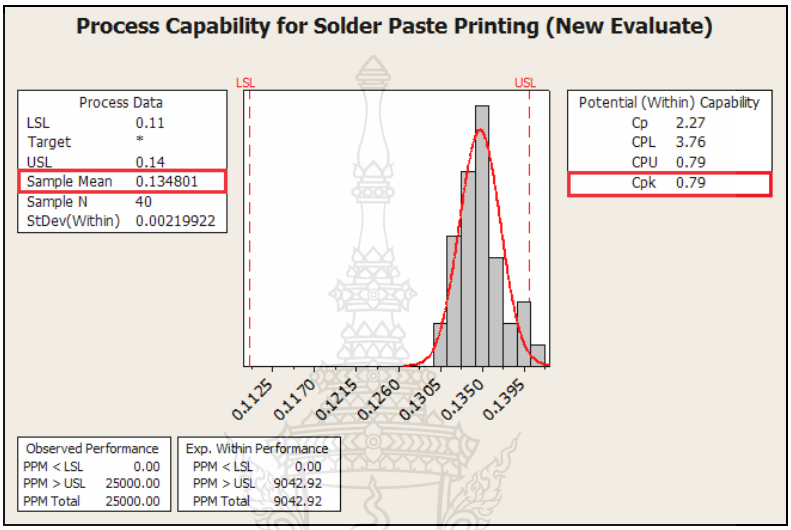
สำหรับผลิตภัณฑ์รุ่น Helios 3.0 ได้มีข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) ของค่าความสูงดีบุกที่พิมพ์บนชิ้นงานไว้ที่ 0.125 +/- 0.015 มม. ซึ่งเก็บข้อมูลจากสายผลิตที่ 1 ด้วยความถี่วันละ 2 ครั้งๆละ 4 ข้อมูลรวม 14 วัน ได้ค่าเฉลี่ยความสูงคือ 0.1260 มม.และค่า C_{pk} เท่ากับ 1.77



ภาพที่ 4.70 ดัชนีชี้วัดความสามารถกระบวนการ (C_{pk}) การพิมพ์ดีบุกในปัจจุบัน

2) ความสามารถกระบวนการของดีบุกครีมทดสอบใหม่

ทดลองพิมพ์ดีบุกครีมใหม่ในสายผลิตที่ 1 โดยคงค่าพารามิเตอร์ของปัจจัยไว้ตามเดิม แล้ววัดค่าความสูงดีบุกจำนวน 40 ข้อมูล จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยและค่า C_{pk} โดยใช้ค่าของข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) เท่าเดิม ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1348 มม. และค่า C_{pk} เท่ากับ 0.79



ภาพที่ 4.71 ดัชนีชี้วัดความสามารถกระบวนการ (C_{pk}) การพิมพ์ดีบุกของการทดสอบใหม่

เปรียบเทียบค่าความสามารถกระบวนการ พบว่ายี่ห้อทดสอบใหม่ให้ค่า C_{pk} เท่ากับ 0.79 ซึ่งน้อยกว่าค่าปัจจุบันที่ 1.77 เนื่องจากให้ค่าความสูงดีบุกเฉลี่ยมากขึ้นคือ 0.1348 มม. จึงทำให้กลุ่มข้อมูลขยับเข้าใกล้ขีดจำกัดบน (USL) ดังภาพที่ 4.71 ดังนั้นจึงต้องทำการทดลองเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ของปัจจัยสำหรับใช้งานเครื่องพิมพ์ดีบุกกับดีบุกครีมใหม่แล้วได้ค่าตอบสนอง (Response) หรือค่า C_{pk} ที่ใกล้เคียงกับปัจจุบัน และต้องไม่ส่งผลกระทบกับคุณภาพของสินค้าด้วย

ตารางที่ 4.33 ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรที่ใช้กับขั้นตอนการพิมพ์ดีบุกในปัจจุบัน

ปัจจัย	ค่าพารามิเตอร์
1. ความเร็วการปาดดีบุก	85 มม. / วินาที
2. แรงกดใบปาดดีบุก	7.0 กิโลกรัมแรง
3. ระยะห่างการพิมพ์	0.0 มม.
4. ความเร็วแยกจาก	5.0 มม. / วินาที
5. ความห่างแยกจาก	5.0 มม.

3) เป้าหมายค่าความสูงดีบุกที่ต้องการ

เนื่องจากค่าความสูงดีบุกเฉลี่ยในปัจจุบันมีค่าเท่ากับ 0.1260 มม. แล้วส่งผลให้ได้ค่า C_{pk} = 1.77 เมื่อเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะของลูกค้า ดังนั้นเมื่อต้องการเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่จึงต้องทำการปรับพารามิเตอร์ของปัจจัยสำหรับเครื่องพิมพ์ดีบุกให้ได้ค่าความสูงใกล้เคียงกับค่าเดิมหรืออยู่ในจุดที่ยอมรับได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ค่า C_{pk} เป็นตัวกำหนดโดยค่าต่ำสุดที่ลูกค้ายอมรับคือ 1.30 และเมื่อคำนวณหาความสูงดีบุกมากสุดที่ยอมรับได้ โดยกำหนดให้ขีดจำกัดบน (USL) เท่ากับ 0.14 มม. ขีดจำกัดล่าง (LSL) เท่ากับ 0.11 มม. และ σ เท่ากับ 0.00263 มม. จะได้ค่าความสูงเท่ากับ 0.1297 มม. ดังนั้นเป้าหมายของค่าความสูงดีบุกในการปรับพารามิเตอร์เครื่องจักรเพื่อใช้กับดีบุกครีมใหม่คือช่วง 0.1260 ถึง 0.1297 มม. โดยต้องปรับให้ค่าตอบสนองมีค่าเฉลี่ยลดลงจากเดิมซึ่งอยู่ที่ 0.1348 มม.

ตารางที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความสูงดีบุกกับค่า C_{pk} ที่ต้องการ

	ค่าเฉลี่ยความสูงดีบุก	C_{pk} ที่คำนวณได้
ค่าในอุดมคติ	0.1250 มม.	1.90
ค่าดีที่สุดที่ทำได้	0.1260 มม.	1.77
ค่าที่ยอมรับได้	0.1297 มม.	1.30

4.6.3 การวิเคราะห์กระบวนการ (Analyze Phase)

ดีบุกครีมต่างยี่ห้อกันอาจมีสมบัติทางเคมีเหมือนกันแต่ลักษณะทางกายภาพอาจแตกต่างกันเช่นความหนืด (Viscosity) หรือขนาดของเม็ดดีบุกที่เป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะส่งผลต่อการปรับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรเพื่อให้ได้ค่าความสูงดีบุกที่พิมพ์ลงบนชิ้นงานตามต้องการ ดังนั้นต้องทำการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงดีบุกสำหรับการเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่พร้อมทั้งหาค่าระดับที่เหมาะสมของปัจจัย โดยกำหนดค่าตอบสนอง (Response) คือค่าความสูงดีบุก (Solder Height) ที่พิมพ์ลงบนแผงวงจรในตำแหน่งจุดเชื่อมของอุปกรณ์ IC-U5 เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่มีระยะห่างของจุดเชื่อมต่อแต่ละจุดใกล้กันมากที่สุดคือ 0.2 มม.และมีจำนวนจุดเชื่อมต่อมากที่สุดซึ่งอาจเกิดปัญหาการเชื่อมต่อดีบุกของจุดเชื่อมข้างเคียง (Solder Bridging) หากค่าเฉลี่ยความสูงดีบุกมากจนเกินไป ผู้วิจัยได้แบ่งปัจจัยออกเป็น 2 ประเภท คือปัจจัยควบคุมและปัจจัยผันแปรดังนี้

1. ปัจจัยควบคุม (Fixed Factor)

1) แบบพิมพ์ (Stencil) ความหนา 0.125 มม.

2) ปริมาณดีบุกครีมที่ใช้ทดลอง 500 กรัม

3) ใบปาดดีบุก (Squeegee) ขนาดยาว 30 ซม.

2. ปัจจัยผันแปร (Variable Factor)

1) ความเร็วการปาดดีบุก คือความเร็วในการปาดดีบุกครีมให้ไหลลงในช่องแบบพิมพ์

2) แรงกดใบปาดดีบุก คือแรงกดที่ใบปาดกระทำต่อแบบพิมพ์ขณะปาดดีบุกครีม

3) ระยะห่างการพิมพ์ คือระยะห่างของแบบพิมพ์กับชิ้นงานในขณะปาดดีบุกครีม

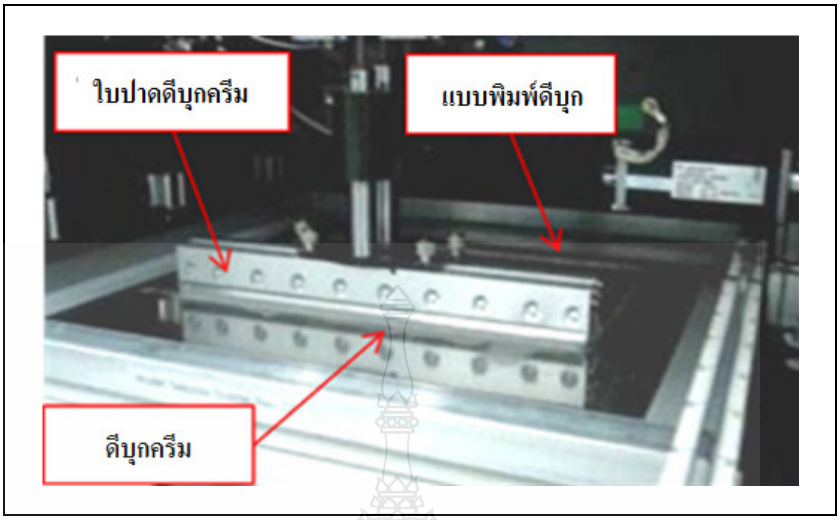
4) ความเร็วแยกจาก คือความเร็วการแยกตัวจากแบบพิมพ์ของชิ้นงาน

5) ความห่างแยกจาก คือความห่างการแยกตัวจากแบบพิมพ์ของชิ้นงาน

ทำการทดสอบปัจจัยผันแปรทั้ง 5 ปัจจัย เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุกด้วยการทดลองแบบ 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Design) ซึ่งกำหนดค่าระดับสูงสุดและต่ำสุดของปัจจัยให้อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์ในปัจจุบันแสดงในตารางที่ 4.35 โดยกำหนด E = ABCD และทดลองซ้ำ 2 ครั้งแบบสุ่ม ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.36

ตารางที่ 4.35 ค่าระดับของปัจจัยในการทดลองแบบ 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน

Factor	ปัจจัย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
A	ความเร็วการปาดดีบุก (มม./วินาที)	70	90
B	แรงกดใบปาดดีบุก (กิโลกรัมแรง)	6	9
C	ระยะห่างการพิมพ์ (มม.)	0	1
D	ความเร็วแยกจาก (มม./วินาที)	5	10
E	ความห่างแยกจาก (มม.)	2	5



ภาพที่ 4.72 การพิมพ์ดีบุกครีมลงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 4.36 ผลของการทดลองแบบ 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน

Factor					Treatment	Replicate	
A	B	C	D	E	Combination	I	II
-	-	-	-	+	e	0.1467	0.1334
+	-	-	-	-	a	0.1498	0.1486
-	+	-	-	-	b	0.1235	0.1246
+	+	-	-	+	abe	0.1311	0.1413
-	-	+	-	-	c	0.1469	0.1463
+	-	+	-	+	ace	0.1532	0.1522
-	+	+	-	+	bce	0.1299	0.1316
+	+	+	-	-	abc	0.1354	0.1369
-	-	-	+	-	d	0.1475	0.1464
+	-	-	+	+	ade	0.1479	0.1487
-	+	-	+	+	bde	0.1232	0.1265
+	+	-	+	-	abd	0.1308	0.1325
-	-	+	+	+	cde	0.1498	0.1484
+	-	+	+	-	acd	0.1519	0.1499
-	+	+	+	-	bcd	0.1287	0.1301
+	+	+	+	+	abcde	0.1357	0.1363

นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมมินิแทปซึ่งแสดงผลดังนี้

Factorial Fit: Solder Thickness versus A, B, C, D, E

Estimated Effects and Coefficients for Solder Thickness (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.139553	0.000554	252.02	0.000
A	0.006169	0.003084	0.000554	5.57	0.000
B	-0.016844	-0.008422	0.000554	-15.21	0.000
C	0.003794	0.001897	0.000554	3.43	0.003
D	0.000181	0.000091	0.000554	0.16	0.872
E	0.000381	0.000191	0.000554	0.34	0.735
A*B	0.001569	0.000784	0.000554	1.42	0.176
A*C	-0.001194	-0.000597	0.000554	-1.08	0.297
A*D	-0.002031	-0.001016	0.000554	-1.83	0.085
A*E	0.000944	0.000472	0.000554	0.85	0.407
B*C	0.000094	0.000047	0.000554	0.08	0.934
B*D	-0.001494	-0.000747	0.000554	-1.35	0.196
B*E	0.001256	0.000628	0.000554	1.13	0.273
C*D	-0.000381	-0.000191	0.000554	-0.34	0.735
C*E	0.000994	0.000497	0.000554	0.90	0.383
D*E	-0.000544	-0.000272	0.000554	-0.49	0.630

S = 0.00313244 PRESS = 0.00062798
R-Sq = 94.70% R-Sq(pred) = 78.79% R-Sq(adj) = 89.73%

ภาพที่ 4.73 ผลวิเคราะห์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุกแบบ 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน

จากผลการทดสอบในภาพที่ 4.73 วิเคราะห์ผลโดยใช้ค่าตอบสนอง (Response) คือค่าความสูงดีบุกที่พิมพ์ลงบนชิ้นงาน สามารถสรุปผลได้ว่ามีเพียง 3 ปัจจัยเท่านั้นที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสูงดีบุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากมีค่าของ P-Value น้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ คือ ความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) แรงกดใบปาดดีบุก (Print Force) และระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมมินิแทปแสดงในภาคผนวก ค

นำปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสูงของดีบุกมาทำการแยกอันตรกิริยาของคู่แฝดแฝง (Alias) ซึ่งโครงสร้างความสัมพันธ์อันตรกิริยาของคู่แฝดแฝง (Alias Structure) แสดงในภาคผนวก ค โดยมีกฎเกณฑ์ในการแยกทั้งหมด 3 ข้อด้วยกันคือ

1. Main Factor กับ 3 way Interaction ขึ้นไป ให้ถือว่าเป็น Effect ของ Main Factor
2. Interaction กับ Interaction ที่มี Order ไม่เท่ากัน ให้ถือเป็น Effect ของตัวที่ Order น้อย

3. Interaction กับ Interaction ที่มี Order เท่ากัน ให้ใช้เกณฑ์ดังนี้

1) ถ้ามีความรู้ก่อนหน้าจากการแยก Main Factor เพียงพอก็สามารถแยก Alias ได้

2) ถ้าความรู้ก่อนหน้าไม่เพียงพอก็ไม่สามารถแยกได้ ต้องทดลองเพิ่มอีก 1 เท่าตัว

ผลของการแยก Alias สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสูงดีบุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือ ความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) แรงกดใบปาดดีบุก (Print Force) และระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) ดังแสดงผลในตารางที่ 4.37

ตารางที่ 4.37 ผลการแยก Alias ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสูงดีบุก

ปัจจัยที่ Significant	Alias Structure	โดยกฎการแยก Alias เป็น Effect ของ
A (Printing Speed)	A + BCDE	A ตามกฎข้อ 1
B (Print Force)	B + ACDE	B ตามกฎข้อ 1
C (Print Gap)	C + ABDE	C ตามกฎข้อ 1

ลดรูปของการทดลองโดยเลือกเฉพาะปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุก แล้วทำการวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมมินิแทปอีกครั้ง เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของผลการทดลอง

Factorial Fit: Solder Thickness versus A, B, C

Estimated Effects and Coefficients for Solder Thickness (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.139553	0.000551	253.46	0.000
A	0.006169	0.003084	0.000551	5.60	0.000
B	-0.016844	-0.008422	0.000551	-15.30	0.000
C	0.003794	0.001897	0.000551	3.45	0.002

S = 0.00311458 PRESS = 0.000354764
R-Sq = 90.83% R-Sq(pred) = 88.02% R-Sq(adj) = 89.84%

Analysis of Variance for Solder Thickness (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	0.00268926	0.00268926	0.00089642	92.41	0.000
Residual Error	28	0.00027162	0.00027162	0.00000970		
Lack of Fit	4	0.00003352	0.00003352	0.00000838	0.84	0.511
Pure Error	24	0.00023809	0.00023809	0.00000992		
Total	31	0.00296088				

ภาพที่ 4.74 ผลวิเคราะห์หลังลดรูปการทดลอง 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน

จากผลการลดรูปการทดลองดังภาพที่ 4.74 สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้ 1) ค่า Lack of Fit มีค่า P-Value เท่ากับ 0.511 > α = 0.05 แสดงว่า โมเดลการทดลองนี้มีความน่าเชื่อถือ 2) สมการความสัมพันธ์ของการทดลองคือ Y = 0.139554 + 0.003084 (A) – 0.008422 (B) + 0.001897 (C) และ 3) ค่า R-Square (Adj) เท่ากับ 89.84 % หมายถึง สมการความสัมพันธ์ข้างต้นสามารถใช้อธิบายค่าความสูงดีบุกได้ เท่ากับ 89.84%

วิเคราะห์ Response Optimization เพื่อหาค่าระดับที่เหมาะสมของปัจจัยที่ส่งผลกับค่าตอบสนอง โดยกำหนดค่า Parameters ในโปรแกรมมินิแทปตามค่าคำนวณจากตารางที่ 4.34 คือ

1. ค่า Target เท่ากับ 0.1260 มม. (เป็นค่าดีที่สุดที่ทำได้ในปัจจุบัน)
2. ค่า Upper เท่ากับ 0.1297 มม. (เป็นค่าสูงสุดที่ยอมรับได้)
3. ค่า Lower เท่ากับ 0.1250 มม. (เป็นค่าในอุดมคติซึ่งเท่ากับความหนาแบบพิมพ์)

Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Solder Thick	Target	0.125	0.126	0.1297	1	1

Global Solution

A = -1
B = 1
C = -1

Predicted Responses

Solder Thick = 0.12615 , desirability = 0.959459

Composite Desirability = 0.959459

ภาพที่ 4.75 ผลวิเคราะห์หาค่าระดับของปัจจัยจากการทำ Response Optimization

จากการวิเคราะห์ดังภาพที่ 4.75 ค่าความสูงดีบุกที่ใกล้เคียงที่สุดคือ 0.12615 มม. โดยค่าหน่วยรหัส (Code Unit) ที่ได้คือ ปัจจัย A เท่ากับ -1, ปัจจัย B เท่ากับ 1 และปัจจัย C เท่ากับ -1 ซึ่งเทียบเป็นค่าจริงของปัจจัยคือ ความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) เท่ากับ 70 มม./วินาที แรงกดใบปาดดีบุก (Print Force) เท่ากับ 9 กิโลกรัมแรง และระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) เท่ากับ 0 มม. ส่วนปัจจัยที่ไม่ส่งผลกับค่าตอบสนองคือ ความเร็วแยกจาก (Separate Speed) และความห่างแยกจาก (Separate Distance) สามารถเลือกใช้ค่าระดับใดก็ได้ทั้งค่าสูงและค่าต่ำ

4.6.4 การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสูงดีบุกมีเพียง 3 ปัจจัยคือ ความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) แรงกดใบปาดดีบุก (Print Force) และระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) แล้วยังทราบถึงค่าระดับ (Level) ของแต่ละปัจจัยด้วยว่าต้องไปในทิศทางไหนถึงจะได้ค่าความสูงดีบุกตามต้องการ ดังนั้นขั้นตอนนี้จะเป็นการนำปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยมาทำการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป (General Full Factorial Design) ซ้ำอีกครั้ง เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องมากขึ้น แล้วนำไปเป็นค่าพารามิเตอร์สำหรับควบคุมกระบวนการต่อไป

1. กำหนดค่าระดับของปัจจัย

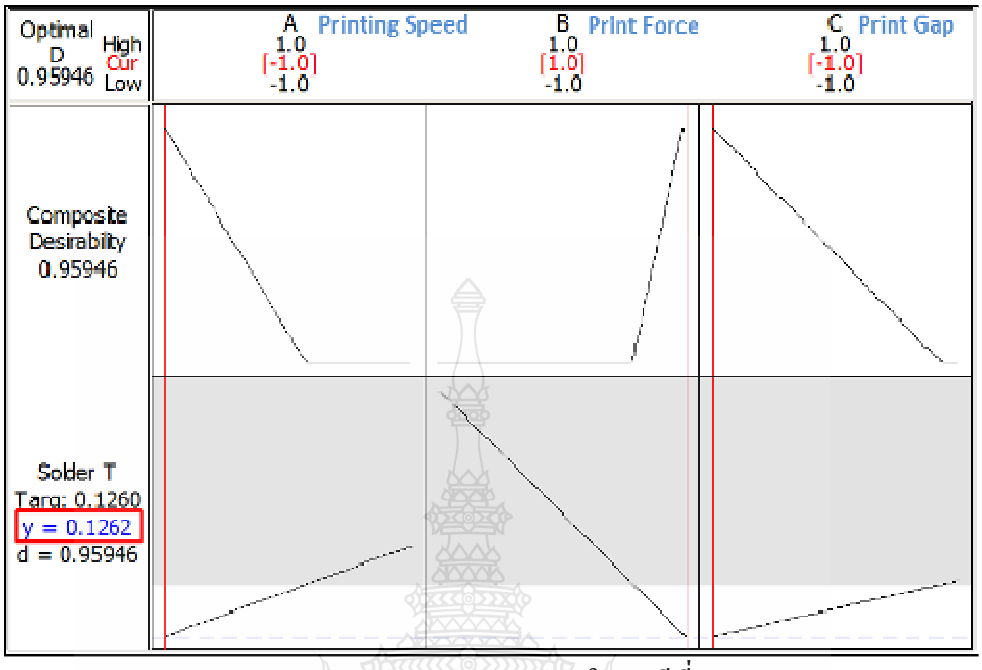
แบ่งค่าระดับของทั้ง 3 ปัจจัย โดยใช้กราฟ Response Optimization กับค่าความสูงเป้าหมายคือช่วง 0.1260 ถึง 0.1297 มม. มาช่วยในการแบ่งค่าระดับของปัจจัย ซึ่งสามารถกำหนดได้เป็น 4 กรณีดังแสดงในตารางที่ 4.38 พิจารณากรณีที่ 1 เป็นค่าระดับของปัจจัยที่ให้ค่าความสูงดีบุกใกล้เคียงกับเป้าหมายมากที่สุดคือ 0.12615 มม. ส่วนค่าพารามิเตอร์ในกรณีที่ 2 ถึง 4 เกิดจากการปรับกราฟ Response Optimization ทีละหนึ่งปัจจัยดังแสดงในภาพที่ 4.76 โดยกำหนดค่าความสูงดีบุกต้องไม่เกิน 0.1297 มม.ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ จากนั้นนำค่าหน่วยรหัส (Code Unit) ที่ได้มาไปเทียบบัญญัติไตรยางศ์กับช่วงค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดในการทดลอง 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วนเพื่อหาค่าจริง

ตารางที่ 4.38 การประเมินค่าความสูงดีบุกโดยการใช้กราฟ Response Optimization

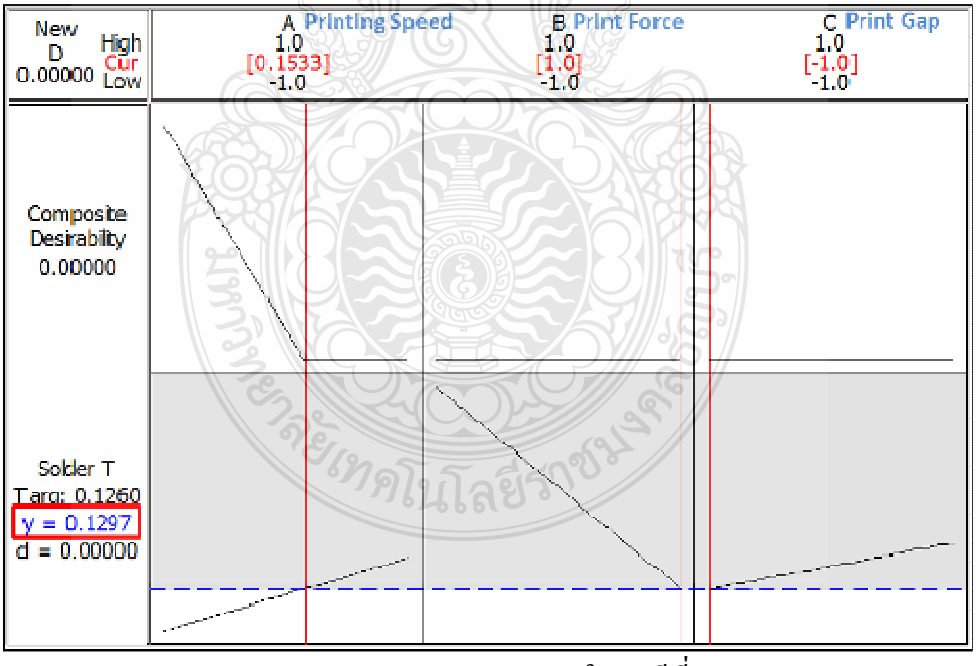
Case	Printing Speed		Print Force		Print Gap		Solder Height
	Code	Value	Code	Value	Code	Value	
1	-1	70.0	1	9.0	-1	0.0	0.12615 mm.
2	0.1533	81.53	1	9.0	-1	0.0	0.12970 mm.
3	-1	70.0	0.5747	8.36	-1	0.0	0.12970 mm.
4	-1	70.0	1	9.0	0.8621	0.93	0.12970 mm.

แบ่งค่าระดับของปัจจัยจากข้อมูลในตารางที่ 4.38 เพื่อใช้ทำการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป (General Full Factorial Design) ซึ่งได้ผลดังนี้

1) ความเร็วการปาดดีบุก แบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 70, 75 และ 80 มม./วินาที
2) แรงกดใบปาดดีบุก แบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ 8.5 และ 9.0 กิโลกรัมแรง
3) ระยะห่างการพิมพ์ แบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ 0.0 และ 0.5 มม.

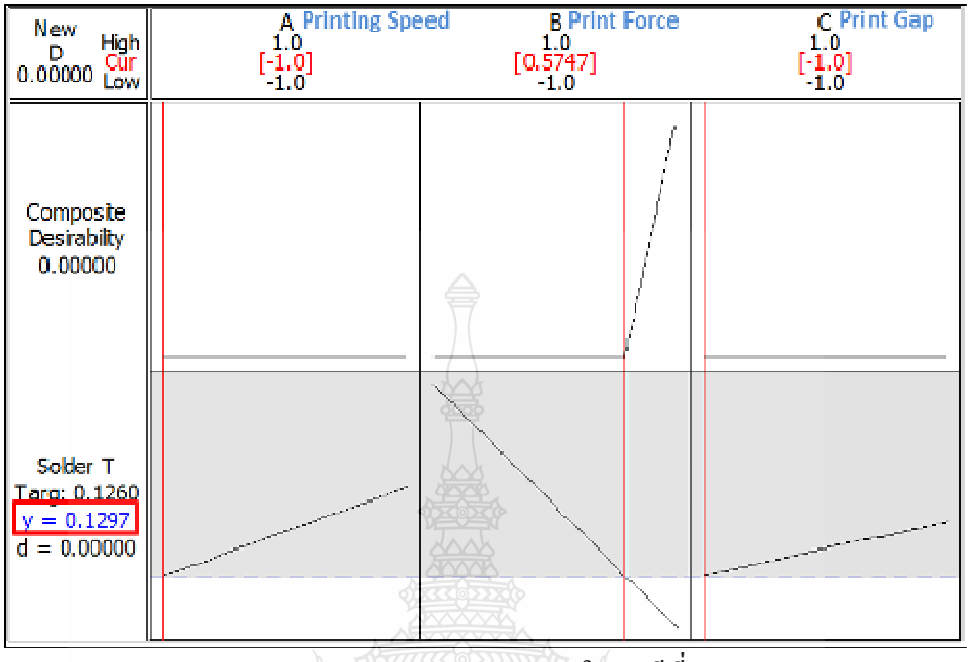


การ Response Optimization ในกรณีที่ 1

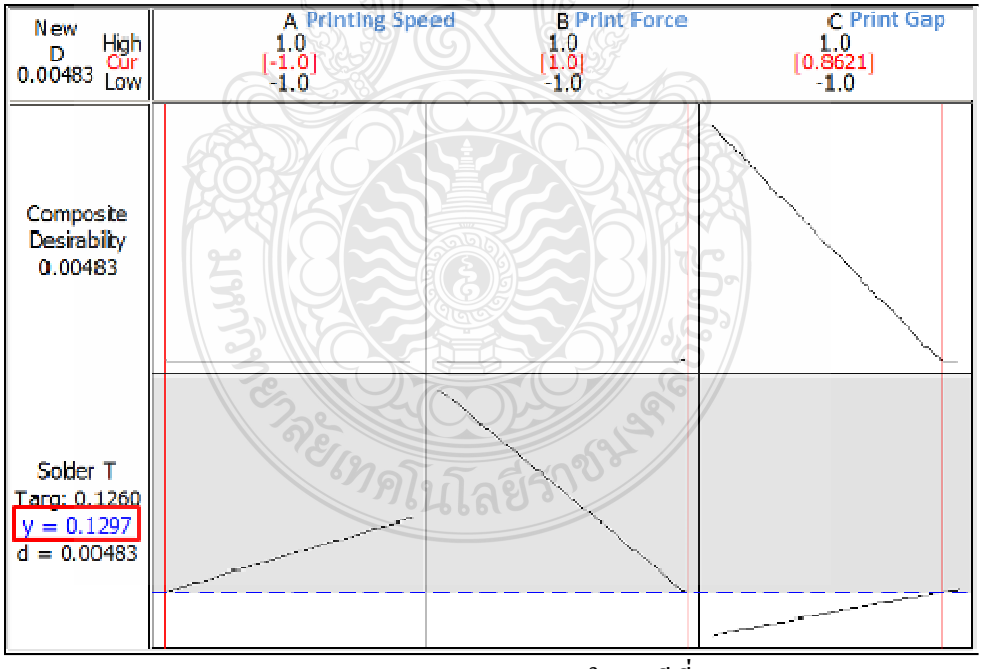


การ Response Optimization ในกรณีที่ 2

ภาพที่ 4.76 การใช้กราฟ Response Optimization เพื่อหาค่าระดับของปัจจัย



การ Response Optimization ในกรณีที่ 3



การ Response Optimization ในกรณีที่ 4

ภาพที่ 4.76 การใช้กราฟ Response Optimization เพื่อหาค่าระดับของปัจจัย (ต่อ)

2. การทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป (General Full Factorial Design)

ทำการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป ซึ่งประกอบด้วย 3 ปัจจัยและทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้งแบบสุ่ม ซึ่งข้อมูลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.39

ตารางที่ 4.39 ผลการทดลองค่าความสูงดีบุกของ 3 ปัจจัยแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป

Printing Speed (mm/s.)	Print Gap = 0.0 mm.		Print Gap = 0.5 mm.	
	Print Force (Kg.f.)		Print Force (Kg.f.)	
	8.5	9.0	8.5	9.0
70	0.1253	0.1249	0.1283	0.1279
	0.1265	0.1259	0.1276	0.1273
75	0.1262	0.1264	0.1307	0.1312
	0.1268	0.1259	0.1305	0.1298
80	0.1301	0.1290	0.1335	0.1332
	0.1297	0.1295	0.1329	0.1326

3. วิเคราะห์ผลการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป

ทำการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมมินิแทปซึ่งแสดงในภาคผนวก ค โดยผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือ ความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) ระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) และอิทธิพลร่วมของความเร็วการปาดดีบุกกับระยะห่างการพิมพ์ (Printing Speed x Print Gap) เนื่องจากมีค่า P-Value < α = 0.05

Source	F	P
Printing Speed	147.49	0.000
Print Force	2.88	0.115
Print Gap	219.70	0.000
Printing Speed*Print Force	0.12	0.888
Printing Speed*Print Gap	7.73	0.007
Print Force*Print Gap	0.32	0.582
Printing Speed*Print Force*Print Gap	0.02	0.983
Error		
Total		

S = 0.000541218 R-Sq = 97.80% R-Sq(adj) = 95.78%

ภาพที่ 4.77 ผลวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุกแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป

4. ลดรูปการทดลอง (Reduce Model)

ลดรูปการทดลองให้เหลือเพียงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสูงดีบุก แล้ววิเคราะห์ผลซ้ำอีกครั้ง ซึ่งพบว่าค่า R-Sq (adj) มีค่าเท่ากับ 96.38% หมายความว่า ค่าความสูงดีบุกที่เปลี่ยนแปลงมีผลมาจากปัจจัยทั้ง 3 อย่างเท่ากับ 96.38% ถือว่ารูปแบบการทดลองนี้มีความน่าเชื่อถือ

Analysis of Variance for Solder Height, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Printing Speed	2	0.0000864	0.0000864	0.0000432	171.57	0.000
Print Gap	1	0.0000644	0.0000644	0.0000644	255.57	0.000
Printing Speed*Print Gap	2	0.0000045	0.0000045	0.0000023	9.00	0.002
Error	18	0.0000045	0.0000045	0.0000003		
Total	23	0.0001598				

S = 0.000501802 R-Sq = 97.16% R-Sq(adj) = 96.38%

ภาพที่ 4.78 ผลวิเคราะห์ของการลดรูปการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป

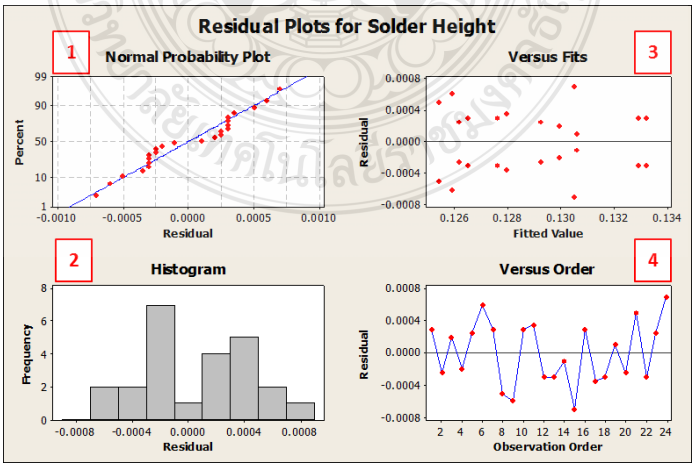
5. วิเคราะห์กราฟของข้อมูล

1) กราฟ Normal Probability Plot มีค่า Residual เกาะกลุ่มกันรอบเส้นตรง 45 องศา แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

2) กราฟ Histogram มีลักษณะเป็นระฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลกระจายตัวแบบปกติ

3) กราฟ Homoscedasticity แสดงความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มมีค่าไม่ต่างกัน

4) กราฟ Independence มีการกระจายตัวของค่าด้านบนกับด้านล่างเท่ากันและมีความเป็นอิสระต่อกันแสดงว่าการทดลองเป็นแบบสุ่ม ข้อมูลน่าเชื่อถือ



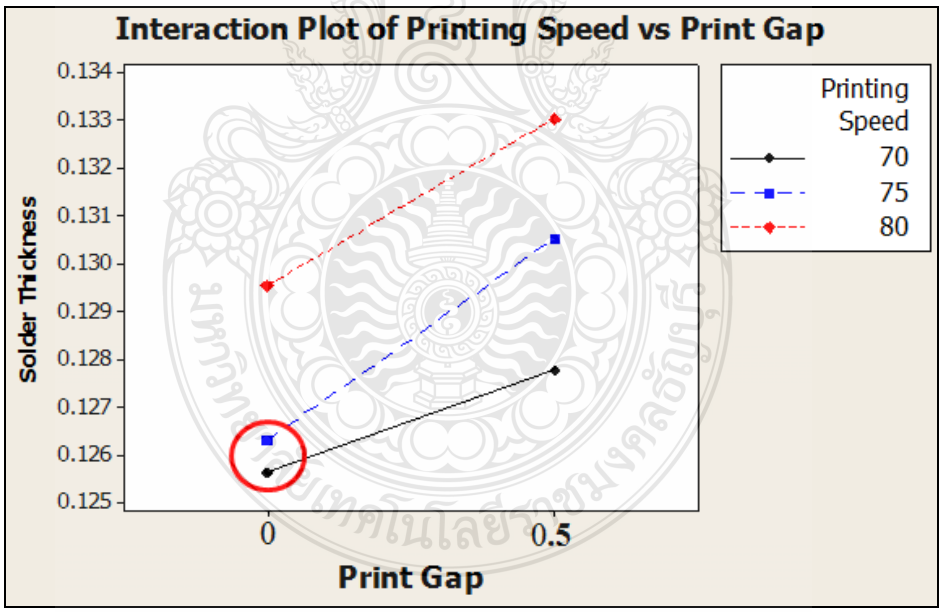
ภาพที่ 4.79 กราฟแสดงลักษณะข้อมูลจากการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป

6. วิเคราะห์ผลการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป

วิเคราะห์ผลการทดลองจากภาพที่ 4.80 หมายความว่า ถ้าต้องการค่าความสูงดีบุกที่ใกล้เคียง 0.1260 มม.ซึ่งเป็นค่าความสูงดีบุกที่ดีที่สุดเท่ากับในปัจจุบัน ต้องกำหนดให้ใช้ปัจจัยระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) เท่ากับ 0.0 มม.โดยสามารถเลือกใช้ปัจจัยความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) เท่ากับ 70 หรือ 75 มม./วินาทีได้ทั้งสองค่า

สรุปผลการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป (General Full Factorial Design) ได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุกคือ ความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) ระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) และอิทธิพลร่วมของความเร็วการปาดดีบุกกับระยะห่างการพิมพ์ (Printing Speed x Print Gap) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งกำหนดค่าระดับของปัจจัยเพื่อให้ได้ค่าความสูงดีบุกใกล้เคียง 0.1260 มม.คือ

1) ความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) เท่ากับ 70 หรือ 75 มม./วินาที
2) แรงกดใบปาดดีบุก (Print Force) เท่ากับ 8.5 หรือ 9.0 กิโลกรัมแรง
3) ระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) เท่ากับ 0.0 มม.



ภาพที่ 4.80 กราฟอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างความเร็วการปาดดีบุกกับระยะห่างการพิมพ์

7. สรุปผลขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ

จากการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงดีบุกโดยพิจารณาที่ตำแหน่งของการประกอบอุปกรณ์ IC – U5 เพื่อมุ่งหวังให้ได้ค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ควบคุมกระบวนการ ในขั้นแรกได้ใช้การทดลองแบบ 2^{k-1} Fractional Factorial Design กับปัจจัยที่ต้องการศึกษา 5 ปัจจัยเพื่อทำการกรองให้เหลือปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าที่ต้องการศึกษาเท่านั้น พบว่ามี 3 ปัจจัยคือ Printing Speed, Print Force และ Print Gap ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความสูงดีบุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนที่เหลืออีก 2 ปัจจัยคือ Separate Speed และ Separate Distance ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงดีบุก

จากนั้นนำทั้ง 3 ปัจจัยข้างต้นมาทำการทดลองแบบ General Full Factorial Design อีกครั้งในขั้นตอนปรับปรุงกระบวนการเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด โดยทำการกำหนดค่าระดับของปัจจัยใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนการวิเคราะห์ ซึ่งหลังจากทดลองแล้วพบว่ามี 2 ปัจจัยเท่านั้นคือ Printing Speed และ Print Gap ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความสูงดีบุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยหลังจากพิจารณาผลการวิเคราะห์และกราฟของการทดลองทั้งสองส่วนจึงสามารถสรุปค่าระดับที่เหมาะสมที่สุดของทั้ง 5 ปัจจัยดังนี้

1) Printing Speed สามารถใช้ได้ทั้ง 70 และ 75 มม. /วินาที ทีมงานวิจัยจึงเห็นว่าควรกำหนดที่ 75 มม. /วินาที เพื่อจะได้ไม่ส่งผลกระทบต่อรอบเวลางานในขั้นตอนการพิมพ์ดีบุก

2) Print Force สามารถใช้ได้ทั้ง 8.5 และ 9.0 กิโลกรัมแรง ทีมงานวิจัยจึงเห็นว่าควรกำหนดที่ 8.5 กิโลกรัมแรง เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของแบบพิมพ์ดีบุกเนื่องจากแรงกดที่สูงจะทำให้แบบพิมพ์ดีบุกเกิดการสึกหรอเร็วขึ้น

3) Print Gap ต้องกำหนดไว้ที่ค่า 0.0 มม. ตามผลการทดลองดังภาพที่ 4.80

4) Separate Speed สามารถใช้ได้ทั้ง 5 และ 10 มม. /วินาที ทีมงานวิจัยจึงเห็นว่าควรกำหนดที่ 5 มม./ วินาที เพราะความเร็วในการแยกจากกันของชิ้นงานกับแบบพิมพ์ที่ต่ำ จะส่งผลให้ดีบุกครีมที่ถูกพิมพ์บนชิ้นงานสามารถคงรูปทรงตามแบบพิมพ์ได้ดีกว่า ซึ่งอาศัยจากประสบการณ์เดิม

5) Separate Distance สามารถใช้ได้ทั้ง 2 และ 5 มม. ทีมงานวิจัยจึงเห็นว่าควรกำหนดที่ 5 มม. เพราะระยะห่างในการแยกจากกันของชิ้นงานกับแบบพิมพ์ที่มากกว่า จะส่งผลให้ดีบุกครีมที่ถูกพิมพ์บนชิ้นงานคงรูปทรงตามแบบพิมพ์ได้ดีกว่า ซึ่งอาศัยจากประสบการณ์เดิม

4.6.5 การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

การทดลองที่ผ่านมาทำให้รู้ถึงค่าระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยในกระบวนการพิมพ์ดีบุก (Solder Paste Printing Process) เพื่อใช้งานกับดีบุกครีมใหม่แล้วได้ค่าความสูงดีบุกและค่า C_{pk} ที่ไม่แตกต่างจากการใช้ดีบุกครีมในปัจจุบันดังแสดงในตารางที่ 4.40 ขั้นตอนต่อไปคือการเฝ้าระวังและควบคุมกระบวนการผลิตในการใช้งานดีบุกครีมใหม่ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.40 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ระหว่างใช้ดีบุกครีมยี่ห้อเดิมกับยี่ห้อใหม่

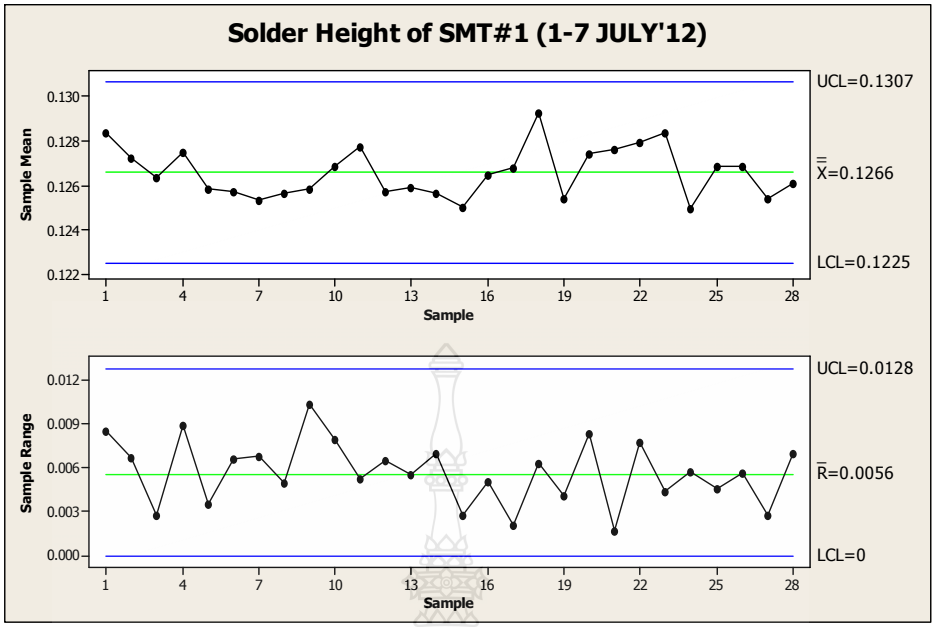
Machine Parameter	Solder Paste (Old)	Solder Paste (New)
1. Printing Speed (mm. /sec)	85	75
2. Print Force (kg. f.)	7.0	8.5
3. Print Gap (mm.)	0.0	0.0
4. Separate Speed (mm. /sec.)	5.0	5.0
5. Separate Distance (mm.)	5.0	5.0

1. การทดลองดีบุกครีมใหม่ในสายผลิตที่ 1

การเปลี่ยนยี่ห้อของดีบุกครีมถือเป็นสิ่งที่สำคัญมากเนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่ใช้ร่วมกับชิ้นงานจึงต้องเฝ้าระวังเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงทดลองเพียงสายผลิตเดียวก่อน เพื่อเก็บข้อมูลเป็นเวลา 7 วัน

1) ข้อมูลค่าเฉลี่ยความสูงดีบุกตั้งแต่ 1 – 7 กรกฎาคม 2555

พิจารณาภาพที่ 4.81 เป็นการควบคุมค่าความสูงดีบุกในการผลิตงานด้วยวิธี X bar – R Chart ซึ่งเก็บข้อมูลทุกๆ 6 ชั่วโมงเป็นเวลา 7 วัน โดยใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 4 พบว่าข้อมูลทุกชุดอยู่ภายในพิกัดควบคุม (Control Limit) แสดงว่าข้อมูลมีการผันแปรภายใต้สาเหตุตามธรรมชาติ จึงสรุปว่ากระบวนการมีเสถียรภาพเพียงพอสามารถนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์ต่อไปได้ และมีค่าเฉลี่ยความสูงดีบุกอยู่ในช่วงเป้าหมายคือ 0.1266 มม. (เป้าหมายคือ 0.1260 ถึง 0.1297 มม.) ซึ่งแสดงว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองสามารถใช้งานได้จริง



ภาพที่ 4.81 การเฝ้าระวังค่าความสูงดีบุกระหว่างวันที่ 1 - 7 กรกฎาคม 2555

2) ปัญหาการเชื่อมต่อดีบุกกับจุดเชื่อมข้างเคียง (Solder Bridging) ของอุปกรณ์ IC-U5

พิจารณาตารางที่ 4.41 เป็นข้อมูลของสิ่งบกพร่องของ Solder Bridging อุปกรณ์ IC-U5 จากการเริ่มใช้ดีบุกครีมใหม่ในสายผลิตที่ 1 เป็นเวลา 7 วัน พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.3% จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลย้อนหลังก่อนใช้ดีบุกยี่ห้อใหม่ว่ามีสัดส่วนของเสียเพิ่มขึ้นหรือไม่ ซึ่งพบปัญหา Solder Bridging อุปกรณ์ IC-U5 ทั้งหมด 132 ชิ้นจากปริมาณการผลิต 51,000 ชิ้นกับการใช้ดีบุกครีมยี่ห้อเดิม

ตารางที่ 4.41 จำนวนปัญหา Solder Bridging อุปกรณ์ IC-U5 จากการใช้ดีบุกครีมใหม่ในสายผลิตที่ 1

	1 July	2 July	3 July	4 July	5 July	6 July	7 July
Input	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
IC Bridging	25	18	34	17	15	16	22
% Defect	0.36	0.26	0.49	0.24	0.21	0.23	0.31

ก. เปรียบเทียบสิ่งบกพร่อง Solder Bridging ก่อนและหลังการใช้ดีบุกครีมใหม่

ทำการทดสอบสมมติฐาน โดยตั้งสมมติฐานงานวิจัยว่า “การใช้ดีบุกครีมใหม่ส่งผลให้เกิดของเสีย Solder Bridging กับอุปกรณ์ IC-U5 มากขึ้น”

ตั้งสมมติฐานการทดลอง

$$H_0 : p_1 = p_2$$
$$H_1 : p_1 < p_2 \quad (4.16)$$

โดยกำหนดให้

p_1 = สัดส่วนของเสีย Solder Bridging กับอุปกรณ์ IC-U5 ก่อนใช้ดีบุกครีมใหม่

p_2 = สัดส่วนของเสีย Solder Bridging กับอุปกรณ์ IC-U5 หลังใช้ดีบุกครีมใหม่

หาขนาดของตัวอย่างที่ทำการทดสอบแบบ 2 - Proportion โดยใช้ค่ากำลังทดสอบเท่ากับ 0.90 ซึ่งจะได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 42,711 ตัวอย่าง ดังภาพที่ 4.82

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing proportion 1 = proportion 2 (versus <)
Calculating power for proportion 2 = 0.003
Alpha = 0.05

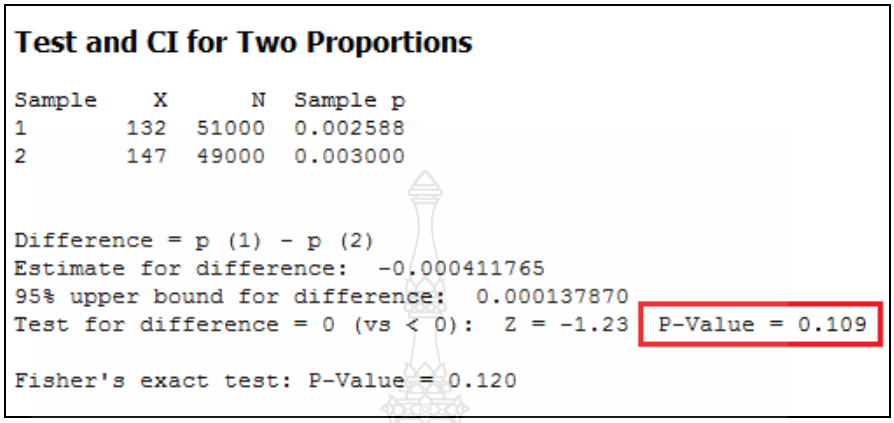
Proportion 1	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.002	30835	0.80	0.800006
0.002	35856	0.85	0.850007
0.002	42711	0.90	0.900004
0.002	53973	0.95	0.950000

The sample size is for each group.

ภาพที่ 4.82 การหาขนาดตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนสิ่งบกพร่อง Solder Bridging

ทดสอบสมมติฐานระหว่างข้อมูลก่อนและหลังใช้ดีบุกครีมใหม่ โดยเปรียบเทียบสัดส่วนของเสีย Solder Bridging ของอุปกรณ์ IC-U5 โดยมีขนาดของตัวอย่าง 51,000 และ 49,000 ชิ้น ตามลำดับ ซึ่งเพียงพอต่อการวิเคราะห์เพราะขนาดตัวอย่างที่น้อยสุดที่ต้องการคือ 42,711 ชิ้น โดยผลการเปรียบเทียบสัดส่วนของเสียข้อมูล 2 กลุ่มดังในภาพที่ 4.83 แสดงค่า P-Value เท่ากับ 0.109 โดยมีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ ซึ่งหมายความว่า “ไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0” ดังนั้นสรุปผล

การทดสอบได้ว่า ไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะกล่าวอ้างว่าการเปลี่ยนมาใช้ดีบุกครีมใหม่ส่งผลให้เกิดของเสีย Solder Bridging กับอุปกรณ์ IC-U5 ที่มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	132	51000	0.002588
2	147	49000	0.003000

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: -0.000411765
95% upper bound for difference: 0.000137870
Test for difference = 0 (vs < 0): Z = -1.23 P-Value = 0.109

Fisher's exact test: P-Value = 0.120

ภาพที่ 4.83 การเปรียบเทียบสัดส่วนของเสีย 2 กลุ่มข้อมูลโดยวิธีแบบ 2 Proportion T-Test

2. การใช้ดีบุกครีมใหม่กับทั้ง 3 สายผลิต

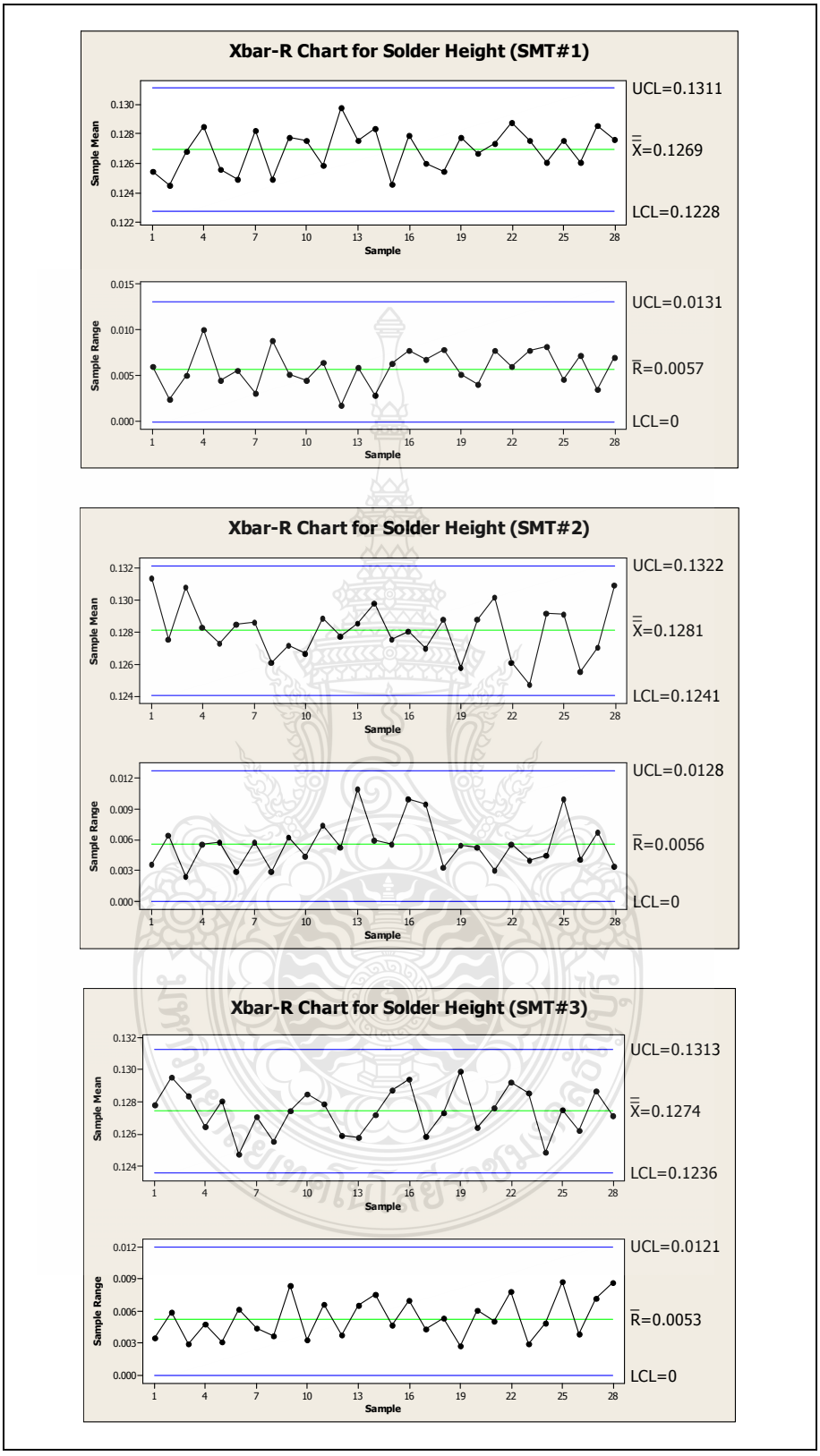
ใช้ดีบุกครีมใหม่กับทั้ง 3 สายผลิตแล้วทำการควบคุมค่าความสูงดีบุกด้วยแผนภูมิควบคุม X bar – R Chart เป็นเวลาทั้งหมด 4 สัปดาห์ ตั้งแต่ 9 กรกฎาคม - 5 สิงหาคม 2555 โดยเก็บข้อมูลวันละ 1 ครั้งๆละ 4 ข้อมูล แล้วหาค่าความสามารถของกระบวนการพิมพ์ดีบุกและเฝ้าระวังของเสีย Solder Bridging กับอุปกรณ์ IC-U5 ด้วยแผนภูมิ P - Chart

1) การควบคุมค่าความสูงดีบุกด้วย X bar – R Chart

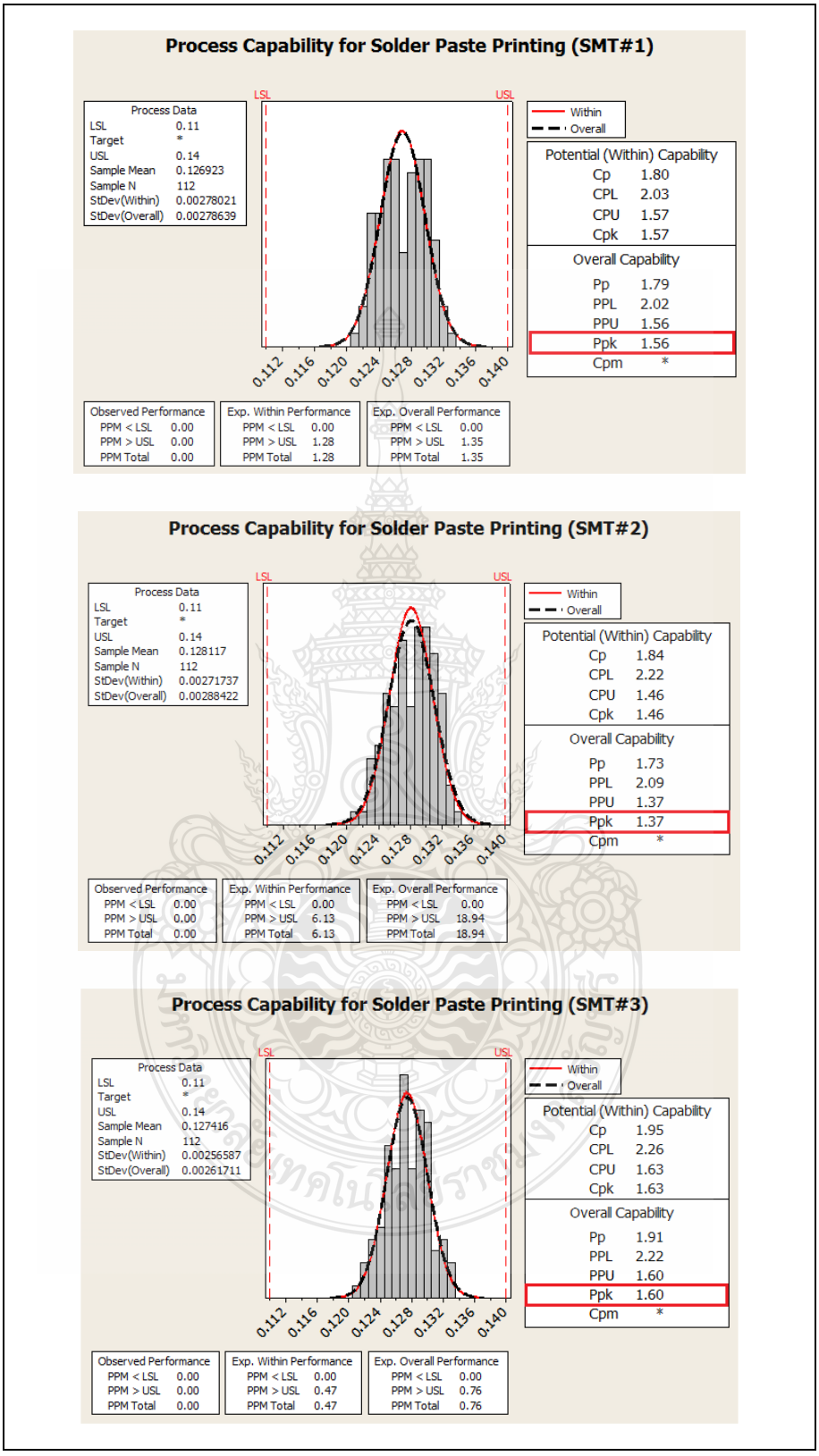
พิจารณาแผนภูมิ X bar – R Chart สำหรับควบคุมค่าความสูงดีบุกของทั้ง 3 สายผลิต จากภาพที่ 4.84 สรุปได้ว่าตัวอย่างข้อมูลที่เก็บจากสายการผลิตอยู่ภายในพิกัดควบคุม (Control Limit) แสดงว่าข้อมูลมีการผันแปรภายใต้สาเหตุตามธรรมชาติ กระบวนการมีเสถียรภาพเพียงพอที่จะนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์ต่อไปได้

2) การหาค่า Process Capability ของขั้นตอนการพิมพ์ดีบุก

พิจารณาค่าความสามารถกระบวนการพิมพ์ดีบุกของสายผลิตที่ 1 ถึง 3 พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.56, 1.37 และ1.60 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.85 ซึ่งมีค่าน้อยลงเมื่อเทียบกับใช้ดีบุกครีมยี่ห้อเดิมแต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่ลูกค้ายอมรับที่ค่า C_{pk} ไม่น้อยกว่า 1.30



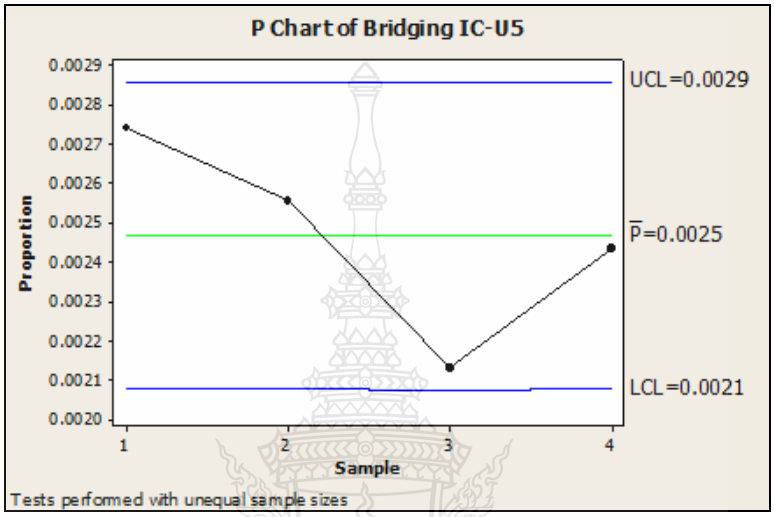
ภาพที่ 4.84 การควบคุมกระบวนการของทั้ง 3 สายผลิตด้วยแผนภูมิ X bar – R Chart



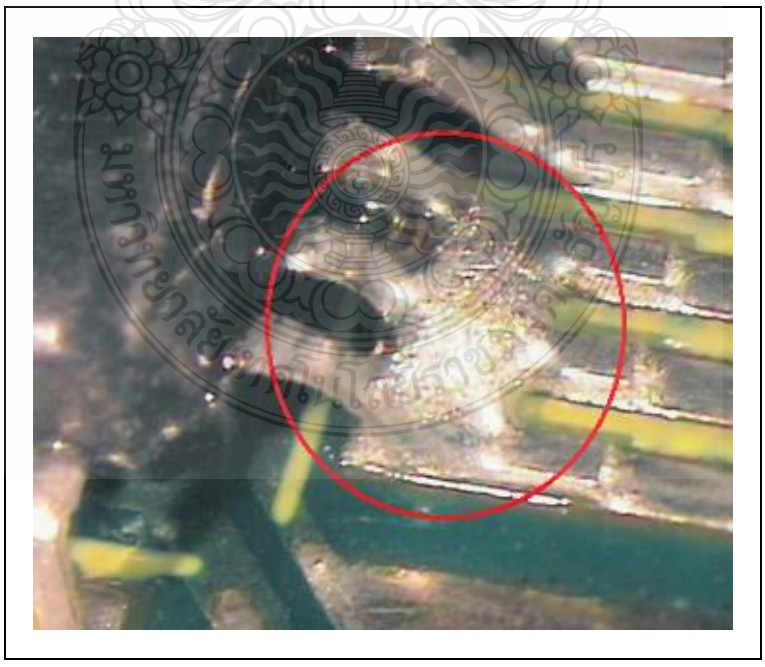
ภาพที่ 4.85 ค่าความสามารถกระบวนการของทั้ง 3 สายผลิตจากดีบุกครีมใหม่

3) ปัญหาสิ่งบกพร่อง Solder Bridging กับอุปกรณ์ IC-U5

เฝ้าระวังปัญหา Solder Bridging ของอุปกรณ์ IC-U5 หลังจากเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่ และปรับค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนการพิมพ์ดีบุกใหม่เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าข้อมูลอยู่ภายในพิกัดการควบคุมแสดงว่ากระบวนการมีเสถียรภาพเพียงพอ และมีค่าเฉลี่ยของเสียเท่ากับ 0.25 %



ภาพที่ 4.86 สัดส่วนของเสียสำหรับปัญหา Solder Bridging กับอุปกรณ์ IC-U5



ภาพที่ 4.87 ลักษณะของปัญหา Solder Bridging กับอุปกรณ์ IC-U5

4.6.6 สรุปผลการดำเนินงาน

การทดลองในส่วนที่ 3 มีจุดประสงค์ต้องการเปลี่ยนยี่ห้อของดีบุกครีมเพื่อลดต้นทุนการผลิตลงให้ได้ประมาณ 10% โดยต้องทำการทดลองเพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของดีบุกครีมใหม่ เพื่อให้ได้ค่าความสูงดีบุกไม่แตกต่างจากเดิมและค่าความสามารถกระบวนการอยู่ในช่วงที่ลูกค้ายอมรับ ซึ่งจากผลการทดลองสามารถสรุปค่าปัจจัยต่างๆได้ดังนี้

1. การควบคุมปัจจัยของอุปกรณ์และวัตถุดิบ

1) ความหนาของแบบพิมพ์ เท่ากับ 0.125 มม.

2) ใบปาดดีบุกขนาดยาว เท่ากับ 30 ซม.

3) ปริมาณของดีบุกครีมที่ใช้ทดลอง เท่ากับ 500 กรัม

(โดยควบคุมให้มีการเติมดีบุกครีมเพิ่มลงไป 250 กรัมในการผลิตทุกๆ 6 ชั่วโมง)

2. การควบคุมปัจจัยของพารามิเตอร์เครื่องพิมพ์ดีบุก

1) ความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) เท่ากับ 75 มม./วินาที

2) แรงกดใบปาดดีบุก (Print Force) เท่ากับ 8.5 กิโลกรัมแรง

3) ระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) เท่ากับ 0 มม.

4) ความเร็วแยกจาก (Separate Speed) เท่ากับ 5 มม./วินาที

5) ความห่างแยกจาก (Separate Distance) เท่ากับ 5 มม.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่น Helios 3.0 โดยใช้หลักการ DMAIC ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ เพิ่มกำลังการผลิตต่อวัน ลดสิ่งบกพร่องของปัญหาคอนเนคเตอร์ลอย และเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิต ซึ่งสรุปผลงานวิจัยได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 การเพิ่มยอดการผลิตจาก 17,000 ชิ้นเป็น 20,000 ชิ้นต่อวัน ได้ปรับปรุงในขั้นตอนการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยปรับโปรแกรมเครื่องจักรแล้วจัดสมดุลย์จำนวนของอุปกรณ์ที่วางในแต่ละเครื่องจักรให้มีจำนวนเท่าๆกัน เพื่อให้เวลางานของเครื่องจักรแต่ละตัวมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งเป็นการลดเวลารอคอยชิ้นงาน และทำให้รอบเวลางานของสายผลิตมีค่าลดลงเท่ากับ 36.04 วินาที จากนั้นปรับวิธีการเตรียมม้วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใหม่ให้ใช้เวลาน้อยลง เพื่อป้องกันมิให้เกิดโอกาสที่เครื่องจักรหยุดเนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หมดซึ่งถือเป็นความสูญเสียอย่างหนึ่ง โดยทำการแยกอุปกรณ์ที่จะใช้งานตามแต่ละชนิดเพื่อความรวดเร็วในการเตรียมม้วนอุปกรณ์ ซึ่งทำให้รอบเวลาของการเตรียมม้วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลดลงเหลือ 117.7 วินาที และหลังจากปรับปรุงทั้ง 2 ปัจจัยแล้ว สามารถทำให้ปริมาณงานผลิต SMT Yield รวมทุกสายผลิตเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 16.5

ส่วนที่ 2 การลดสิ่งบกพร่องปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นสูงสุดนั้นสามารถทำการแก้ไขโดยใช้เทคนิค DMAIC ในการลดความแปรปรวนของขั้นตอนการประกอบโดยนำแท่งทองเหลืองวางทับบนตัวอุปกรณ์ก่อนผ่านชิ้นงานเข้าสู่เครื่องหลอมดีบุก ซึ่งน้ำหนักของแท่งทองเหลืองสามารถช่วยกดทับไม่ให้เกิดการลอยจากการโก่งตัวของอุปกรณ์ ขณะที่ดีบุกกำลังหลอมละลายเชื่อมต่ออุปกรณ์ติดกับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ ซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาสิ่งบกพร่องนี้ลงจากร้อยละ 4.12 เหลือเท่ากับร้อยละ 1.42 และมีระยะเวลาคืนทุนจากการลงทุนซื้ออุปกรณ์ราคา 72,000 บาท ประมาณ 3 เดือน

ส่วนที่ 3 การลดต้นทุนวัตถุดิบลงร้อยละ 10 โดยเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่ที่มีราคาถูกลง สามารถใช้เทคนิค DOE ปรับหาค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนการพิมพ์ดีบุกใหม่เพื่อให้ได้คุณภาพของสินค้าไม่ต่างจากเดิม ซึ่งหลังจากนำดีบุกครีมใหม่มาทดลองใช้กับกระบวนการปัจจุบันโดยคงค่าพารามิเตอร์เดิมไว้ ปรากฏว่าผลของค่าความสูงดีบุกที่พิมพ์ลงบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นจากเดิม ซึ่งส่งผลให้กลุ่มข้อมูลขยับเข้าใกล้ขีดจำกัดบนแล้วทำให้ค่า C_{pk} ที่คำนวณมีค่าต่ำเกินกว่า 1.3 ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติทางกายภาพของดีบุกครีม ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ปัจจัยของ

ขั้นตอนการพิมพ์ดีบุกทั้งหมด 5 ปัจจัย โดยออกแบบการทดลองเป็น 2^{5-1} Fractional Factorial Design เพื่อทำการกรองปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงดีบุกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $\alpha = 0.05$ ซึ่งมีปัจจัยที่ Significant ทั้งหมด 3 ปัจจัยคือ Printing Speed, Print Force และ Print Gap จากนั้นนำปัจจัยเหล่านี้ไปทำการทดลองแบบ General Full Factorial Design อีกครั้งเพื่อทำการหาค่าระดับที่ดีที่สุด โดยต้องทำการแบ่งระดับของปัจจัยใหม่ให้สอดคล้องกับผลการทดลองและข้อกำหนดของลูกค้า ซึ่งค่าระดับของแต่ละปัจจัยคือ Printing Speed มี 3 ระดับคือ 70, 75 และ 80 มม./วินาที, Print Force มี 2 ระดับคือ 8.5 และ 9.0 กิโลกรัมแรง, Print Gap มี 2 ระดับคือ 0 และ 0.5 มม. โดยผลการทดลองที่ได้คือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงดีบุกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $\alpha = 0.05$ คือ Printing Speed, Print Gap และ (Printing Speed x Print Gap) ซึ่งค่าระดับของปัจจัยที่ส่งผลให้ค่า Response มีค่าใกล้เคียงความสูงดีบุกเป้าหมายที่ 0.1260 มม. คือ Printing Speed เท่ากับ 70 หรือ 75 มม./วินาที, Print Force เท่ากับ 8.5 หรือ 9.0 กิโลกรัมแรง และ Print Gap เท่ากับ 0 มม.

สรุปผลค่าระดับของปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัยที่ทำการทดลองให้สอดคล้องกับการใช้งานอีกครั้งซึ่งผลลัพธ์คือ 1) ความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) เท่ากับ 75 มม./วินาที เพราะจะได้ไม่กระทบต่อรอบเวลาของสายการผลิต 2) แรงกดใบปาดดีบุก (Print Force) เท่ากับ 8.5 กิโลกรัมแรง เพราะแรงกดที่สูงจะทำให้แบบพิมพ์ดีบุกสึกหรอเร็ว 3) ระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) เท่ากับ 0 มม. ซึ่งเป็นผลจากการทดลอง ส่วนปัจจัยที่ถูกคัดทิ้งตั้งแต่การทดลองแรกคือ 4) ความเร็วแยกจาก (Separate Speed) สามารถใช้ได้ทั้ง 5 หรือ 10 มม./วินาที ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้ 5 มม./วินาที เพราะความเร็วการแยกจากกันของชิ้นงานกับแบบพิมพ์ที่ต่ำ จะทำให้คงรูปทรงของดีบุกครีมที่พิมพ์ลงบนชิ้นงานได้ดีกว่าซึ่งอาศัยจากประสบการณ์เดิม และ 5) ความห่างแยกจาก (Separate Distance) สามารถใช้ได้ทั้ง 2 หรือ 5 มม. ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้ 5 มม. เพราะระยะห่างการแยกจากกันของชิ้นงานกับแบบพิมพ์ที่มาก จะทำให้คงรูปทรงของดีบุกครีมที่พิมพ์ลงบนชิ้นงานได้ดีกว่าซึ่งอาศัยจากประสบการณ์เดิมเช่นกัน

5.2 อภิปรายผล

งานวิจัยทั้ง 3 ส่วนได้ใช้เทคนิค DMAIC ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ทำการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพคือ 1) ขั้นตอนกำหนดปัญหา (Define) จะมีการตั้งเป้าหมายและกำหนดขอบเขตของการทดลองเช่น ปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยจะทำการแก้ไขเฉพาะส่วนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเท่านั้น ไม่เข้าไปปรับปรุงในส่วนของวัตถุดิบที่ไม่ได้มาตรฐานซึ่งจะทำให้ขอบเขตของงานชัดเจนและสามารถปรับปรุงแก้ไข ได้ตรงจุด รวมถึงการวัดผลจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย 2) ขั้นตอนการวัดกระบวนการ (Measure) จะทำการตรวจสอบก่อนว่าปัญหาเกิดขึ้นที่จุดใดเพื่อให้ง่ายต่อการแก้ไข

ลดเวลาในการดำเนินงานได้ จากนั้นตรวจสอบระบบการวัดผลว่ามีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด เพราะถ้าระบบการวัดผลไม่ดีพอ เราจะไม่สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์หรือไปตั้งเป็นเกณฑ์ได้ 3) ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze) ต้องระดมความคิดจากหลายส่วนที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อหาว่าสาเหตุน่าจะเกิดจากจุดใดแล้วคิดหาวิธีในการแก้ปัญหา โดยเลือกแก้ไขในสาเหตุที่มีคะแนนลำดับความสำคัญของความเสี่ยงที่สูงก่อนเพราะน่าจะเป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาซึ่งอาจใช้หลักพาเรโตหรือใช้ค่าคะแนนเป็นเกณฑ์ก็ได้ ซึ่งทำการทดสอบสมมติฐานตามหลักการทางสถิติเพื่อให้ทราบว่าวิธีการใหม่ที่คิดนั้น สามารถแก้ไขปัญหาหรือลดข้อบกพร่องได้จริงหรือไม่ ไม่ใช้ความรู้สึกหรือความคิดเห็นเป็นตัวตัดสิน 4) ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ (Improve) เริ่มทดลองใช้วิธีการที่ส่งผลต่อค่าตอบสนองในทิศทางที่ดีขึ้น หรือหาค่าระดับที่ดีที่สุดของแต่ละปัจจัยเพื่อใช้ในกระบวนการด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment : DOE) ซึ่งควรกรองปัจจัยที่ไม่สำคัญหรือไม่ส่งผลกระทบต่อค่าตอบสนองออกไปโดยใช้หลักการทากูชิ หรือ 2^{k-1} Fractional Factorial Design เหมือนในงานวิจัยนี้ เพื่อตัดไม่ให้อิทธิพลของปัจจัยที่ไม่สำคัญเข้ามาแทรกแซงทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนไป แล้วจึงวิเคราะห์ Significant Factors ด้วยการทดลองแบบ General Full Factorial Design ซ้ำอีกครั้ง เพื่อให้ได้ค่าระดับของปัจจัยเข้าใกล้ค่าตอบสนองมากที่สุด และให้แสดงผลของกระบวนการได้ดีที่สุด และสุดท้ายคือ 5) ขั้นตอนควบคุมกระบวนการ (Control) เป็นการเฝ้าระวังกระบวนการที่ปรับปรุงแล้วโดยใช้แผนภูมิควบคุม (Control Chart) เพื่อให้สามารถปรับเครื่องจักรได้ทันเวลาหรือเข้าไปแก้ในกระบวนการได้ทันเวลาหากเกิดข้อผิดพลาดขึ้น ตัวอย่างเช่น การควบคุมเวลาการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของงานวิจัยส่วนที่ 1 ดังในภาพที่ 4.41 จะเห็นว่ามีข้อมูลรอบเวลางานหลายจุดข้อมูลที่มีค่าสูงใกล้เคียง 36.5 วินาทีซึ่งเป็นค่าควบคุม เมื่อช่างควบคุมเครื่องเห็นจุดข้อมูลที่พนักงานฝ่ายผลิตพล็อตขึ้น ก็เข้าไปทำการแก้ไขเพื่อไม่ให้ปริมาณงานผลิตลดลง ซึ่งสาเหตุของปัญหานี้คือหัวจับ (Nozzle) มีฝุ่นเกาะจึงทำให้หยิบอุปกรณ์แล้วร่วงหลุดบ่อยครั้ง เป็นสาเหตุให้ต้องย้อนกลับมาหยิบอุปกรณ์ไปวางใหม่จึงทำให้รอบเวลา (Cycle Time) สูงขึ้น เป็นต้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถก่อให้เกิดแนวคิดอย่างง่ายในการใช้เป็นแนวทางเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตคือ ถ้าจะเพิ่มกำลังการผลิตก็ควรทำตารางความสามารถของการผลิตออกมาเสียก่อนดูภาพรวมของทั้งสายการผลิตก่อน แล้วหาจุดที่เป็นคอขวดของสายผลิตว่าเป็นจุดใด สามารถลดรอบเวลางานได้อย่างไรหรือเพิ่มกำลังการผลิตได้อย่างไรโดยที่ไม่ต้องลงทุน แต่หากโครงการใดที่ต้องใช้เงินลงทุนในการปรับปรุงกระบวนการก็ต้องมีการพิจารณาจุดคุ้มทุนหรือระยะเวลาคืนทุนด้วย

รายการอ้างอิง

[1] ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์ และ สมจิตร ลาภโนนเขวา, "การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์โดยเทคนิคซิกส์ซิกม่า," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, ประจำปี พ.ศ.2550, วันที่ 24-26 ตุลาคม 2550.

[2] วิศิษฏ์ศรี วิยะรัตน์, อนุชา วัฒนาภา และ สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล, "การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์โดยเทคนิคซิกส์ซิกม่า," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, ประจำปี พ.ศ. 2551, วันที่ 20-22 ตุลาคม 2551.

[3] นิศากร สมสุข และคณะ, "การลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิกส์ซิกม่า," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, ประจำปี พ.ศ. 2551, วันที่ 20-22 ตุลาคม 2551.

[4] เสกสรรค์ นกใหญ่, **การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ**, การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีการศึกษา 2551.

[5] ชัยรัตน์ แจ้งเจนรบ, **การปรับปรุงคุณภาพของการผลิตชิ้นส่วนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, คณวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีการศึกษา 2545.

[6] ศราวุธ เคนกุล, **การลดฝาครอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟบกพร่องจากการถอดประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมคุณภาพ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ปีการศึกษา 2551.

[7] อรรถพล เฉลิมพลประภา, **การปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยใช้เทคนิคลีน และซิกส์ซิกม่าในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ปีการศึกษา 2547.

[8] ชีวรัตน์ กะฐินทอง, **การลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในการผลิตแกนหมุนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์โดยใช้เทคนิคซิกส์ซิกม่า**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปีการศึกษา 2551.

[9] ปัณฑ์ชนิด เต็มตุ่ม, **การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง เพื่อลดอัตราของเสียจากการผลหัวอ่านฮาร์ดดิสก์**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปีการศึกษา 2551.

[10] การันต์ รุ่งอร่าม, **การศึกษาแนวทางการลดของเสียในกระบวนการผลิตสปินเดิลมอเตอร์สำหรับฮาร์ดดิสก์ขนาด 1 นิ้ว**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, วิทยาลัยนวัตกรรมอุดมศึกษา, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปีการศึกษา 2549

[11] สหพร ขำขจร, **การเพิ่มผลิตภาพการผลิตหัวอ่านเขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ปีการศึกษา 2547

[12] ศรัยนี เจ๊ะโซะ และ จารุมนต์ จาตุรนต์นที, "การพัฒนาการควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่าการโก่งตัวของหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, ประจำปี พ.ศ. 2550, วันที่ 24-26 ตุลาคม 2550.

[13] ชญานี หวั่งประดิษฐ์ และ รศ.ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, "การปรับปรุงความผิดพลาดในกระบวนการผลิตเลนส์แว่นตา โดยอาศัยเทคนิคการออกแบบการทดลอง," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, ประจำปี พ.ศ. 2551, วันที่ 20-22 ตุลาคม 2551.

[14] นวลลออ พรรณเรืองรอง และ รุ่งฉัตร ชมภูอินไหว, "การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อลดการแตกร้าวของแผ่นอลูมินาซับสเทรท โดยเทคนิคการออกแบบการทดลอง," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, ประจำปี พ.ศ. 2551, วันที่ 20-22 ตุลาคม 2551.

[15] พงศ์ สกุลคลานุวัฒน์ และ รศ.กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, "การลดของเสียแขนจับหัวอ่านด้วยวิธีซิกซ์ ซิกม่า," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, ประจำปี พ.ศ. 2551, วันที่ 20-22 ตุลาคม 2551.

[16] อรอุมา กอสนาน และคณะ, "การเพิ่มผลผลิตของสายการผลิต Sleeve สำหรับ Spindle Motor ในอุตสาหกรรมการผลิต Hard Disk Drive," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ** ประจำปี พ.ศ. 2551, วันที่ 20-22 ตุลาคม 2551.

[17] ผศ.ประยูร สุรินทร์ และคณะ, "การเพิ่มผลผลิตโดยการปรับปรุงวิธีการทำงาน กรณีศึกษา: บริษัทเซมิคอนดักเตอร์จำกัด," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, ประจำปี พ.ศ. 2551, วันที่ 20-22 ตุลาคม 2551.

[18] ธีระพงษ์ บุญสมปอง, **การลดปัญหาทูมสโตน คอมโพเน้นท์ โดยใช้แนวทางซิกส์ซิกม่า กรณีศึกษา: กระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปีการศึกษา 2553

[19] พรเทพ สุขรัตนวงศ์, **การลดระยะเวลานำในกระบวนการทดสอบเฮชจีเอ (Head Gimbal Assembly หรือ HGA) โดยใช้แนวคิดลีน ซิกส์ซิกม่า (Lean Six Sigma)**, การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปีการศึกษา 2552

[20] สมอุษา วรรณฤมล, **การลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องโดยใช้เทคนิคซิกส์ซิกม่า**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ปีการศึกษา 2547

[21] ปฐม์พงศ์ พันธ์พิบูลย์**, การหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการเคลือบฟิลม์บางโดยการใช้วิธีการซิกซ์ซิกม่า**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ปีการศึกษา 2552

[22] ณัฐนารี แก้วยัง, **การปรับปรุงค่าซีสกอร์ความสูงของแขนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์โมเดล 10K.7 โดยใช้แนวทางซิกส์ซิกม่า**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ปีการศึกษา 2546

[23] ศุภกฤต หวังสิทธิเดช**, การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยวิธีการทางซิกส์ซิกม่า: กรณีศึกษาโรงงานประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์**, การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปีการศึกษา 2552

[24] วิลาสินี เลี้ยววาริณ อภิรักษ์ สกุลไทย และสโรจน์ เขียวสอนทอง, "การปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มผลผลิต: กรณีศึกษาการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, ประจำปี พ.ศ 2550, วันที่ 24-26 ตุลาคม 2550.

[25] สุขุมาล เหรียญทอง, **การลดปัญหาการไม่มีกันชนหน้าในการประกอบรถยนต์**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ปีการศึกษา 2545

[26] วุฒิชัย เจริญยิ่งวัฒนา, **การใช้กรรมวิธีทางซิกส์ซิกม่า เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพงานพ่นสี**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ปีการศึกษา 2546

[27] จิตรลดา ชิ้มเจริญ และคณะ, "การเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตของโรงงานเครื่องสำอาง โดยการปรับปรุงผังโรงงานและการจัดสมดุลสายการผลิต," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, ประจำปี พ.ศ 2550, วันที่ 24-26 ตุลาคม 2550.

[28] ปาณิกา เสนาะดนตรี และ สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร, "การพัฒนาประสิทธิภาพงานหล่อเครื่องประดับด้วยการออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลอง กรณีตัวอย่าง: โรงงานเครื่องประดับ," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, ประจำปี พ.ศ 2550, วันที่ 24-26 ตุลาค 2550.

[29] ปารเมศ ชุติมา และ ภาณุ ชุดเจือจีน, "การประยุกต์ ซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดของเสียจากการพ่นสีรองพื้นในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิการาคาแพง," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, ประจำปี พ.ศ 2550, วันที่ 24-26 ตุลาคม 2550.

[30] สุนทร สิทธิสกุลเจริญ, ณัฐพล อารีรัชชกุล และ สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร, "การปรับปรุงผลิตผลของกระบวนการเจียรกระจกเทมเปอร์," **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ**, ประจำปี พ.ศ 2550, วันที่ 24-26 ตุลาคม 2550.

[31] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, **การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) กทม., 2543.

[32] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, **หลักการควบคุมคุณภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) กทม., 2555.

[33] Douglas C. Montgomery, George C. Runger, and Norma Faris Hubele, **Engineering Statistics**. 3rd Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004.

[34] Douglas C. Montgomery, **Design and Analysis of Experiment**. 6th Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เกณฑ์การให้คะแนนค่าความเสี่ยง (RPN) สำหรับการวิเคราะห์ FMEA

ตารางที่ ก.1 เกณฑ์คะแนนผลกระทบของความรุนแรง (Severity)

เกณฑ์ของผลกระทบระดับความรุนแรง	คะแนน
อาจจะทำให้เกิดอันตรายกับเครื่องจักรอื่นหรือกับผู้ปฏิบัติงานอย่างสูง	10
อาจทำให้เกิดอันตรายกับเครื่องจักรอื่นหรือกับผู้ปฏิบัติงาน	9
ทำให้การผลิตหยุดชะงักอย่างมาก และผลิตจำนวน 100% อาจจะต้องกลายเป็นผลิตภัณฑ์เสีย (Scrap 100%)	8
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์อาจจะต้องมีการนำมาเลือกบางส่วนที่เสียออก (< 100 % เป็นผลิตภัณฑ์เสีย)	7
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์มีเสีย < 100 % แต่อาจไม่ต้องนำมาเลือกบางส่วนออก	6
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์จำนวน < 100 % อาจจะต้องมาผลิตอีกครั้ง (Rework 100 %)	5
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์อาจจะต้องมีการนำมาเลือกบางส่วนที่เสียออก แล้วนำส่วนที่เหลือมาทำอีกครั้ง (Rework < 100 %)	4
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์จำนวนน้อยกว่า 100 % อาจจะต้องนำมาทำใหม่ในสายการผลิต แต่ภายนอกสถานีการผลิต	3
ทำให้กรผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์จำนวนน้อยกว่า 100 % อาจจะต้องนำมาทำใหม่ในสายการผลิต และภายในสถานีการผลิต	2
ไม่มีผลกระทบ	1

ตารางที่ ก.2 เกณฑ์คะแนนโอกาสเกิดความผิดพลาด (Occurrence)

โอกาสในการเกิดความผิดพลาด (Occurrence Opportunity of Failure)	อัตราการเกิดความผิดพลาด (Possible Failure Rate)	คะแนน
สูงมาก (ความผิดพลาดเกิดขึ้นเกือบแน่นอน)	มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ใน 2	10
	1 ใน 3 ถึง 1 ใน 2	9
สูง (ความผิดพลาดมีบ่อยครั้ง)	1 ใน 8 ถึง 1 ใน 3	8
	1 ใน 20 ถึง 1 ใน 8	7
ปานกลาง (ความผิดพลาดเกิดขึ้นบ้าง)	1 ใน 80 ถึง 1 ใน 20	6
	1 ใน 400 ถึง 1 ใน 80	5
	1 ใน 2,000 ถึง 1 ใน 400	4
ต่ำ (ความผิดพลาดเกิดขึ้นน้อยครั้ง)	1 ใน 15,000 ถึง 1 ใน 2000	3
	1 ใน 150,000 ถึง 1 ใน 15,000	2
ต่ำมาก (โอกาสเกิดน้อยมากๆ)	มากกว่า 1 ใน 150,000 ถึง 1 ใน 1,500,000	1

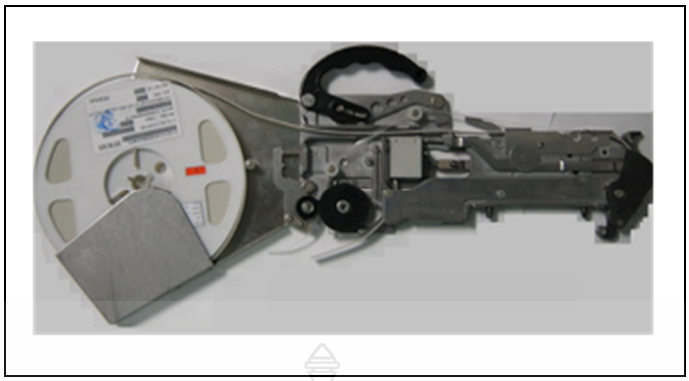
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตารางที่ ก.3 เกณฑ์คะแนนโอกาสการตรวจจับความล้มเหลว (Detection)

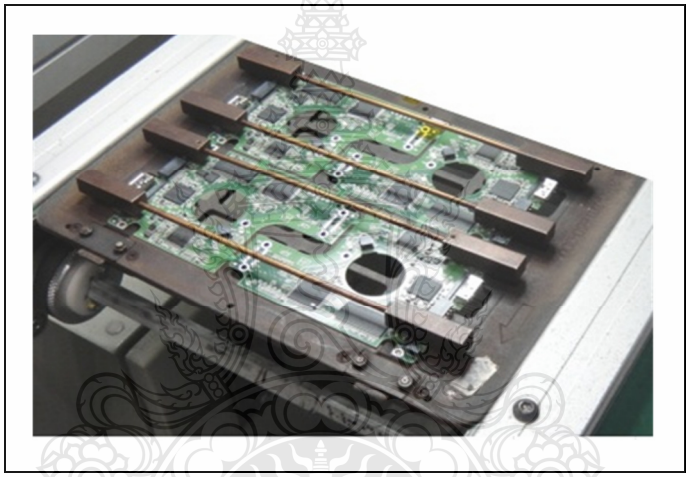
โอกาสการตรวจ (Detection Opportunity)	โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ (Opportunity of Detection by Process Control)	คะแนน
ไม่สามารถตรวจจับได้อย่างแน่นอน	การควบคุมการออกแบบไม่สามารถตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาด (หรือไม่มีการควบคุมการออกแบบเลย)	10
มีโอกาสตรวจจับได้เล็กน้อยที่สุด	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้เล็กน้อยที่สุด	9
มีโอกาสตรวจจับได้เล็กน้อยมาก	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้เล็กน้อยมาก	8
มีโอกาสตรวจจับได้ต่ำมาก	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ต่ำมาก	7
มีโอกาสตรวจจับได้ต่ำ	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ต่ำ	6
มีโอกาสตรวจจับได้ปานกลาง	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ปานกลา	5
มีโอกาสตรวจจับได้ค่อนข้างสูง	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ค่อนข้างสูง	4
มีโอกาสตรวจจับได้สูง	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้สูง	3
มีโอกาสตรวจจับได้สูงมาก	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้สูงมาก	2
มีโอกาสตรวจจับได้ค่อนข้างแน่นอน	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ค่อนข้างแน่นอน	1

ภาคผนวก ข

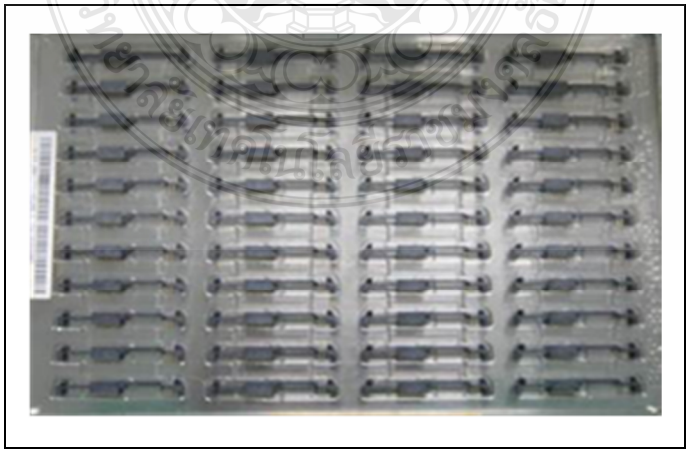
รูปภาพและข้อมูลประกอบวิทยานิพนธ์



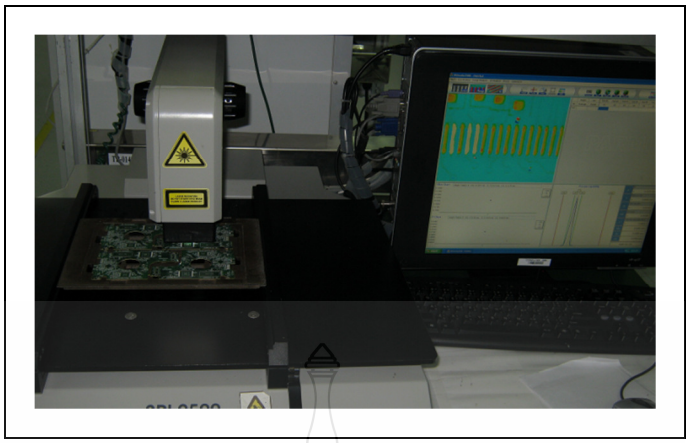
ภาพที่ ข.1 การใส่ม้วนอุปกรณ์เข้ากับตัวป้อน (Feeder) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์



ภาพที่ ข.2 การวางแท่งทองเหลืองทับตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์



ภาพที่ ข.3 อุปกรณ์คอนเนคเตอร์ที่อยู่ในถาดบรรจุ



ภาพที่ ข.4 เครื่องวัดค่าความสูงดีบุกแบบเลเซอร์

ภาพที่ ข.5 แบบพิมพ์ดีบุก (Stencil) ที่ใช้ทดลอง

ตารางที่ ข.1 รายการของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (BOM) ที่ประกอบในสินค้ารุ่น Helios 3.0

Description	Quantity	Location
RES THK 0 5% 0603 100MW	1	R9
RES HF THK 1 5% 0603 100MW	2	R20,R32
RES HF THK 0 5% 0402 62MW	6	R19,R50,R57,R58,R79,R94
RES THK 22 5% 0402 62MW	2	R27,R41
RES HF THK 24 5% 0402 62MW	1	R47
RES THK 82 5% 0402 62MW	1	R86
RES THK 150 5% 0402 62MW	1	R77
RES THK 200 5% 0402 62MW	1	R64
RES HF THK 300 5% 0402 62MW	1	R59
RES THK 330 5% 0402 62MW	1	R51
RES HF THK 1.0K 5% 0402 62MW	2	R98,R99
RES THK 4.7K 5% 0402 62MW	3	R62,R63,R97
RES THK 10K 5% 0402 62MW	8	R115,R116,R30,R46,R65,R71, R74,R78
RES THK 100K 5% 0402 62MW	1	R68
RES THK 470K 5% 0402 62MW	1	R67
RES THK 1 1% 0603 100MW	6	R13,R14,R15,R49,R7,R8
RES THK 44.2 1% 0402 62MW	1	R83
RES THK 49.9 1% 0402 62MW	1	R28
RES HF THK 107 1% 0402 62MW	1	R54
RES THK 191 1% 0402 62MW	1	R36
RES HF THK 1.00K 1% 0402 62MW	5	R103,R35,R37,R92,R93
RES HF THK 2.00K 1% 0402 62MW	1	R69
RES THK 3.01K 1% 0402 62MW	1	R16
RES THK 4.02K 1% 0402 62MW	1	R12
RES HF THK 12.1K 1% 0402 62MW	1	R52
RES HF THK 20.0K 1% 0402 62MW	1	R2
RES THK 38.3K 1% 0402 62MW	2	R11,R17
RES THK 66.5K 1% 0402 62MW	2	R38,R39
RES THK 1.00M 1% 0402 62MW	5	R24,R25,R40,R42,R84
RES THK 12K 1% 0402 62MW	1	R61
CAP CER 100PF 5% 50V NPO 0402	1	C9
CAP HF CER 1000PF 5% 16V NPO 0402	1	C64
CAP HF CER 12PF 5% 50V NPO 0402	2	C35,C36
CAP CER 15PF 5% 50V NPO 0402	2	C10,C8
CAP HF CER 22PF 5% 50V NPO 0402	2	C11,C63
CAP HF CER 1.0UF 10% 10V X5R 0402	3	C14,C3,C56
CAP CER 1000PF 10% 50 X7R 0402	4	C48,C65,C66,C96
CAP HF CER 0.01UF 10% 16V X5R 0402	5	C79,C90,C91,C92,C93
CAP HF CER 0.1UF 10% 16V X5R 0402	37	C12,C13,C16,C17,C18,C19,C20 ,C21,C22,C24,C26,C27,C28,C2 9,C31,C32,C33,C34,C37,C38,C 39,C41,C42,C45,
CAP HF CER 1.0UF 10% 6.3V X5R 0402	1	C95
CAP HF CER 0.22UF 10% 10V X7R 0402	1	C61
CAP CER 2.2UF 10% 6V X5R 0402	4	C80,C81,C86,C87
CAP CER 0.047UF 10% 16V X7R 0402	2	C72,C73
CAP CER 0.47UF 10% 10V X5R 0402	1	C67
CAP CER 10UF 20% 10V X5R 160809	2	C57,C89
CAP HF CER 4.7UF 10% X5R 10V 0603	2	C43,C77
CAP HF CER 10UF 10% 10V X5R 0805	12	C23,C30,C5,C53,C54,C55,C59, C6,C62,C68,C70,C88
CAP CER 22UF 10% 6.3V X5R 0805	2	C60,C78
CAP HF CER 1.0UF 10% 16V X5R 0603	4	C1,C15,C4,C7
SENSOR PRESSURE ALPS HSPPAR003C	1	U7
IC DDR 8MB (4MBITSX16)	1	U2
IC SFLASH 2MBIT (X8) 50MHz 2.5/3.3V SO8 W 90N	1	U8
IC SFLASH 2MBIT (X8) 50MHz 2.5/3.3V WSON W 90	1	U12
IC HF TLV271 OPAMP SO25 CMOS	2	U20,U21
PLSI MORAY R1.6 MTR DRV 64TQFP Cu MIHO	1	U1
IC SOC 88i9146 VENICE R2.2 128TQFP TSMC	1	U5
IC USB3.0 TO SATA BRIDGE CONTROLLER VFBGA-169	1	U3
SHOCK HF SENSOR 25DEG	1	SK1
XSTR, NPN 2N2222A SOT23	2	Q1,Q3
DIODE SW 80V 100MA 1SS355 SOD323	1	D2
LED WHT DIFFUSED 240MCD SMT 160805	1	D3
XTAL HF 25.000MHZ 4PAD 0.7mm [Z] E	1	Y2
XTAL HF 30.000MHZ 4PAD 0.7mm [Z] E	1	Y1
IND HF 1.0UH 30% LQH 3225 SHIELD	2	L1,L2
IND CM FILTER 90 OHM 100MA 10V 3GHZ 1210	1	L8
IND CM FILTER 12 OHM 8.5GHZ 100MA 10V 1210	1	L11
IND CHOKE 3.3UH 20% 0.11 OHM 1A 252012	1	L12
CONN HF 4P SPINDLE MOTOR 2.5	1	J6
CONN HF SIO TEST FLEX IF	1	J5
CONNECTOR USB 3.0 MICRO-B HIGH-RISE SMT RA	1	J2

ตารางที่ ข.2 ปริมาณการผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 ก่อนปรับปรุงกระบวนการ

วันที่	SMT #1			SMT #2			SMT #3			Total SMT Yield
	Input	Reject	SMT Yield	Input	Reject	SMT Yield	Input	Reject	SMT Yield	
3 ม.ค. 55	5980	297	5683	6200	352	5848	6160	333	5827	17358
4 ม.ค. 55	5980	346	5634	6100	295	5805	6140	326	5814	17253
5 ม.ค. 55	5940	319	5621	6100	371	5729	6140	310	5830	17180
6 ม.ค. 55	5940	252	5688	6100	279	5821	6080	293	5787	17296
7 ม.ค. 55	6000	364	5636	6180	261	5919	6120	339	5781	17336
8 ม.ค. 55	5940	384	5556	6120	315	5805	6120	288	5832	17193
9 ม.ค. 55	6080	437	5643	6200	302	5898	6160	360	5800	17341
10 ม.ค. 55	6000	308	5692	6140	276	5864	6160	335	5825	17381
11 ม.ค. 55	5980	435	5545	6100	255	5845	6140	290	5850	17240
12 ม.ค. 55	6000	287	5713	6100	325	5775	6160	332	5828	17316
13 ม.ค. 55	6060	342	5718	6100	333	5767	6200	326	5874	17359
14 ม.ค. 55	5960	378	5582	6140	328	5812	6200	252	5948	17342
15 ม.ค. 55	6000	298	5702	6140	351	5789	6200	298	5902	17393
16 ม.ค. 55	6040	338	5702	6160	346	5814	6140	404	5736	17252
17 ม.ค. 55	5980	325	5655	6140	279	5861	6180	346	5834	17350
18 ม.ค. 55	5920	366	5554	6100	299	5801	6180	345	5835	17190
19 ม.ค. 55	6080	367	5713	6200	333	5867	6120	349	5771	17351
20 ม.ค. 55	6020	405	5615	6140	299	5841	6120	351	5769	17225
21 ม.ค. 55	6000	276	5724	6040	306	5734	6080	353	5727	17185
22 ม.ค. 55	5940	399	5541	6100	309	5791	6100	291	5809	17141
23 ม.ค. 55	6000	306	5694	6160	323	5837	6180	348	5832	17363
24 ม.ค. 55	6060	349	5711	6200	364	5836	6120	289	5831	17378
25 ม.ค. 55	6000	306	5694	6100	301	5799	6100	306	5794	17287
26 ม.ค. 55	6000	313	5687	6000	276	5724	6100	265	5835	17246
27 ม.ค. 55	6000	347	5653	6100	347	5753	6080	309	5771	17177
28 ม.ค. 55	6060	364	5696	6200	289	5911	6080	309	5771	17378
29 ม.ค. 55	6000	282	5718	6200	342	5858	6100	328	5772	17348
30 ม.ค. 55	6060	332	5728	6200	318	5882	6140	389	5751	17361
31 ม.ค. 55	6000	276	5724	6100	290	5810	6140	302	5838	17372
1 ก.พ. 55	6000	335	5665	6200	339	5861	6100	367	5733	17259
2 ก.พ. 55	5980	376	5604	6140	286	5854	6100	320	5780	17238
3 ก.พ. 55	6000	344	5656	6140	311	5829	6100	327	5773	17258
4 ก.พ. 55	5800	391	5409	6200	342	5858	6180	300	5880	17147
5 ก.พ. 55	5900	345	5555	6100	327	5773	6200	275	5925	17253
6 ก.พ. 55	6040	338	5702	6100	319	5781	6200	298	5902	17385

ตารางที่ ข.2 ปริมาณการผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 ก่อนปรับปรุงกระบวนการ (ต่อ)

วันที่	SMT #1			SMT #2			SMT #3			Total SMT Yield
	Input	Reject	SMT Yield	Input	Reject	SMT Yield	Input	Reject	SMT Yield	
7 ก.พ. 55	5940	256	5684	6140	305	5835	6120	252	5868	17387
8 ก.พ. 55	5960	306	5654	6200	382	5818	6120	402	5718	17190
9 ก.พ. 55	6000	312	5688	6100	358	5742	6160	261	5899	17329
10 ก.พ. 55	6000	282	5718	6100	246	5854	6140	364	5776	17348
11 ก.พ. 55	5960	325	5635	6100	289	5811	6140	340	5800	17246
12 ก.พ. 55	6020	388	5632	6100	319	5781	6140	289	5851	17264
									Average =	**17290**

ตารางที่ ข.3 ปริมาณการผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 หลังปรับปรุงกระบวนการ

วันที่	SMT #1			SMT #2			SMT #3			Total SMT Yield
	Input	Reject	SMT Yield	Input	Reject	SMT Yield	Input	Reject	SMT Yield	
13 ก.พ. 55	7040	279	6761	7100	326	6774	7080	341	6739	20274
14 ก.พ. 55	7080	284	6796	7080	335	6745	7120	301	6819	20360
15 ก.พ. 55	7060	355	6705	7140	425	6715	6960	320	6640	20060
16 ก.พ. 55	7080	293	6787	7100	373	6727	7080	342	6738	20252
17 ก.พ. 55	7080	349	6731	7100	354	6746	7080	386	6694	20171
18 ก.พ. 55	7040	309	6731	7140	340	6800	7060	337	6723	20254
19 ก.พ. 55	7040	314	6726	7140	418	6722	7140	380	6760	20208
20 ก.พ. 55	7040	331	6709	7000	376	6624	7140	324	6816	20149
21 ก.พ. 55	7120	356	6764	7120	435	6685	7180	442	6738	20187
22 ก.พ. 55	7080	298	6782	7040	412	6628	7080	374	6706	20116
23 ก.พ. 55	7080	387	6693	7140	425	6715	7080	480	6600	20008
24 ก.พ. 55	7000	358	6642	7040	426	6614	7160	361	6799	20055
25 ก.พ. 55	7000	329	6671	7200	448	6752	7120	334	6786	20209
26 ก.พ. 55	7060	295	6765	7020	396	6624	7000	302	6698	20087
27 ก.พ. 55	7120	367	6753	7140	404	6736	7080	330	6750	20239
28 ก.พ. 55	7060	401	6659	7080	403	6677	7100	365	6735	20071
29 ก.พ. 55	7060	326	6734	7080	402	6678	7040	354	6686	20098
1 มี.ค. 55	7100	350	6750	7120	362	6758	7040	351	6689	20197
2 มี.ค. 55	7020	393	6627	7060	393	6667	7140	241	6899	20193
3 มี.ค. 55	7080	329	6751	7060	424	6636	7140	483	6657	20044
4 มี.ค. 55	7000	327	6673	7160	335	6825	7100	419	6681	20179
5 มี.ค. 55	7060	346	6714	7100	388	6712	7100	364	6736	20162
6 มี.ค. 55	7160	338	6822	7160	394	6766	7160	445	6715	20303
7 มี.ค. 55	7080	348	6732	7060	440	6620	7100	439	6661	20013

ตารางที่ ข.3 ปริมาณการผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 หลังปรับปรุงกระบวนการ (ต่อ)

วันที่	SMT #1			SMT #2			SMT #3			Total SMT Yield
	Input	Reject	SMT Yield	Input	Reject	SMT Yield	Input	Reject	SMT Yield	
8 มี.ค. 55	7140	348	6792	7100	365	6735	7060	335	6725	20252
9 มี.ค. 55	7040	342	6698	7000	423	6577	7080	368	6712	19987
10 มี.ค. 55	7060	372	6688	7060	402	6658	7140	364	6776	20122
11 มี.ค. 55	7060	339	6721	7060	418	6642	7080	362	6718	20081
12 มี.ค. 55	7040	347	6693	7100	411	6689	7100	357	6743	20125
13 มี.ค. 55	7100	367	6733	7080	380	6700	7140	268	6872	20305
14 มี.ค. 55	7080	378	6702	7140	406	6734	7200	304	6896	20332
15 มี.ค. 55	7060	337	6723	7140	403	6737	7100	280	6820	20280
16 มี.ค. 55	7080	339	6741	7000	403	6597	7080	373	6707	20045
17 มี.ค. 55	7040	342	6698	7040	402	6638	7140	465	6675	20011
18 มี.ค. 55	7080	361	6719	7060	372	6688	7160	324	6836	20243
19 มี.ค. 55	7040	317	6723	7100	415	6685	7080	383	6697	20105
20 มี.ค. 55	7000	371	6629	7180	368	6812	6960	326	6634	20075
21 มี.ค. 55	7020	315	6705	7020	404	6616	7100	442	6658	19979
22 มี.ค. 55	7040	378	6662	7100	393	6707	7140	390	6750	20119
23 มี.ค. 55	7060	297	6763	7000	364	6636	7020	294	6726	20125
24 มี.ค. 55	7140	315	6825	7040	417	6623	7080	265	6815	20263
25 มี.ค. 55	7020	369	6651	7120	455	6665	7100	252	6848	20164
26 มี.ค. 55	7020	280	6740	7120	375	6745	7000	455	6545	20030
27 มี.ค. 55	7060	359	6701	7000	398	6602	7080	372	6708	20011
28 มี.ค. 55	7060	340	6720	7100	398	6702	7080	407	6673	20095
29 มี.ค. 55	7080	367	6713	7140	407	6733	7120	506	6614	20060
30 มี.ค. 55	7020	388	6632	7140	421	6719	7160	284	6876	20227
31 มี.ค. 55	7100	394	6706	7100	376	6724	7180	419	6761	20191
1 เม.ย. 55	7100	321	6779	7100	344	6756	7060	433	6627	20162
2 เม.ย. 55	7040	351	6689	7080	420	6660	7080	448	6632	19981
3 เม.ย. 55	7100	380	6720	7020	407	6613	7060	278	6782	20115
4 เม.ย. 55	7040	408	6632	7120	451	6669	7060	444	6616	19917
5 เม.ย. 55	7060	342	6718	7100	402	6698	7180	387	6793	20209
6 เม.ย. 55	7140	353	6787	7080	389	6691	7000	373	6627	20105
7 เม.ย. 55	7080	396	6684	7040	417	6623	7160	284	6876	20183
8 เม.ย. 55	7080	355	6725	7080	400	6680	7060	359	6701	20106
9 เม.ย. 55	7000	380	6620	7200	347	6853	7100	335	6765	20238
10 เม.ย. 55	7060	368	6692	7160	341	6819	7080	336	6744	20255
11 เม.ย. 55	7080	248	6832	7200	406	6794	7040	385	6655	20281
12 เม.ย. 55	7100	367	6733	7120	395	6725	7140	400	6740	20198
									Average =	**20147**

ตารางที่ ข.4 ปริมาณสิ่งบกพร่องของปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยก่อนปรับปรุงกระบวนการ

Month	January'12					February'12				March'12				
Week	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
Input	127780	128120	127780	127900	127720	130660	148700	148860	148700	148680	148760	148280	148920	1810860
Output	120957	121283	120805	121175	120912	124038	141454	140901	140944	140885	141091	140691	140831	1715967
First Yield	94.66%	94.66%	94.54%	94.74%	94.67%	94.93%	95.13%	94.65%	94.78%	94.76%	94.84%	94.88%	94.57%	94.76%
Defect Total (pcs)	6823	6837	6975	6725	6808	6622	7246	7959	7756	7795	7669	7589	8089	94893
J5 Connector Floating	5834	5188	5394	4735	4298	4867	5967	6654	5642	6235	6933	6544	6231	74522
	4.566%	4.049%	4.221%	3.702%	3.365%	3.725%	4.013%	4.470%	3.794%	4.194%	4.661%	4.413%	4.184%	4.12%
U5 IC Bridging	459	594	438	632	892	601	386	498	533	432	304	455	517	6741
	0.359%	0.464%	0.343%	0.494%	0.698%	0.460%	0.260%	0.335%	0.358%	0.291%	0.204%	0.307%	0.347%	0.372%
J2 Connector Floating	285	432	494	476	834	583	395	332	590	346	197	257	438	5659
	0.223%	0.337%	0.387%	0.372%	0.653%	0.446%	0.266%	0.223%	0.397%	0.233%	0.132%	0.173%	0.294%	0.313%
U2 IC Floating	147	304	445	533	326	390	384	267	552	477	134	188	544	4691
	0.115%	0.237%	0.348%	0.417%	0.255%	0.298%	0.258%	0.179%	0.371%	0.321%	0.090%	0.127%	0.365%	0.259%
U3 BGA Floating	45	212	124	233	354	144	59	38	253	158	57	67	169	1913
	0.035%	0.165%	0.097%	0.182%	0.277%	0.110%	0.040%	0.026%	0.170%	0.106%	0.038%	0.045%	0.113%	0.106%
Other	53	107	80	116	104	37	55	170	186	147	44	78	190	1367
	0.041%	0.084%	0.063%	0.091%	0.081%	0.028%	0.037%	0.114%	0.125%	0.099%	0.030%	0.053%	0.128%	0.075%

ตารางที่ ข.5 ปริมาณสิ่งบกพร่องของปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยหลังปรับปรุงกระบวนการ

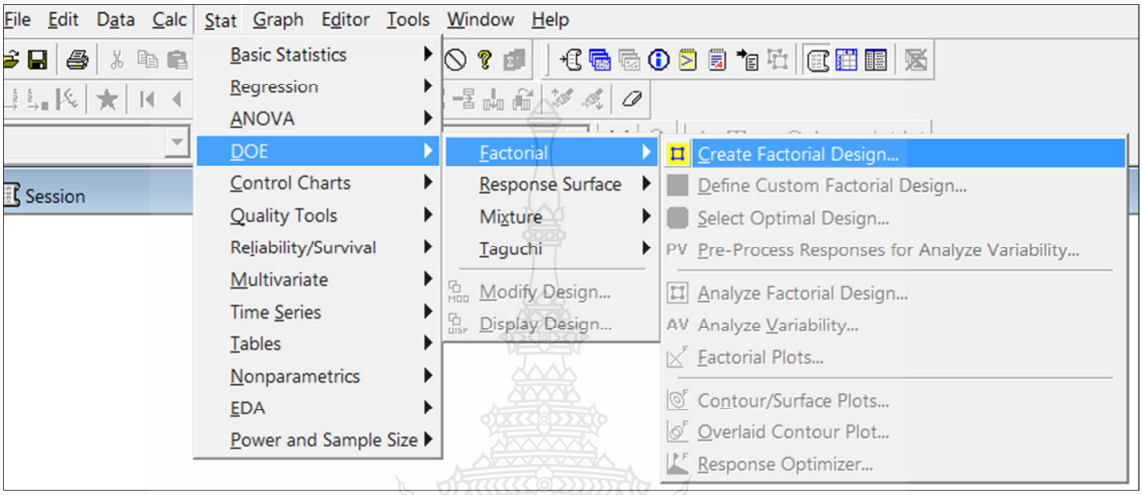
Month	May'12					June'12				
Week	18	19	20	21	22	23	24	25	26	Total
Input	148000	147400	148200	149000	150000	149000	149400	148800	144000	1333800
Output	143689	144058	144266	144816	145889	145288	145470	145769	140089	1299334
First Yield	97.09%	97.73%	97.35%	97.19%	97.26%	97.51%	97.37%	97.96%	97.28%	97.42%
Defect Total (pcs)	4311	3342	3934	4184	4111	3712	3930	3031	3911	34466
J5 Connector Floating	2190	1983	2232	2194	2065	2034	2186	1990	2000	18874
	1.480%	1.345%	1.506%	1.472%	1.377%	1.365%	1.463%	1.337%	1.389%	1.42%
U5 IC Bridging	601	590	498	532	470	526	437	345	495	4494
	0.406%	0.400%	0.336%	0.357%	0.313%	0.353%	0.293%	0.232%	0.344%	0.337%
J2 Connector Floating	465	299	470	556	421	372	677	370	410	4040
	0.314%	0.203%	0.317%	0.373%	0.281%	0.250%	0.453%	0.249%	0.285%	0.303%
U2 IC Floating	444	289	333	456	678	521	496	166	679	4062
	0.300%	0.196%	0.225%	0.306%	0.452%	0.350%	0.332%	0.112%	0.472%	0.305%
U3 BGA Floating	455	145	231	176	255	112	79	126	174	1753
	0.307%	0.098%	0.156%	0.118%	0.170%	0.075%	0.053%	0.085%	0.121%	0.131%
Other	156	36	170	270	222	147	55	34	153	1243
	0.105%	0.024%	0.115%	0.181%	0.148%	0.099%	0.037%	0.023%	0.106%	0.093%

ภาคผนวก ค

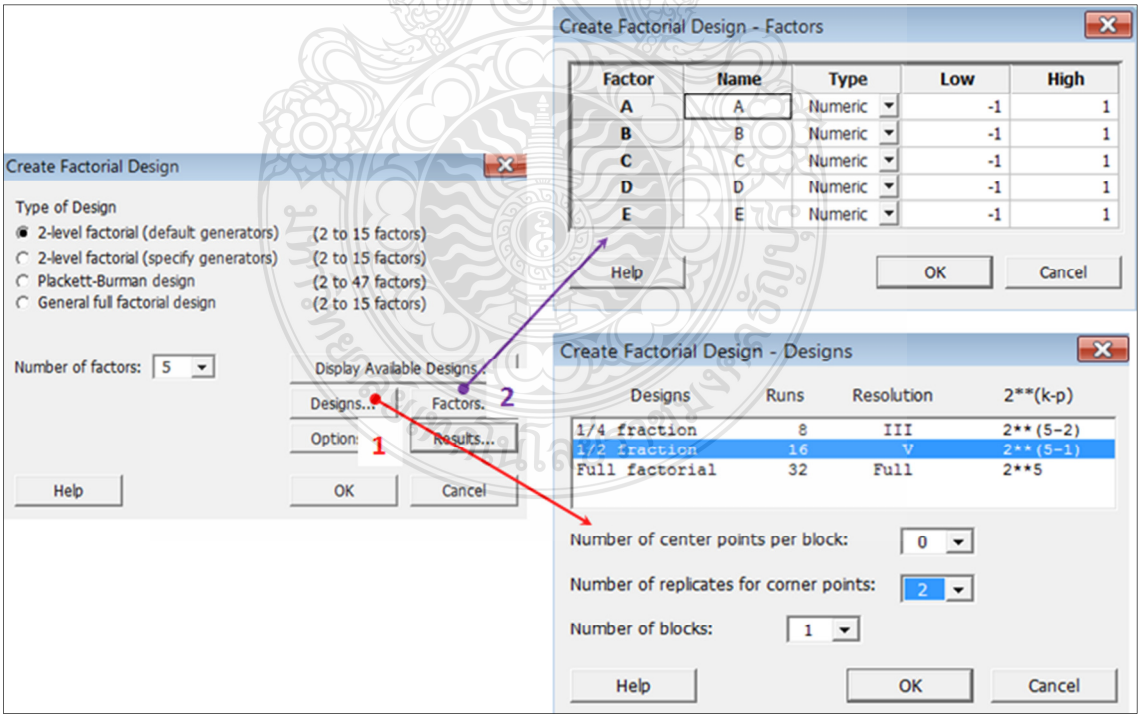
การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมมินิแทป

การออกแบบการทดลองแบบ 2^{5-1} Fractional Factorial Design

1. เข้า Stat → DOE →Factorial →Create Factorial Design ตามภาพที่ ค.1 จากนั้นออกแบบการทดลองโดยใส่ค่าในช่อง Design และระบุค่าปัจจัยในช่อง Factors ตามภาพที่ ค.2



ภาพที่ ค.1 การสร้างตารางการทดลอง (Create Factorial Design)



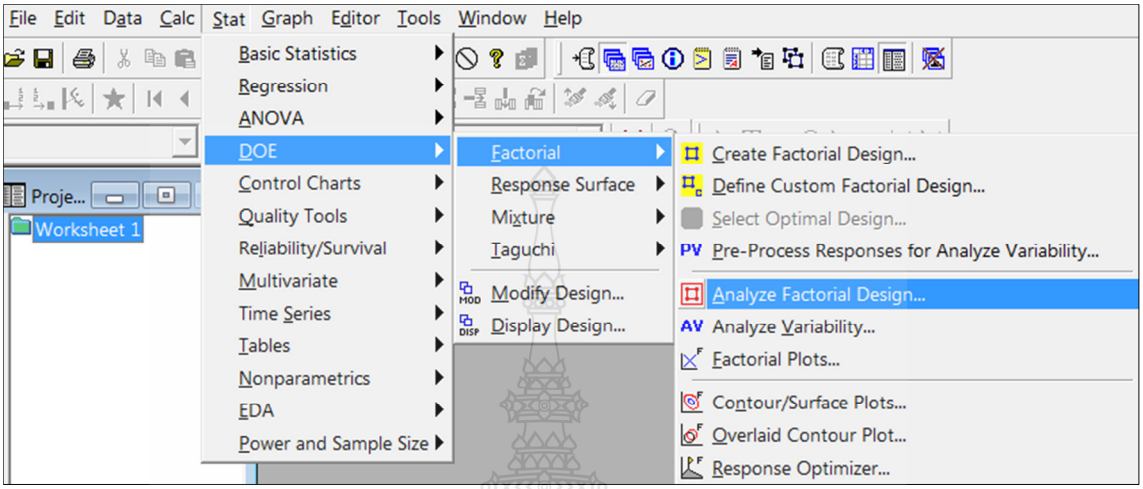
ภาพที่ ค.2 การเลือกแบบการทดลองและระบุค่าของปัจจัย

2. โปรแกรมจะแสดงตารางกรอกข้อมูลขึ้นมา จากนั้นทำการกรอกผลการทดลองในคอลัมน์ C10 ดังตารางที่ ค.1

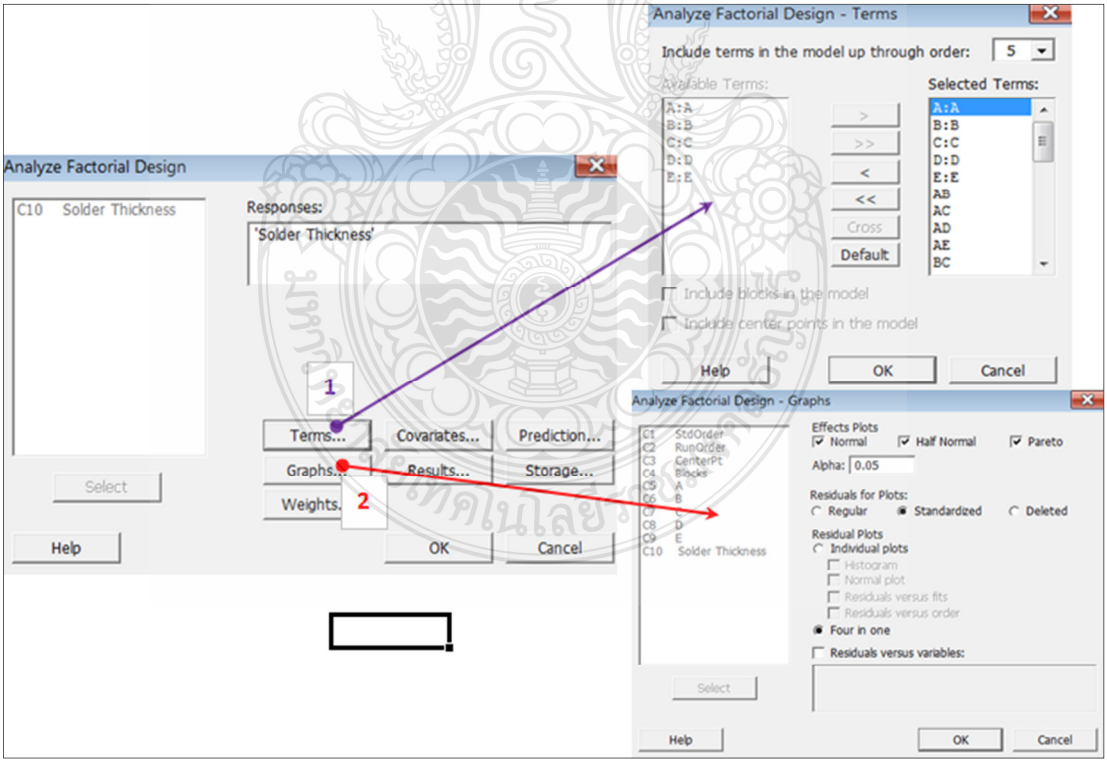
ตารางที่ ค.1 แผ่นงานคำนวณ (Work sheet) สำหรับการทดลองแบบ 2^{5-1} Fractional Factorial Design

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	Solder Thickness
1	1	13	1	1	-1	-1	-1	-1	1	0.1467
2	2	3	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0.1498
3	3	17	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0.1235
4	4	7	1	1	1	1	-1	-1	1	0.1311
5	5	21	1	1	-1	-1	1	-1	-1	0.1469
6	6	9	1	1	1	-1	1	-1	1	0.1532
7	7	26	1	1	-1	1	1	-1	1	0.1299
8	8	12	1	1	1	1	1	-1	-1	0.1354
9	9	14	1	1	-1	-1	-1	1	-1	0.1475
10	10	22	1	1	1	-1	-1	1	1	0.1479
11	11	24	1	1	-1	1	-1	1	1	0.1232
12	12	25	1	1	1	1	-1	1	-1	0.1308
13	13	27	1	1	-1	-1	1	1	1	0.1498
14	14	4	1	1	1	-1	1	1	-1	0.1519
15	15	11	1	1	-1	1	1	1	-1	0.1287
16	16	29	1	1	1	1	1	1	1	0.1357
17	17	6	1	1	-1	-1	-1	-1	1	0.1334
18	18	2	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0.1486
19	19	20	1	1	-1	1	-1	-1	-1	0.1246
20	20	10	1	1	1	1	-1	-1	1	0.1413
21	21	28	1	1	-1	-1	1	-1	-1	0.1463
22	22	31	1	1	1	-1	1	-1	1	0.1522
23	23	16	1	1	-1	1	1	-1	1	0.1316
24	24	15	1	1	1	1	1	-1	-1	0.1369
25	25	19	1	1	-1	-1	-1	1	-1	0.1464
26	26	5	1	1	1	-1	-1	1	1	0.1487
27	27	23	1	1	-1	1	-1	1	1	0.1265
28	28	30	1	1	1	1	-1	1	-1	0.1325
29	29	32	1	1	-1	-1	1	1	1	0.1484
30	30	8	1	1	1	-1	1	1	-1	0.1499
31	31	1	1	1	-1	1	1	1	-1	0.1301
32	32	18	1	1	1	1	1	1	1	0.1363

3. การวิเคราะห์ทำโดยเข้า Stat → DOE →Factorial → Analysis Factorial Design ตามภาพที่ ค.3 จากนั้นใส่ค่าในช่อง Term และ Graph ตามภาพที่ ค.4



ภาพที่ ค.3 การเข้าช่องทางวิเคราะห์ข้อมูลของการทดลองแบบ 2^{5-1} Fractional Factorial Design



ภาพที่ ค.4 การใส่ค่า Term และค่าของ Grahp เพื่อวิเคราะห์การทดลอง

4. นำปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าตอบสนองมาทำการแยก Alias เนื่องจากเป็นการทดลองแบบบางส่วน (Fractional Factorial Design) เพื่อหาว่า Effect ที่เกิดขึ้นเป็นของปัจจัยใด โดยใช้โครงสร้างอันตรกิริยาของคู่แฝดแฝงตามตารางที่ ค.2

ตารางที่ ค.2 โครงสร้างอันตรกิริยาของคู่แฝดแฝง (Alias Structure)

Fractional Factorial Design

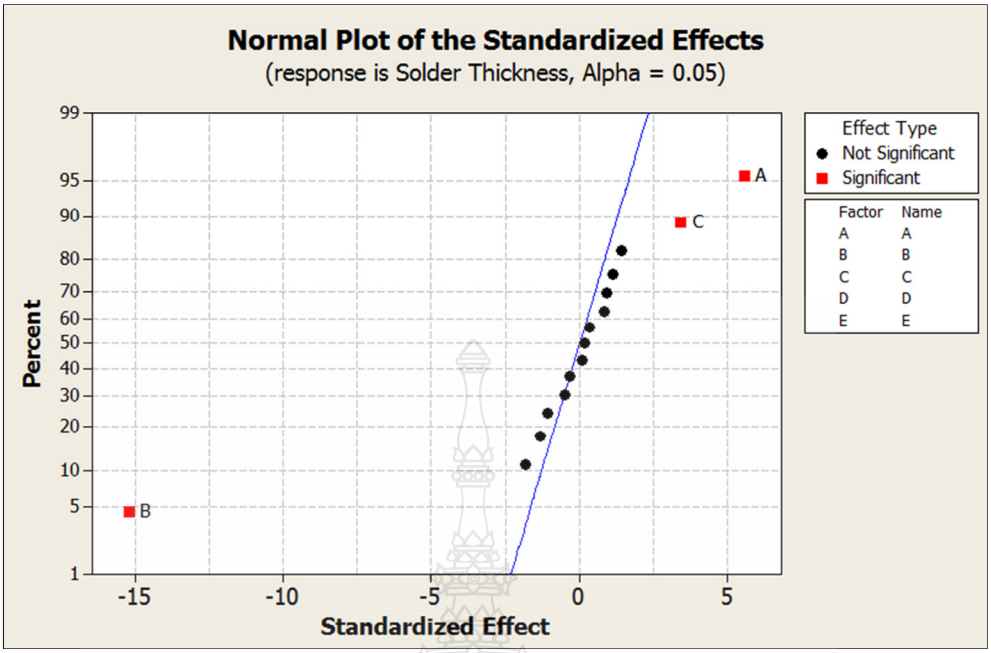
Factors:	5	Base Design:	5, 16	Resolution:	V
Runs:	32	Replicates:	2	Fraction:	1/2
Blocks:	1	Center pts (total):	0		

Design Generators: E = ABCD

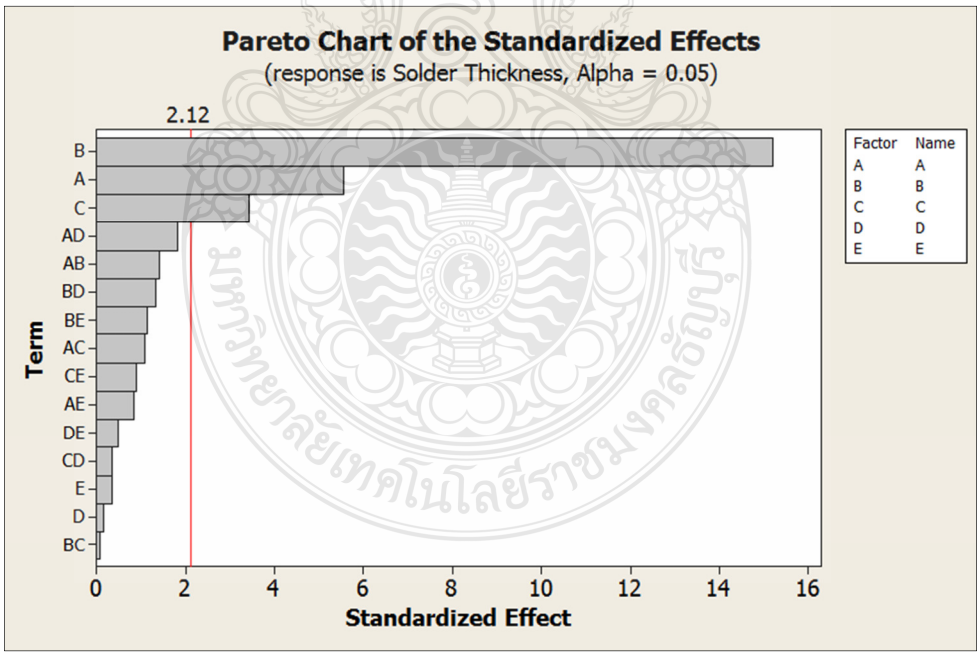
Alias Structure

I + ABCDE

A + BCDE
B + ACDE
C + ABDE
D + ABCE
E + ABCD
AB + CDE
AC + BDE
AD + BCE
AE + BCD
BC + ADE
BD + ACE
BE + ACD
CD + ABE
CE + ABD
DE + ABC



ภาพที่ ค.5 Normal Plot ของการทดลอง 2^{5-1} Fractional Factorial Design



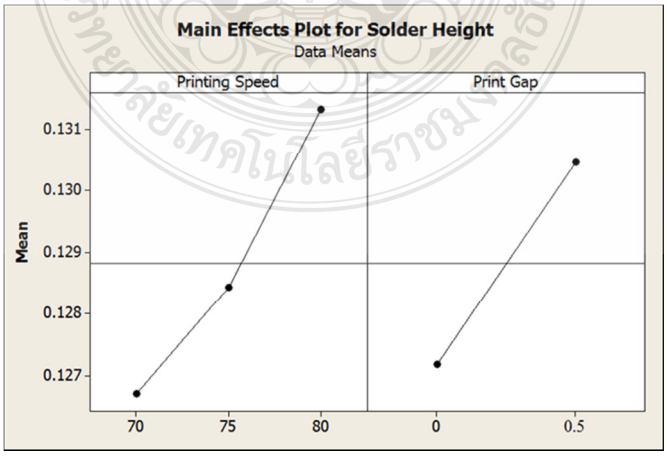
ภาพที่ ค.6 Pareto Chart ของการทดลอง 2^{5-1} Fractional Factorial Design

การออกแบบการทดลองแบบ General Full Factorial Design

การใช้งานโปรแกรมคล้ายกับการทดสอบข้างต้น เพียงแต่เลือกการออกแบบเป็น General Full Factorial Design แล้วใส่ผลทดสอบในคอลัมน์ C8 ดังตารางที่ ค.3 แล้ววิเคราะห์ผลการทดลอง

ตารางที่ ค.3 แผ่นงานคำนวณ (Work sheet) สำหรับการทดลองแบบ General Full Factorial Design

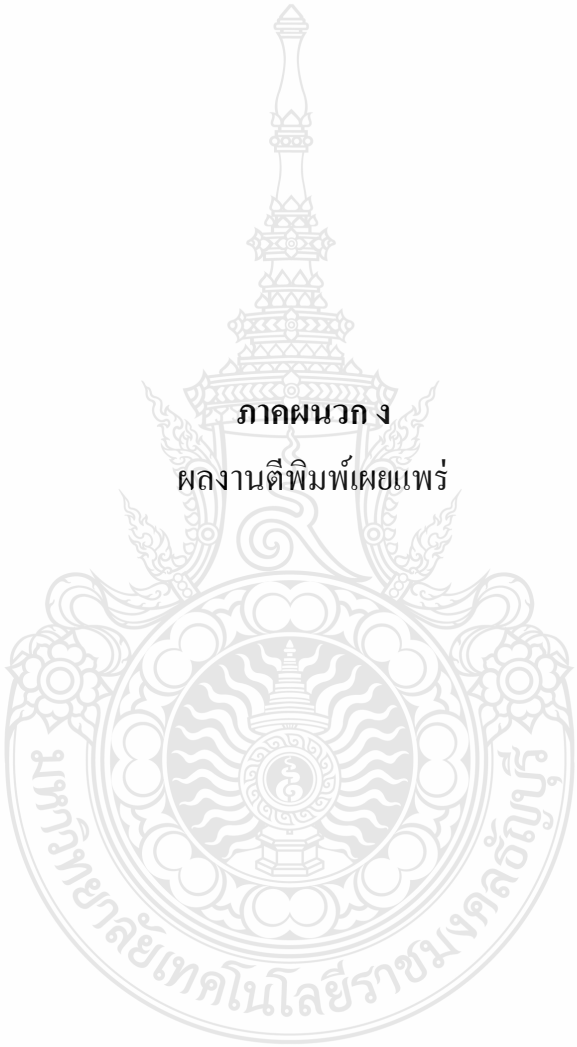
↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Printing Speed	Print Force	Print Gap	Solder Height
1	1	9	1	1	70	8.5	0.0	0.1253
2	2	11	1	1	70	8.5	0.5	0.1283
3	3	8	1	1	70	9.0	0.0	0.1249
4	4	1	1	1	70	9.0	0.5	0.1279
5	5	12	1	1	75	8.5	0.0	0.1262
6	6	19	1	1	75	8.5	0.5	0.1307
7	7	23	1	1	75	9.0	0.0	0.1264
8	8	24	1	1	75	9.0	0.5	0.1312
9	9	3	1	1	80	8.5	0.0	0.1301
10	10	16	1	1	80	8.5	0.5	0.1335
11	11	20	1	1	80	9.0	0.0	0.1290
12	12	7	1	1	80	9.0	0.5	0.1332
13	13	6	1	1	70	8.5	0.0	0.1265
14	14	17	1	1	70	8.5	0.5	0.1276
15	15	21	1	1	70	9.0	0.0	0.1259
16	16	22	1	1	70	9.0	0.5	0.1273
17	17	10	1	1	75	8.5	0.0	0.1268
18	18	14	1	1	75	8.5	0.5	0.1305
19	19	2	1	1	75	9.0	0.0	0.1259
20	20	15	1	1	75	9.0	0.5	0.1298
21	21	4	1	1	80	8.5	0.0	0.1297
22	22	18	1	1	80	8.5	0.5	0.1329
23	23	5	1	1	80	9.0	0.0	0.1295
24	24	13	1	1	80	9.0	0.5	0.1326



ภาพที่ ค.7 Main Effect Plot ของการทดลอง General Full Factorial Design

ภาคผนวก ง

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่



วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

ที่ วร 13 / 2556

21 กุมภาพันธ์ 2556

เรื่อง ตอบรับตีพิมพ์บทความลงในวารสาร

เรียน นายศิวะ ไวทย์รุ่งโรจน์

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเรื่อง "การเพิ่มผลิตภาพของการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยเทคนิค DMAIC กรณีศึกษา : โรงงานประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์" เพื่อขอตีพิมพ์ลงในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี ทางกองบรรณาธิการ ได้พิจารณาแล้วเห็นควรให้ตีพิมพ์ลงในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน) 2556 ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชวลิต แสงสวัสดิ์)
หัวหน้ากองบรรณาธิการ
วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต-นครนายก (กม.13) อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110
โทรศัพท์: 0 2549 3493 โทรสาร: 0 2549 3479 e-mail: varasan_rmutt@hotmail.com

การเพิ่มผลิตภาพของการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยเทคนิค DMAIC
กรณีศึกษา : โรงงานประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

Productivity Improvement of Electronics Part by Using DMAIC Technique
A Case Study of Printed Circuit Board Assembly Manufacturing

ศิวะ ไวทย์รุ่งโรจน์[1] และ ณฐา คุปตัษเฐียร[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยประยุกต์นำเทคนิค DMAIC มาใช้ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การวัดสาเหตุปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุปัญหา การปรับปรุงกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการ โดยประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 3 ส่วน ส่วนแรกคือเพิ่มยอดการผลิตตามความต้องการของลูกค้า จากการทดสอบพบว่ามี 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณยอดการผลิตคือโปรแกรมการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องจักรและวิธีการจัดเตรียมอุปกรณ์ ซึ่งหลังจากปรับปรุงกระบวนการแล้วสามารถเพิ่มยอดการผลิตได้ 16.5% ในส่วนที่สองทำการแก้ไขปัญหาการลอยของอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ ซึ่งเป็นสิ่งบกพร่องที่เกิดขึ้นสูงสุด โดยมีสาเหตุจากการโก่งของตัวอุปกรณ์ซึ่งเป็นพลาสติกหลังผ่านเครื่องหลอมดีบุก โดยหลังจากแก้ไขปัญหาสามารถลดสิ่งบกพร่องลงจาก 4.12% เหลือ 1.42% และส่วนสุดท้ายคือลดต้นทุนของดีบุกครีมลง 10% ด้วยการเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่ ซึ่งหลังจากทดสอบพบว่าค่าความสูงดีบุกมีความแตกต่างกับค่าปัจจุบันจึงต้องทำการทดลองแบบ 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Design) เพื่อกรองหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุก และทดลองซ้ำด้วยการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป (General Full Factorial Design) เพื่อหาค่าระดับที่เหมาะสม ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสูงดีบุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.05$ คือความเร็วการปาดดีบุกครีมและระยะห่างแบบพิมพ์กับชิ้นงาน โดยค่าระดับที่เหมาะสมคือ 75 มม.ต่อวินาทีและ 0 มม.ตามลำดับ

คำสำคัญ: ดีบุกครีม, ความสูงดีบุก, ความเร็วการปาดดีบุกครีม, ระยะห่างแบบพิมพ์กับชิ้นงาน

Abstract

This research has an objective to improve productivity in electronics products by using DMAIC technique as Define Measure Analyze Improve and Control that has substance 3 phases. The First is to increase output follow customer's requirement that has two significant factors with output as Part Mounting Program and Part preparation. After processes improved it can increase the output 16.5%. The Second is to solve the Connector Floating that is the highest defect which root causes as Part bending after passed the Reflow Soldering Process. After improve process it was reduced from 4.12% to 1.42%. The Last phase is to reduce cost of solder paste amount 10% by change new supplier. After test the new one found the solder height value has difference so we have to do DOE with 2^{5-1} Fractional Factorial Design to screen significant factors and retest them by using General Full Factorial Design to optimize level. Conclusion is Printing speed and Print gap was significant factors with solder height at $\alpha = 0.05$ and the optimize value as 75 mm. /sec. and 0 mm. respectively.

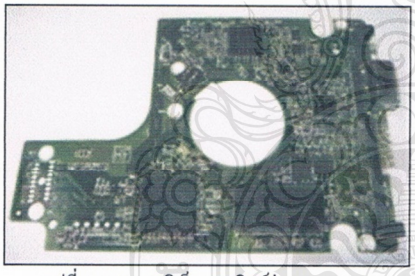
Keywords: Solder Paste, Solder Height, Printing Speed, Print Gap.

---

[1]นักศึกษาปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]หัวหน้าประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและมีการแข่งขันกันสูงเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งฮาร์ดดิสก์เป็นชิ้นส่วนของคอมพิวเตอร์ที่มีปริมาณการผลิตที่มาก ดังนั้นบริษัทที่เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนของฮาร์ดดิสก์จึงจำเป็นต้องทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยเพิ่มผลผลิตต่อวันให้มากขึ้น ตัดลดขั้นตอนของการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า ลดสัดส่วนของชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องเพื่อที่จะลดต้นทุนการผลิตให้สามารถแข่งขันด้านราคาและคุณภาพกับคู่แข่งได้ บริษัทตัวอย่างกรณีศึกษาเป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์ดังในรูปที่ 1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตคือ กำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าและต้นทุนการผลิตที่สูง ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงขั้นตอนในกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิค DMAIC



รูปที่ 1 แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่น Helios 3.0

จากการเก็บข้อมูลของยอดการสั่งผลิตตั้งแต่มกราคม - มิถุนายน 2555 พบว่าผลิตภัณฑ์รุ่น Helios 3.0 มียอดขายรวมสูงสุดซึ่งคิดเป็น 73% ของยอดขายทั้งหมด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการปรับปรุงกระบวนการของสินค้ารุ่นนี้เป็นหลัก โดยได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วน คือเพิ่มยอดการผลิตต่อวัน ลดปริมาณสิ่งบกพร่องคอนเนคเตอร์ลอย และเปลี่ยนวัตถุดิบยี่ห้อใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิต

ในปัจจุบันลูกค้ามีความต้องการให้จัดส่งสินค้ารุ่น Helios 3.0 ทุกวันจำนวนวันละ 20,000 ชิ้น ซึ่งโรงงานตัวอย่างมีกำลังการผลิตเพียง 17,000 ชิ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาหาแนวทางเพื่อเพิ่มกำลังผลิตให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า โดยทำการปรับปรุงกระบวนการในขั้นตอนของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพราะเป็นขั้นตอนที่ช้าที่สุดของสายการผลิต ซึ่งเป้าหมายคือจัดส่งสินค้าให้ได้ 20,000 ชิ้นต่อวัน

จากนั้นทำการปรับปรุงในส่วนของสิ่งบกพร่องซึ่งมีความสำคัญต่อการจัดส่งสินค้าแบบวันต่อวันเพราะหากผลผลิตแรก (First Yield) มีค่าต่ำก็อาจส่งงานไม่ทันเพราะจะมีงานรอซ่อมจำนวนมาก ลักษณะปัญหาที่พบมากและซ่อมแซมได้ยากคืออุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา แล้วปรับปรุงแก้ไขตามขั้นตอน DMAIC เพื่อให้ส่งงานได้ตามกำหนด และยังลดปริมาณงานซ่อมซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายแฝงที่อยู่ในต้นทุนผลิต โดยเป้าหมายของการทดลองคือลดปริมาณสิ่งบกพร่องคอนเนคเตอร์ลอยให้ต่ำกว่า 2%

ส่วนสุดท้ายคือเปลี่ยนยี่ห้อดีบุกครีมซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตที่มีค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสูงสุด โดยเปลี่ยนใช้ยี่ห้อใหม่ที่มีราคาถูกกว่าซึ่งจะลดต้นทุนการผลิตลงได้ 10% โดยใช้เทคนิคการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง (Design and Analysis of Experiments: DOE) ทดสอบกับดีบุกครีมใหม่เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าตอบสนอง (Response) แล้วเลือกค่าระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย เพื่อให้ได้ค่าตอบสนองใกล้เคียงกับปัจจุบันมากที่สุด

2. จัดตั้งทีมงานวิจัย

จัดตั้งทีมงานวิจัยซึ่งสมาชิกมาจากส่วนงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 6 คนประกอบด้วยฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง และฝ่ายประกันคุณภาพ แล้วให้ความรู้เบื้องต้นตามขั้นตอน DMAIC เพื่อที่จะร่วมกันระดมความคิดในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้บรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ในงานวิจัย

3. การผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่น Helios 3.0

ในกระบวนการประกอบสินค้ารุ่น Helios 3.0 มีทั้งหมด 7 ขั้นตอนคือ

1) การพิมพ์ดีบุก (Solder Paste Printing)
2) การวางอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ (Part Placement)
3) การสุ่มตรวจสอบด้วยตาเปล่า (Visual Inspection)
4) การหลอมดีบุก (Reflow Soldering)
5) การติดบาร์โค้ด (Barcode Attachment)
6) การตรวจสอบด้วยเครื่องจักร (AOI)
7) การตรวจสอบผ่านกล้องจุลทรรศน์ (VMI-10X)

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 เพิ่มยอดผลิตรุ่น Helios 3.0 เป็น 20,000 ชิ้นต่อวัน

4.1.1 การกำหนดปัญหา (Define Phase)

พิจารณาตารางที่ 1 คือความสามารถในสายการผลิตของเครื่องจักรที่เรียงต่อกันด้วยสายพาน โดยขั้นตอนที่เป็นตัวกำหนดยอดงานของสายผลิตคือเครื่องวางอุปกรณ์ตัวที่ 3 เพราะเป็นขั้นตอนที่ช้าที่สุด ซึ่งรอบเวลางาน (Cycle Time) มีค่าเท่ากับ 43 วินาทีหรือคิดเป็นยอดงานผลิตเท่ากับ 284 ชิ้นต่อชั่วโมง (UPH = 284)

ตารางที่ 1 ความสามารถในสายการผลิตของเครื่องจักรที่เรียงต่อกันในกระบวนการประกอบ

ขั้นตอนการประกอบ	รอบเวลางาน	อัตราผลิตต่อชั่วโมง
1.เครื่องพิมพ์ดีบุก	30 วินาที	408 ชิ้น
2.เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กฯ1	35 วินาที	349 ชิ้น
3.เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กฯ2	37 วินาที	330 ชิ้น
4.เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กฯ3	43 วินาที	284 ชิ้น
5.เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กฯ4	32 วินาที	382 ชิ้น
6.เครื่องหลอมดีบุก	25 วินาที	489 ชิ้น

ความต้องการลูกค้าคือ 20,000 ชิ้นต่อวันโดยส่งสินค้าทุกวัน ดังนั้นเป้าหมายการผลิตต้องเผื่อเปอร์เซ็นต์ของสิ่งบกพร่องไปด้วยเนื่องจากต้องส่งสินค้าทุกวัน หากคิดเปอร์เซ็นต์ของสิ่งบกพร่อง 5% แผนการผลิตที่คำนวณได้คือ 21,053 ชิ้นต่อวัน ตามสูตรความสัมพันธ์นี้

$$\text{แผนการผลิต} = \frac{\text{ความต้องการของลูกค้า}}{1 - \text{สัดส่วนของสิ่งบกพร่อง}} \quad (1)$$

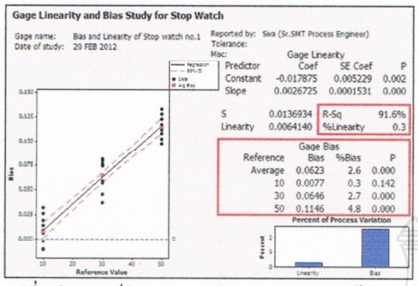
สินค้ารุ่น Helios 3.0 มีสายการผลิตทั้งหมด 3 สาย ดังนั้นจำนวนชิ้นงานที่ต้องผลิตต่อหนึ่งสายคือ 7,018 ชิ้นต่อวัน (คำนวณจาก 21,053 / 3) ซึ่งปัจจุบันมีกำลังการผลิตต่อสายเพียง 5,964 ชิ้นต่อวัน ดังนั้นในส่วนของการผลิตนี้จำเป็นต้องปรับปรุงขั้นตอนในกระบวนการประกอบ โดยขั้นตอนที่ช้าที่สุดที่เป็นตัวกำหนดยอดงานของสายผลิตคือเครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ 3 โดยมีเป้าหมายอยู่ที่ 7,018 ชิ้นต่อวัน หรือ 335 ชิ้นต่อชั่วโมง (คำนวณจาก 7,018 / 21)

4.1.2 การวัดกระบวนการ (Measure Phase)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA) คือการศึกษาและประเมินความสามารถของระบบการวัดที่เกิดจากคน วัด เครื่องมือวัด ชิ้นงานที่ถูกวัด และวิธีการที่ใช้ในการวัด ว่าระบบการวัดมีความผันแปรมากน้อยเพียงใด อยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1) ค่าเอนเอียง (Bias) และสมบัติเชิงเส้น (Lincarity)

ให้พนักงาน 1 คนทำการวัดเวลามาตรฐาน 3 ค่า คือ 10, 30 และ 50 วินาที โดยวัดซ้ำค่าละ 10 ครั้งแบบสุ่ม แล้ววิเคราะห์ผลพบว่าค่าความเบี่ยงเบนของระบบการวัดเวลาเทียบกับความผันแปรของกระบวนการมีค่าเท่ากับ 2.6% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก (มีค่า < 5%) และค่าสมบัติเชิงเส้นพบว่าเปอร์เซ็นต์เชิงเส้นตรงเทียบกับความผันแปรของกระบวนการมีค่าเท่ากับ 0.3% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก (มีค่า < 5%) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) มีค่าเท่ากับ 91.6% แสดงว่าข้อมูลนี้มีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นสรุปได้ว่าค่าเบี่ยงเบนและสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัดเวลางานอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วิเคราะห์ค่าความเอนเอียงและสมบัติเชิงเส้นตรงของนาฬิกาจับเวลา

2) ความมีเสถียรภาพ (Stability)

เลือกเวลามาตรฐาน 1 ค่าคือ 40 วินาทีเพราะใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการศึกษา แล้ววัดเวลาสัปดาห์ละ 2 ครั้งๆละ 5 ข้อมูล โดยเก็บข้อมูล 8 สัปดาห์ แล้ววิเคราะห์เสถียรภาพด้วยแผนภูมิควบคุม (Control Chart) พบว่าข้อมูลอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมของแผนภูมิควบคุมพิสัย (R - Chart) แสดงว่าระบบการวัดมีเสถียรภาพและมีความสม่ำเสมอที่ดี และพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (X bar - Chart) พบว่าสภาวะอยู่ภายใต้การควบคุมแสดงว่าระบบการวัดไม่มีปัญหาด้านความถูกต้องในค่าวัด สรุปว่าระบบการวัดมีความสามารถในการวัดอย่างสม่ำเสมอภายในระยะเวลาที่กำหนด

3) ความเที่ยงตรง (Precision)

ให้พนักงาน 2 คนวัดรอบเวลางานของชิ้นงานทั้งหมด 10 ชิ้น โดยทำการถ่ายวีดีโอของชิ้นงานตัวอย่างจากสายผลิตแล้วให้พนักงานทั้ง 2 คนวัดรอบเวลางานจากวีดีโอทีละชิ้นๆละ 2 ครั้งแบบสุ่ม แล้วทำการวิเคราะห์ซึ่งได้ผลดังนี้

3.1) ค่าการแยกประเภทข้อมูล (Number of Distinct Categories) มีค่าเท่ากับ 13 หมายความว่าเครื่องมือวัดสามารถแยกความแตกต่างข้อมูลได้ 13 ประเภท และตรวจจับความผันแปรในกระบวนการได้ดี ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ (เกณฑ์ > 4)

3.2) ค่าความผันแปรเครื่องมือวัด (Contribution) เท่ากับ 1.06 % หมายความว่า ค่าวัดที่ได้จากนาฬิกาจับเวลามีความผันแปรเนื่องจากเครื่องมือวัดเพียง 1.06 % ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับที่ไม่เกิน 2% แสดงว่านาฬิกาจับเวลานี้สามารถใช้ทำการทดลองได้

3.3) อิทธิพลของปัจจัยร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่าง ซึ่งมีค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0.301 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ หมายความว่าอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3.4) ปัจจัยของพนักงานวัด มีค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0.247 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ หมายความว่าพนักงานทั้งสองคนวัดเวลางานได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.1.3 การวิเคราะห์กระบวนการ (Analyze Phase)

วิเคราะห์ปัญหา “ยอดงานผลิตน้อยกว่าความต้องการลูกค้า” ผ่านแผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) และการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) ซึ่งได้ปัจจัยป้อนเข้าที่น่าจะส่งผลต่อความผันแปร (Potential KPIVs) คือ วิธีการเตรียมม้วนอุปกรณ์และโปรแกรมการวางอุปกรณ์ของเครื่องจักร

1) ทดสอบสมมติฐานของวิธีการเตรียมม้วนอุปกรณ์

ทำการทดสอบเวลาเฉลี่ยของการเตรียมม้วนอุปกรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) เนื่องจากเปรียบเทียบข้อมูล 3 กลุ่ม คือแบบปัจจุบัน แบบใหม่ที่ 1 และแบบใหม่ที่ 2 โดยขั้นแรกต้องหาขนาดตัวอย่าง (Sample Size) ของแต่ละกลุ่มข้อมูลเพื่อให้การทดสอบมีความน่าเชื่อถือด้วยโปรแกรมมินิแทป (Minitab Program) ซึ่งได้เท่ากับ 15 ตัวอย่างที่ค่ากำลังการทดสอบเป็น 95% ดังรูปที่ 3

SS Means	Sample Size	Target Power	Actual Power	Maximum Difference
112.5	10	0.80	0.817278	15
112.5	11	0.85	0.858433	15
112.5	13	0.90	0.917235	15
112.5	15	0.95	0.953073	15

รูปที่ 3 การหาขนาดของสิ่งตัวอย่างแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

1.1) วัดรอบเวลาในการเตรียมม้วนอุปกรณ์

ทำการวัดเวลาในการเตรียมม้วนอุปกรณ์ของพนักงานประจำแบบละ 15 ตัวอย่างแบบสุ่ม โดยทดสอบทั้ง 3 แบบ ซึ่งการจัดเตรียมอุปกรณ์แต่ละแบบมีดังนี้

- แบบปัจจุบัน คือม้วนอุปกรณ์ถูกวางรวมกันไม่มีการแยกทำให้ใช้เวลาในการเตรียมนาน
- แบบใหม่ที่ 1 คือแยกม้วนอุปกรณ์ตามชนิด
- แบบใหม่ที่ 2 คือแยกม้วนอุปกรณ์ตามการใช้งานของแต่ละเครื่องจักร

1.2) ทดสอบการแจกแจงข้อมูล

ทดสอบข้อมูลทั้ง 3 กลุ่มโดยใช้การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability Plot) พบว่าทุกกลุ่มข้อมูลได้ค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) มากกว่า 0.05 สรุปว่าข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อได้

1.3) ทดสอบความผันแปรของข้อมูล

เปรียบเทียบความผันแปรของข้อมูลทีละคู่โดยใช้การทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวน (Test for Equal Variance) ซึ่งพบว่าทั้ง 3 คู่เปรียบเทียบได้ค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) มากกว่า 0.05 สรุปว่าความผันแปรของข้อมูลทั้ง 3 กลุ่มมีค่าไม่ต่างกัน สามารถนำข้อมูลไปเปรียบเทียบในส่วนค่ากลางของข้อมูลต่อไปได้

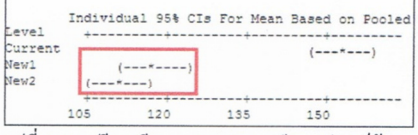
1.4) ทดสอบสมมติฐานการทดลอง

ทดสอบโดยใช้หลักสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) ได้ค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าค่า α ที่ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แล้วยอมรับสมมติฐาน H_1 ซึ่งสามารถตีความได้ว่า มีวิธีการเตรียมอุปกรณ์บางแบบมีผลต่อค่ารอบเวลางานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และแสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) เท่ากับ 71.55% ซึ่งหมายความว่าวิธีการจัดเตรียมอุปกรณ์มีผลต่อรอบเวลางาน 71.55% ดังแสดงผลในรูปที่ 4

One-way ANOVA: Cycle time versus Method

Source	DF	SS	MS	F	P
Method	2	15551	7775	56.34	0.000
Error	42	5797	138		
Total	44	21347			

S = 11.75 R-Sq = 72.85% R-Sq(adj) = 71.55%



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบรอบเวลาการเตรียมอุปกรณ์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

1.5) สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

พิจารณารูปที่ 4 พบว่าวิธีแบบใหม่ที่ 1 และแบบใหม่ที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันในค่าเฉลี่ยรอบเวลางาน แต่มีค่าน้อยกว่าการจัดเตรียมอุปกรณ์ในแบบปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นจึงสามารถเลือกวิธีการแบบใหม่ที่ 1 หรือที่ 2 มาใช้เพื่อลดเวลาในการเตรียมม้วนอุปกรณ์ได้ ซึ่งทีมงานวิจัยเลือกแบบใหม่ที่ 2 เพราะสะดวกต่อพนักงานและยังช่วยลดปัญหาการใส่อุปกรณ์ผิด

2) ทดสอบสมมติฐานของโปรแกรมการวางอุปกรณ์

2.1) การวัดรอบเวลางานของสายการประกอบ

วัดรอบเวลาการประกอบชิ้นงานอย่างละ 15 ตัวอย่างเป็นการกระทำแบบสุ่ม โดยทดสอบ 2 แบบคือ แบบปัจจุบันซึ่งเป็นโปรแกรมเดิมที่เครื่องวางอุปกรณ์ตัวที่ 3 มีรอบเวลางานสูงสุด และแบบใหม่ซึ่งทำการจัดสมดุลย์จำนวนตำแหน่งของอุปกรณ์ใหม่ให้เครื่องวางอุปกรณ์ทั้ง 4 เครื่องมีรอบเวลางานที่ใกล้เคียงกัน

2.2) ตั้งสมมติฐานการทดลอง

$$H_0: \quad \mu_1 = \mu_2 \qquad (2)$$
$$H_1: \quad \mu_1 > \mu_2$$

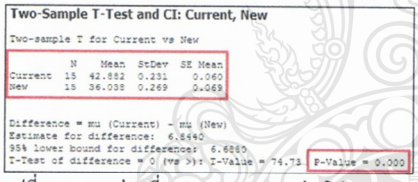
กำหนดให้

μ_1 = รอบเวลางานเฉลี่ยของสายการประกอบที่ใช้โปรแกรมวางอุปกรณ์ปัจจุบัน

μ_2 = รอบเวลางานเฉลี่ยของสายการประกอบที่ใช้โปรแกรมวางอุปกรณ์ใหม่

2.3) การทดสอบสมมติฐานการทดลอง

ทดสอบการแจกแจงข้อมูลและทดสอบความผันแปรข้อมูล พบว่าข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติและมีค่าความแปรปรวนที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงทดสอบสมมติฐานด้วยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นอิสระต่อกัน (2 Sample – T) พบว่าได้ค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่า α ที่ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แล้วยอมรับสมมติฐาน H_1 ซึ่งตีความได้ว่า รอบเวลาเฉลี่ยของสายการประกอบโดยใช้โปรแกรมการวางอุปกรณ์แบบใหม่มีค่าน้อยกว่าการใช้โปรแกรมการวางแบบปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังผลในรูปที่ 5 ซึ่งรอบเวลางานเฉลี่ยมีค่าลดลงจาก 42.88 วินาทีเหลือ 36.04 วินาที ซึ่งเกิดจากการจัดสมดุลย์ของจำนวนตำแหน่งการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ระหว่างเครื่องจักรวางอุปกรณ์


Two-Sample T-Test and CI: Current, New

Two-sample T for Current vs New

	N	Mean	StDev	SE Mean
Current	15	42.882	0.231	0.060
New	15	36.038	0.269	0.069

Difference = mu (Current) - mu (New)
Estimate for difference: 6.8440
95% lower bound for difference: 6.6880
T-Test of difference = 0 (vs >): T-Value = 74.73 P-Value = 0.000

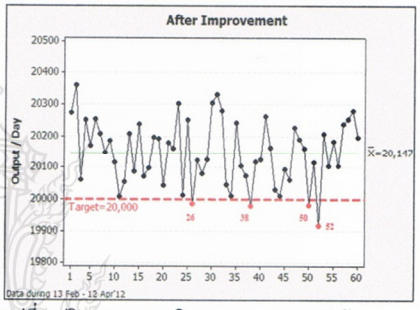
รูปที่ 5 ทดสอบค่าเฉลี่ยรอบเวลางานระหว่างโปรมแกรมปัจจุบันกับโปรแกรมใหม่

4.1.4 การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

เริ่มปรับปรุงกระบวนการในสายการผลิตที่ 1 เพียงสายเดียวก่อนเป็นเวลา 3 วัน แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนการปรับปรุงกระบวนการ พบว่าได้ปริมาณงานเพิ่มขึ้น 17% จากนั้นทำการปรับกระบวนการทั้ง 3 สายการผลิตแล้วเก็บข้อมูลเป็นเวลา 6 วันต่อเนื่อง พบว่าปริมาณงานผลิตที่เป็นผลผลิตแรก (First Yield) มีค่าเฉลี่ยที่ 20,229 ชิ้นและไม่มีวันใดที่ได้ยอดผลิตต่ำกว่าเป้าหมายที่ 20,000 ชิ้น

4.1.5 การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

เฝ้าระวังรอบเวลางานของสายประกอบทั้ง 3 สายผลิตด้วยแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมพิสัย (X Bar - R Chart) เพราะอาจเกิดการผิดพลาดในขั้นตอนการวางอุปกรณ์เนื่องจากการสึกหรอของหัวหยิบ (Nozzle) หรือการผิดพลาดอื่นๆ ซึ่งอาจส่งผลให้รอบเวลางานสูงขึ้น โดยทำการเก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน พบว่ามีเพียง 4 วันที่ปริมาณการผลิตรวมไม่ถึง 20,000 ชิ้น แต่ก็ไม่ส่งผลกระทบเนื่องจากปริมาณงานที่ขาดนั้นมีจำนวนไม่มาก ซึ่งสามารถนำงานดีจากวันก่อนหน้ามาเติมให้ครบตามจำนวนได้



รูปที่ 6 ปริมาณงานผลผลิตแรก (First Yield) หลังจากปรับปรุงกระบวนการเป็นเวลา 2 เดือน

4.1.6 สรุปผลการทดลอง

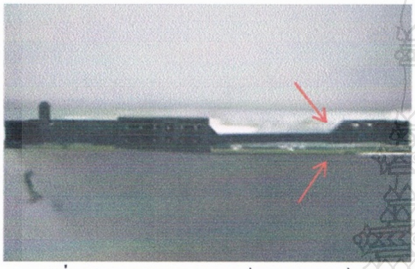
นำข้อมูลก่อนปรับปรุงกระบวนการช่วงวันที่ 3 มกราคม - 12 กุมภาพันธ์ 2555 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 17,290 ชิ้นต่อวัน เปรียบเทียบกับหลังปรับปรุงกระบวนการช่วงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ - 12 เมษายน 2555 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 20,147 ชิ้นต่อวัน พบว่ายอดงานเพิ่มขึ้น 16.5% ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ 15%

4.2 ลดปริมาณสิ่งบกพร่องอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย

4.2.1 การกำหนดปัญหา

การผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 พบว่าปัญหาของสิ่งบกพร่องที่เกิดขึ้นสูงสุดคืออุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย ซึ่งคิดเป็น 4.12% จากงานที่ผลิตตั้งแต่มกราคม - มีนาคม

2555 โดยขอบเขตของงานวิจัยนี้จะทำการแก้ไขเฉพาะที่เกิดจากสาเหตุการโก่งของตัวอุปกรณ์หลังจากผ่านเครื่องหลอมตีบุก (Reflow Soldering) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเท่านั้น ถ้าเป็นปัญหาจากบริษัทผู้ผลิต (Supplier) ทีมงานจะส่งข้อมูลไปให้หน่วยงานที่รับผิดชอบต่อไป ซึ่งเป้าหมายที่ตั้งไว้คือลดจำนวนของเสียลงให้เหลือต่ำกว่า 2%

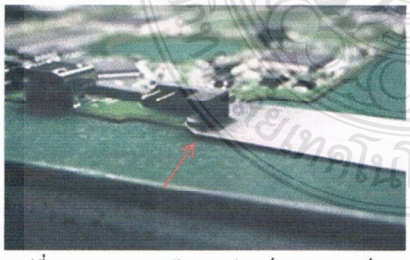


รูปที่ 7 ลักษณะปัญหาอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย

4.2.2 การวัดกระบวนการ (Measure Phase)

1) การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage R&R)

วิเคราะห์ประสิทธิภาพของพนักงานในการตรวจสอบสิ่งบกพร่องที่มีผลลัพธ์อยู่ 2 ทางคืองานดีหรืองานเสีย ซึ่งมีขั้นตอนทดสอบคือเตรียมชิ้นงานต้นแบบจำนวน 40 ชิ้น ซึ่งเป็นงานดี 15 ชิ้น งานเสีย 15 ชิ้น งานเกือบดี 5 ชิ้น และงานเกือบเสียอีก 5 ชิ้น แล้วให้พนักงานประจำจำนวน 6 คน ทำการตรวจสอบชิ้นงานต้นแบบทุกชิ้นๆละ 2 ครั้งโดยทำการทดลองแบบสุ่ม



รูปที่ 8 การตรวจสอบปัญหาอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย

ซึ่งในการตรวจสอบนั้นให้ใช้เกจวัดความหนา (Feeler Gauge) ความหนา 0.15 มม.สอดเข้าไปใต้ตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ (Connector) ดังรูปที่ 8 โดยมีข้อกำหนดเฉพาะคือต้องไม่สามารถสอดเกจวัดความหนาเข้าไปได้ถึงจะเป็นงานดี ซึ่งหมายความว่าตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ไม่ลอยหรือลอยไม่เกิน 0.15 มม. จากนั้นให้บันทึกผลการตรวจสอบแล้วคำนวณค่าทดสอบต่างๆดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่าพนักงานทุกคนมีค่าความมั่นใจ (Consistency) ที่ 100 % แสดงว่าพนักงานมีความมั่นใจในการตรวจสอบชิ้นงานดีมาก มีประสิทธิผลในการตรวจสอบมากกว่า 95% ซึ่งมากกว่าเกณฑ์การยอมรับที่ 90% มีค่าปฏิเสธผิดพลาดไม่เกิน 5% ซึ่งเท่ากับเกณฑ์การยอมรับ และค่ายอมรับผิดพลาดที่ 0% ซึ่งหมายความว่าพนักงานกลุ่มนี้จะไม่ปล่อยงานเสียออกไปสู่ลูกค้า สรุปคือระบบการวัดผลของพนักงานกลุ่มนี้อยู่ในเกณฑ์ดีมาก ไม่ต้องส่งพนักงานคนใดกลับไปอบรมใหม่ แล้วสามารถนำข้อมูลที่ผ่านระบบการวัดผลนี้ไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้

ตารางที่ 2 ความสามารถในการตรวจสอบอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอยของพนักงาน

พนักงานตรวจสอบ	ความมั่นใจ (Consistency)	ประสิทธิผล (Effective)	ปฏิเสธงานดี (Over Reject)	ยอมรับงานเสีย (Over Accept)
1	100%	97.5%	5.0%	0.0%
2	100%	100%	0.0%	0.0%
3	100%	97.5%	5.0%	0.0%
4	100%	97.5%	5.0%	0.0%
5	100%	97.5%	5.0%	0.0%
6	100%	100%	0.0%	0.0%

2) ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

สำหรับปัญหาอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอยต้องใช้หลักการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทวินาม (Binomial) เพราะข้อมูลสิ่งบกพร่องที่ใช้วิเคราะห์เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Distribution) ซึ่งจากข้อมูลตั้งแต่ มกราคม - มีนาคม 2555 ได้ค่าคะแนนมาตรฐาน (Process Z Score) เท่ากับ 1.737 หรือคำนวณเป็นดัชนีวัดความสามารถกระบวนการ (C_{pk}) เท่ากับ 0.58 (1.737/3)

4.2.3 การวิเคราะห์กระบวนการ

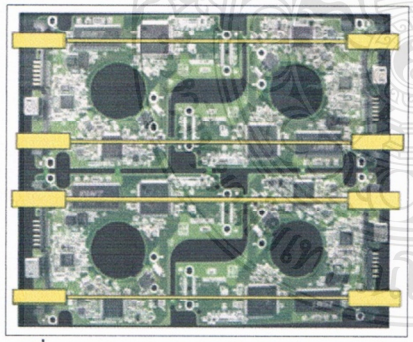
วิเคราะห์ปัญหา "อุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย" ผ่านแผนภูมิก้างปลาผ่านแผนภูมิก้างปลาและการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ซึ่งได้ปัจจัยป้อนเข้าที่น่าจะส่งผลต่อความผันแปรคือ ตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์มีความสามารถทนอุณหภูมิได้ต่ำเลยเกิดการโก่งหลังจากผ่านเครื่องหลอมดีบุก

1) ทดสอบสมมติฐานการโก่งตัวของ SATA connector หลังผ่านเครื่องอบความร้อน

หาขนาดของสิ่งตัวอย่างที่จะทำการทดสอบ (Sample Size) ซึ่งได้ขนาดของสิ่งตัวอย่างที่ 1,572 โดยมีค่ากำลังการทดสอบเป็น 95%

1.1) วิธีการประกอบอุปกรณ์คอนเนคเตอร์แบบใหม่

เมื่อทราบแล้วว่าความร้อนในเครื่องหลอมดีบุก (Reflow Soldering) ส่งผลให้อุปกรณ์คอนเนคเตอร์เกิดการโก่งตัวจนทำให้เกิดปัญหาการลอยขึ้น แต่เมื่อทำการตรวจสอบอุณภูมิโปรไฟล์พบว่าเป็นค่าที่อยู่ในข้อกำหนดของลูกค้าซึ่งไม่สามารถที่จะปรับลดค่าอุณหภูมิลงมาได้ เพราะอาจทำให้ความสามารถในการเชื่อมติดระหว่างอุปกรณ์กับแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) มีคุณภาพต่ำลง ดังนั้นจึงนำทองเหลืองมาทำเป็นแท่งยาวแล้ววางพาดลงบนอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ดังรูปที่ 9 ก่อนที่ชิ้นงานจะเคลื่อนที่เข้าสู่เครื่องหลอมดีบุกเพื่อกดไม่ให้มีการโก่งตัวขณะดีบุกกำลังหลอมเหลว



รูปที่ 9 การวางทองเหลืองกดทับอุปกรณ์คอนเนคเตอร์

1.2) การตั้งสมมติฐานการทดลอง

การทดลองนี้ใช้การเปรียบเทียบสัดส่วนของเสีย 2 กลุ่มตัวอย่าง (2 Proportion - T) ระหว่างวิธีประกอบแบบเดิมกับวิธีประกอบแบบใหม่ ว่าสัดส่วนของเสียจากวิธีแบบใหม่มีค่าน้อยลงจากวิธีแบบเดิมมากกว่า 2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

$$H_0: \quad p_1 - p_2 = 0.02 \qquad (3)$$
$$H_1: \quad p_1 - p_2 > 0.02$$

กำหนดให้

P_1 = สัดส่วนของเสียคอนเนคเตอร์ลอยด้วยวิธีการเดิม

P_2 = สัดส่วนของเสียคอนเนคเตอร์ลอยด้วยวิธีการใหม่

1.3) การทดสอบสมมติฐานการทดลอง

ขั้นแรกทำการคัดตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ที่โก่งงอจากผู้ผลิตออกไปก่อน ให้เหลือแต่ตัวดีที่ใช้ทดลองจำนวน 3,200 ตัว เพื่อเป็นการควบคุมปัจจัยให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด จากนั้นทำการทดสอบโดยผลิตแบบเดิม 1,600 ชิ้น และผลิตแบบวิธีใหม่ที่ใช้แท่งทองเหลืองกดทับอีก 1,600 ชิ้น ซึ่งทดลองในสายผลิตเดียวกันและอุณหภูมิโปรไฟล์ของเครื่องอบเท่ากัน จากนั้นทดสอบสมมุติฐานด้วยการเปรียบเทียบสัดส่วนของเสีย 2 กลุ่มประชากร (2 Proportion – T) ซึ่งได้ค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0.012 สามารถตีความได้ว่าสัดส่วนของเสียในการประกอบด้วยขั้นตอนแบบใหม่มีค่าน้อยกว่าสัดส่วนของเสียในการประกอบด้วยขั้นตอนแบบเดิมมากกว่า 2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.4) สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

จากผลการทดสอบสมมติฐานสามารถลดของเสียอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอยจาก 5% เหลือ 1.6% ด้วยการนำแท่งทองเหลืองมาวางกดทับบนอุปกรณ์คอนเนคเตอร์หลังจากวางด้วยเครื่องจักรวางอุปกรณ์ที่ 4 แล้วจึงผ่านชิ้นงานเข้าเครื่องหลอมดีบุก

4.2.4 การปรับปรุงกระบวนการ

1) สั่งผลิตแท่งทองเหลือง

คำนวณแท่งทองเหลืองที่ต้องใช้จากรอบเวลางานของสายประกอบคือ 36 วินาที ซึ่งได้เท่ากับ 400 แท่งต่อสายผลิต หรือคิดเป็นทั้งหมด 1,200 แท่ง

2) เพิ่มขั้นตอนการวางแท่งทองเหลือง

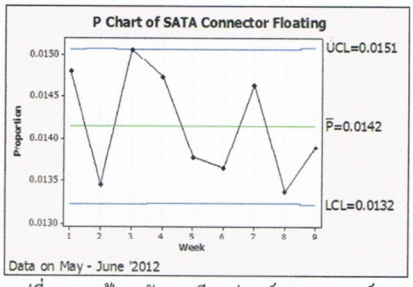
ปัจจุบันมีพนักงานประจำ 1 คนทำการสุ่มตรวจสอบการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องจักรก่อนที่ชิ้นงานจะเคลื่อนเข้าสู่เครื่องหลอมดีบุกอยู่แล้ว ดังนั้นการเพิ่มกิจกรรมนี้ จึงไม่ได้เป็นการเพิ่มจำนวนคนเพียงแต่เป็นการเพิ่มงานให้กับพนักงาน ซึ่งสิ่งที่ต้องควบคุมคืออย่าให้รอบเวลาทำงานของพนักงานในจุดนี้มีค่าสูงกว่า 36 วินาที เพราะอาจส่งผลกระทบต่อยอดงานผลิต แต่จากการวัดรอบเวลางานพบว่าแม้เพิ่มกิจกรรมการวางแท่งทองเหลืองแต่รอบเวลาเฉลี่ยก็ยังมีค่าเท่ากับ 26 วินาที ดังนั้นสรุปว่ากิจกรรมการวางแท่งทองเหลืองที่เพิ่มขึ้นมาจะไม่ส่งผลกระทบต่อยอดงานผลิต

3) ใช้การวางแท่งทองเหลืองกับทั้ง 3 สายผลิต

เริ่มใช้วิธีการประกอบแบบใหม่กับทั้ง 3 สายผลิตเป็นเวลา 6 วัน พบว่าปริมาณของเสียเหลือเพียง 1.43% ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่น้อยกว่า 2%

4.2.5 การควบคุมกระบวนการ

ออกเอกสารถึงขั้นตอนการวางแท่งทองเหลือง (Process Instruction) และรวมถึงเอกสารเกี่ยวกับการตรวจสอบสภาพของแท่งทองเหลืองหลังจากถูกใช้งาน (PM Check Sheet) เพราะต้องผ่านเข้าออกเครื่องอบความร้อนซ้ำๆหลายครั้งจึงอาจมีการเสื่อมสภาพได้ และเนื่องจากข้อมูลของเสียเป็นข้อมูลแบบนับจึงใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P - Chart) ในการเฝ้าระวังกระบวนการเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าสัดส่วนของเสียอยู่ภายใต้การควบคุมแสดงว่ากระบวนการอยู่ในสภาวะเสถียรสามารถนำข้อมูลนี้ไปวิเคราะห์และใช้ในการตัดสินใจขั้นต่อไปได้ โดยมีค่าเฉลี่ยของเดือนพฤษภาคม – มิถุนายน 2555 เท่ากับ 1.42% ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การเฝ้าระวังของเสียอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย

4.2.6 สรุปผลการทดลอง

1) การลดปริมาณของสิ่งบกพร่อง

สามารถลดสิ่งบกพร่องจากอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย โดยเมื่อนำข้อมูลก่อนปรับปรุงกระบวนการช่วงเดือนมกราคม - มีนาคม 2555 มาเทียบกับข้อมูลหลังปรับปรุงกระบวนการช่วงเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน 2555 พบว่าสิ่งบกพร่องลดลงจาก 4.12% เหลือเพียง 1.42% ซึ่งบรรลุเป้าหมายคือต่ำกว่า 2%.

2) ความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้น

ข้อมูลของสิ่งบกพร่องหลังปรับปรุงกระบวนการตั้งแต่ พฤษภาคม - มิถุนายน 2555 สามารถคำนวณค่าคะแนนมาตรฐาน (Process Z Score) ได้เท่ากับ 2.193 สูงขึ้นจากเดิมที่ 1.7375 หรือเพิ่มขึ้น 26.22%

3) วิเคราะห์จุดคุ้มทุนของโครงการ

ในการลดปัญหาอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอยได้ใช้แท่งทองเหลืองเป็นอุปกรณ์ช่วยในการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงสรุปต้นทุนและคำนวณจุดคุ้มทุนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- เงินลงทุนค่าทองเหลืองทั้งหมด 72,000 บาท
- ต้นทุนค่าซ่อมงานที่ลดลงเท่ากับ 25,770 บาทต่อเดือน ซึ่งคิดจากสิ่งบกพร่องที่ลดลงจาก 4.12% เหลือ 1.42%
- คำนวณจุดคุ้มทุนโดยนำเงินลงทุน 72,000 หารด้วยต้นทุนค่าซ่อมงานที่ลดลงต่อเดือน ซึ่งจะได้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 เดือน

4.3 เปลี่ยนยี่ห้อดีบุกครีมเพื่อลดต้นทุนในการผลิต

4.3.1 การกำหนดปัญหา

วัตถุดิบทางอ้อม (Indirect Material) ที่มีค่าใช้จ่ายการสั่งซื้อมากที่สุดคือดีบุกครีม (Solder Paste) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 250,000 บาทต่อเดือน จึงเป็นเหตุผลที่เลือกทำการลดต้นทุนของวัตถุดิบนี้และเมื่อเทียบราคาดีบุกครีมใหม่ที่มีราคาถูกลงกิโลกรัมละ 250 บาท จะสามารถลดต้นทุนค่าวัตถุดิบลงได้ประมาณ 10%

4.3.2 การวัดกระบวนการ

1) ค่าเอนเอียง (Bias) และสมบัติเชิงเส้น (Linearity)

ให้พนักงาน 1 คนทำการวัดค่าความสูงต้นแบบ 3 ค่าคือ 0.10257, 0.12145 และ 0.15052 มม. โดยวัดซ้ำค่าละ 10 ครั้งโดยการทดลองแบบสุ่ม แล้ววิเคราะห์ผลพบว่าค่าเอนเอียงของระบบการวัดมีความเบี่ยงเบนในการวัดค่าความสูงห่างจากค่าอ้างอิงเทียบกับความผันแปรของกระบวนการมีค่า 2.0% และค่าสมบัติเชิงเส้นพบว่าเปอร์เซ็นต์เชิงเส้นตรงเทียบกับความผันแปรของกระบวนการมีค่าเท่ากับ 0.6% และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) มีค่าเท่ากับ 81.3% แสดงว่าข้อมูลนี้มีความน่าเชื่อถือ สรุปได้ว่าค่าเอนเอียงและสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัดค่าความสูงดีบุกอยู่ในเกณฑ์ดี

2) ความมีเสถียรภาพ (Stability)

เลือกความสูงต้นแบบ 1 ค่าคือ 0.12145 มม. เพราะเป็นความสูงที่ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการศึกษา แล้ววัดความสูง 2 วันต่อครั้งๆละ 5 ข้อมูล โดยเก็บข้อมูล 20 ตัวอย่าง (ตลอดช่วงของงานวิจัย) แล้ววิเคราะห์เสถียรภาพด้วยแผนภูมิควบคุม พบว่าข้อมูลอยู่ภายใต้สภาวะควบคุมของแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยแสดงว่าระบบการวัดมีเสถียรภาพและมีความสม่ำเสมอที่ดี และอยู่ภายใต้สภาวะควบคุมของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยแสดงว่าระบบการวัดไม่มีปัญหาด้านความถูกต้องในค่าวัด จึงสรุปว่าระบบการวัดมีความสามารถในการวัดอย่างสม่ำเสมอภายในระยะเวลาที่กำหนด

3) ความเที่ยงตรง (Precision)

ให้พนักงาน 2 คนวัดค่าความสูงดีบุกของชิ้นงานทั้งหมด 10 ชิ้นจากสายผลิต โดยวัดชิ้นละ 2 ครั้งด้วยการทดลองแบบสุ่ม ในตำแหน่งอุปกรณ์ IC-U5 เพราะมีจำนวนจุดเชื่อมต่อ (Pad) มากและระยะห่างของจุดเชื่อมต่อใกล้กันมาก จึงเสี่ยงกับปัญหาการเชื่อมต่อของดีบุกระหว่างจุดเชื่อมข้างเคียง (Solder Bridging) หากค่าความสูงดีบุกมากเกินไป แล้ววิเคราะห์ผลได้ดังนี้

3.1) ค่าการแยกประเภทข้อมูล (Number of Distinct Categories) มีค่าเท่ากับ 10 หมายความว่าเครื่องมือวัดสามารถแยกความแตกต่างข้อมูลได้ 10 ประเภท และตรวจจับความผันแปรในกระบวนการได้ดี

3.2) ค่าความผันแปรเครื่องมือวัด (Contribution) เท่ากับ 1.83 % หมายความว่า ค่าวัดที่ได้จากเครื่องวัดความสูงดีบุกมีความผันแปรเนื่องจากเครื่องมือวัดเพียง 1.83% แสดงว่าสามารถใช้เครื่องวัดนี้ทำการทดลองได้

3.3) อิทธิพลของปัจจัยร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่าง พบว่าค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0.962 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ หมายความว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่าง

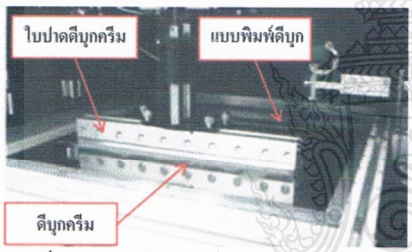
3.4) ปัจจัยพนักงานวัด พบว่าค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0.521 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ หมายความว่าพนักงานทั้งสองคนวัดความสูงดีบุกได้ไม่แตกต่างกัน

4.3.3 การวิเคราะห์กระบวนการ

ดีบุกครีมต่างยี่ห้ออาจมีสมบัติทางเคมีที่เหมือนกันแต่ลักษณะทางกายภาพอาจแตกต่างกันเช่น ความหนืด (Viscosity) หรือขนาดของเม็ดดีบุกที่เป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะส่งผลต่อการปรับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรเพื่อให้ได้ค่าความสูงของดีบุกที่พิมพ์ลงบนชิ้นงานตามต้องการ ดังนั้นต้องทำการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงดีบุกสำหรับการใช้ดีบุกครีมใหม่พร้อมทั้งหาค่าระดับที่เหมาะสมในแต่ละปัจจัย โดยกำหนดค่าตอบสนองคือค่า

ความสูงดีบุก (Solder Height) ที่ถูกพิมพ์ลงบนแผงวงจรในตำแหน่งอุปกรณ์ IC-U5 ซึ่งแบ่งปัจจัยดังนี้

1) ปัจจัยควบคุม (Fixed Factor)
   - ทดลองในสายผลิตที่ 1
   - แบบพิมพ์ (Stencil) ความหนา 0.125 มม.
   - ปริมาณดีบุกครีม 500 กรัม
   - ใบปาดดีบุกขนาดยาว 30 ซม.
2) ปัจจัยผันแปร (Variable Factor)
   - ความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed)
   - แรงกดใบปาดดีบุก (Print Force)
   - ระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap)
   - ความเร็วแยกจาก (Separate Speed)
   - ความห่างแยกจาก (Separate Distance)



รูปที่ 11 การพิมพ์ดีบุกลงบนแผงวงจรอิเล็คทรอนิกส์

การทดลอง 5 ปัจจัยด้วยแบบการทดลอง 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Design) โดยกำหนดให้ E = ABCD และทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ด้วยการทำการทดลองแบบสุ่ม ซึ่งกำหนดปัจจัยและค่าระดับดังนี้

A = ความเร็วการปาดดีบุก (ค่าต่ำ = 70 ค่าสูง = 90)
B = แรงกดใบปาดดีบุก (ค่าต่ำ = 6 ค่าสูง = 9)
C = ระยะห่างการพิมพ์ (ค่าต่ำ = 0 ค่าสูง = 1)
D = ความเร็วแยกจาก (ค่าต่ำ = 5 ค่าสูง = 10)
E = ความห่างแยกจาก (ค่าต่ำ = 2 ค่าสูง = 5)

การวิเคราะห์ผลและแยกอันตรกิริยาของคู่แฝดแฝง (Alias) พบว่ามีเพียง 3 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสูงดีบุกคือ ความเร็วการปาดดีบุก แรงกดใบปาดดีบุก และระยะห่างการพิมพ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 3 การแยกอันตรกิริยาของคู่แฝดแฝง (Alias) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสูงดีบุก

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสูงดีบุก	โครงสร้างของอันตรกิริยาคู่แฝดแฝง (Alias Structure)	จากการแยกสรุปเป็นผลกระทบของปัจจัย
ความเร็วการปาดดีบุก	A + BCDE	ความเร็วการปาดดีบุก (ตามกฎข้อ 1)
แรงกดใบปาดดีบุก	B + ACDE	แรงกดใบปาดดีบุก (ตามกฎข้อ 1)
ระยะห่างการพิมพ์	C + ABDE	ระยะห่างการพิมพ์ (ตามกฎข้อ 1)

การวิเคราะห์ค่าตอบสนองที่ดีที่สุด (Response Optimization) เพื่อหาค่าระดับของแต่ละปัจจัยให้ใกล้เคียงกับค่าความสูงดีบุกเดิมที่ 0.126 มม. ซึ่งได้ค่ารหัส (Code Unit) คือ A = (-1) B = (1) และ C = (-1) หรือเทียบเป็นค่าตัวแปร (Parameter) คือ ความเร็วการปาดดีบุกเท่ากับ 70 มม./วินาที แรงกดใบปาดดีบุกเท่ากับ 9 กิโลกรัมแรง และระยะห่างการพิมพ์เท่ากับ 0 มม. จากนั้นทดสอบปัจจัยเหล่านี้ด้วยการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป (General Full Factorial Design) ซ้ำอีกครั้ง

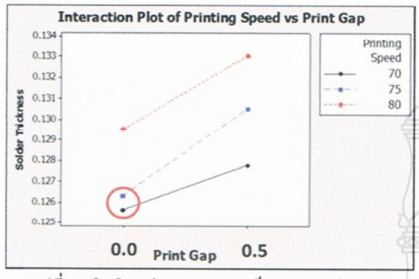
4.3.4 การปรับปรุงกระบวนการ

นำปัจจัย A, B และ C ที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุกมาแบ่งค่าระดับใหม่ โดยให้คำนึงถึงค่าที่สูงสุดที่ยอมรับได้คือ 0.1297 มม. (ได้ค่า C_{pk} ต่ำสุดเท่ากับ 1.3) ซึ่งได้ค่าระดับของแต่ละปัจจัยคือ

1) ความเร็วการปาดดีบุก แบ่ง 3 ระดับคือ 70, 75 และ 80
2) แรงกดใบปาดดีบุก แบ่ง 2 ระดับคือ 8.5 และ 9.0
3) ระยะห่างการพิมพ์ แบ่ง 2 ระดับคือ 0.0 และ 0.5

ผลวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุกมีเพียง 3 ปัจจัยคือความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) ระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) และอิทธิพลร่วม

ของความเร็วการปาดดีบุกกับระยะห่างการพิมพ์ (Printing Speed x Print Gap) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 12 อิทธิพลร่วมของความเร็วการปาดดีบุกกับระยะห่างการพิมพ์ (Printing Speed x Print Gap)

จากรูปที่ 12 สามารถวิเคราะห์ค่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมคือ หากต้องการความสูงดีบุกใกล้เคียง 0.126 มม. ต้องกำหนดระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) เท่ากับ 0 มม. และความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) ที่ค่า 70 หรือ 75 มม./วินาที ส่วนแรงกดใบปาดดีบุก (Print Force) ไม่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุกในแบบการทดลองนี้ จึงใช้ได้ทั้ง 8.5 และ 9.0 กิโลกรัมแรง

4.3.5 การควบคุมกระบวนการ

1) พารามิเตอร์เครื่องพิมพ์ดีบุก

กำหนดพารามิเตอร์เครื่องพิมพ์ดีบุกตามตารางที่ 4 เพื่อควบคุมค่าความสูงดีบุกโดยกำหนดความเร็วการปาดดีบุกเท่ากับ 75 มม./วินาที เพื่อจะได้ไม่ส่งผลต่อรอบเวลางานให้สูงขึ้น และแรงกดใบปาดดีบุกเท่ากับ 8.5 กิโลกรัมแรงเพื่อยืดอายุการใช้งานของแบบพิมพ์ดีบุก

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์ของเครื่องพิมพ์ดีบุก

ปัจจัย	ค่าพารามิเตอร์
1.ความเร็วการปาดดีบุก	75 มม. วินาที
2.แรงกดใบปาดดีบุก	8.5 กิโลกรัมแรง
3.ระยะห่างการพิมพ์	0.0 มม.
4.ความเร็วแยกจาก	5.0 มม. วินาที
5.ความห่างแยกจาก	5.0 มม.

2) เฝ้าระวังค่าความสูงดีบุก

เฝ้าระวังค่าความสูงดีบุกด้วยแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย (X Bar - R Chart) ในแต่ละสายผลิตทั้งหมด 4 สัปดาห์ พบว่าข้อมูลของทุกสายผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมแสดงว่ากระบวนการอยู่ในสภาวะเสถียร ข้อมูลน่าเชื่อถือ

3) พิจารณาค่าความสามารถกระบวนการ

หาค่า C_{pk} โดยมีข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) เท่ากับ 0.125 +/- 0.015 มม. ได้ค่าเท่ากับ 1.56, 1.37 และ1.60 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยลงเมื่อเทียบกับใช้ดีบุกครีมยี่ห้อเดิมแต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่ลูกค้ายอมรับที่ค่า C_{pk} ไม่น้อยกว่า 1.30

4) เฝ้าระวังปัญหาการเชื่อมต่อของดีบุกระหว่างจุดเชื่อมข้างเคียง (Solder Bridging) ของอุปกรณ์ IC-U5

เก็บข้อมูลทั้ง 3 สายผลิตตลอดเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยที่ 0.25% ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับใช้ดีบุกครีมยี่ห้อเดิม แสดงว่าการเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่ไม่ส่งผลให้ของเสียเพิ่มมากขึ้น

4.3.6 สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้มีจุดประสงค์ต้องการเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิตลงประมาณ 10% โดยทำการทดลองเพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของดีบุกครีมใหม่ เพื่อให้ได้ค่าความสูงดีบุกไม่แตกต่างจากเดิมและค่า C_{pk} อยู่ในช่วงที่ลูกค้ายอมรับ ซึ่งต้องควบคุมปัจจัยที่ไม่ได้ศึกษาคือความหนาแบบพิมพ์ ปริมาณดีบุกครีมที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ซึ่งกำหนดให้ใส่เพิ่ม 250 กรัม ในทุกๆ 6 ชั่วโมง

5. อภิปรายผล

งานวิจัยทั้ง 3 ส่วนนี้ใช้เทคนิค DMAIC เป็นขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นตอนกำหนดปัญหา (Define) จะมีการตั้งเป้าหมายและกำหนดขอบเขตของการทดลองด้วยเช่น ปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยจะทำการแก้ไขเฉพาะส่วนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเท่านั้น ไม่เข้าไปปรับปรุงในส่วนของวัตถุดิบที่

ไม่ได้มาตรฐาน ขั้นตอนการวัดกระบวนการ (Measure) จะตรวจสอบว่าปัญหาเกิดจุดใดเพื่อให้ง่ายต่อการแก้ไข และตรวจสอบระบบการวัดผลว่ามีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด เพราะถ้าระบบการวัดผลไม่ดีพอ เราจะไม่สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์หรือไปตั้งเป็นเกณฑ์ได้ ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze) ต้องระดมความคิดจากหลายส่วนที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อหาว่าสาเหตุน่าจะเกิดจากจุดใดแล้วคิดหาวิธีในการแก้ปัญหา โดยเลือกแก้ไขในสาเหตุที่มีคะแนนลำดับความสำคัญของความเสี่ยงที่สูงก่อนซึ่งอาจใช้หลักพาเรโตหรือใช้ค่าคะแนนเป็นเกณฑ์ก็ได้ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานตามหลักทางสถิติเพื่อให้ทราบว่าวิธีการใหม่ที่คิดนั้น สามารถแก้ไขปัญหาหรือลดข้อบกพร่องของปัญหาได้หรือไม่ ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve) เริ่มทดลองใช้วิธีการที่ส่งผลต่อค่าตอบสนองในทิศทางที่ดีขึ้น หรือหาค่าระดับที่ดีที่สุดของแต่ละปัจจัยเพื่อใช้ในกระบวนการด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment: DOE) และสุดท้ายคือขั้นตอนควบคุมกระบวนการ (Control) เป็นการเฝ้าระวังกระบวนการที่ปรับปรุงแล้วโดยใช้แผนภูมิควบคุม (Control Chart) เพื่อให้สามารถปรับเครื่องจักรได้ทันเวลา ไม่ให้เกิดของเสียหรือการสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักรหยุด (Downtime) รวมถึงเฝ้าระวังผลกระทบเนื่องจากการปรับกระบวนการผลิตด้วยเช่น หากเปลี่ยนวัตถุดิบเพื่อต้องการลดต้นทุน ก็ต้องเฝ้าระวังปัญหาสิ่งบกพร่องว่าสูงขึ้นตามด้วยหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

[1] เสกสรรค์ นกใหญ่, 2551. **การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.** สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[2] ชัยรัตน์ แจ้งเจนรบ, 2545. **การปรับปรุงคุณภาพของการผลิตชิ้นส่วนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[3] สหพร ขำขจร, 2547. **การเพิ่มผลิตภาพการผลิตหัวอ่านเขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[4] อรรถพล เฉลิมพลประภา, 2547. **การปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยใช้เทคนิคลีน และซิกส์ซิกมาในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[5] ณัฐนารี แก้วยัง, 2546. **การปรับปรุงค่าซีสกอร์ความสูงของแขนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์โมเดล 10K.7 โดยใช้แนวทางซิกซ์ซิกม่า.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[6] สมอุษา วรรณฤมล, 2547. **การลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องโดยใช้เทคนิคซิกส์ซิกมา.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[7] ศุภกฤต หวังสิทธิเดช, 2552. **การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยวิธีการทางซิกส์ซิกม่า กรณีศึกษาโรงงานประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์.** การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[8] ปฐม์พงศ์ พันธ์พิบูลย์, 2552. **การหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการการเคลือบฟิล์มบางโดยการใช้วิธีการทางซิกซ์ซิกม่า.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายศิวะ ไวทย์รุ่งโรจน์
วัน เดือน ปีเกิด	4 สิงหาคม 2523
ที่อยู่	49/71 หมู่ 1 ตำบลบางกระสอ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
การศึกษา	
พ.ศ. 2547	สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2547 – 2551	ตำแหน่งวิศวกรควบคุมกระบวนการผลิต บริษัทเบลตัน อินดัสเตรียล (ประเทศไทย) จำกัด
พ.ศ. 2551 – 2555	ตำแหน่งวิศวกรควบคุมกระบวนการผลิต บริษัทเอ็มแอนด์เจย์ เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด
พ.ศ. 2555 – ปัจจุบัน	ตำแหน่งหัวหน้าแผนกผลิต บริษัทอาซาฮี คาเซอิ สปันบอนด์ (ประเทศไทย) จำกัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี