

การลดปัญหาทอมสโตน คอมโพเน้นท์ โดยใช้แนวทางซิกส์ ซิกม่า
กรณีศึกษา : กระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน

**REDUCTION OF TOMBSTONE COMPONENT PROBLEM
BY SIX SIGMA TECHNIQUE: A CASE STUDY OF
PRINTED CIRCUIT CABLE ASSEMBLY LINE**



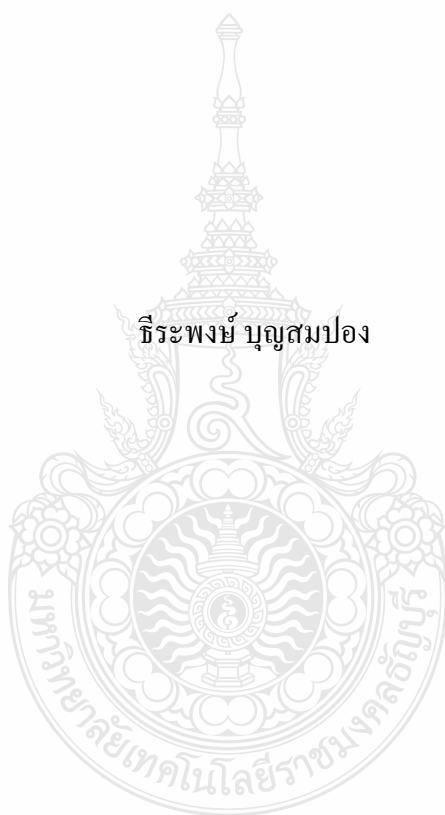
ธีระพงษ์ บุญสมปอง
TERAPONG BOONSOMPONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2554

การลดปัญหาทรมสโตน คอมโพเนนท์ โดยใช้แนวทางซิกส์ ซิกม่า
กรณีศึกษา : กระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน

ธีระพงษ์ บุญสมปอง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2554

**REDUCTION OF TOMBSTONE COMPONENT PROBLEM
BY SIX SIGMA TECHNIQUE: A CASE STUDY OF
PRINTED CIRCUIT CABLE ASSEMBLY LINE**



TERAPONG BOONSOMPONG

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

2011

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือ
เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและข้อความต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อข้าพเจ้า



นายธีระพงษ์ บุญสมปอง



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดปัญหาทวมส์โดนคอมโพเนนท์ โดยใช้แนวทางซิกม่า ซิกม่า กรณีศึกษา : กระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน REDUCTION OF TOMBSTONE COMPONENT PROBLEM BY SIX SIGMA TECHNIQUE: A CASE STUDY OF PRINTED CIRCUIT CABLE ASSEMBLY LINE
ชื่อนักศึกษา	นายธีระพงษ์ บุญสมปอง
รหัสประจำตัว	115170440411-0
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปต์ยี่เชียร
วัน เดือน ปี ที่สอบ	11 พฤษภาคม 2554
สถานที่สอบ	ห้อง E509 ชั้น 5 อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....	ประธานกรรมการ
(ดร.กรกฎ เหมสถาปัตยกรรม)	
.....	กรรมการ
(ดร.ระพี กาญจนะ)	
.....	กรรมการ
(ดร.กุลชาติ จุลเพ็ญ)	
.....	กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปต์ยี่เชียร)	
.....	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย ผิวสะอาด)
	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
	วันที่ เดือน พ.ศ.

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดปัญหาทวมสโตนคอมโพเน้นท์ โดยใช้แนวทางซิกส์ ซิกม่า กรณีศึกษา : กระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน
นักศึกษา	นายธีระพงษ์ บุญสมปอง
รหัสประจำตัว	115170440411-0
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐา คุปต์ยเจียร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน โดยการประยุกต์ใช้หลักการบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกส์ ซิกม่า จากข้อมูลในอดีตพบว่า โมเดลเดนาลีซึ่งเป็นโมเดลตัวอย่างเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ มากถึง 48% ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด หรือคิดเป็น 1,154 ดีพีพีเอ็ม และส่งผลให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้อยู่ที่ 98.4% ของงานที่ผลิตทั้งหมด

วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจาก การระบุปัญหาและการวัด ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาใน 3 ขั้นตอน ได้แก่ การพิมพ์ลายแผงวงจร การวางคอมโพเน้นท์ และการอบชิ้นงานด้วยเครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัดและประเมินความสามารถของกระบวนการ แล้ววิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงด้วยวิธีการทางสถิติ เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้ว จึงทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองและการออกแบบใหม่ สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุม โดยวางแผนเพื่อควบคุมกระบวนการให้สามารถดำรงไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง

ผลการวิจัยพบว่าหลักการบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกส์ ซิกม่าสามารถลดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ในโมเดลเดนาลี ของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนได้ถึง 73% คือจาก 1,154 ดีพีพีเอ็ม ลงเหลือ 314 ดีพีพีเอ็ม และทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้ถึง 99.66% ของงานที่ผลิตทั้งหมด

คำสำคัญ : ซิกส์ ซิกม่า ปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ กระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน

Thesis Title: REDUCTION OF TOMBSTONE COMPONENT PROBLEM
BY SIXSIGMA TECHNIQUE: A CASE STUDY OF PRINTED
CIRCUIT CABLE ASSEMBLY LINE

Student Name: Mr. Terapong Boonsompong

Student ID: 115170440411-0

Degree Award: Master of Engineering

Study Program: Industrial Engineering

Academic Year: 2010

Thesis Advisor: Assistant Professor Dr. Natha Kuptasthien

ABSTRACT

The objective of this research was to solve the tombstone capacitor effect problem in Printed Circuit Assembly process by applying the six sigma technique. The study of previous data for Denali model showed that the Tombstone capacitor problem occurred up to 48% which equaled to 1,154 DPPM with acceptable output (yield) at 98.4%.

The research methodology composed of 5 steps starting with defining the problem and measurement phases. The researcher indicated and investigated the causes of problems at Solder paste printing process, SMT placement process, and Reflow oven process. Measurement system and process capability were also analyzed and assessed in the next phase. The causes of problems were analyzed with statistical tests. The Design of Experiment (DOE) and Redesign techniques were later used in the improvement phase. Finally, in the control phase, the process control plan was assigned for maintaining the result of improvement.

The result showed that the six sigma technique can reduce the tombstone capacitor problem from 1,154 DPPM to 314 DPPM or 73% and acceptable output (yield) at 99.66% for the Denali model in Printed Circuit Assembly Process.

Keywords : Six sigma, Tombstone capacitor effect, Print Circuit Assembly Process.

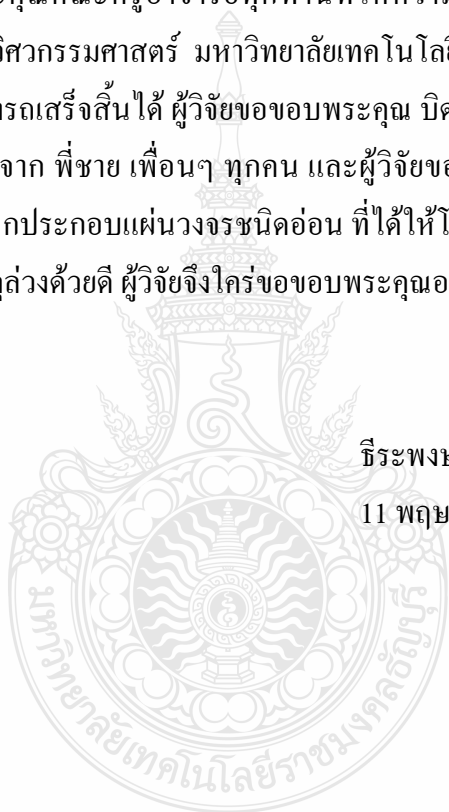
กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ณัฐา คุปต์ยี่เชียร ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ ดร.ระพี กาญจนะและ ดร.กุลชาติ จุลเพ็ญ คณะกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ดร.กรกฏ เหมสถาปัติ ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา แนวคิด ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นต่างๆ และตรวจสอบข้อบกพร่อง อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยในครั้งนี้จนงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงใคร่ขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ และผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะครูอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้การเรียนการสอนด้าน สาขา วิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

วิทยานิพนธ์นี้สามารถเสร็จสิ้นได้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และจะไม่สามารถเสร็จ สิ้นได้ถ้าปราศจากกำลังใจจาก พี่ชาย เพื่อนๆ ทุกคน และผู้วิจัยขอขอบพระคุณหัวหน้างานแผนก วิศวกรควบคุมการผลิตแผนกประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน ที่ได้ให้โอกาสและคำแนะนำเป็นแนวทาง ในการทำการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ธีระพงษ์ บุญสมปอง

11 พฤษภาคม 2554



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 สมมติฐานการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.6 ขั้นตอนการศึกษา	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ประวัติและความเป็นมาของซิกส์ ซิกม่า	5
2.2 แนวคิดของกรรมวิธีทางซิกส์ ซิกม่า	5
2.3 เป้าหมายตามกรรมวิธีซิกส์ ซิกม่า	6
2.4 การจัดการการบริหารตามแนวทางซิกส์ ซิกม่า	8
2.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	9
2.6 เครื่องมือที่ใช้ในซิกส์ ซิกม่า	11
2.7 การวิเคราะห์ระบบการวัด	19
2.8 การทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis)	22
2.9 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments)	23
2.10 การวิจารณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	29
3.1 ศักยภาพรวมของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน	31
3.2 การจัดตั้งทีมงานในการแก้ไขปัญหา	31
3.3 การอบรมเทคนิคซิกส์ ซิกม่าให้กับคณะทำงาน	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)	32
3.5 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)	32
3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)	36
3.7 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)	39
3.8. ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)	39
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	41
4.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการประกอบแผนวงจรชนิดอ่อน	41
4.2 การจัดตั้งทีมงานในการแก้ไขปัญหา	52
4.3 ผลการอบรมการบริหารคุณภาพด้วยวิธีการซิกส์ ซิกมาให้กับทีมงาน	53
4.4 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)	53
4.5 ขั้นตอนการวัดผล (Measure Phase)	54
4.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)	66
4.7 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)	78
4.8 ผลขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)	80
4.9 สรุปผลการดำเนินงาน	89
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	91
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	91
5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน	92
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะนำงานวิจัยนี้ไปปฏิบัติ	92
เอกสารอ้างอิง	94
ภาคผนวก	97
ก ข้อมูลที่ใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์	97
ข อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสำหรับ โมเดลเดนาลี	115
ค ขั้นตอนการใช้ Minitab	119
ง ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่	131
ประวัติผู้เขียน	147

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	3
2.1 เกณฑ์การให้ลำดับชั้นผลกระทบของความรุนแรง	16
2.2 การให้ลำดับโอกาสเกิดความผิดพลาด	17
2.3 โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ	17
4.1 ปัญหาหลัก 5 อันดับในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน ของโมเดลเดนาลี (Denali Model) เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552-มกราคม พ.ศ. 2553	54
4.2 ผลการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ	58
4.3 ผลสรุปลำดับคะแนนในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบที่สำคัญ	59
4.4 ผลการศึกษา GR&R ของเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติในการตรวจจับปัญหา	61
4.5 ข้อมูลการวัดความสูงของตะกั่ว (Solder Paste Height)	64
4.6 ความสูงของตะกั่ว (Solder Paste Height) ที่ทำการควบคุมที่ช่วงความสูงต่างกัน กับการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์	67
4.7 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของช่วงความสูงของตะกั่ว	68
4.8 ผลการเปรียบเทียบระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่ระยะต่างกันกับการเกิด ปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์	69
4.9 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์	70
4.10 ผลการเปรียบเทียบแบบรูของแผ่นพิมพ์ที่มีลักษณะต่างกันกับการเกิด ปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์	71
4.11 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของลักษณะรูของแผ่นพิมพ์	72
4.12 ผลการเปรียบเทียบการเกิดปัญหาการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ของ เครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ก่อนและหลังการสอบเทียบ	73
4.13 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของเครื่องวางคอมโพเนนต์	74
4.14 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลของไนโตรเจนที่ใช้กับการเกิดปัญหา ทวมสโตนคาปาซิเตอร์	75
4.15 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องอัตราการไหลของไนโตรเจนที่ใช้	75
4.16 ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก่อนการหลอมละลายกับการเกิด ปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์	76
4.17 ผลการทดสอบสมมติฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Reflow Profile)	77
4.18 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานของข้อบกพร่องทั้ง 6 ปัจจัย	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.19 คุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้าในระบบการทดลอง	79
4.20 ผลการทดลองของแต่ละปัจจัยแบบ 2^3 Full Factorial	79
4.21 ผลการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขของปัญหา	83
4.22 สรุปปัญหาหลัก 5 อันดับในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน ของโมเดลเดนาลี (Denali Model) เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2553	88



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ (Tombstone Capacitor)	1
1.2 สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน	2
2.1 การแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง	7
2.2 การเปลี่ยนแปลงค่าตั้ง (Setting) โดยธรรมชาติ	7
2.3 กระบวนการในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในซิกส์ ซิกมา	9
2.4 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบวิเคราะห์ความผันแปร	12
2.5 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบจำแนกตามกระบวนการ	12
2.6 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบกำหนดรายการสาเหตุ	13
2.7 ตัวอย่างลักษณะของแผนภาพพารेटโต	18
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	30
3.2 แผนภาพแสดงเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์	33
3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา	37
4.1 ส่วนประกอบของแผ่นวงจรชนิดอ่อน โมเดลเดนาลี (Denali Model)	41
4.2 ขั้นตอนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน	42
4.3 การเรียงชิ้นงานในสแตคก่อนเข้านำถัดไปเข้าตู้อบเพื่อทำการอบชิ้นงาน	43
4.4 เครื่องพิมพ์ตะกั่ว (Solder Paste Printing Machine)	44
4.5 แผ่นวงจรชนิดอ่อนก่อนและหลังพิมพ์ตะกั่ว	44
4.6 เครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Component Mounting Machine)	45
4.7 แผ่นวงจรชนิดอ่อนก่อนและหลังวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์	45
4.8 เครื่องวางชิ้นส่วน IC Preamp (IC Preamp Placement Machine)	46
4.9 แผ่นวงจรชนิดอ่อนก่อนและหลังวางชิ้นส่วน IC Preamp	46
4.10 เครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน (Reflow Machine)	47
4.11 แผ่นวงจรชนิดอ่อนก่อนและหลังผ่านเครื่องอบความร้อน	47
4.12 เครื่องหยอดกาว (Underfill Dispensing Machine)	48
4.13 แผ่นวงจรชนิดอ่อนก่อนและหลังการหยอดกาว	48
4.14 เครื่องตรวจสอบอัตโนมัติ (AOI Inspection)	49
4.15 เครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน (Snap Cure Machine)	49
4.16 การถอดแผ่นวงจรจากแผ่นรองรับชิ้นงานลงสู่ตะแกรงสำหรับเครื่องล้าง	50
4.17 ขั้นตอนการไหลตะแกรงและการเก็บแผ่นวงจรจากตะแกรงสู่สแตค	50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.18 เครื่องถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Machine)	51
4.19 เครื่องทดสอบการทำงานทางไฟฟ้า (Test Machine)	51
4.20 ขั้นตอนตรวจสอบงานด้วยสายตาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 10 เท่า	52
4.21 โครงสร้างของทีมงานในการแก้ปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์	53
4.22 กระบวนการที่จะก่อให้เกิด ปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์	55
4.23 แผนภาพแสดงเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหา ทวมสโตนคาปาซิเตอร์	57
4.24 แผนภาพพาเรโตเรียงตามลำดับค่า RPN	60
4.25 รายงานการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วย Attribute Gage R&R Report	63
4.26 การทวนสอบข้อมูลการวัดความสูงของตะกั่ว	65
4.27 ผลการคำนวณ Gage R&R และกราฟแผนภาพจากโปรแกรม	65
4.28 ผลการทดสอบการหาจำนวนตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการคำนวณ	66
4.29 ผลกระทบหลักของปัจจัยเดียว	80
4.30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแต่ละตัว	81
4.31 แสดง Factorial Plot	82
4.32 ความสูงของตะกั่วก่อนและหลังการปรับปรุง	84
4.33 ระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์จาก Drawing และตะกั่วหลังทำการพิมพ์ ก่อนการปรับปรุง	84
4.34 ระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์จาก Drawing และตะกั่วหลังทำการพิมพ์ หลังการปรับปรุง	84
4.35 อุณหภูมิแต่ละ โชนของเครื่องอบตะกั่วก่อนการปรับปรุง	85
4.36 อุณหภูมิแต่ละ โชนของเครื่องอบตะกั่วหลังการปรับปรุง	85
4.37 แผนภูมิควบคุม Xbar-R สำหรับค่าความสูงของตะกั่ว	86
4.38 แสดงผลแนวโน้มการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ก่อนและหลังการปรับปรุง	89
4.39 สรุปผลการดำเนินงานหลังแก้ไข	90

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AOI	Auto Optical Inspection
Cpk	Process Capability Index
D	Detection
DOE	Design of Experiment
DPPM	Defect Parts Per Million
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis
FVMI	Final Visual Mechanical Inspection
Gage R&R	Gage Repeatability & Reproducibility
HDD	Hard Disk Drive
HGA	Head Gimbals Assembly
KPIV	Key Process Input Value
KPOV	Key Process Output Value
LSL	Lower Specification Limit
MSA	Measurement System Analysis
O	Occurrence
OQA	Outgoing Quality Assurance
PCCA	Printed Circuit Cable Assembly
PI	Process Instruction
PM	Preventive Maintenance
P-value	Probability Value
QC	Quality Control
RPN	Risk Priority Number
S	Severity
SH	Solder Height
SPC	Statistical Process Control
SMT	Surface Mount Technology
TQM	Total Quality Management
USL	Upper Specification Limit
WI	Work Instruction
WW	Work Week

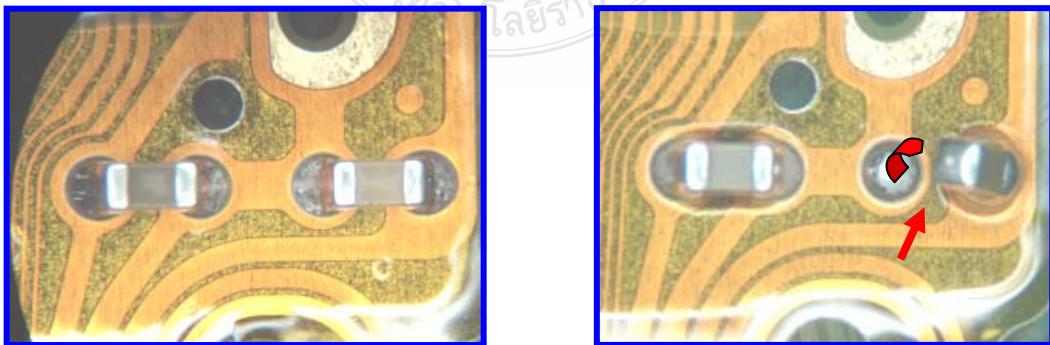
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรงงานตัวอย่างที่หยิบยกเป็นกรณีศึกษา เป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2531 ได้รับการยอมรับในฐานะผู้นำด้านการผลิตชิ้นส่วนสำคัญในฮาร์ดดิสก์ ไดรฟ์และผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขนาดใหญ่ มีฐานการผลิตทั้งหมด 5 แห่ง ใน 3 ประเทศ คือ ประเทศจีน ประเทศมาเลเซีย และประเทศไทย และมีศูนย์บริการลูกค้าอีก 5 แห่งใน 3 ประเทศ คือ ประเทศจีน ประเทศสิงคโปร์ และประเทศสหรัฐอเมริกา ส่วนผลิตภัณฑ์สินค้าและบริการ ของกลุ่มบริษัท ได้แก่ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ประเภท Arm, Coil, Ebox, Panel ซึ่งใช้เพื่อประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ ไดรฟ์ สินค้าที่ผลิตได้ส่งขายให้กับทั้งลูกค้าทั่วไปและบริษัทในกลุ่มฐานการผลิตในประเทศต่าง ๆ โดยบริษัทมุ่งให้ความสำคัญต่อการรักษาคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานและการจัดส่งตามเวลาที่กำหนด

ปัญหาในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนที่พบคือ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จะยกตัวขึ้นข้างใดข้างหนึ่งโดยไม่เชื่อมติดกับลายวงจรหลังจากผ่านขั้นตอนการหลอมตะกั่ว เรียกปัญหาดังกล่าวว่าปัญหาทอมสโตนคอมโพเน้นท์ซึ่งประกอบไปด้วย ทอมสโตนริซิสเตอร์ (Tombstone Resister) ทอมสโตนเทอร์มิสเตอร์ (Tombstone Thermistor) และทอมสโตนคาปาซิเตอร์ (Tombstone Capacitor) ดังรูปที่ 1.1 ซึ่งงานวิจัยนี้จะกล่าวเฉพาะปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์เท่านั้น เนื่องจากคาปาซิเตอร์มีแนวโน้มการเกิดปัญหาทอมสโตนมากกว่าคอมโพเน้นท์อื่น ซึ่งปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อตรงต่อต้นทุนการผลิต ต้นทุนคุณภาพและอาจจะเกิดปัญหาคุณภาพของกระบวนการ จึงเป็นผลให้เกิดความเสียหายต่อบริษัท ซึ่งในปัจจุบันคุณภาพของสินค้าเป็นเรื่องที่สำคัญมากต่อธุรกิจ

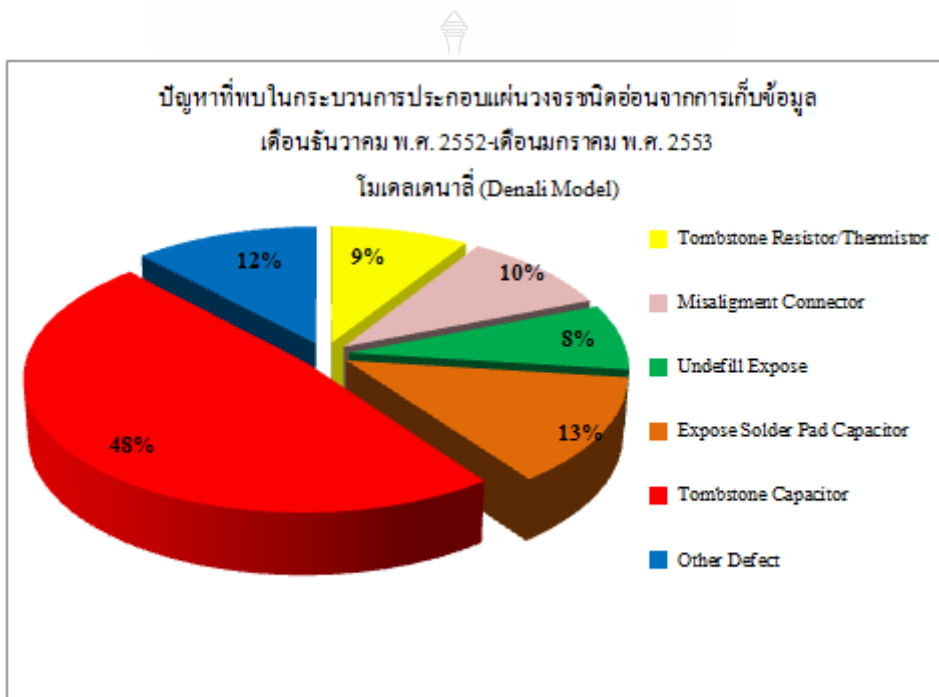


(1) คาปาซิเตอร์ที่ผ่านมาตรฐานการประกอบ (2) คาปาซิเตอร์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานการประกอบ
รูปที่ 1.1 ปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ (Tombstone Capacitor)

รูปที่ 1.1 (1) แสดงถึงคาปาซิเตอร์ที่ผ่านมาตรฐานการประกอบมีลักษณะการเชื่อมติดกันระหว่างคาปาซิเตอร์ทั้งสองด้านกับลายแผ่นวงจร

รูปที่ 1.1 (2) แสดงถึงคาปาซิเตอร์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานการประกอบมีลักษณะคาปาซิเตอร์ยกตัวขึ้นข้างใดข้างหนึ่งไม่เชื่อมติดกับลายแผ่นวงจร เรียกปัญหานี้ว่า ทูมสโตนคาปาซิเตอร์

จากข้อมูลของฝ่ายผลิตกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนของโมเดลเดนาลี (Denali Model) เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552-มกราคม พ.ศ. 2553 ดังแสดงในรูปที่ 1.2 พบว่าปัญหาหลัก 5 อันดับของทั้งหมด 20 อันดับจะพบปัญหาทูมสโตนคาปาซิเตอร์ถึง 48% ของปัญหาทั้งหมด ซึ่งหมายถึงเกิดของเสียเฉลี่ย 613 ตัวต่อสัปดาห์หรือ 1,154 DPPM ส่งผลให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้อยู่ที่ 98.4% ของงานที่ผลิตทั้งหมด



รูปที่ 1.2 สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน

จากปัญหาที่กล่าวมา ผู้วิจัยมีความสนใจในการนำหลักการบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกส์ซิกม่าประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาทูมสโตนคอมโพเน้นท์ โดยเฉพาะคอมโพเน้นท์คาปาซิเตอร์ ในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนที่ได้หยิบยกเป็นกรณีศึกษาโดยทำการศึกษาดัชนีที่คาดว่า เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาทูมสโตนคาปาซิเตอร์ โดยทำการศึกษาใน 3 ขั้นตอนที่เป็นสาเหตุคือ 1. ขั้นตอนการพิมพ์ตะกั่วลงบนแผ่นลายวงจร 2. ขั้นตอนการวางคอมโพเน้นท์ และ 3. ขั้นตอนการอบชิ้นงานด้วยเครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพานลำเลียงและนำมาวิเคราะห์ผลและปรับปรุงโดยใช้หลักการของซิกส์ซิกม่าเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาซึ่งจุดประสงค์ของการทำวิจัยในครั้งนี้เพื่อต้องการลดปัญหาทูมสโตนคาปาซิเตอร์ลงอย่างน้อยจากเดิม 70%

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อลดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ลง 70% ตามแผนของฝ่ายผลิต

1.2.2 เพื่อเพิ่มผลผลิต (1st Yield) ให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ระดับ 99.60 %

1.3 สมมุติฐานการศึกษา

เทคนิคซิกส์ ซิกม่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน และสามารถลดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ลง 70 % หรือลดลงเหลือเท่ากับ 346 DPPM

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผ่าน โมเดลเดนาลี (Denali Model) ของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน ณ โรงงานตัวอย่างโดยทำการศึกษาเฉพาะส่วนประกอบคาปาซิเตอร์เท่านั้น

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

สำหรับงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงาน ทั้งหมด 7 เดือน ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขปเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงาน ดังแสดงตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

แผนการดำเนินการ	ระยะเวลาการดำเนินการ						
	พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2553					
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1. เก็บรวบรวมข้อมูลแนวโน้มของปัญหาทวมสโตน คอมโพเนนท์ของบริษัทย้อนหลังในอดีต							
2. กำหนดปัญหา (Define) โดยการสร้างแผนผังงานระดับสูงของกระบวนการที่มีอยู่ (High Level Process Map)							
3. ทำการวัด (Measure) ประสิทธิภาพ เพื่อสรุปกระบวนการที่มีผลทำให้เกิดปัญหา							
4. ทำการวิเคราะห์ (Analyze) เพื่อพิสูจน์ตัวแปรที่มีผลต่อทวมสโตน คอมโพเนนท์							
5. ทำการปรับปรุง (Improve)							
6. ทำการควบคุม (Control) และเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง							
7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ							

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1.6.1 ทำให้บริษัทตัวอย่างสามารถลดปัญหาทรมสโตนคาปาซิเตอร์ลงได้ 70%

1.6.2 ทำให้ผลผลิตที่ผลิตได้ (1st Yield) ในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือ 99.60%

1.6.3 ได้ศึกษาแนวคิด หลักการของซิกส์ ซิกม่าและประยุกต์ใช้ในปัญหาที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมจริง

1.6.4 สามารถเข้าใจการประยุกต์ใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหอย่างมีระบบ



บทที่ 2

แนวคิดและกรรมวิธีทางซิกส์ ซิกม่า

2.1 ประวัติและความเป็นมาของซิกส์ ซิกม่า

นับตั้งแต่สิ้นสุดสงครามโลกครั้งที่ 2 เป็นต้นมา ประเทศญี่ปุ่นได้พัฒนาความสามารถทางเศรษฐกิจอย่างหนัก ในปี ค.ศ.1945 เริ่มมีนักวิชาการจากสหรัฐอเมริกาไปให้คำปรึกษาเพื่อการพัฒนาแก่ประเทศญี่ปุ่น W. Edwards Deming ก็เป็นหนึ่งในนักวิชาการที่ไปให้คำปรึกษาที่มีชื่อเสียงที่สุดในสมัยนั้น

การสัมมนาของ Deming เริ่มจากการให้ความรู้ทางสถิติ ไปจนถึงการเป็นที่ปรึกษาในการปรับโฉมหน้าทางอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น ทฤษฎีการจัดการต่างๆ ของ Deming มักเป็นไปในการกำหนดนโยบายซึ่งมุ่งเน้นไปในการวิเคราะห์ และจัดการกับความไม่แน่นอนต่างๆ ของกระบวนการ ซึ่งส่งผลไปถึงการผลิต จนไปถึงการปรับปรุงคุณภาพทั่วทั้งองค์กร Total Quality Management (TQM) ซึ่งได้รับการยกย่องเป็นอย่างมากจนมีการตั้งรางวัล Deming Prize เป็นรางวัลทางด้านคุณภาพที่สูงที่สุด

จากความสำเร็จในการพัฒนาคุณภาพ และเศรษฐกิจในประเทศญี่ปุ่นมาถึงปี ค.ศ.1980 ได้มีสื่อ NBC ของสหรัฐอเมริกา เสนอข้อความว่า “If Japan Can, Why Can't We” ธรรมะก่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านคุณภาพกันอย่างมากมายในสหรัฐอเมริกา ทำให้มีการมองถึงความสำเร็จของประเทศญี่ปุ่นทั้งที่ความรู้และทฤษฎีต่างๆ มีต้นกำเนิดมาจากสหรัฐอเมริกาเอง ได้มีการศึกษาและพัฒนาตลอดมา Mikel Harry วิศวกรของบริษัท Motorola ได้ศึกษาแนวคิดในเรื่องความแปรปรวนของ Deming เป็นพิเศษ และเสนอต่อองค์กรว่า การศึกษาความแปรปรวนจะเป็นแนวทางพัฒนาประสิทธิภาพที่ดีที่สุด และถือเป็นจุดเริ่มต้นของแนวคิดของกรรมวิธีทาง ซิกส์ ซิกม่าซึ่งในทางสถิติ “ซิกม่า” เป็นสัญลักษณ์ภาษากรีก (σ) ซึ่งใช้ในการอธิบายถึงความผันแปรในกระบวนการ แสดงถึงการวัดค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการกระจายตัวของ ข้อมูลที่เบี่ยงเบนไปจากค่ากลางของข้อมูล ซึ่งค่าความผันแปรนี้จะทำการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ (Specification limits) ของผลิตภัณฑ์ ถ้าข้อมูลของผลิตภัณฑ์ชิ้นใดมีค่าออกนอกข้อกำหนดเฉพาะนี้ก็จะถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์นั้นเป็นผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Defect) ซึ่งถ้ากระบวนการใดมีความสามารถของกระบวนการอยู่ที่ระดับ 6 ซิกม่านั้นจะหมายถึงระยะห่างระหว่างค่าเซตตั้งของกระบวนการและข้อกำหนดเฉพาะในแต่ละข้างจะมีค่าเป็น 6 เท่าของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งจะมีโอกาสในการสร้างผลิตภัณฑ์บกพร่องเพียง 3.4 ppm เท่านั้น (ppm: Part Per Million)

กรรมวิธีทาง ชิกล์ ชิกลมา ได้เริ่มมีการพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.1985 และภายใต้การนำของ Bob Galvin, CEO ของ Motorola ในสมัยนั้น ได้เริ่มมีการนำกรรมวิธีทางชิกล์ ชิกลมา มาใช้ในปีค.ศ.1987 มุ่งเน้นไปในการวิเคราะห์ความแปรปรวนในทุกสิ่งที่โมโตโรราทำ และดำเนินการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง กำหนดเป้าหมายที่ความผิดพลาด 3.4 ppm ตามแนวคิดของชิกล์ ชิกลมา

จากความสำเร็จในการนำกรรมวิธีชิกล์ ชิกลมา มาใช้ ของโมโตโรรา ทำให้บริษัทสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ 2 พันล้านเหรียญสหรัฐ และได้รับรางวัลคุณภาพ Malcolm Baldrige Award ในปี ค.ศ.1988 และจากแนวความคิดนี้ ได้มีองค์กรต่างๆ นำไปใช้จนประสบความสำเร็จจนได้รับความนิยมสูงสุดในปัจจุบัน [1]

2.2 แนวคิดของกรรมวิธีทาง ชิกล์ ชิกลมา

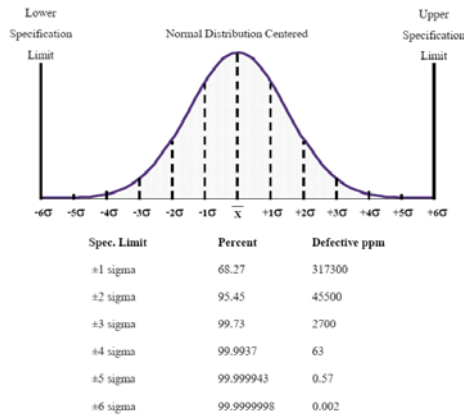
ในแนวทางของชิกล์ ชิกลมา การที่ผู้ผลิตจะสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าได้นั้น ผู้ผลิต จำเป็นจะต้องมีการลดความเสี่ยงหรือโอกาสที่จะทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจ ซึ่งการลดความเสี่ยงนี้ จะสามารถทำได้โดยการเพิ่มความสามารถในกระบวนการผลิตอันเป็นผลทำให้กระบวนการผลิตสามารถผลิตสินค้าหรือบริการซ้ำๆ กันได้ในระดับมาตรฐานที่สูง โอกาสที่ลูกค้าจะพึงพอใจก็จะสูงขึ้นไปด้วย แต่ในการเพิ่มความสามารถในกระบวนการผลิตนั้น สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือ จะต้องทำการศึกษา และทำความเข้าใจถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นตลอดช่วงการผลิต ซึ่งแหล่งความผันแปรหลักๆ จะมาจากการออกแบบ (Design) วัสดุ (Materials) และกระบวนการผลิต (Process) เพราะความผันแปรเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อความสามารถของกระบวนการผลิต ถ้าความผันแปรในกระบวนการผลิตมีความสามารถของกระบวนการจะต่ำ ในทางกลับกันถ้าความผันแปรในกระบวนการผลิตมีน้อย ความสามารถของกระบวนการก็จะสูง

ในการลดความผันแปรของกระบวนการ ต้องทำการศึกษาและหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์กับสาเหตุปัจจัยในกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถแสดงให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์ได้คือ $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ เมื่อ Y คือลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และ (x_1, x_2, \dots, x_n) คือสาเหตุปัจจัยต่างๆ ในกระบวนการผลิต ซึ่งสาเหตุปัจจัยในกระบวนการผลิตนี้มีจำนวนมากมาย (Trivial Many) แต่สาเหตุปัจจัยที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อลักษณะทางคุณภาพนั้นจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital Few) เมื่อสาเหตุปัจจัยเหล่านี้ถูกควบคุมความผันแปรก็จะลดลง คุณภาพของผลิตภัณฑ์ก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

2.3 เป้าหมายตามกรรมวิธีชิกล์ ชิกลมา

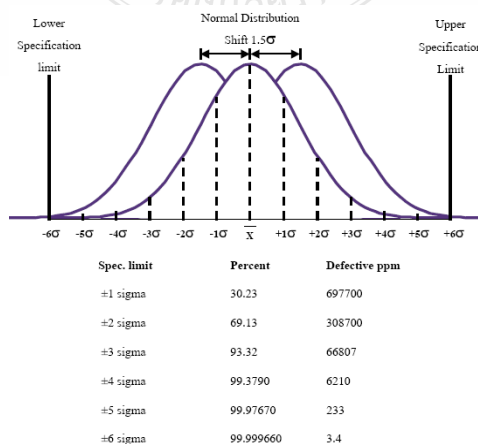
ในกระบวนการผลิตและบริการ โดยปกติจะมีประชากรส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับ $\pm 3\sigma$ หรือประมาณ 97.73% ภายใต้การกระจายแบบปกติดังแสดงในรูปที่ 2.1 แสดงการแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ซึ่ง

การกำหนดเป้าหมายในอดีตให้สามารถผลิตสินค้าและบริการภายใต้ระดับ $\pm 3\sigma$ หมายถึงการมีโอกาสพบของเสีย 2,700 ชิ้นในล้านชิ้น หากคำนึงถึงการให้บริการในสายการบิน การผ่าตัดของแพทย์การจ่ายยาในโรงพยาบาล ย่อมไม่มีลูกค้าคนใดเป็นผลของความผิดพลาดแม้เพียงหนึ่งครั้งในล้านครั้งรวมไปถึงการผลิตสินค้า และบริการต่างตอบสนองความต้องการของลูกค้า จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องผลิตสินค้า และบริการให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเข้าใกล้ระดับของเสียเป็นศูนย์



รูปที่ 2.1 การแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง [1]

แต่ในความเป็นจริงแล้วกระบวนการผลิตภายใต้สภาวะควบคุมในระยะยาว กระบวนการจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าตั้ง (Setting) โดยธรรมชาติ ซึ่งจะขยับเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะอยู่ในช่วง $\pm 1.5\sigma$ เนื่องจากมีสิ่งรบกวนต่างๆ ที่เกิดจากอิทธิพลความไม่สม่ำเสมอของระบบเข้ามามีอิทธิพลตลอดช่วงการผลิต ซึ่งการที่ค่าตั้ง (Setting) มีการขยับเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะนี้จะทำให้มีสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากข้อบกพร่องลดลงจากเดิมเหลือ 93.32% อันเป็นผลสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องเพิ่มขึ้นเป็น 66,807 ppm (Part Per Million) ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงค่าตั้ง (Setting) โดยธรรมชาติ [1]

ภายใต้แนวความคิดของซิกส์ ซิกม่านี้ การกระจายของลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะถูกทำให้ลดลง โดยการลดความผันแปรในกระบวนการผลิต ซึ่งภายใต้แนวความคิดนี้ลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะมีการกระจายอยู่ในช่วง $\pm 6\sigma$ จากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้มีความมั่นใจว่า จะมีผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากข้อบกพร่องคิดเป็นสัดส่วน 99.999998% ถึงแม้ว่าค่าตั้ง (Setting) จะมีการขยับเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ 1.5σ แล้วก็ตาม ก็จะมีสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องเพียง 0.0000034% หรือคิดเป็น 3.4 ppm เท่านั้น

2.4 การจัดการการบริหารตามแนวทางซิกส์ ซิกม่า

การดำเนินการตามแนวทางซิกส์ ซิกม่า นั้นเริ่มต้นและสิ้นสุดลงด้วยการสร้างความพึงพอใจให้เกิดขึ้นกับลูกค้านั้นจะเป็นการดำเนินงานทั่วทั้งองค์กรเพื่อเป็นการสร้างรากฐานในการปรับปรุงคุณภาพอย่างแท้จริง โดยจัดตั้งคณะทำงานเพื่อการดำเนินงานและวางรากฐานอย่างเป็นระบบ ซึ่งคณะทำงานนี้จะต้องได้รับการอบรมและการฝึกฝนเพื่อให้เข้าใจถึง หลักการ แนวคิด และวิธีการ ในการดำเนินงานตามแนวทาง ซิกส์ ซิกม่า และทราบถึง หน้าที่ และบทบาท และความรับผิดชอบของตน โดยคณะทำงานที่จัดตั้งขึ้นมานั้นจะประกอบด้วย [2,3]

2.4.1 ผู้บริหารระดับสูง (Executive Leadership)

สิ่งสำคัญที่สุดในการนำเอาแนวทางซิกส์ ซิกม่า มาใช้ให้ประสบผลสำเร็จได้นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้บริหารระดับสูงต้องลงมาดูแลด้วยตนเอง โดยเริ่มจากการกำหนดเป้าหมาย ที่มีต่อโครงการ เพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกันถึงเพื่อให้คณะทำงานได้เข้าใจแนวทางการทำงาน ถ้าปราศจากการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูงแล้ว การนำแนวทางซิกส์ ซิกม่า มาใช้ก็ไม่อาจบรรลุถึงผลสำเร็จได้ ดังนั้นก่อนที่จะนำแนวทางนี้มาใช้ ผู้บริหารระดับสูงต้องประกาศถึงวิสัยทัศน์ให้เข้าใจร่วมกันว่าการนำซิกส์ ซิกม่า เข้ามานั้นต้องการให้องค์กรเป็นอย่างไร เพื่อกำหนดทิศทางขององค์กรต่อไปในอนาคต

2.4.2 แชมเปียน (Champions)

บุคคลผู้ที่ทำหน้าที่เป็นแชมเปียนนั้น ต้องเป็นบุคคลที่อยู่ในส่วนของผู้บริหารระดับสูงในองค์กรลักษณะการทำงานของแชมเปียนแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะได้แก่ แชมเปียนบุคลากร (Deployment Champion) และแชมเปียนโครงการ (Project Champion) ซึ่งมีหน้าที่หลักในการจัดตั้งและติดตามผล การทำงานของคณะทำงานตลอดจนกำหนดและประเมินผลโครงการ ผู้ที่จะมาทำตำแหน่งนี้จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ในเรื่องของธุรกิจเป็นอย่างสูงและมีความรู้ความเข้าใจในปรัชญา ทฤษฎี และเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการตามแนวทางซิกส์ ซิกม่าเป็นอย่างดี

2.4.3 มาสเตอร์แบลคเบลท์ (Master Black Belt)

เป็นบุคคลผู้ซึ่งได้รับการแต่งตั้งโดยแชมเปียน ทำหน้าที่ในการประสานงานร่วมกับฝ่ายบริหาร ซึ่งต้องรับผิดชอบ และดูแลการทำงานในรูปแบบที่เต็มเวลา เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานตามแนวทางซิกส์ ซิกม่า โดยตรงตลอดจนเป็นผู้อบรม ดูแล และเป็นพี่เลี้ยงให้กับคณะทำงานที่ชื่อว่า แบลค

เบล (Black Belt) และกรีนเบล (Green Belt) โดยต้องเป็นผู้เริ่มต้นทำให้พนักงานมีความเข้าใจถึงการนำหลักการ และแนวคิดมาใช้ในทางปฏิบัติ

2.4.4 แบลคเบลท์ (Black Belt)

ทำงานภายใต้การดูแลของมาสเตอร์เบลคเบลท์ (Master Black Belt) มีหน้าที่หลักในการประยุกต์ใช้ความรู้ในหลักการและแนวคิด ตลอดจนเครื่องมือทางสถิติมาใช้ในการแก้ปัญหาโครงการที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งต้องรับผิดชอบและดูแลการทำงานในรูปแบบที่เต็มเวลา เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานตามแนวทางซิกส์ ซิกม่าโดยตรง และเป็นเสมือนตัวเชื่อมระหว่างการจัดการของฝ่ายบริหาร และการทำงานในระดับปฏิบัติการ

2.4.5 กรีนเบลท์ (Green Belt)

เป็นบุคคลที่ได้รับเลือกให้เข้าไปแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานประจำที่ทำอยู่ โดยขณะทำงานเฉพาะกิจซึ่งทำการแก้ปัญหาในแต่ละโครงการ สำหรับเนื้อหาที่ใช้ในการอบรมนั้น ต้องมีการปรับปรุงให้ง่ายขึ้น เพื่อสนับสนุนการแก้ปัญหาในสายงานที่ทำอยู่ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยสนับสนุนการทำงานให้กับคณะทำงานแบลคเบลท์ (Black Belt) ซึ่งจะมีส่วนช่วยเสริมและสนับสนุนให้การบริหารจัดการมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนในการดำเนินงานนี้จะมุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาในกระบวนการเป็นหลัก โดยผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการดำเนินงานนี้คือคณะผู้ทำงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะดำเนินงานตามกระบวนการ DMAIC คือกระบวนการในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องดังรูปที่ 2.3 โดยก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการหลักนั้นจะต้องทำการนิยามถึงปัญหาที่ต้องการจะนำมาปรับปรุงเสียก่อนโดยควรเลือกปัญหาที่เป็นปัญหาที่สำคัญ เป็นต้นเหตุที่ทำให้ลูกค้าไม่พอใจและส่งผลกระทบต่อกระบวนการหรือเป็นปัญหาที่เห็นสิ่งที่ควรปรับปรุงอย่างชัดเจนมาทำการแก้ปัญหาก่อน จากนั้นทำการเลือกลักษณะของตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) เพื่อมาทำการศึกษาและเป็นตัววัดผลในการปรับปรุง (Key Process Output Value, KPOV) จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการในขั้นต่างๆต่อไป



รูปที่ 2.3 กระบวนการในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในซิกส์ ซิกม่า

2.5.1 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)

ในขั้นตอนของการเลือกปัญหาเริ่มจากการกำหนดลูกค้าและศึกษาความต้องการของลูกค้า จากการสำรวจความต้องการ หรือความพึงพอใจของลูกค้า หรือจากข้อมูลการร้องเรียนของลูกค้า ศึกษากระบวนการทำงานหลักขององค์กร แล้วนำความต้องการของลูกค้ามากระจายเป็นปัจจัยคุณภาพที่สำคัญของแต่ละกระบวนการ ปัญหาคุณภาพต่างๆ ที่สำคัญและตรงกับความต้องการของลูกค้า รวมถึงปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้ในหน่วยงานปกติก็จะถูกจัดเรียงลำดับความสำคัญและถูกเลือกให้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง เมื่อแบลคเบลท์ (Black Belt) และแชมเปียน (Champion) สามารถกำหนดโครงการที่จะดำเนินการแก้ไขปรับปรุงได้แล้ว ก็จะร่วมกันกำหนดขอบเขตการดำเนินงานและคณะทำงานต่อไป

2.5.2 การวัด (Measure Phase)

ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์หาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดปัญหา โดยก่อนอื่นควรศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัดที่ใช้เพื่อวัดความผันแปรที่เกิดจากการวัด หากความผันแปรที่เกิดขึ้นมีมากเกินไปที่กำหนดจะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัดให้ดีขึ้นเสียก่อน จากนั้นทำการศึกษาถึงความสามารถของกระบวนการ เพื่อศึกษาว่าความสามารถของกระบวนการที่แท้จริงเป็นเท่าไรและควรตั้งเป้าหมายในการปรับปรุงไว้เท่าใด ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้คือปัจจัยต่างๆที่คาดว่าจะทำให้เกิดปัญหา

2.5.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

ขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ เพื่อดูว่าปัจจัยต่างๆเหล่านี้มีผลกระทบต่อกระบวนการอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของกระบวนการ หากปัจจัยใดที่ทดสอบแล้วพบว่าไม่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ก็จะนำไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป ซึ่งจากการดำเนินงานในขั้นตอนนี้ จะทำให้เข้าใจกระบวนการมากขึ้น และมาตรฐานการทำงานต่างๆ จะถูกทบทวน และปรับปรุงใหม่ ตัวแปรต่างๆ จะถูกกำหนดและศึกษา และทำให้ทราบว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) อย่างมากซึ่งจะเป็นปัจจัยที่เหมาะสมที่จะนำไปทำการแก้ไขต่อไป

2.5.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบ และทำการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) กับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) นั้นๆ และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่จะทำให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ที่ดีที่สุด จากนั้นจะดำเนินการวิเคราะห์ระบบการวัดของแต่ละปัจจัยเพื่อทำให้การดำเนินการควบคุมในขั้นตอนถัดไปเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

เมื่อกระบวนการผลิตได้รับการปรับปรุงแล้ว ขั้นตอนนี้ก็จะเป็นการจัดทำวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ เพื่อให้พนักงานสามารถควบคุมได้ด้วยตนเอง แล้วทำการประเมินความสามารถของ

กระบวนการผลิตอีกครั้ง เพื่อวิเคราะห์ว่าหลังจากปรับปรุงแล้วกระบวนการสามารถทำได้ตามเป้าหมายหรือไม่ หากความสามารถของกระบวนการยังไม่ดี ก็จะต้องย้อนกลับไปทำตามขั้นตอนก่อนหน้าอีกครั้ง นอกจากนี้แล้วจะต้องมีการประเมินผลการดำเนินงาน โดยวัดจากระดับคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไป และประเมินความสามารถในการลดต้นทุน หรือความพึงพอใจของลูกค้าที่เปลี่ยนไปหลังการปรับปรุงกระบวนการ

2.6 เครื่องมือที่ใช้ในซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma Tools)

ซิกส์ ซิกม่านั้นจะอาศัยการคิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking) ตัดสินใจบนข้อมูล ที่สามารถเชื่อถือได้ โดยที่ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาใช้เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจทั้งด้วยวิธีการทางตรรกะและทางสถิติ สำหรับเครื่องมือทางสถิติที่จะถูกนำมาใช้ในซิกส์ ซิกม่านั้นมีอยู่ด้วยกันมากมาย แต่เครื่องมือที่จะขอกกล่าวถึงในเนื้อหาบทนี้ จะเป็นเครื่องมือที่ได้นำมาใช้ในการทำวิจัยนี้เท่านั้น ซึ่งจะประกอบด้วย

2.6.1 การวิเคราะห์ปัญหา

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือพื้นฐานที่ถูกนำมาใช้ในการวิจัย ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้จะเป็นเครื่องมือที่ใช้ช่วยในการวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุเบื้องต้นของปัญหา [6,7]

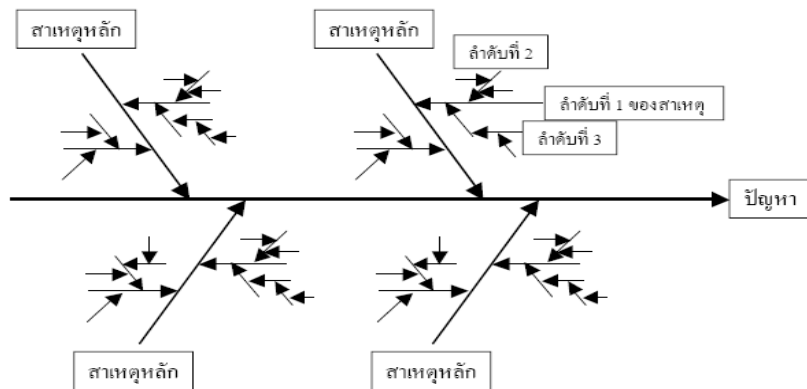
แผนภูมิแสดงการไหลของงาน (Flow Chart) เป็นแผนภาพที่แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของงานในกระบวนการที่ทำการศึกษา ซึ่งการแบ่งย่อยงานเพื่อนำมาสร้างแผนภาพแสดงการไหลของงานนั้น จะต้องมีความละเอียดเพียงพอที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์ถึงปัญหาในกระบวนการที่สนใจได้ บางครั้งเราอาจเรียกว่า แผนที่กระบวนการ (Process Mapping)

แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เป็นแผนภาพที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลสำหรับปัญหาที่ทำการศึกษา ซึ่งแผนภาพนี้มีส่วนช่วยให้การวิเคราะห์ปัญหามีความง่าย และเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ที่มีประโยชน์สำหรับนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล สำหรับประเด็นปัญหาที่พิจารณา ซึ่งแผนภาพนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรก โดยศาสตราจารย์ ดร.คาโอริ อิชิกาวา แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว เมื่อ ค.ศ.1943 โดยครั้งแรกนั้น ดร.อิชิกาวา ได้ใช้แผนภาพนี้ในการอธิบายถึงวิธีการในการตรวจจับ และแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพในการผลิต ให้แก่กลุ่มวิศวกร จากบริษัท คาวาซากิสตีลเวิร์ค จำกัด

สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งญี่ปุ่น (JIS) ได้นิยามความหมายของแผนภาพสาเหตุและผลไว้ว่าเป็น แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีระบบระหว่างผลที่แน่นอนประการหนึ่งกับสาเหตุต่างๆ ที่เกี่ยวข้องโดยจำแนกแผนภาพสาเหตุและผลนี้ ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

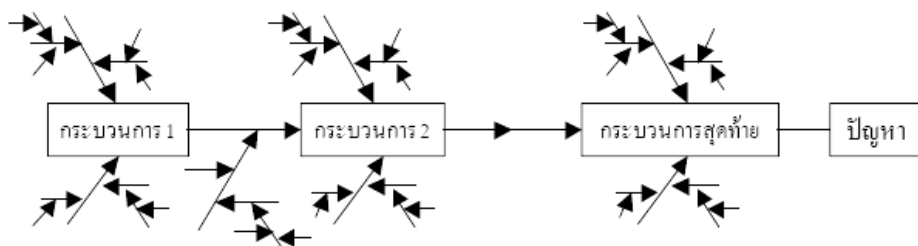
- **การวิเคราะห์ความผันแปร (Dispersion Analysis)** จะใช้แสดงสาเหตุของการเกิดความผันแปรในคุณภาพที่แสดงด้วยหวัปลาตามลำดับก่อนหลังด้วยการตั้งคำถามว่า “ทำไมจึงเกิดความผันแปร” ขึ้น เป็นเช่นนี้เรื่อยๆ ดังแสดงในโครงสร้างรูปที่ 2.4 โดยผู้สร้างแผนภาพสาเหตุและผล

ประเภทนี้จะต้องนึกไว้เสมอว่า ความผันแปรทุกตัวสามารถตรวจจับและทำให้ลดลงได้ โดยจุดแข็งของแผนภาพสาเหตุและผลประเภทนี้จะช่วยแสดงอย่างเป็นระบบถึงปัจจัยที่มีผลต่อความผันแปร



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบวิเคราะห์ความผันแปร

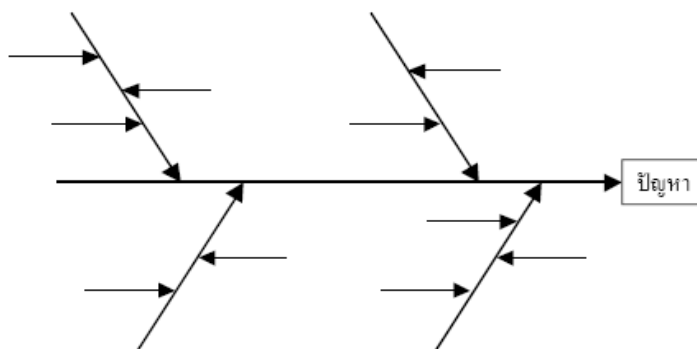
- การจำแนกตามกระบวนการผลิต (Process Classification) โดยแผนภาพสาเหตุและผลประเภทนี้ ใช้สำหรับแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยมีการจำแนกตามกระบวนการย่อยต่างๆ เช่น ในตัวอย่างของกระบวนการประกอบงาน ดังโครงสร้างในรูปที่ 2.5 โดยแผนภาพสาเหตุและผลประเภทนี้จะมีจุดเด่นคือ สามารถสร้างได้ง่าย และสื่อข้อความได้ความหมายดี เพราะสามารถสร้างแผนภาพสาเหตุและผลของแต่ละกระบวนการย่อยแล้วจึงนำมาต่อกระบวนการกัน แต่มีจุดอ่อนคือทำให้ดูเหมือนว่ามีสาเหตุซ้อนสาเหตุ (สาเหตุของกระบวนการย่อยต้นน้ำ (Upstream) จะเป็นสาเหตุของกระบวนการท้ายน้ำ (Downstream) ทำให้มีสาเหตุมากกว่าหนึ่งปัจจัย ซึ่งทำให้ยากต่อการวิเคราะห์



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบจำแนกตามกระบวนการ

- การกำหนดรายการของสาเหตุ (Cause Enumeration) แผนภาพสาเหตุและผลแบบนี้จะมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.6 เหมือนกรณีการวิเคราะห์ความผันแปร แต่จะมีความแตกต่างกันตรงที่ว่า แผนภาพสาเหตุและผลประเภทนี้จะมุ่งผู้รายการสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา (ตามหัวปลา) ก่อนข้างง่าย แต่มีข้อเสียคือ มีความยากในการสร้างค่อนข้างมาก เพราะนอกจากจะต้องระดมสมองหาสาเหตุที่คาด

ว่าจะเป็นไปได้ทั้งหมดแล้ว ยังจำเป็นต้องมีการทบทวนอยู่เสมอด้วย เพื่อให้มั่นใจว่าสาเหตุหลักๆ มิได้ตกลงไปจากการพิจารณาในการวิเคราะห์ปัญหาโดยคิวซีเซอร์เกิลนั้น จะถือว่าแผนภาพสาเหตุและผลประเภทของการวิเคราะห์ความผันแปรนี้มีประโยชน์มากที่สุดเพราะใช้วิเคราะห์ปัญหาที่มีความผันแปร ในขณะที่แผนภาพสาเหตุและผลแบบกำหนดรายการของสาเหตุใช้วิเคราะห์ปัญหาที่เรื้อรัง เหมาะกับปัญหาการปรับปรุงคุณภาพ และแผนภาพสาเหตุและผลแบบจำแนกตามกระบวนการเหมาะสมอย่างยิ่งกับการสร้างแผนการควบคุม



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบกำหนดรายการสาเหตุ

กราฟ (Graph) เป็นแผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติซึ่งสามารถทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ โดยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้กราฟมีอยู่หลายประเภท ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าข้อมูลที่พิจารณาที่มีความผันแปรอยู่ในรูปแบบใด เช่น ปริมาณอนุกรมเวลา หรือสัดส่วน ฯลฯ

การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) การวิเคราะห์ภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบในกระบวนการหรือ FMEA Process เพื่อช่วยเพิ่มความเที่ยงตรง (Reliability) ของกระบวนการเพื่อการผลิตหรือการออกแบบการควบคุมกระบวนการ [9, 10]

ก) จุดประสงค์ของ FMEA มีดังนี้ [9, 10]

1. สามารถที่จะพิจารณาและประเมินโอกาสที่จะเกิดภาวะความผิดพลาดของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการและผลกระทบต่างๆ

2. แบ่งแยกกิจกรรมซึ่งสามารถที่จะกำจัดหรือลดโอกาสที่จะเกิดภาวะความผิดพลาด

3. กระบวนการเตรียมเอกสารต่างๆ เพื่อส่งเสริมกิจกรรมดังที่กล่าวมาข้างต้น

ข) ประโยชน์ในการประยุกต์ใช้วิเคราะห์ภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ เมื่อมีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบอย่างเหมาะสม ประโยชน์ของการใช้จะมีดังต่อไปนี้

1. ทำให้มีความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น เนื่องมาจากวิธีการต่างๆ ของการทำงานของภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบจะใช้ผู้เชี่ยวชาญจากหลายหน่วยงาน ดังนั้น ความเข้าใจที่ดีขึ้นร่วมกันในการออกแบบและใช้งานจะเป็นสิ่งที่ทำให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ลดเวลาการทำงานหากภาวะความผิดพลาดและสาเหตุได้ถูกค้นพบก่อนที่จะมีการสร้างชิ้นงานต้นแบบหรือประกอบชิ้นงาน จะสามารถลดเวลาในการทดสอบชิ้นงานที่ได้รับการออกแบบอย่างไม่เหมาะสมไปได้มาก

3. ลดต้นทุนการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ไม่เหมาะสม มักจะถูกออกแบบใหม่ที่ดีกว่าอยู่บ่อยครั้ง ดังนั้นหากมีการพบความผิดพลาดอย่างรวดเร็วก็จะสามารถลดจุดด้อยได้ก่อน อันจะทำให้มีการสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบนี้บ่อยครั้ง เป็นผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง

4. ลดต้นทุนการรับประกันการซ่อม และเรียกกลับมาซ่อมหรือปรับปรุง การปรับปรุงให้การออกแบบและผลิตมีประสิทธิภาพจะสามารถลดปริมาณความเสียหาย ซึ่งเกี่ยวเนื่องโดยตรงกับต้นทุนการรับประกันการซ่อมและเรียกกลับมาซ่อม ซึ่งจะลดต้นทุนโดยรวมของผลิตภัณฑ์ และเป็นการส่งเสริมภาพลักษณ์ของบริษัทให้ดียิ่งขึ้น

5. คุณภาพสูงขึ้น สิ่งที่กำลังมาข้างต้นทั้งหมดล้วนแต่เป็นองค์ประกอบที่ช่วยให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นผลให้ผู้ใช้มีความพึงพอใจมากยิ่งขึ้น

6. สามารถเก็บข้อมูลดียิ่งขึ้น การสร้างและการเก็บข้อมูลที่เหมาะสมของภาวะผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบจะเป็นสิ่งที่ต้องมีการเก็บข้อมูลในการออกแบบผลิตภัณฑ์ไว้ทั้งหมด ซึ่งจะป้องกันความผิดพลาดซึ่งจะเคยเกิดขึ้นในอดีตอันเกิดจากความตั้งใจที่ดี นอกเหนือจากนั้นการเก็บข้อมูลการปรับปรุงและวิเคราะห์ต่างๆ จะช่วยให้การออกแบบขั้นต่อไปในอนาคตมีความสะดวกยิ่งขึ้น

ค) ชนิดของวิเคราะห์ภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบนั้น เป็นวิธีการวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวอย่างเป็นระบบมีขั้นตอนสำหรับการค้นหาสาเหตุของความผิดพลาดก่อนที่จะเกิดขึ้นจริง เพื่อเป็นการป้องกันก่อนที่จะเกิดปัญหาร้ายแรงขึ้นมาภายหลังและเป็นการลดความเสี่ยงของการเกิดปัญหา โดยทั่วไปแล้ว FMEA สามารถแบ่งตามวิธีการนำไปใช้งานได้หลายอย่างคือ

1. System FMEA จะใช้สำหรับการออกแบบหรือปรับปรุงระบบการทำงานในการใช้งานมักจะรวมอยู่ในขั้นตอนของ FMEA ชนิดอื่น ได้แก่ การสร้างแนวความคิดในการออกแบบและกำหนดรายละเอียดของระบบงาน การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ และการประเมินผลระบบ

2. Design FMEA ซึ่งนิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ผลและการแก้ไขงานที่มีการทดลองหรือปฏิบัติเป็นครั้งแรกมักจะพิจารณาเกี่ยวข้องกับกลุ่มของการรวมส่วนประกอบต่างๆ หรือส่วนย่อย ๆ เข้าด้วยกันและส่วนของผลิตภัณฑ์ว่ามีหน้าที่การใช้งานตามที่ออกแบบเหมาะสมแล้วหรือไม่และส่วนใดจะมีปัญหาจะป้องกันหรือลดระดับความเสี่ยงได้มากน้อยแค่ไหน

3. Process FMEA ซึ่งนิยมใช้สำหรับกระบวนการผลิตมีลักษณะเหมือนกับ Design FMEA แต่จะทำการพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตที่สำคัญ คือ พนักงาน เครื่องจักร วัสดุวิธีการ การวัด และสภาพแวดล้อมของการผลิต โดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดเมื่อจัดทำ Process FMEA

4. Service FMEA เกี่ยวข้องกับการให้บริการเป็นหลัก โดยนิยมให้คนเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดเมื่อจัดทำ Service FMEA

5. Machinery FMEA ซึ่งนิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์เครื่องจักรอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้โดยแบ่งเป็นส่วนประกอบต่างๆ เช่น โครงสร้างเครื่องจักร เครื่องมือส่วนทำความเย็น ส่วนส่งกำลัง ส่วนหล่อลื่น ชุดเกียร์ ตลับลูกปืน ฯลฯ

ง) งานเอกสารของ FMEA การวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวที่เกิดขึ้นโดยวิธีการ FMEA ซึ่งถือว่าการวางระบบเตือนภัยล่วงหน้าและเป็นเทคนิคการป้องกันปัญหาชนิดหนึ่ง ซึ่งมีส่วนช่วยวิศวกรกระบวนการในการศึกษาสาเหตุและผลกระทบต่างๆ ก่อนที่การออกแบบหรือวิธีการกระบวนการผลิตจะสรุปผลขั้นสุดท้ายทุกเรื่องทุกด้านที่มีการวิเคราะห์ร่วมกัน จะถูกบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA โดยมักจะเริ่มต้นจากหน้าที่ย่างใดอย่างหนึ่งของกระบวนการผลิตจะถูกนำมาพิจารณาอย่างละเอียดว่ามีชนิดหรือรูปแบบของปัญหาและความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นหรือเคยเกิดขึ้นมาแล้วมีอะไรบ้าง มีสาเหตุมาจากเรื่องใด และจะมีผลกระทบอย่างไรหลังจากนั้นจะมีการประมาณตัวเลขระดับความเสี่ยงหรือที่เรียกกันว่าค่า RPN ซึ่งมาจากคำว่า Risk Priority Number ให้กับแต่ละปัญหา

จ) การคำนวณค่า RPN มาจากผลคูณค่าพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ $O \times S \times D$ เมื่อ

S = Severity คือ เกณฑ์การให้ลำดับชั้นผลกระทบของความรุนแรง

O = Occurrence คือ การให้ลำดับโอกาสเกิดความผิดพลาด

D = Detection คือ โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ

ค่า S, O และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นเมื่อค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหา คือ ค่า $RPN = 1$ ซึ่งมาจาก $1 \times 1 \times 1$ หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก และความรุนแรงของผลกระทบ เมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกันและสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์ส่วนค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของการเกิดปัญหา คือ ค่า $RPN = 1000$ ซึ่งมาจาก $10 \times 10 \times 10$ หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมาก เช่น พบทุกวันและระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้ก็มีมากเช่นกระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งหมด หรือลูกค้า ต้องยกเลิกสัญญาสั่งซื้อ เป็นต้น และยังไม่มีการตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าเลย

ทั้งนี้การให้คะแนนค่า S, O และ D ซึ่งประเมินค่าโดยมีการลำดับความสำคัญ ดังตารางที่ 2.1, 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การให้ลำดับชั้นผลกระทบของความรุนแรง

เกณฑ์ (ผลกระทบของระดับความรุนแรง)	ลำดับที่ (Rank)
อาจจะทำให้เกิดอันตรายกับเครื่องจักรอื่นหรือกับผู้ปฏิบัติงานอย่างสูง	10
อาจทำให้เกิดอันตรายกับเครื่องจักรอื่นหรือกับผู้ปฏิบัติงาน	9
ทำให้การผลิตหยุดชะงักอย่างมาก และผลิตจำนวน 100% อาจจะต้องกลายเป็นผลิตภัณฑ์เสีย (Scrapped 100%)	8
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์อาจจะต้องมีการนำมาเลือกบางส่วนที่เสียออก (<100% เป็นผลิตภัณฑ์เสีย)	7
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์ที่มีเสีย <100% แต่อาจไม่ต้องนำมาเลือกบางส่วนออก	6
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์จำนวน <100% อาจจะต้องมาผลิตอีกครั้ง (Reworked 100%)	5
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์อาจจะต้องมีการนำมาเลือกบางส่วนที่เสียออก แล้วนำส่วนที่เหลือมาทำอีกครั้ง (Reworked <100%)	4
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์จำนวนน้อยกว่า 100% อาจจะต้องนำมาทำใหม่ในสายการผลิต แต่ภายนอกสถานีการผลิต	3
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑ์จำนวนน้อยกว่า 100% อาจจะต้องนำมาทำใหม่ในสายการผลิต และภายในสถานีการผลิต	2
ไม่มีผลกระทบ	1

ตารางที่ 2.2 การให้ลำดับโอกาสเกิดความผิดพลาด

โอกาสในการเกิดความผิดพลาด (Occurrence Opportunity of Failure)	อัตราความเป็นไปได้ในการเกิดความ ผิดพลาด (Possible Failure Rate)	ลำดับที่ (Rank)
สูงมาก (ความผิดพลาดเกิดขึ้น เกือบแน่นอน)	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 (ความผิดพลาดเกิดขึ้น น้อยครั้ง)	1 ใน 15,000 ถึง 1 ใน 2000	3
	1 ใน 150,000 ถึง 1 ใน 15,000	2
ต่ำมาก (ความผิดพลาดมีโอกาสเกิดได้ น้อยมาก)	มากกว่า 1 ใน 1,500,000 ถึง 1 ใน 150,000	1

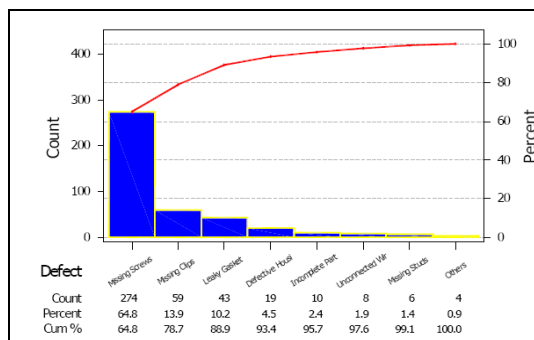
ตารางที่ 2.3 โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ

โอกาสการตรวจ (Detection Opportunity)	โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ (Opportunity of Detection by Process Control)	ลำดับที่ (Rank)
ไม่สามารถตรวจจับได้ อย่างแน่นอน	การควบคุมการออกแบบไม่สามารถตรวจจับโอกาสที่ จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาด (หรือไม่มีการควบคุมการออกแบบเลย)	10
มีโอกาสดตรวจจับได้ เล็กน้อยที่สุด	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสดตรวจจับที่จะเป็น สาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้เล็กน้อยที่สุด	9
มีโอกาสดตรวจจับได้ เล็กน้อยมาก	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสดตรวจจับโอกาสที่เป็น สาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้เล็กน้อยมาก	8

ตารางที่ 2.3 โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ (ต่อ)

โอกาสการตรวจ (Detection Opportunity)	โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ (Opportunity of Detection by Process Control)	ลำดับที่ (Rank)
มีโอกาสตรวจจับได้ต่ำมาก	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ต่ำมาก	7
มีโอกาสตรวจจับได้ต่ำ	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ต่ำ	6
มีโอกาสตรวจจับได้ปานกลาง	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ปานกลาง	5
มีโอกาสตรวจจับได้ค่อนข้างสูง	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ค่อนข้างสูง	4
มีโอกาสตรวจจับได้สูง	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้สูง	3
มีโอกาสตรวจจับได้สูงมาก	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้สูงมาก	2
มีโอกาสตรวจจับได้ค่อนข้างแน่นอน	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ค่อนข้างแน่นอน	1

แผนภาพพารेट (Pareto Diagram) แผนภาพพารेट เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภท หรือแบบหลายพวก โดยอาศัยหลักการพารेट (Pareto Principle) คือ สิ่งที่สำคัญมากมีจำนวนน้อย และสิ่งที่ไม่สำคัญน้อยมีจำนวนมาก (Vital Few and Trivial Many) ซึ่งมักใช้ตัวเลข 80 – 20 เป็นค่าประมาณ สำหรับทั้งจำนวน และความสำคัญ ลักษณะของแผนภาพพารेट ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างลักษณะของแผนภาพพารेट

2.6.2 การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลเป็นสิ่งสำคัญมากในวิธีการทางสถิติ ซึ่งข้อมูลอาจได้มาจากประชากร (Population) หรือสิ่งตัวอย่าง (Sample) ก็ได้ ซึ่งข้อมูลในทางสถิติสำหรับงานทางด้านวิศวกรรม อาจจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

ข้อมูลแบบแจกนับ เป็นข้อมูลที่ได้จากการแจกนับสมาชิกที่สนใจในประชากร หรือสิ่งตัวอย่างโดยปกติแล้วจะมีลักษณะแบบช่วง (Discrete Data)

ข้อมูลจากการวัด เป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดสมาชิกแต่ละตัวที่สนใจของประชากร หรือสิ่งตัวอย่าง โดยปกติแล้วจะมีลักษณะแบบต่อเนื่อง (Continuous Data)

2.7 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis, MSA)

กิตติศักดิ์ [11] ได้กล่าวไว้ว่า วัดต่างๆ ล้วนแล้วแต่มีค่าคงที่ของคุณสมบัติเฉพาะต่างๆ ค่าหนึ่งซึ่งถือว่าเป็น “ค่าจริง” ของวัดตามคุณสมบัติเฉพาะนั้นๆ โดย “การวัด” จะเป็นการกำหนดค่าที่เป็นตัวเลขให้กับคุณสมบัติเฉพาะเหล่านั้น ในกระบวนการวัด หรือระบบการวัด จะมีองค์ประกอบหลักๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด วิธีการวัด สิ่งที่ได้รับการวัด และสิ่งแวดล้อมในการวัด แต่เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้จะมีความไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้เกิดความผันแปรจากระบบการวัดขึ้น ซึ่งความผันแปรนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะคือความผันแปรที่เป็นไปโดยสาเหตุธรรมชาติ (Common cause of variation) ซึ่งความผันแปรจะอยู่ในเสถียรภาพที่สามารถทำนายได้ แต่ความผันแปรอีกลักษณะหนึ่งคือ ความผันแปรที่เป็นไปโดยสาเหตุแห่งความผิดพลาด (Special cause of variation) ความผันแปรนี้จะไม่เสถียร และไม่สามารถทำนายได้ในการวัด เพื่อการประกันคุณภาพจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการตรวจสอบสาเหตุแห่งความผิดพลาดและทำการกำจัดทิ้ง ควบคู่ไปกับการพยายามลดสาเหตุธรรมชาติแห่งความผันแปรอย่างต่อเนื่อง

สาเหตุด้านความผันแปรของระบบการวัดเหล่านี้ จะมีผลทำให้ค่าวัดที่ได้เบี่ยงเบนไปจากค่าจริงของสิ่งวัดเสมอ กล่าวคือ ถ้าให้ x หมายถึงค่าวัดที่ได้ และ μ หมายถึงค่าจริงของสิ่งที่ได้รับการวัดแล้ว จะได้ว่า $x_i = \mu - \epsilon_i$ โดยจะเรียก ϵ นี้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าวัด (Measurement error) ในการวิเคราะห์ระบบการวัดนี้ มีจุดประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ถึงแหล่งของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด แล้วทำการแก้ไขปรับปรุง

จากความคลาดเคลื่อนของค่าวัดที่มีทั้งปริมาณที่สามารถกำจัดได้ และกำจัดไม่ได้ จึงมีความจำเป็นต้องกำจัดปริมาณที่สามารถควบคุมได้ก่อน อันได้แก่ ความคลาดเคลื่อนซึ่งเป็นสาเหตุมาจากความผิดพลาด เช่น การขาดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องมือวัด ซึ่งสามารถกำจัดได้ โดยการกำหนดขั้นตอน และวิธีการวัดที่แน่นอน การฝึกอบรมพนักงานวัด การทำมาตรฐานของสิ่งที่ได้รับการวัด เป็นต้น เมื่อดำเนินการทำให้ระบบการวัดเป็นมาตรฐานแล้ว ก็จะดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือ เพื่อกำจัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ หลังจากนั้นจะมีการลดความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม ซึ่งมีสาเหตุมาจาก

ธรรมชาติต่างๆ ด้วยการประเมินถึงแหล่งความผันแปรต่างๆ ทั้งจากเครื่องมือวัด พนักงานวัดตลอดจนสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการวัด

การวิเคราะห์ระบบการวัด เป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัด เพื่อแยกแยะแหล่งความผันแปรต่างๆ และดำเนินการปรับปรุง ในการวิเคราะห์จะสนใจในการวิเคราะห์ความถูกต้องและการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด แล้วพยายามปรับให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งความแม่นยำของระบบการวัดจะประกอบไปด้วย

- ความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) หมายถึง ความแตกต่างของระบบการวัดภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน

- ความสามารถในการทำเหมือน (Reproducibility) หรือไบอัส (Bias) หมายถึงความแตกต่างของระบบการวัดต่างเงื่อนไขกัน

ในการวิเคราะห์ทั้ง 2 กรณีนี้ สามารถแบ่งการวิเคราะห์ ออกเป็น 3 วิธี คือ วิธีการอาศัย $R, \bar{X} - R$ และ ANOVA ซึ่งการศึกษาโดยอาศัยพิสัย R จะให้ภาพรวมของความผันแปรของระบบการวัด แต่ไม่สามารถแยกความผันแปรออกเป็น Repeatability และ Reproducibility วิธีการอาศัยค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย $(\bar{X} - R)$ สามารถแยกความผันแปรออกเป็น Repeatability และ Reproducibility ออกจากกันได้ แต่ไม่สามารถแยกอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่างของงานออกจากค่า Repeatability ได้ ส่วนวิธีการที่อาศัย ANOVA จะอาศัยการแยกความแปรผันรวมของระบบการวัดออกเป็นความผันแปรจากสาเหตุต่างๆ 4 องค์ประกอบด้วยกันคือ ความผันแปรจากสาเหตุของพนักงานวัด ความผันแปรจากสาเหตุของสิ่งตัวอย่างงาน ความผันแปรจากสาเหตุร่วมของพนักงานวัดกับสิ่งตัวอย่างงาน และความผันแปรจากสาเหตุของตัวอุปกรณ์วัดเอง

ในการศึกษาความสามารถของระบบการวัดแบบอาศัยข้อมูลนับนี้ จะเป็นการประเมินแบบเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิสัยกับข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับและปฏิเสธ หรือ ผ่านและไม่ผ่าน จึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่า คุณภาพของงานที่ตรวจสอบได้นั้นดี หรือไม่อย่างไร

สำหรับการศึกษาความสามารถของระบบการวัดแบบอาศัยข้อมูลจะเป็นการประเมิน โดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิสัยของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นยอมรับ และปฏิเสธ หรือ ผ่าน และไม่ผ่าน การประเมินผลจะออกมาในรูปของความมีประสิทธิภาพของการตรวจสอบ (Screen Effectiveness) อันจะหมายถึงความสามารถของระบบการวัดในการแยกแยะงานไม่ดีออกจากงานที่ดี ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการยอมรับจะขึ้นอยู่กับ %ของความผิดพลาดในการตรวจสอบ (%Error) ดังนี้

1. <10% Error สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้
2. 10% ถึง 30% อาจยอมรับได้ซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญในสิ่งประยุกต์ใช้ค่าใช้จ่ายในการวัดตลอดจนปัจจัยอื่นๆ ฯลฯ

3. >30% ไม่สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้และมีความจำเป็นต้องระบุถึงสาเหตุความผันแปรแล้วทำการลดหรือกำจัดทิ้ง

ในการประเมินผลกระบวนการวัดมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการเลือกสิ่งตัวอย่างงานจากกระบวนการผลิตประมาณ 20-30 ชิ้น โดยพยายามให้สิ่งตัวอย่างงานดังกล่าวประกอบไปด้วย สิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพดี สิ่งตัวอย่างงานที่คุณภาพไม่ดีและสิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่งในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

2. เลือกพนักงานวัดหรือพนักงานตรวจสอบมา 2-4 คน โดยพนักงานที่เลือกมาจะต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบคุณภาพ และได้ผ่านการฝึกอบรมมาอย่างดี และผ่านการสอบประเมินผลแล้ว

3. ทำการเลือกพนักงานขึ้นมาก่อนหนึ่งคนแล้วให้ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างสุ่มเพื่อประเมินผลของพนักงานแต่ละคนนี้ความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบ “ซ้ำ” อย่างน้อยชิ้นงานละ 2-3 ครั้ง

4. ทำการเลือกพนักงานคนที่สองขึ้นมาแล้วดำเนินการตรวจสอบอย่างสุ่มเหมือนข้อ 3 และทำเช่นนี้กับพนักงานคนอื่นๆ อีกจนครบทุกคนตามที่วางแผนไว้

5. ดำเนินการประเมินผลด้วยดัชนีต่างๆ ดังนี้

% Repeatability ของพนักงานตรวจสอบ = จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ/จำนวนครั้งที่ตรวจสอบ เหมือนกัน

% ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ = จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ/จำนวนครั้งที่ตรวจสอบ เหมือนกันและถูกต้อง

% ประสิทธิภาพด้าน Repeatability ของพนักงานตรวจสอบ = จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ/จำนวนครั้งที่ทุกคนตรวจสอบได้เหมือนกัน

% ประสิทธิภาพด้านความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ = จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ/จำนวนครั้งที่ทุกคนตรวจสอบถูกต้อง

% Repeatability จะใช้การวิเคราะห์ความแม่นยำในขณะที่ % ความไม่ไบอัสจะใช้วิเคราะห์ความถูกต้อง (ไบอัส หมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการวัดอ้างอิง) และในการเปรียบเทียบเกณฑ์การยอมรับกับ %Error จะได้เท่ากับ 100 ลบค่า % เหล่านี้เป็น % Error)

6. ดำเนินการตัดสินใจเพื่อปฏิบัติการแก้ไขจากดัชนีที่คำนวณได้จากดัชนีตามสมการที่ หากค่า % Repeatability ของพนักงานตรวจสอบได้ต่ำกว่าเกณฑ์ (น้อยกว่า 90%) แสดงถึงการขาดความแม่นยำของพนักงานจำเป็นต้องทำการฝึกอบรมพนักงานรวมทั้งการประเมินผลพนักงานใหม่แต่หาก % ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบได้ต่ำกว่าเกณฑ์ หมายถึง การตรวจสอบของพนักงานขาดความถูกต้องจำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบเสียใหม่ และหาก % ประสิทธิภาพด้าน Repeatability ของการตรวจสอบ และ % ประสิทธิภาพด้านความไม่ไบอัสของการตรวจสอบได้ต่ำกว่าเกณฑ์จะหมายถึงระบบ

การตรวจสอบขาดความแม่นยำ และขาดความถูกต้องจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากดัชนีข้างต้นแล้วทำการแก้ไขให้ถูกต้อง เพื่อให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2.8 การทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis)

ในกรณีที่ผู้ตัดสินใจมีความตั้งใจที่จะตัดสินใจแบบมีการทดลอง ด้วยการยืนยันความเชื่ออย่างใดอย่างหนึ่งแล้ว จะทำการตัดสินใจผ่านการทดสอบสมมติฐาน โดยที่ตัวแบบของการตัดสินใจนี้จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ทางเลือก คือ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis : H_0) คือ สมมติฐานที่สร้างขึ้นด้วยความหวังที่จะปฏิเสธ และการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ทำให้ยอมรับสมมติฐานอื่นๆ (Alternative Hypothesis : H_1)

ในการตัดสินใจจากผลการทดสอบสมมติฐานเชิงสถิติ อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 เมื่อเราปฏิเสธสมมติฐานหลัก โดยที่สมมติฐานหลักเป็นจริง การตัดสินใจดังกล่าว เป็นการกระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I error) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ α

กรณีที่ 2 เมื่อสมมติฐานหลักไม่ถูกต้อง แต่สรุปว่าสมมติฐานหลักถูกต้อง การตัดสินใจดังกล่าว เป็นการกระทำความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II error) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ β และเรียก $1 - \beta$ ว่า อำนาจในการทดสอบ (Power of Test)

แนวทางในการตั้งสมมติฐานมีอยู่ด้วยกัน 3 แนวทางคือ

- การกำหนดสมมติฐานจากประสบการณ์ในอดีต ซึ่งการกำหนดสมมติฐานแบบนี้ จะถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างมาก ในการควบคุมกระบวนการ

- การกำหนดสมมติฐานจากทฤษฎี การกำหนดสมมติฐานแบบนี้มักจะถูกนำไปใช้กับงานวิจัยและพัฒนา (R&D)

- การกำหนดสมมติฐานจากการพิจารณาถึงปัจจัยภายนอกต่างๆ

การทดสอบสมมติฐานจำเป็นต้องมีการทำการทดลอง เพื่อหาเหตุผลมายืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบซึ่งถ้าเหตุผลที่ได้ไม่สามารถยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้แล้ว ผู้ทดสอบก็มีความจำเป็นที่จะต้องทำการยอมรับทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งจริงๆ แล้วการที่ยอมรับทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่งนั้น มิใช่เป็นเพราะทางเลือกนั้นถูกต้อง แต่ที่เลือก เพราะไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะทำการปฏิเสธ (Fail to Reject) ทางเลือกนั้น ในทางกลับกันถ้าเหตุผลที่ได้นั้นสามารถทำการยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้ ความเชื่อของผู้ทดสอบก็จะสามารถทำการยอมรับได้

ในทางปฏิบัติเมื่อตั้งสมมติฐานได้แล้ว ถ้าหากมีปัจจัยไม่มากก็จะทำการทดสอบสมมติฐานแบบพื้นฐานได้ แต่ถ้าหากมีหลายปัจจัยก็อาจจะออกแบบการทดลองตามความเหมาะสม โดยอาศัยหลักการของการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) หรือจากข้อมูลปกติตามความเหมาะสมทำการทดลองเก็บข้อมูล แล้วใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล ซึ่งจะมีวิธีการแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อมูล และวิธีการทดลอง ในทางปฏิบัติสามารถใช้โปรแกรมในการคำนวณทางสถิติช่วย ซึ่งจะสามารถคำนวณค่า P-value (Probability value) ที่สัมพันธ์

โดยตรงกับ α ซึ่งหมายถึงโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด หากทำการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งเมื่อเราให้ค่า $\alpha = 0.05$ จะหมายถึงว่าเรายอมรับความเสี่ยงที่จะผิดพลาดแบบที่ 1 เท่ากับ 0.05 หรือ 5% หรือมีโอกาสผิดพลาดได้ 1 ใน 20 ของการตัดสินใจ ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐานนั้น หากพบว่าค่า P มีค่ามากกว่า 0.05 คือมีโอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักแล้วกระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากกว่า 0.05 ก็จะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก และต้องยอมรับสมมติฐานหลักนั้น แต่ถ้าหากค่า P น้อยกว่า 0.05 ก็จะทำการปฏิเสธสมมติฐานหลักนั้น แล้วยอมรับสมมติฐานอื่นแทน

2.9 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments)

การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบว่าปัจจัย (Factor) ใดหรือตัวแปร (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่ไม่สำคัญ (หรือความสนใจ) ในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา (Output Response) ปัจจัย (Factor) ในการผลิตสามารถแบ่งเป็น

1. ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต
2. ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อย 2 ระดับ แล้วจะทำการทดลองจากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลอง

2.9.1 วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

- ก) เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ การพิสูจน์ข้อเท็จจริง หรือความเชื่อจากประสบการณ์ หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต
- ข) เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือ การศึกษาถึงอิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

2.9.2 คำจำกัดความ (Definition)

- ก) อิทธิพลหรือผล (Effect) คือ ผลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม
- ข) ปัจจัย (Factor) คือ สิ่ง que คิดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลองของคุณสมบัติในตัวผลิตภัณฑ์
- ค) ระดับของปัจจัย (Level of Factor) คือ สภาวะต่างๆ ของปัจจัยหนึ่งๆ ที่ทำการกำหนดในการทดลอง
- ง) ปัจจัยรบกวน (Noise Factor) คือ ปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบเล็กๆ น้อยๆ และไม่สามารถควบคุมได้

2.9.3 หลักในการออกแบบการทดลอง

ก) การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูลแต่ละตัวเท่าๆ กัน เพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้กับทุกระดับที่ศึกษาให้เท่าๆกัน การทำแบบสุ่มยังสามารถแบ่งออกได้อีกเป็น 3 วิธี คือ

1. แบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomization)
2. แบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Randomization)
3. แบบสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก (Complete Randomization within

Blocks)

ข) การทำซ้ำ (Replication) หมายถึง การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูลเพื่อกำจัดเอาผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออก

ค) การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็น ช่วงเพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการทำสมอไปอะไรบางอย่างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้จะเกี่ยวข้องไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองการเลือก

2.9.4 ขั้นตอนการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

ก) การนิยามปัญหาเป็นการระบุว่าความต้องการในการผลิตคืออะไร และต้องการรู้อะไรบางอย่างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้จะเกี่ยวข้องไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองการเลือกปัจจัยที่มีผลและระดับปัจจัยเป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิต เพื่อระบุว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองเป็นอย่างไร เพื่อระบุระดับของปัจจัยในการทดลองสุดท้าย คือ การระบุว่าระดับที่ใช้เป็นแบบกำหนด (Fixed Levels) แบบสุ่ม (Random Levels) หรือแบบผสม (Mixed Levels) ซึ่งสามารถกล่าวโดยสังเขปได้ ดังต่อไปนี้

1. แบบกำหนด (Fixed Levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน

2. แบบสุ่ม (Random Levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน

3. แบบผสม (Mixed Levels) หมายถึง การผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดได้และแบบสุ่ม

ข) การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) ผู้ทำการทดลองจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาและการวัดค่านั้นจะต้องแม่นยำรวมทั้งความถูกต้องของเครื่องวัดด้วย

ค) การเลือกแบบทดลองจะต้องพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ทำซ้ำในการทดลองความเหมาะสมข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อก (Blocking) ที่เกี่ยวข้องทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวข้องกันในด้านความเสี่ยง และต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเลือกปัจจัย

ง) ในขณะทำการทดลองจะต้องปฏิบัติตามหลักการที่ได้ทำออกแบบไว้ นั่นคือต้องมีการสุ่ม การทำซ้ำ ข้อควรระวังในขณะทำการทดลอง คือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัดและความสม่ำเสมอในการทดลอง เพื่อให้ความผิดพลาด (Error) ที่ออกมามีน้อยที่สุดการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้ความรู้ทางด้านสถิติเข้ามาวิเคราะห์และสรุปผลรวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตีความข้อมูลวิธีทางสถิติไม่อาจบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผล (Effect) เท่าใดได้แน่นอนแต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ความเชื่อมั่นเป็นเปอร์เซ็นต์ในการสรุปผล และข้อเสนอแนะเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วจะต้องสรุปผลของการวิเคราะห์ ซึ่งอาจแสดงในรูปแบบกราฟ ตาราง แผนภูมิ ฯลฯ

2.9.5 การเลือกแบบการทดลอง

ก) แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design) ซึ่งใช้กับการทดลองปัจจัยเดียว (Single Factor Experiment) เป็นปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้มีขนาดไม่โตนักและไม่มีปัจจัยรบกวนการทดลอง ซึ่งจะทำได้โดยยึดหลักการทำแบบสุ่ม (Randomization) และการทำซ้ำ (Replication) ขั้นตอนในการทำการทดลอง

1. การกำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) และปัจจัยที่สามารถทำการควบคุมได้ (Controllable Factor) ที่สนใจ
2. ทำการทดลองโดยสุ่มแบบสมบูรณ์ (Complete Random) ในการวัดค่า
3. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

ข) แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomize Block Design) นั้นจะใช้กับการทดลองปัจจัยเดียว และมีปัจจัยรบกวน (Noise Factor) หลักการของแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มคือ ต้องทำการสุ่มทุกครั้งและจะต้องทำซ้ำทุกการทดลองต้องทำการบล็อก (Blocking) สามารถลดปัจจัยรบกวนการบล็อก (Blocking) โดยอาจจะทำมากกว่า 1 บล็อก ก็ได้ซึ่งขึ้นกับจำนวนของปัจจัยรบกวน ขั้นตอนในการทำการทดลอง

1. ออกแบบและวางแผนการทดลอง
2. เก็บข้อมูล
3. การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Table) ซึ่งจะต้องมีผลของบล็อก (Block Effect) ด้วย

4. แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design) จะใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัย (Multiple Factor Experiment) และเนื่องจากปัจจัย (Factor) มีมากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้น นอกจากการเกิดอิทธิพลของปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่สนใจแล้วยังอาจเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction Effect) ได้ด้วยอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction Effect) คือ ผลที่เกิดขึ้นจากการที่ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้วมีผลทำให้อิทธิพล (Effect) ของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงด้วย

2.10 การวิจารณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการบริหารคุณภาพด้วยวิธีการซิกมา ซิกมา พบว่ามีงานวิจัยจำนวนมากที่นำแนวทางซิกมา มาใช้ในการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต และถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในหลากหลายอุตสาหกรรมดังเช่น อุตสาหกรรมรถยนต์ [13], [14], [16], [23] อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ [12], [15], [22], [24], [26], [27] อุตสาหกรรมการผลิตใยแก้วนำแสง [20] อุตสาหกรรมผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก [17] อุตสาหกรรมการชุบโคเมียม [25] อุตสาหกรรมทอลวดตาข่าย [21] และอุตสาหกรรมการผลิตกระป๋อง [19] เป็นต้น ซึ่งในทุกงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษารายงานสามารถนำแนวทางซิกมา มาแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นแรงสนับสนุนให้งานวิจัยนี้เลือกแนวทางซิกมา มาช่วยลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน ของโรงงานตัวอย่าง

ทุกงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ในเบื้องต้นมีขั้นตอนการดำเนินงานที่คล้ายกันตามวิธีการทางซิกมา 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการการระบุปัญหา เป็นการศึกษาปัญหาและหาสาเหตุของปัญหา จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัด และเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงด้วยวิธีการทางสถิติ เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้ว จึงทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุม โดยวางแผนเพื่อควบคุมกระบวนการให้สามารถสร้างไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง โดยเครื่องมือที่ทุกงานวิจัยนำมาใช้เหมือนกันคือ แผนที่กระบวนการ (Process Mapping) เพื่อศึกษาการไหลของกระบวนการ แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เพื่อช่วยให้การวิเคราะห์ปัญหาที่มีความง่าย และเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) เพื่อเป็นการช่วยวิเคราะห์ภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบในกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) สำหรับวิเคราะห์ความเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภท หรือแบบหลายพวก

ในการวิเคราะห์ระบบการวัดของงานวิจัยที่ศึกษาทำให้ทราบว่ามีการวิเคราะห์ระบบการวัดที่มีตัวแปรตอบสนอง 2 แบบคือตัวแปรตอบสนองเป็นลักษณะเชิงคุณภาพ (Attribute Characteristic) ดังเช่น การลดของเสียจากกระบวนการผลิตกระป๋อง [19] การลดปัญหาไม่มีกันชนหน้าในการประกอบรถยนต์ [23] ซึ่งการวิเคราะห์ผลของทั้ง 2 งานวิจัยจะใช้เกณฑ์ในการวัดผลดูจากค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ (Consistency) และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพ (Efficiency) จะต้องมียก 100 % ถึงจะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และระบบการวัดที่มีตัวแปรตอบสนองเป็นลักษณะเชิงตัวเลขของการวัด ดังเช่น การปรับปรุงค่าซีสกอร์ความสูงของแขนหัวอ่านฮาร์ด ดิสก์โมเดล 10K.7 [24] ใช้เกณฑ์ในการวัดผลดูจากเปอร์เซ็นต์ Contribution เกณฑ์ในการยอมรับอยู่ที่น้อยกว่า 2 % สำหรับงานวิจัยฉบับนี้จะทำการวิเคราะห์ระบบการวัดที่มีตัวแปรตอบสนองที่มีลักษณะทั้ง 2 แบบ และใช้เกณฑ์การวัดผลคล้ายกันกับงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ในเบื้องต้น

นอกจากนี้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา ได้มีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์หาความแตกต่างของข้อบกพร่องสำหรับพิสูจน์สมมติฐานเพื่อหาว่าปัจจัยต่าง ๆ มีผลจริงหรือไม่ ก่อนที่จะนำปัจจัยเหล่านั้นไปดำเนินการแก้ไขต่อไปโดยการวิเคราะห์ผ่านความแปรปรวนหรือที่เรียกง่าย ๆ ว่า ANOVA และการออกแบบการทดลอง ในการศึกษาข้อบกพร่องที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต อาทิเช่น การทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบของครุสคัล-วอลลิส (Kruskal wallis) แบบ Equal Variances และแบบ Two-Sample T-test ในการปรับปรุงค่าซีสกอร์ความสูงของแขนหัวอ่านฮาร์ด ดิสก์โมเดล 10K.7 [24] การทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบแบบ Roughness Inverness กับ การลดของเสียจากกระบวนการชุบโคเมียม [25] รวมถึงการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบแบบ 2 Proportions ในการทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของสัดส่วนผลิตภัณฑ์จากประชากรสองกลุ่ม ในการลดของเสียจากกระบวนการผลิตกระป๋อง [19] การลดของเสียที่เกิดจากการคายประจุไฟฟ้าสถิตที่กระบวนการคอมแพท [27] การลดปัญหาไม่มีกันชนหน้าในการประกอบรถยนต์ [23] และการลดของเสียในอุตสาหกรรมทอหลอดตาข่าย [21] ซึ่งเป็นการใช้การทดสอบแบบเดียวกันกับงานวิจัยนี้ แตกต่างกันตรงลักษณะของปัญหาและตัวแปรที่ใช้ในการทดลองเท่านั้น

งานวิจัยทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษาใช้การออกแบบ Factorial Design ที่คล้ายกัน แต่มีเพียงจำนวนปัจจัย รอบการทดลองและสภาพปัญหาหรือลักษณะของปัญหาที่แตกต่างกันตามตัวแปรเท่านั้น เหตุผลที่เลือกใช้การออกแบบการทดลองหรือที่เรียกย่อว่า DOE เป็นเครื่องมือคุณภาพตัวหนึ่งซึ่งจะทำการทดลองตามรูปแบบที่ได้ถูกออกแบบไว้ เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ และสร้างสมการทางสถิติซึ่งมีความสัมพันธ์แบบประมาณการระหว่างค่าตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม อันจะช่วยอำนวยความสะดวกในการปรับกระบวนการเพื่อให้ผลลัพธ์ตามที่เรารต้องการ ประเภทของการออกแบบการทดลองแบบปัจจัยเต็มรูปแบบ (Full Factorial Design) มีข้อดีของการออกแบบปัจจัยเต็มรูปแบบ คือ

1. ไม่มีการเกิดอิทธิพลแฝง (Alias)
2. สามารถวิเคราะห์อิทธิพลหลัก และบางปฏิสัมพันธ์ได้ทั้งหมดและมีข้อดีของการออกแบบปัจจัยเต็มรูปแบบ คือ

1. ต้องทำการทดลองให้ครบทุกการดำเนินการทำให้ต้องสิ้นเปลืองทรัพยากรมากและใช้เวลาดำเนินการมาก
2. เมื่อจำนวนการดำเนินการมาก ๆ อาจประสบปัญหาในการป้องกันความคลาดเคลื่อนของการปรับเปลี่ยนค่าของปัจจัยใด ๆ ได้

งานวิจัยนี้เริ่มจากการค้นหาปัญหาโดยใช้ แผนที่กระบวนการ (Process Mapping) เพื่อศึกษาการไหลของกระบวนการ แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เพื่อช่วยให้การวิเคราะห์ปัญหามีความง่าย และเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) เพื่อเป็นการช่วยวิเคราะห์ภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบในกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) สำหรับวิเคราะห์

ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภท หรือแบบหลายพวก จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัด และการทดสอบสมมุติฐาน โดยใช้การทดสอบแบบ 2 Proportions ในการทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของสัดส่วนผลิตภัณฑ์จากประชากรสองกลุ่ม เมื่อได้ข้อบกพร่องที่มีผลกระทบต่อปัญหาแล้วก็จะทำการออกแบบการทดลองใช้การออกแบบ Factorial Design เพื่อทำการทดลองและวิเคราะห์ผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองและหาค่าตัวแปรที่ดีที่สุดในการนำไปทำการปรับปรุงและการสร้างมาตรฐานการควบคุมต่อไป



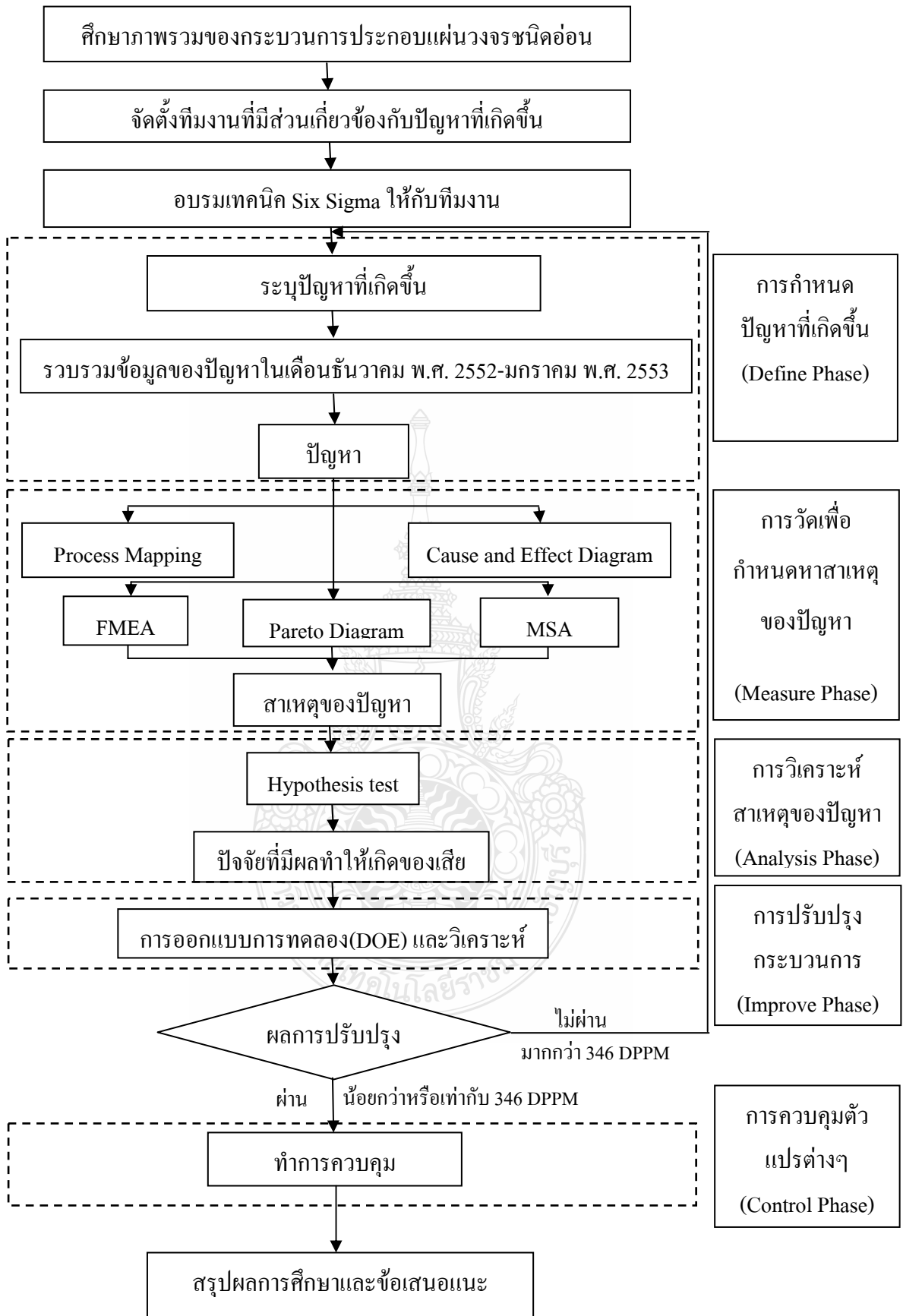
บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

ในส่วนนี้จะบรรยายเกี่ยวกับขั้นตอนการนำทฤษฎีการบริหารคุณภาพด้วยวิธีการซิกส์ ซิกมา โดยนำเอาหลักการในเรื่องของการลดความผันแปรในกระบวนการผลิต มาประยุกต์ใช้ในการลดความสูญเสียน (Waste) รวมถึงการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยเนื้อหาจะเน้นหลักการต่างๆ เป็นลักษณะภาพรวมและเหตุการณ์นำมาใช้ เพื่อความเข้าใจในการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเหล่านี้ในขั้นตอนต่าง ๆ ของการดำเนินงาน ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งทั้งหมดนี้มีเป้าหมายคือ การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการ การตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าให้สูงขึ้น และช่วยลดต้นทุนภายในองค์กรลงอย่างมีประสิทธิภาพ

ระเบียบวิธีวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ๆ โดยเริ่มจากการการระบุปัญหาและการวัด ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาและหาสาเหตุของปัญหา จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัดและตรวจสอบ แล้ววิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงด้วยวิธีการทางสถิติ เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้ว จึงทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองและการออกแบบใหม่ สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุมโดยวางแผนเพื่อควบคุมกระบวนการให้สามารถสร้างไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ดังรูปที่ 3.1





รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาภาพรวมของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน

เป็นการดำเนินการศึกษาภาพรวมของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนในโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา โดยทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติ ซึ่งมีหน้าที่ในการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรแต่ละกระบวนการ เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานของทีมงานให้มีความเข้าใจก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและดำเนินการปรับปรุงต่อไป โดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสารในระบบคุณภาพของแต่ละแผนกที่เกี่ยวข้องซึ่งข้อมูลที่ได้รวบรวมจะใช้ตารางและกราฟในการแสดงข้อมูลและถ้าเป็นขั้นตอนต่าง ๆ จะใช้แผนภูมิการไหลในการแสดงขั้นตอนการดำเนินการเพราะสามารถทำให้ทีมงานสามารถทำความเข้าใจได้โดยง่ายยิ่งขึ้น

3.2 การจัดตั้งทีมงานในการแก้ไขปัญหา

เมื่อทำการศึกษากระบวนการและได้หัวข้อที่จะทำการศึกษารวมถึงเป้าหมายในการปรับปรุงแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือการจัดตั้งทีมงานที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหานั้น เป็นการคัดเลือกทีมงานที่มาจากหลายหน่วยงานที่มาร่วมกันแก้ไขปัญหาให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางเอาไว้ โดยทีมงานที่จัดตั้งขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาทুমส์ โตนคาปาซิเตอร์นี้ จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์เป็นอย่างดีในกระบวนการประกอบแผ่นวงจร ดังนั้นคณะทำงานดังกล่าวจึงต้องเป็นบุคคลที่มาจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน โดยการคัดเลือกจากแผนกการผลิต แผนกซ่อมบำรุง แผนกควบคุมกระบวนการผลิต และแผนกควบคุมคุณภาพกระบวนการผลิต

3.3 การอบรมเทคนิคซิกส์ ซิกม่า ให้กับคณะทำงาน

เนื่องจากบริษัทเองมีนโยบายในการส่งเสริม สนับสนุนให้พนักงานมีการนำเอากระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ (Lean Manufacturing) และเทคนิคของซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma) มาใช้อยู่แล้ว มีการจัดประกวด ประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุง ทำให้พนักงานแทบทุกระดับมีความรู้ ความเข้าใจในทฤษฎี หลักการ และเครื่องมือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ (Lean Manufacturing) และเทคนิคของซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma) ดีในระดับหนึ่ง อีกทั้งยังได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านซิกส์ ซิกม่าเป็นอย่างดี แต่ยังมีทีมงานบางส่วนคือ ทีมงานในแผนกซ่อมบำรุงและแผนกการผลิตบางท่านที่ยังไม่ได้รับการอบรม ผู้ดำเนินการวิจัยได้นำเสนอหลักสูตรไปยังแผนกทรัพยากรบุคคลให้ติดต่อวิทยากรภายนอกเข้ามาให้ความรู้ โดยการจัดฝึกอบรมหลักสูตรเรื่องซิกส์ ซิกม่าให้กับทีมงานเพื่อต้องการให้ทีมงานมีความรู้ ความเข้าใจในทฤษฎี หลักการ และเครื่องมือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคซิกส์ ซิกม่า

3.4 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ เริ่มจากการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนเพื่อทำการคัดเลือกปัญหาที่สำคัญมาทำการปรับปรุงและแก้ไข โดยเลือกเก็บข้อมูลเฉพาะ โมเดลเด่นลีนี่เท่านั้น ซึ่งการเก็บข้อมูลจะเริ่มจากการนำข้อมูลของเสียจากแผนการผลิตที่มีการบันทึกของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแต่ละกะการทำงานมาทำการรวบรวมข้อมูลของเสียเป็นระยะเวลา 2 เดือนคือในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552-เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 จากนั้นทีมงานจะทำการคัดเลือกปัญหามาจัดระดับความสำคัญ และเลือกมาดำเนินการแก้ไขปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป

3.5 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนการวัดความผิดพลาดต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการปรับปรุง โดยเริ่มต้นจากการสร้างแผนภูมิการไหลของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน ทำให้สามารถทราบถึงปัจจัยและความสัมพันธ์ในแต่ละงานในกระบวนการ หลังจากนั้นนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากการศึกษาสร้างแผนภูมิการไหลของกระบวนการมาเข้าสู่การระดมสมองสร้างแผนภาพแสดงเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาที่ทำการศึกษา เพื่อแสดงเหตุและผลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และนำปัจจัยที่ระบุแผนภาพมาเข้าสู่กระบวนการระดมความคิดเพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ เพื่อค้นหาสาเหตุที่น่าจะมีผลกระทบต่อปัญหามากที่สุด และสุดท้ายทำการวิเคราะห์ระบบการวัด เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการวัดของพนักงานและเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติ ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ก็คือ สาเหตุของปัญหาที่ก่อให้เกิดปัญหา จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์

3.5.1 ขั้นตอนการศึกษาแผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการ (Process Mapping)

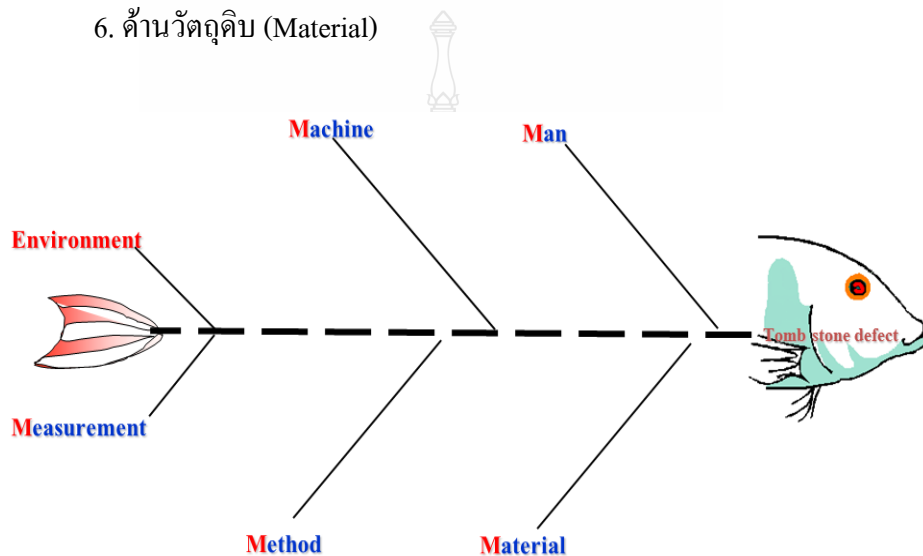
การดำเนินการในขั้นตอนนี้ จะทำการศึกษาแผนภูมิของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 15 ขั้นตอน เป็นขั้นตอนแรกของการศึกษาและพัฒนาคุณภาพของการผลิต เนื่องจากจะทำให้สามารถทราบถึงปัจจัยและความสัมพันธ์ในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการ ในการศึกษาขั้นตอนนี้ทีมงานจะต้องมีความเข้าใจในกระบวนการผลิตและสามารถระบุปัญหา ซึ่งจะก่อให้เกิดข้อบกพร่องได้อย่างชัดเจน ซึ่งผลของขั้นตอนนี้ก็คือ ทำให้ทราบว่าขั้นตอนใดมีโอกาสก่อให้เกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ และขั้นตอนการใดที่สามารถตรวจจับปัญหาดังกล่าวได้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์สาเหตุต่อไป

3.5.2 ขั้นตอนการแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ เริ่มจากการศึกษาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของปัญหาที่เชื่อว่าเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อทำให้เกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ในการระบุสาเหตุของปัญหาต้องกระทำโดยวิธีการระดมสมองจากทีมงานที่จัดตั้งขึ้นมาและมีความเชี่ยวชาญหรือคุ้นเคยในกระบวนการผลิตนั้น ๆ เพราะการระแวงหรือมองข้ามปัจจัยบางอย่างอาจจะทำให้เกิด

การแก้ไขปัญหาคิดจุดได้ สาเหตุที่ระบุได้จากแผนภาพแสดงเหตุและผลจะเป็นการกำหนดปัจจัยเพื่อที่จะทำการวิเคราะห์ด้วยหลักทางสถิติต่อไป โดยผู้วิจัยได้การศึกษาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยอธิบายถึงปัจจัยนำเข้าโดยใช้แผนภาพก้างปลาและการระดมสมอง (Fish Bone Diagram) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยพิจารณาปัจจัยในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านพนักงาน (Man)
2. ด้านเครื่องจักร (Machine)
3. ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment)
4. ด้านการวัด (Measurement)
5. ด้านวิธีการ (Method)
6. ด้านวัตถุดิบ (Material)



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์

3.5.3 การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

หลังจากที่ได้มีการระดมสมองในการทำแผนภาพก้างปลาแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง (Failure Mode and Effect Analysis) หรือที่เรียกว่า FMEA ซึ่งเป็นกลวิธีที่ใช้ในการเข้าถึงสาเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบ เพื่อใช้ในการศึกษาปัญหาที่เป็นไปได้เพื่อป้องกันมิให้ปัญหาที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดปรากฏการณ์ขึ้นมา และเป็นการจัดลำดับความสำคัญเพื่อที่จะได้นำมาแก้ไขต่อไป

3.5.3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง

1. ระบุขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งเป็นการแยกขั้นตอนต่าง ๆ ออกเป็นขั้นตอนย่อย

2. ระบุถึงปัจจัยป้อนเข้าที่น่าจะสำคัญต่อความผันแปร ในกระบวนการ (Potential Key Process Input Variation: Potential KPIV)

3. ระบุลักษณะข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิด (Potential Failure Mode) โดยการตั้งคำถามว่าภายในขั้นตอนย่อย ๆ ของกระบวนการนั้น ถ้าการทำงานไม่เป็นไปตามหน้าที่ที่ต้องการแล้วลักษณะข้อบกพร่องจะเป็นอย่างไร

4. ระบุลักษณะผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิด (Potential Effect of Failure) โดยการตั้งคำถามว่าถ้าหากลักษณะข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้นแล้วจะส่งผลกระทบต่อปัญหาที่สนใจอย่างไร

5. ให้คะแนนความรุนแรงของผลกระทบ (Severity of the Effect: S) โดยการให้คะแนนจะใช้หลักการที่แสดงในตารางที่ 2.1

6. ระบุสาเหตุที่มีแนวโน้มในการเกิดข้อบกพร่อง (Potential Causes of Failure)

7. ให้คะแนนโอกาสในการเกิด (Occurrence: O) ซึ่งโอกาสในการเกิดคือโอกาสของสาเหตุที่ได้รับการระบุถึงจะเกิดขึ้นและมีผลทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องโดยการให้คะแนนจะใช้หลักการที่แสดงในตารางที่ 2.2

8. ระบุการควบคุมในปัจจุบัน (Current Control) โดยให้รายละเอียดของการควบคุมเพื่อใช้ในการป้องกันมิให้ลักษณะข้อบกพร่องเกิดขึ้นมา

9. ให้คะแนนการตรวจจับ (Detection: D) ซึ่งการตรวจจับคือการประเมินถึงกิจกรรมที่กระทำในการควบคุมเพื่อสืบหาและตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องก่อนการผลิตหรือการส่งมอบให้ลูกค้า โดยการให้คะแนนจะใช้หลักการที่แสดงในตารางที่ 2.3

10. กำหนดตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN) ซึ่งสามารถคำนวณจากผลคูณของคะแนนตามความรุนแรงของผลกระทบ คะแนนโอกาสในการเกิด และคะแนนการตรวจจับ

3.5.4 การจัดลำดับความสำคัญของค่าความเสี่ยงขึ้นนำ (Risk Priority Number: RPN)

การจัดลำดับความสำคัญในการแก้ข้อบกพร่องจะดำเนินการโดยนำค่า RPN ที่คำนวณได้มาจัดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยโดยอาศัยหลักการพาเรโต (Pareto Principle) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภทหรือแบบหลายพวก จากนั้นดำเนินการตัดสินใจเลือกข้อบกพร่องที่ต้องการแก้ไข ในงานวิจัยนี้ทางทีมงานจะเลือกข้อบกพร่องเฉพาะที่มีความสำคัญมาดำเนินการแก้ไขเท่านั้น โดยลำดับของการปฏิบัติการแก้ไขจะพิจารณาโดยใช้ตัวตัวเลข 80 : 20 โดยประมาณ หรือเลือกพิจารณาข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 มาดำเนินการปฏิบัติการแก้ไข ซึ่งในการเลือกข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 มาปฏิบัติการ

แก้ไขนั้นมีการวิจัยหลายงานที่นำมาใช้และได้ผลดี ยกตัวอย่างเช่นการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร [10]

3.5.5 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis)

การวิเคราะห์ความแม่นยำเป็นการวัดความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มหมายถึงความคลาดเคลื่อนที่ข้อมูลกระจายอย่างสุ่มรอบค่าที่แท้จริงค่าหนึ่ง โดยความคลาดเคลื่อนนี้จะมีลักษณะตัวแบบของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ และมีองค์ประกอบของความผันแปรมาจากสาเหตุความคลาดเคลื่อน 4 สาเหตุคือ สาเหตุจากชิ้นงาน สาเหตุจากพนักงาน สาเหตุร่วมระหว่างพนักงานและชิ้นงาน และสาเหตุแบบสุ่ม ถ้าจะแบ่งคุณสมบัติด้านความแม่นยำสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประการคือ ความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) ซึ่งหมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับชิ้นงานเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกันและความสามารถในการทำเหมือน (Reproducibility) ซึ่งหมายถึงค่าความแตกต่างในการเฉลี่ยของการวัดกับงานชิ้นเดียวกัน ด้วยเครื่องมือเดียวกันแต่ต่างพนักงานกัน

ในงานวิจัยนี้ทีมงานจะทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของเครื่องมือวัด 2 เครื่องคือ 1. เครื่องตรวจจับปัญหาอัตโนมัติ (Auto Optical Inspection Machine: AOI) สำหรับตรวจจับปัญหาทูนัสโตนคอมโพเนนต์ และ 2. เครื่องวัดความสูงของตะกั่ว (Solder Paste Height) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.5.5.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องตรวจจับปัญหาอัตโนมัติ (Auto Optical Inspection Machine: AOI)

ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. ทำการเลือกตัวอย่างงานมาตรฐานจากกระบวนการผลิตประมาณ 20-30 ชิ้น สำหรับตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ทีมงานจะเลือกใช้ชิ้นงานมาตรฐานจำนวน 30 ชิ้น ประกอบด้วยงานดี (Accept) 15 ชิ้น และงานเสีย (Reject) 15 ชิ้น
2. ทำการกำหนดหมายเลขให้แก่ชิ้นงานแต่ละชิ้น
3. ตรวจสอบเครื่องมือวัด (เครื่องตรวจจับปัญหาอัตโนมัติ) ว่าผ่านการสอบเทียบมาแล้วและยังอยู่ในช่วงเวลาที่ให้ใช้งานได้ จำนวน 6 เครื่อง
4. เลือกพนักงานที่ได้รับการอบรมมาแล้วและทำงานควบคุมประจำเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติจำนวน 6 คน
5. ทำการไหลตชิ้นงานมาตรฐานผ่านเครื่องอัตโนมัติแต่ละเครื่องโดยมีการทำซ้ำ 2 ครั้ง จนครบจำนวน 6 เครื่อง แล้วทำการเก็บข้อมูลในการจับปัญหาได้อย่างถูกต้อง
6. วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมมาตรฐาน Attribute Gage R&R Report ซึ่งเกณฑ์ในการวัดผลดูจากค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ (Consistency) และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพ

(Efficiency) จะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดโดยปกติค่าที่วัดได้จะต้องมีค่า 100 % ถึงจะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ [19]

3.5.5.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องวัดความสูงของตะกั่ว ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. ทำการเลือกสิ่งตัวอย่างงานมาตรฐานจากกระบวนการผลิตประมาณ 20-30 ชิ้น สำหรับตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ที่ทีมงานจะเลือกใช้ชิ้นงานแบบสุ่มมาจำนวน 20 ชิ้น สำหรับการวิเคราะห์เนื่องจากในการวัดความสูงของตะกั่วของตัวอย่างค่อนข้างใช้เวลาพอสมควรในการวัดค่าจนครบ

2. ทำการกำหนดหมายเลขให้แก่ชิ้นงานแต่ละชิ้น

3. ตรวจสอบเครื่องมือวัด (เครื่องวัดความสูงของตะกั่ว) ว่าผ่านการสอบเทียบมาแล้วและยังอยู่ในช่วงเวลาที่ให้ใช้งานได้

4. เลือกพนักงานที่ได้รับการอบรมมาแล้วและทำงานประจำวันที่เครื่องวัดความสูงของตะกั่วจำนวน 2 คน

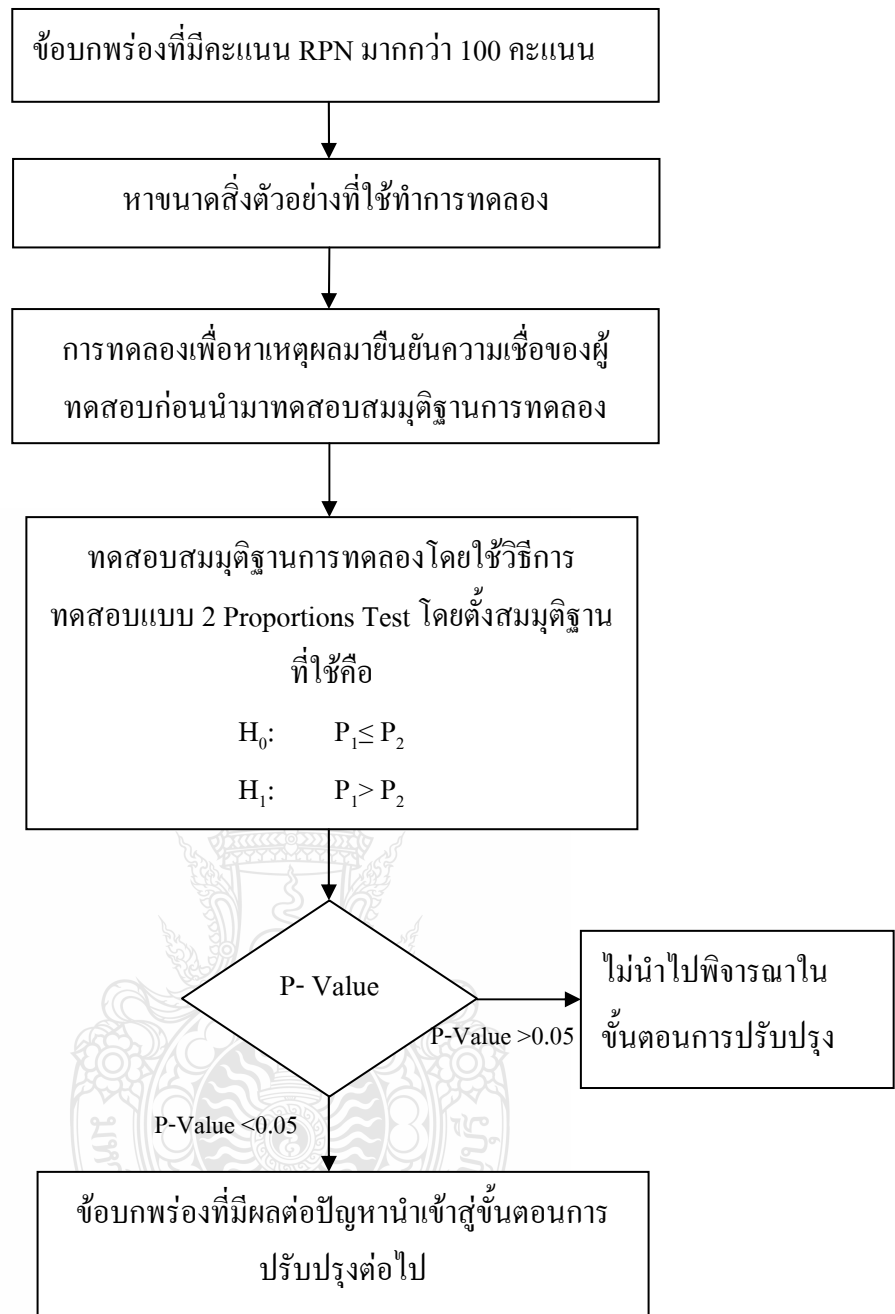
5. ทำการวัดตัวอย่างสุ่มจำนวนคนละ 3 รอบ แล้วเก็บข้อมูล

6. วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Minitab มาช่วย วิธีทำการวิเคราะห์จะอาศัยค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ($\bar{X} - R$) ในการวิเคราะห์ ซึ่งวิธีนี้จะสามารถแยกความผันแปรออกเป็น Repeatability และ Reproducibility ออกจากกันได้ และเกณฑ์ในการวัดผลดูจากเปอร์เซ็นต์ Contribution ซึ่งโดยทั่วไปเกณฑ์ในการยอมรับอยู่ที่น้อยกว่า 2 % [24]

3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

หลังจากที่เราได้สรุปปัจจัยสำคัญที่น่าจะมีผลต่อปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ของโมเดลเดนาแล้ว ขั้นตอนนี้จะขั้นตอนการพิสูจน์สมมุติฐานเพื่อหาว่าปัจจัยต่าง ๆ มีผลจริงหรือไม่ ก่อนที่จะนำปัจจัยเหล่านั้นไปดำเนินการแก้ไขต่อไป

รายละเอียดการศึกษาในขั้นตอนนี้จะเริ่มจากการหาจำนวนงานตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลอง (Power and Sample Size) จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ที่สาเหตุทีละปัจจัย โดยใช้วิธีการทดสอบการวิเคราะห์แบบ 2 Proportions เพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยตัวใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ โดยในการทดลองนี้จะมีจุดมุ่งหมายเพื่อคัดกรองปัจจัยต่าง ๆ (Screening Factors) ที่สงสัยออกไปก่อนหรือเป็นการกรองเฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา

3.6.1 ขั้นตอนการหาขนาดตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลอง (Power and Sample Size)

ขั้นตอนการวิเคราะห์หาขนาดตัวอย่าง (Sample Size) ของการทดสอบความมีนัยสำคัญของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง จะใช้โปรแกรม Minitab มาช่วยในการคำนวณและอำนวยความสะดวก ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เลือกระดับค่าความผิดพลาดชนิดที่ 1 โดยกำหนดไว้ที่ 5%

2. พิจารณาสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน โดยให้สัดส่วนของเสียของประชากรกลุ่มแรกอยู่ที่ 0.001154 (ได้จากข้อมูลสัดส่วนของเสียปัจจุบัน ณ ช่วงเวลาทดสอบ) และให้สัดส่วนของเสียของประชากรอีกกลุ่มหนึ่งอยู่ที่ 0.000346 (ซึ่งเป็นสัดส่วนของเสียที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้)

3. ใ้ค่าจำนวนตัวอย่างในการทดลองที่ทีมงานสามารถปฏิบัติได้จริงและเป็นไปได้ในแง่เศรษฐศาสตร์ ซึ่งในการทดลองนี้เราใ้ค่าของตัวอย่างอยู่ในช่วง 12,000- 14,170 ตัวอย่าง จากนั้นพิจารณาจำนวนตัวอย่าง โดยพิจารณาความไวอย่างน้อยจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.7 จึงสามารถยอมรับได้

3.6.2 การทดลอง

การทดสอบสมมติฐานจำเป็นต้องมีการทำการทดลองก่อน เพื่อหาเหตุผลมายืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบซึ่งถ้าเหตุผลที่ได้ไม่สามารถยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้แล้ว ผู้ทดสอบก็มีความจำเป็นที่จะต้องทำการยอมรับทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งจริงๆ แล้วการที่ยอมรับทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่งนั้น มิใช่เป็นเพราะทางเลือกนั้นถูกต้อง แต่ที่เลือกเพราะไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะทำการปฏิเสธ (Fail to Reject) ทางเลือกนั้น ในทางกลับกันถ้าเหตุผลที่ได้นั้นสามารถทำการยืนยันความเชื่อของผู้ทดสอบได้ความเชื่อของผู้ทดสอบก็จะสามารถทำการยอมรับได้ ขั้นตอนนี้เป็นกรนำข้อบกพร่องที่มีคะแนน RPN มากกว่า 100 คะแนนมาทำการวิเคราะห์โดยการทดลอง เพื่อหาพารามิเตอร์หรือวิธีการแบบใหม่ของข้อบกพร่องนั้น ๆ และวัดผลด้วยอัตราการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ โดยทำการควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ให้คงที่ ก่อนนำพารามิเตอร์หรือวิธีการแบบใหม่ของข้อบกพร่องนั้นมาทำการเปรียบเทียบกับแบบเก่า ด้วยการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี 2 Proportions เพื่อดูความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

3.6.3 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test Methods)

หลังจากที่ได้ผลทำการทดลองแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการตัดตัดสินใจผ่านการทดสอบสมมติฐาน โดยที่ตัวแบบของการตัดสินใจนี้จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ทางเลือก คือ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis : H_0) คือ สมมติฐานที่สร้างขึ้นด้วยความหวังที่จะปฏิเสธ และการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ทำให้ยอมรับสมมติฐานอื่นๆ (Alternative Hypothesis : H_1) และผลการทดสอบที่ได้ เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value มีค่ามาก ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า $P\text{-Value} < \alpha$ หมายถึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ค่า $P\text{-Value} > \alpha$ หมายถึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

สำหรับการทดสอบสมมติฐานในขั้นตอนนี้จะใช้การทดสอบแบบ 2 Proportions มาใช้ในการทดสอบเนื่องจากการทดลองเป็นการทดสอบสมมติฐานค่าสัดส่วน กรณี 2 กลุ่มประชากร

3.7 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

3.7.1 การออกแบบการทดลองแบบ 2^k Full Factorial

ในขั้นตอนนี้จะทำการเลือกการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลมาใช้เพราะสามารถทำการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่มีต่อกระบวนการและเกิดขึ้นพร้อมๆกันได้ เมื่อมีการทำการทดลอง ควรทำการเปลี่ยนค่าระดับปัจจัยไปพร้อมๆกันมากกว่าทำการเปลี่ยนค่าระดับปัจจัยตัวใดตัวหนึ่ง เพราะจะทำให้ได้งานที่มีประสิทธิภาพมากกว่าทั้งในเรื่องการประหยัดเวลาและต้นทุน และยังสามารถวิเคราะห์เรื่องอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างปัจจัยได้ด้วย โดยอิทธิพลร่วม (Interaction) คือผลของการที่ปัจจัยร่วมกันที่มีอยู่ในหลายๆกระบวนการ ถ้าไม่ได้ทำการทดลองแบบแฟคทอเรียลอาจจะไม่เห็นผลของอิทธิพลร่วม (Interaction) ได้ชัดเจนนัก

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบและทำการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) กับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) นั้น และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่ทำให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ที่ดีที่สุด ก่อนนำไปสู่การดำเนินการควบคุมในขั้นตอนถัดไป

3.7.2 การนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

เมื่อเราได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละข้อบกพร่องที่ทำให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ที่ดีที่สุดแล้ว ขั้นตอนที่ต่อไปจะเป็นการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของปัญหาที่มีความสำคัญและข้อบกพร่องที่ไม่มีความแตกต่างแต่ต้องทำการปรับปรุงให้ดีขึ้น

3.8 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลงานที่ปฏิบัติ โดยการเปรียบเทียบผลการทำงานก่อนการปฏิบัติงาน และหลังปฏิบัติงานว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ถ้าผลลัพธ์ออกมาตามเป้า ก็จะนำไปจัดทำมาตรฐานสำหรับการปฏิบัติงานในครั้งต่อไป แต่ถ้าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด โดยอาจสูงหรือต่ำกว่าที่ต้องการ ทีมงานคุณภาพก็ต้องทำการศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุ เพื่อทำการแก้ไขปรับปรุงใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสามารถใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้ เช่นการตรวจสอบ (Audit) และการควบคุมทางสถิติ (Statistical Process Control) เป็นต้น

3.8.1 การเก็บข้อมูลหลังการแก้ไขปรับปรุง

ผู้วิจัยทำการนำเสนอผลการเก็บข้อมูลใหม่หลังการปรับปรุงเพื่อทำการเปรียบเทียบผลการเกิดปัญหาทুমส์โตนคาปาซิเตอร์ ก่อนและหลังจากทำการปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ โดยทำการนำเสนอเป็นช่วงดังนี้

ช่วงที่ 1 ช่วงก่อนการปรับปรุง (เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552-เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 หรือช่วงสัปดาห์ที่ 23 ถึง สัปดาห์ที่ 30)

ช่วงที่ 2 ช่วงระหว่างการทำการทดลอง (เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553-กลางเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 หรือช่วงสัปดาห์ที่ 31 ถึง สัปดาห์ที่ 36)

ช่วงที่ 3 ช่วงหลังการปรับปรุง (กลางเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553-กลางเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 หรือช่วงสัปดาห์ที่ 37 ถึง สัปดาห์ที่ 43)

สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสามารถดูรายละเอียดดังภาคผนวก ข

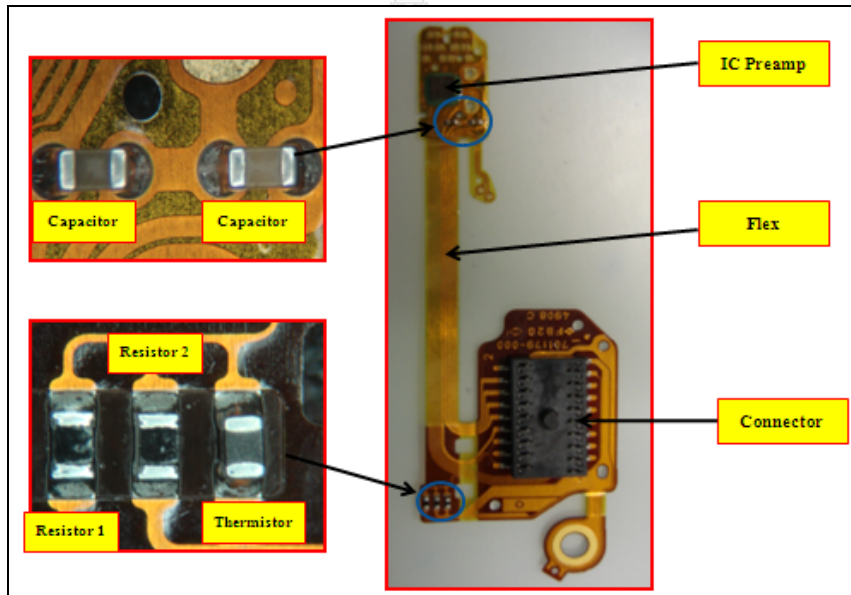


บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

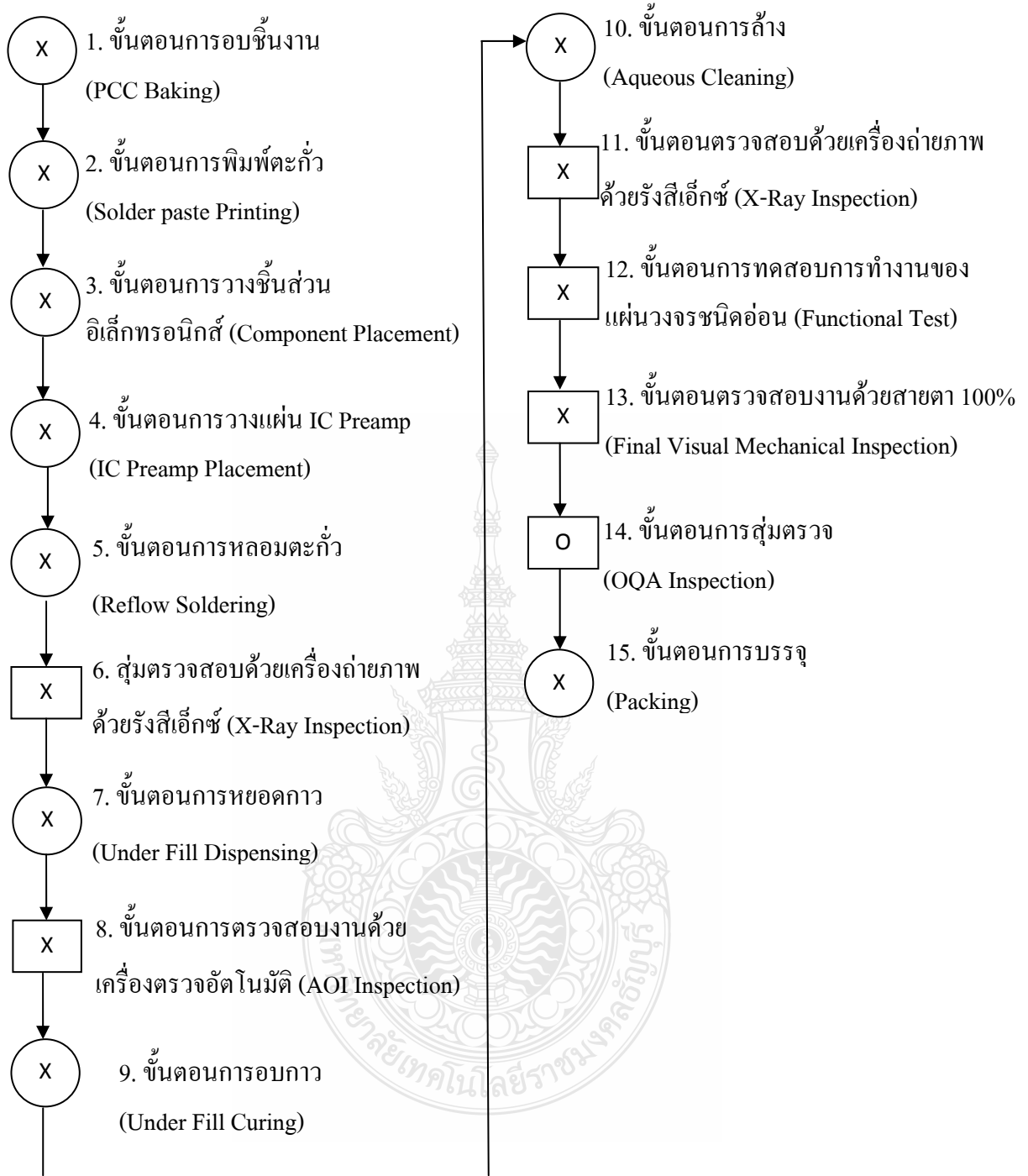
4.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน (Printed Circuit Cable Assembly Process)

ผลิตภัณฑ์แผ่นวงจรชนิดอ่อน (Printed Circuit Cable Assembly Process: PCCA) ดังรูปที่ 4.1 เป็นส่วนประกอบหนึ่งของชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ ไดรฟ์ เปรียบเสมือนสายไฟที่แปลงและนำสัญญาณของการประกอบหัวอ่านเข้ากับแผ่นวงจรชนิดอ่อน (Head Gimbals Assembly: HGA) ในระหว่างการอ่านและเขียนข้อมูล โดยที่แผ่นวงจรชนิดอ่อน จะมีการนำเส้น Trace มาวางกันเป็นชั้นๆ (Layer)



รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของแผ่นวงจรชนิดอ่อน โมเดลเดนาลี (Denali Model)

ในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน (Printed Circuit Cable Assembly Process: PCCA) ที่ได้หยิบยกเป็นกรณีศึกษานี้ มีลักษณะเป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ มีหน้าที่ในการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นวงจรที่เรียกว่า เฟล็กซ์ (Flex) และมีพนักงานที่มีหน้าที่ในการตรวจสอบงานหลังจากการประกอบสมบูรณ์ รวมทั้งทำหน้าที่ในการควบคุมเครื่องจักรระหว่างกระบวนการผลิต โดยปัจจุบันในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนมีสายการผลิตอยู่ 7 สายการผลิต ทำงาน 6 วันต่อสัปดาห์ สามารถผลิตงานได้สูงสุด 2,010 พันชิ้นต่อสัปดาห์ ซึ่งมีขั้นตอนการทำงาน 15 ขั้นตอนดังรูปที่ 4.2



สัญลักษณ์



กระบวนการ

X

กระบวนการปกติ



การตรวจสอบ

O

การสุ่มตรวจ

รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน

4.1.1 ขั้นตอนการอบชิ้นงาน

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้ก็เพื่อเป็นการไล่ความชื้นที่อยู่ในตัวของชิ้นงาน (Flex) เนื่องจากตัวชิ้นงานประกอบไปด้วยชั้นต่าง ๆ คือชั้นของแผ่นฟิล์ม กาว และทองแดง ดังนั้นเมื่อมีการนำชิ้นงานมาไว้ในสภาวะปกติที่หมายถึงอุณหภูมิประมาณ 23-25 องศาเซลเซียสและความชื้นประมาณ 55-60 % เป็นเวลานาน จะทำให้เกิดความชื้นสะสมอยู่ในชั้นต่าง ๆ ของตัวชิ้นงานและเมื่อมีการนำชิ้นงานมาผ่านกระบวนการที่มีความร้อนสูงมาก ๆ เช่นขั้นตอนการหลอมตะกั่ว จะส่งผลให้ชั้นต่าง ๆ ภายในชิ้นงานมีความชื้นสะสมอยู่เกิดการพองตัว หรือเกิดเป็นฟองอากาศเกิดขึ้นภายในตัวชิ้นงานที่เรียกว่า Delamination หรือ Air Bubble ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีกระบวนการอบชิ้นงานก่อนการนำชิ้นงานไปผ่านกระบวนการที่มีความร้อนสูงต่อไป โดยพนักงานจะทำการเรียงชิ้นงานลงบนถาด จากนั้นจะนำถาดไปวางในตู้อบตามอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การเรียงชิ้นงานใส่ถาดก่อนเข้านำถาดไปเข้าตู้อบเพื่อทำการอบชิ้นงาน

4.1.2 ขั้นตอนการพิมพ์ตะกั่วลงบนลายแผ่นวงจร

ขั้นตอนนี้เป็นการพิมพ์ตะกั่วลงบนลายวงจรก่อนวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และทำการอบด้วยความร้อนต่อไปโดยใช้เครื่องพิมพ์ตะกั่ว (Solder Paste Printing Machine) ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และเครื่องมือและวัตถุดิบที่ใช้ในขั้นตอนนี้ประกอบไปด้วย

1. เครื่องพิมพ์ตะกั่ว (Solder Paste Printing Machine)
2. แผ่นพิมพ์ลายวงจร (Stencil)
3. ม้วนกระดาษเช็ดทำความสะอาด (Viper Roll)
4. ตะกั่ว (Solder Paste)
5. แผ่นวงจรชนิดอ่อน (Printed Circuit Cable)

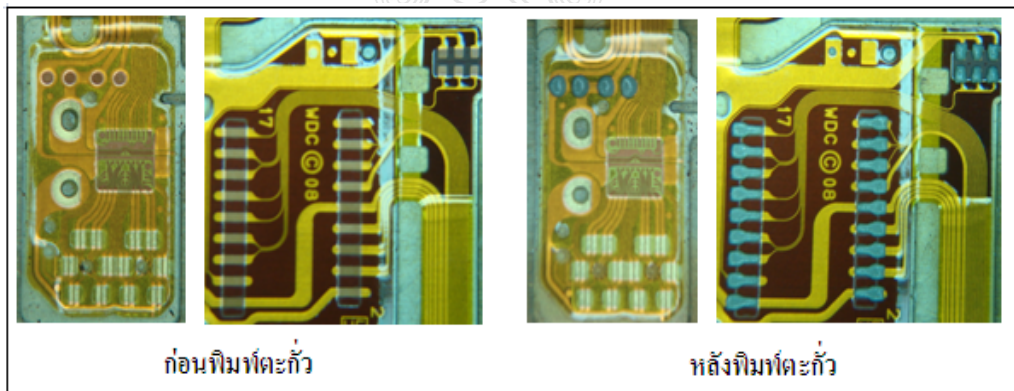
ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการพิมพ์ตะกั่วลงบนลายแผ่นวงจรเริ่มจากพนักงานวางแผ่นวงจรชนิดอ่อนจำนวน 16 ชิ้นลงในแผ่นรองรับชิ้นงาน (Printing Fixture) จากนั้นจะทำการโหลดแผ่นรองรับชิ้นงานเข้าเครื่องพิมพ์ตะกั่วเพื่อทำการปาดครีมนตะกั่วลงบนแผ่นวงจร พนักงาน

ตรวจสอบความเรียบร้อยแล้ว โหลดแผ่นรองชิ้นงานพร้อมชิ้นงานที่ผ่านการพิมพ์ตะกั่วแล้วลงบนสายพานเพื่อลำเลียงเพื่อเข้าสู่กระบวนการต่อไป



รูปที่ 4.4 เครื่องพิมพ์ตะกั่ว (Solder Paste Printing Machine)

ลักษณะของแผ่นวงจรชนิดก่อนก่อนและหลังผ่านขั้นตอนการพิมพ์ตะกั่วลงบนลายวงจรแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แผ่นวงจรชนิดก่อนก่อนและหลังพิมพ์ตะกั่ว

4.1.3 การวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Component Placement Process)

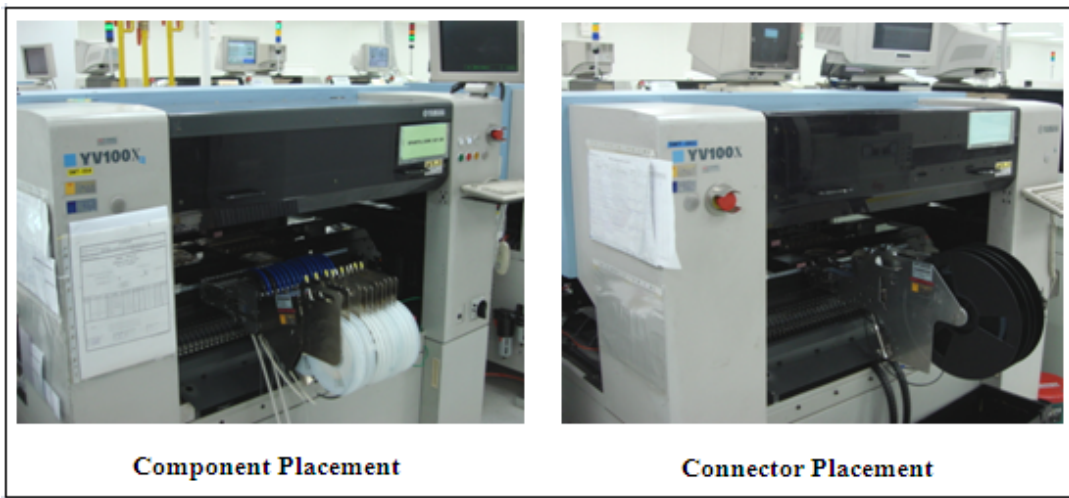
วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้เป็นการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ คาปาซิเตอร์ และรีซิสเตอร์ ลงบนตัวชิ้นงาน (Flex) ซึ่งเครื่องมือและวัตถุดิบที่ใช้ในขั้นตอนนี้คือ

1. ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Passive Component) ซึ่งประกอบไปด้วยคาปาซิเตอร์ (Capacitor) 2 ตัว รีซิสเตอร์ (Resistor) 2 ตัว และเทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) 1 ตัว
2. คอนเน็คเตอร์ (Connector) 1 ตัว

3. เครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Component Mounting Machine)

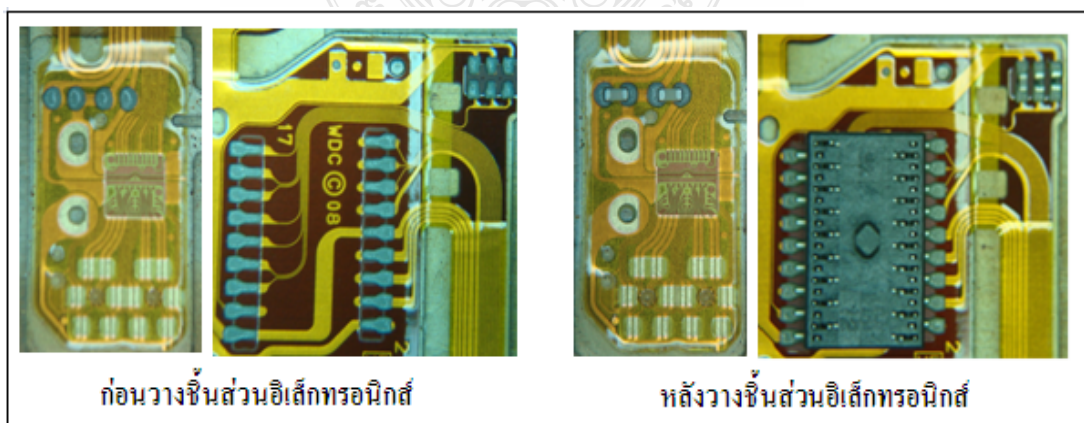
4. ตัวป้อนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Feeder)

ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ จากการนำชิ้นงานที่ผ่านการปาดตะกั่วผ่านเข้าเครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ดังแสดงในรูปที่ 4.6 เครื่องจักรจะทำการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ หลังจากการวางอิเล็กทรอนิกส์เสร็จสิ้นพนักงานจะทำการตรวจสอบชิ้นงาน เพื่อป้องกันการเกิดความผิดพลาดเช่น ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ไม่ครบ (Missing Component) การวางไม่ตรงตำแหน่ง (Misalignment Component) เป็นต้น ก่อนผ่านงานเข้าสู่กระบวนการต่อไป



รูปที่ 4.6 เครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Component Mounting Machine)

ลักษณะแผ่นวงจรชนิดก่อนก่อนและหลังขั้นตอนวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Component Placement Process) แสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แผ่นวงจรชนิดก่อนก่อนและหลังวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

4.14 ขั้นตอนการวาง IC Preamp

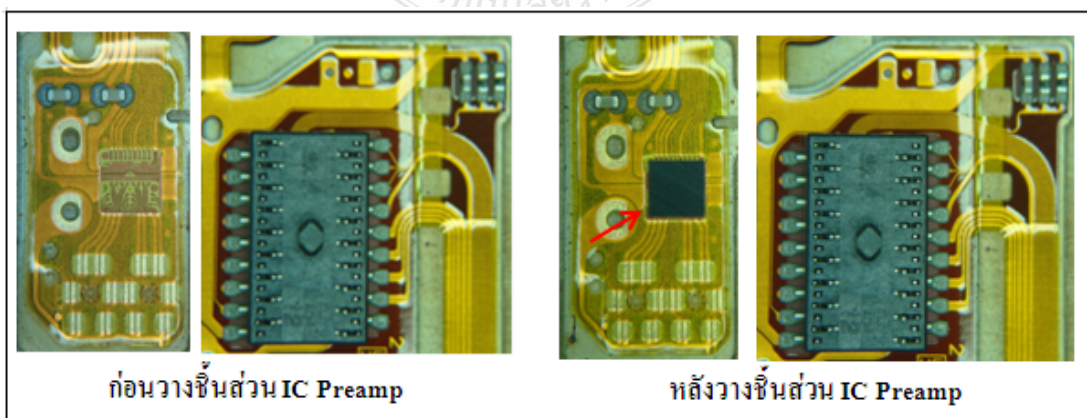
ขั้นตอนนี้ทำงานเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 3 แต่จะทำการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า IC Preamp ซึ่งเครื่องมือและวัตถุดิบที่ใช้ในขั้นตอนนี้คือ

1. เครื่องวางชิ้นส่วน IC Preamp (IC Preamp Placement Machine) ดังแสดงในรูปที่ 4.8
2. ชิ้นส่วน IC Preamp
3. ตัวป้อนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Feeder)



รูปที่ 4.8 เครื่องวางชิ้นส่วน IC Preamp (IC Preamp Placement Machine)

ลักษณะของแผ่นวงจรชนิดก่อนและหลังขั้นตอนวางชิ้นส่วน IC Preamp แสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แผ่นวงจรชนิดก่อนและหลังวางชิ้นส่วน IC Preamp

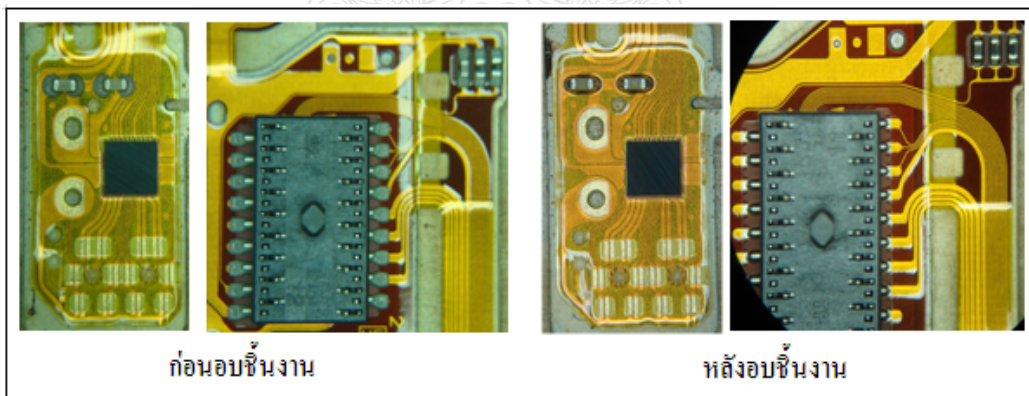
4.1.5 ขั้นตอนการอบชิ้นงาน (Reflow Soldering)

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ตะกั่วหลอมละลายเชื่อมกับลายวงจรกับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ให้ประสานเป็นชิ้นส่วนเดียวกันกับแผ่นวงจร โดยการผ่านชิ้นงานเข้าสู่เครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน (Reflow Machine) ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 เครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน (Reflow Machine)

ลักษณะของแผ่นวงจรชนิดอ่อนก่อนและหลังผ่านเครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน (Reflow Machine) แสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แผ่นวงจรชนิดอ่อนก่อนและหลังผ่านเครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน

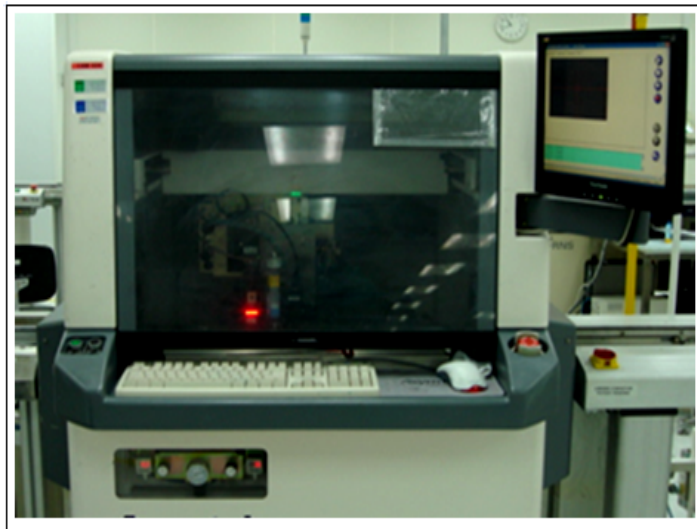
4.1.6 ขั้นตอนการสุ่มตรวจด้วยเครื่องถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ (Sampling X-Ray Inspection)

ขั้นตอนนี้เป็นการสุ่มตรวจการหลอมติดกันระหว่าง Bump ใต้แผ่น IC Preamp กับลายแผ่นวงจรชนิดอ่อน (Copper Trace) ด้วยเครื่องถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ เป็นการสุ่มตรวจหลังจากงานผ่านเครื่องอบตะกั่วที่มีลักษณะเป็นสายพานแล้ว วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้คือเพื่อลดความเสี่ยงในกรณีที่งานมีปัญหาพนักงานสามารถตรวจพบงานที่ไม่ได้มาตรฐานและเข้าไปแก้ปัญหาได้

ทันท่วงที ก่อนที่งานจะไปถึงการตรวจสอบการหลอมติดกันแบบ 100% โดยให้พนักงานสุ่มตรวจงาน 16 ตัวจาก 240 ตัว

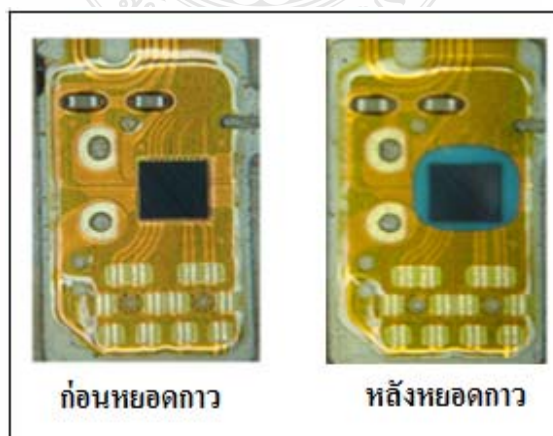
4.1.7 ขั้นตอนการหยอดกาวรอบแผ่น IC Preamp

ขั้นตอนนี้เป็นการหยอดกาวรอบ IC Preamp ด้วยเครื่องหยอดกาว (Underfill Dispensing Machine) ดังแสดงในรูปที่ 4.12 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันมิให้ IC Preamp เกิดการแตกหรือบิ่นที่เกิดจากการกระแทกจากการไหลลงงานหรือการจับชิ้นงานของพนักงาน โดยให้กาวที่หยอดรอบ IC Preamp เป็นตัวป้องกันและจับยึดชิ้นงานให้มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.12 เครื่องหยอดกาว (Underfill Dispensing Machine)

ลักษณะของแผ่นวงจรชนิดอ่อนก่อนและหลังผ่านเครื่องหยอดกาว (Underfill Dispensing Machine) แสดงในรูปที่ 4.13

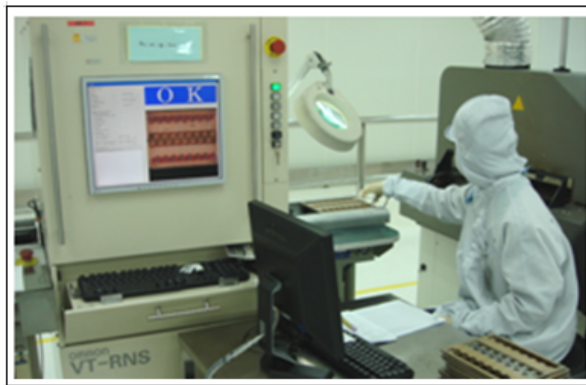


รูปที่ 4.13 แผ่นวงจรชนิดอ่อนก่อนและหลังการหยอดกาว

4.1.8 ขั้นตอนการตรวจสอบงานด้วยเครื่องตรวจอัตโนมัติ (Auto Optical Inspection

Machine: AOI)

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบโดยใช้เครื่องตรวจสอบอัตโนมัติดังแสดงในรูปที่ 4.14 โดยพนักงานจะทำการแยกงานที่เครื่องสามารถจับได้และบันทึกข้อมูลในใบบันทึกข้อบกพร่อง แสดงดังภาคผนวก ก สำหรับงานเสียที่ไม่สามารถซ่อมได้พนักงานจะเขียนข้อบกพร่องบนตัวงานแล้วแยกไว้เพื่อตัดเป็นงานเสีย ส่วนงานเสียที่สามารถซ่อมได้พนักงานจะทำสัญลักษณ์ลงบนตัวงานแล้วโหลดงานเข้าเครื่องอบกาว พนักงานที่เก็บงานท้ายเครื่องอบกาวจะทำการแยกงานที่มีสัญลักษณ์ส่งไปยังสถานีซ่อมงานต่อไป



รูปที่ 4.14 เครื่องตรวจสอบอัตโนมัติ (AOI Inspection)

4.1.9 ขั้นตอนการอบกาว (Underfill Curing)

ขั้นตอนนี้เป็นการอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนโดยใช้เครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพานลักษณะเดียวกับขั้นตอนที่ 5 แต่จะเป็นการอบกาว (Underfill) ที่เป็นของเหลวให้แข็งตัวและยึดติดกับแผ่น IC Preamp ให้มีความแข็งแรงมากขึ้น โดยการผ่านชิ้นแผ่นวงจรชนิดอ่อนเข้าสู่เครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน (Snap Cure Machine) ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 เครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน (Snap Cure Machine)

หลังจากแผ่นวงจรออกจากเครื่องอบกาวที่มีลักษณะเป็นสายพาน (Snap Cure Machine) พนักงานทำการถอดแผ่นวงจรทั้ง 16 ชั้นจากแผ่นรองรับชิ้นงาน (Printing Fixture) ลงสู่ตะแกรงสำหรับเครื่องล้าง ส่วนแผ่นรองรับชิ้นงานจะถูกลดอุณหภูมิโดยการเป่าด้วยลมเย็นเป็นเวลา 10 นาที ก่อนที่จะถูกลำเลียงกลับไปยังสถานีงานที่ 1 เพื่อใช้ในการผลิตอีกครั้งดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 การถอดแผ่นวงจรทั้ง 16 ชั้นจากแผ่นรองรับชิ้นงานลงสู่ตะแกรงสำหรับเครื่องล้าง

4.1.10 ขั้นตอนการล้างชิ้นงาน (Cleaning Operation)

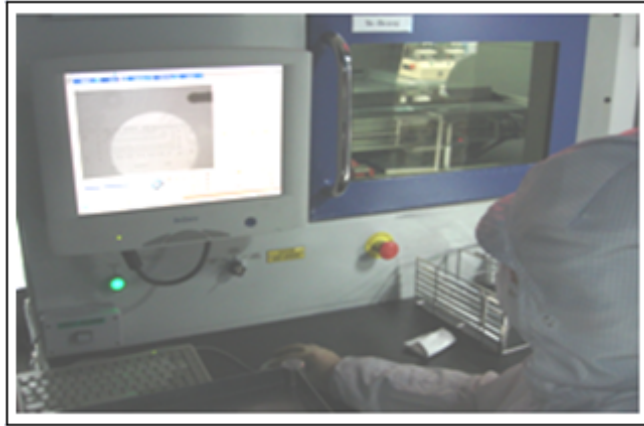
ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการชะล้างคราบฟลักซ์ (Flux) เม็ดตะกั่ว (Solder ball) ที่ติดบนตัวงาน และสิ่งปนเปื้อนออกจากแผ่นวงจร (Contamination) โดยพนักงานจะทำการไหลตะแกรงสำหรับล้างเข้าสู่เครื่องล้าง (Aqueous Cleaning) และหลังจากที่ตะแกรงสำหรับล้างออกสู่เครื่องล้าง พนักงานจะทำการถ่ายแผ่นวงจรจากตะแกรงสำหรับล้างลงสู่ถาด ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ขั้นตอนการไหลตะแกรงและการเก็บแผ่นวงจรจากตะแกรงสู่ถาด

4.1.11 ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยเครื่องถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Inspection)

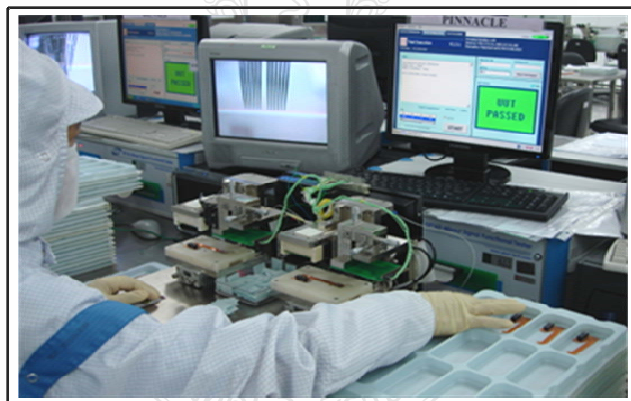
วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้เพื่อเป็นการตรวจสอบการหลอมติดกันระหว่าง Bump ได้แผ่น IC Preamp กับลายแผ่นวงจรชนิดอ่อน (Copper Trace) โดยใช้เครื่องถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Inspection) ดังแสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 เครื่องถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Machine)

4.1.12 ขั้นตอนการทดสอบทางไฟฟ้าของแผ่นวงจรชนิดอ่อน (Functional Test)

ขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบทางไฟฟ้าโดยใช้เครื่องทดสอบการทำงานทางไฟฟ้า (Test Machine) เพื่อวัดค่าทางไฟฟ้าของแผ่นวงจรชนิดอ่อน หากเกิดปัญหาเกี่ยวกับการทำงานภายในตัวแผ่นวงจรชนิดอ่อนผิดปกติเครื่องก็จะแสดงที่หน้าจอว่า 'Fail' และจะแสดงที่หน้าจอว่า 'Pass' หากการทำงานภายในตัวแผ่นวงจรชนิดอ่อนเป็นไปตามมาตรฐานการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 เครื่องทดสอบการทำงานทางไฟฟ้า (Test Machine)

4.1.13 ขั้นตอนการตรวจสอบงานด้วยสายตา (Final Visual Mechanical Inspection:

FVMI)

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนด้วยสายตาขั้นสุดท้าย โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ (Microscope) กำลังขยาย 10 เท่าแสดงดังรูปที่ 4.20 โดยขั้นตอนนี้พนักงานจะทำการตรวจสอบสิ่งผิดปกติภายนอก (Mechanical) และทำการแยกงานเสียออกเพื่อส่งห้องแก้ไขงาน (Rework Room) ส่วนงานดีจะส่งต่อไปยังขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 4.20 ขั้นตอนตรวจสอบงานด้วยสายตาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 10 เท่า

4.1.14 ขั้นตอนการสุ่มตรวจ (Outgoing Quality Assurance: OQA)

ขั้นตอนนี้เป็นการสุ่มตรวจโดยแผนกควบคุมคุณภาพ (Quality Control) เพื่อเป็นการตรวจสอบซ้ำเพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่มีงานเสียถูกส่งมอบไปยังลูกค้า

4.1.15 ขั้นตอนการบรรจุ (Packing)

ขั้นตอนนี้เป็นการบรรจุงานและทำการติดฉลาก (Label) ก่อนการส่งไปยังคลังเก็บสินค้าและส่งมอบไปยังสถานีต่อไป

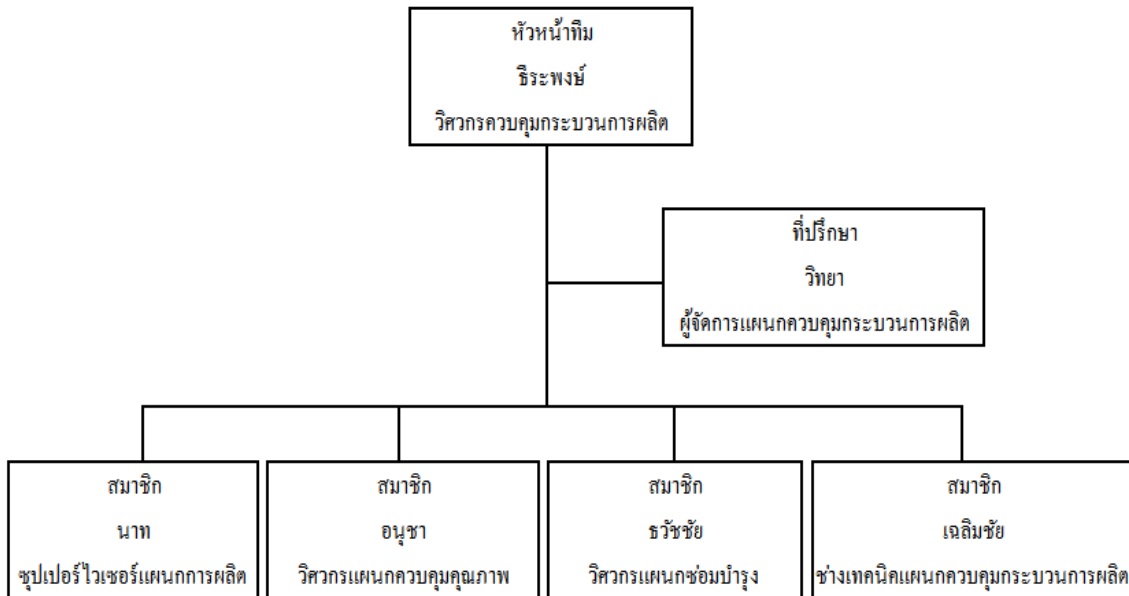
4.2 การจัดตั้งทีมงานในการแก้ไขปัญหา

จากการประสานงานกับแผนกต่าง ๆ ทำให้ได้ตัวแทนของแผนกต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยผู้จัดการแผนกควบคุมกระบวนการผลิต ชูปเปอร์ไวเซอร์แผนกการผลิต วิศวกรแผนกซ่อมบำรุง ช่างเทคนิคแผนกควบคุมกระบวนการผลิต และวิศวกรควบคุมคุณภาพกระบวนการผลิต รวมจำนวนพนักงานที่เข้าร่วมในทีมงานทั้งหมด 6 คนและเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงจัดแผนภูมิของคณะทำงานดังรูปที่ 4.21 และกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบดังนี้

หัวหน้าทีมคือ วิศวกรควบคุมกระบวนการผลิต (Process Engineer) มีหน้าที่ออกแบบการทดลอง กำหนดนัดหมายการประชุมและเป็นผู้นำการประชุมระดมสมองของทีมงานในการดำเนินการ

ที่ปรึกษาคือ ผู้จัดการแผนกควบคุมกระบวนการผลิต (Process Engineering Manager) มีหน้าที่ให้คำปรึกษาและเสนอแนะในที่ประชุม เช่น กรณีที่มีความคิดเห็นไม่ตรงกันและหาข้อสรุปในการประชุม

สมาชิกทีมคือ ชูปเปอร์ไวเซอร์แผนกการผลิต วิศวกรแผนกซ่อมบำรุง ช่างเทคนิคแผนกควบคุมกระบวนการผลิต และวิศวกรควบคุมคุณภาพกระบวนการผลิต มีหน้าที่ร่วมกันวิเคราะห์ข้อบกพร่อง การช่วยกันระดมสมอง การวิเคราะห์ความรุนแรง การออกแบบการทดลอง รวมถึงการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง



รูปที่ 4.21 โครงสร้างของทีมงานในการแก้ปัญหาทวมส โตน คาปาซิเตอร์

4.3 ผลการอบรมการบริหารคุณภาพด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกม่าให้กับทีมงาน

ทางบริษัทได้จัดฝึกอบรมภายใน สำหรับหลักสูตรการบริหารคุณภาพด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกม่า เป็นระยะเวลา 2 วัน ให้กับทีมงานและวิศวกรของบริษัท รวมผู้อบรมทั้งหมด 30 คน โดยวิทยากรผู้บรรยายคือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ ก่อมจิตร วิทยากรจากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งรายละเอียดการฝึกอบรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือฟังคำบรรยายและทำกิจกรรมกลุ่ม จากการฟังบรรยายและการนำเสนอผลงานหลังการทำกิจกรรมกลุ่มรวมทั้งข้อเสนอแนะของวิทยากรทำให้ผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้และความเข้าใจในการนำไปใช้ในการปฏิบัติได้

4.4 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)

จากข้อมูลของฝ่ายผลิตย้อนหลังตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552-มกราคม พ.ศ. 2553 พบว่าปัญหาหลัก 5 อันดับที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนโดยเฉพาะโมเดลเดนาลี ที่ผู้วิจัยได้เลือกทำการศึกษาจะพบปัญหาทวมส โตนคาปาซิเตอร์ โดยเฉลี่ย 613 ตัวต่อสัปดาห์หรือ 1,154 DPPM ส่งผลให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้อยู่ที่ 98.4% ของงานที่ผลิตทั้งหมด และเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของปัญหาหลัก 5 อันดับที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนในโมเดลเดนาลี พบว่าปัญหาทวมส โตน คาปาซิเตอร์มีสัดส่วนมากถึง 48% ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปัญหาหลัก 5 อันดับในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน ของโมเดลเดนาลี (Denali Model) เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552-มกราคม พ.ศ. 2553

Month	December'2009				January'2010				SUM
Week	ww23	ww24	ww25	ww26	ww27	ww28	ww29	ww30	
Input	249,410	420,673	307,162	267,198	858,780	881,126	553,150	712,069	4,249,568
Output	241,920	412,244	299,634	259,717	850,039	871,082	544,056	702,886	4,181,578
1st Yield	97.00	98.00	97.55	97.20	98.98	98.86	98.36	98.71	98.40
DPPM Defect (DPPM)	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM
Tombstone Resistor/Thermistor	465	266	752	453	231	177	459	197	313
Misalignment Connector	257	231	365	333	387	401	315	294	337
Undefill Expose	706	532	176	329	72	186	136	251	240
Expose Solder pad capacitor	706	532	176	329	72	186	136	251	361
Tombstone Capacitor	1321	885	1031	1286	1153	994	1186	1378	1154
Q'ty Defect (pcs)	ww23	ww24	ww25	ww26	ww27	ww28	ww29	ww30	SUM
Tombstone Resistor/Thermistor	116	112	231	121	198	156	254	140	1328
Misalignment Connector	64	97	112	89	332	353	174	209	1430
Undefill Expose	176	224	54	88	62	164	75	179	1022
Expose Solder Pad Capacitor	137	243	232	143	201	193	286	98	1533
Tombstone Capacitor	335	376	321	349	995	880	661	987	4904

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นปัญหาหลักที่เกิดขึ้นและส่งผลกระทบต่อคุณภาพมากที่สุดคือปัญหา ปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ ซึ่งผู้ทำการวิจัยและทีมงานจึงได้เลือกปัญหานี้ไปทำการปรับปรุงใน ขั้นตอนต่อไป

4.5 ขั้นตอนการวัดผล (Measure Phase)

4.5.1 การศึกษาขั้นตอนการไหลของกระบวนการ (Process Mapping)

จากการศึกษากระบวนการผลิตทั้งกระบวนการอย่างละเอียดในหัวข้อที่ 4.1 ทำให้สามารถแสดง ขั้นตอนการไหลของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนตั้งแต่วัตถุดิบรับเข้าผ่านกระบวนการ ผลิตจนเป็นแผ่นวงจรชนิดอ่อนดังแสดงในรูปที่ 4.2

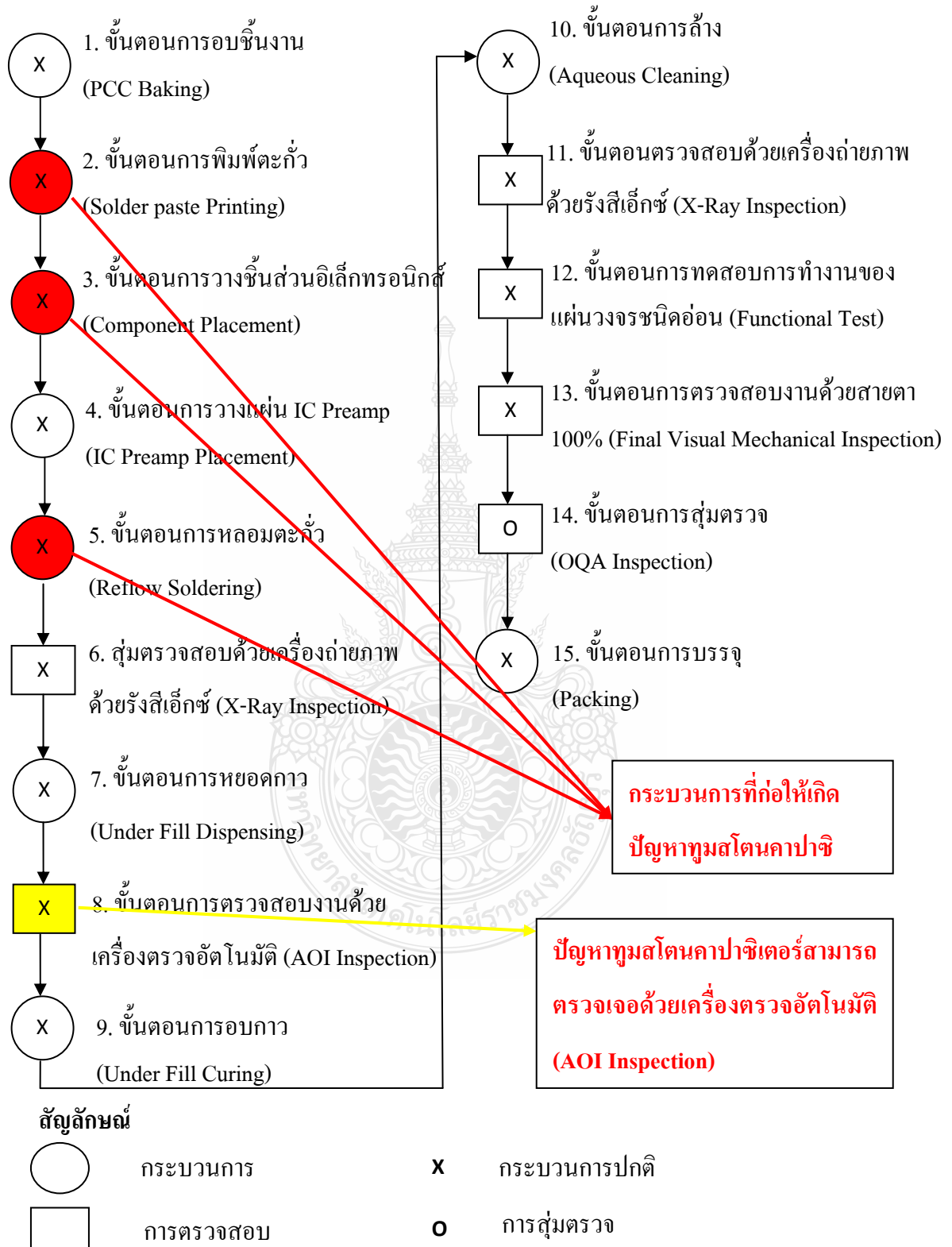
จากผลการศึกษากระบวนการผลิตทั้งกระบวนการพบว่าขั้นตอนที่ส่งผลทำให้เกิดปัญหาทอม สโตนคาปาซิเตอร์เกิดขึ้นใน 3 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 2. คือขั้นตอนการพิมพ์ตะกั่ว (Solder Paste Printing)

ขั้นตอนที่ 3. คือขั้นตอนการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Component Placement)

ขั้นตอนที่ 5. คือขั้นตอนการหลอมตะกั่ว (Reflow Soldering)

สำหรับขั้นตอนที่สามารถตรวจเจอปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ได้ 100 % คือขั้นตอนที่ 8. เป็นขั้นตอนการตรวจสอบงานด้วยเครื่องอัตโนมัติ ดังแสดงดังรูปที่ 4.22



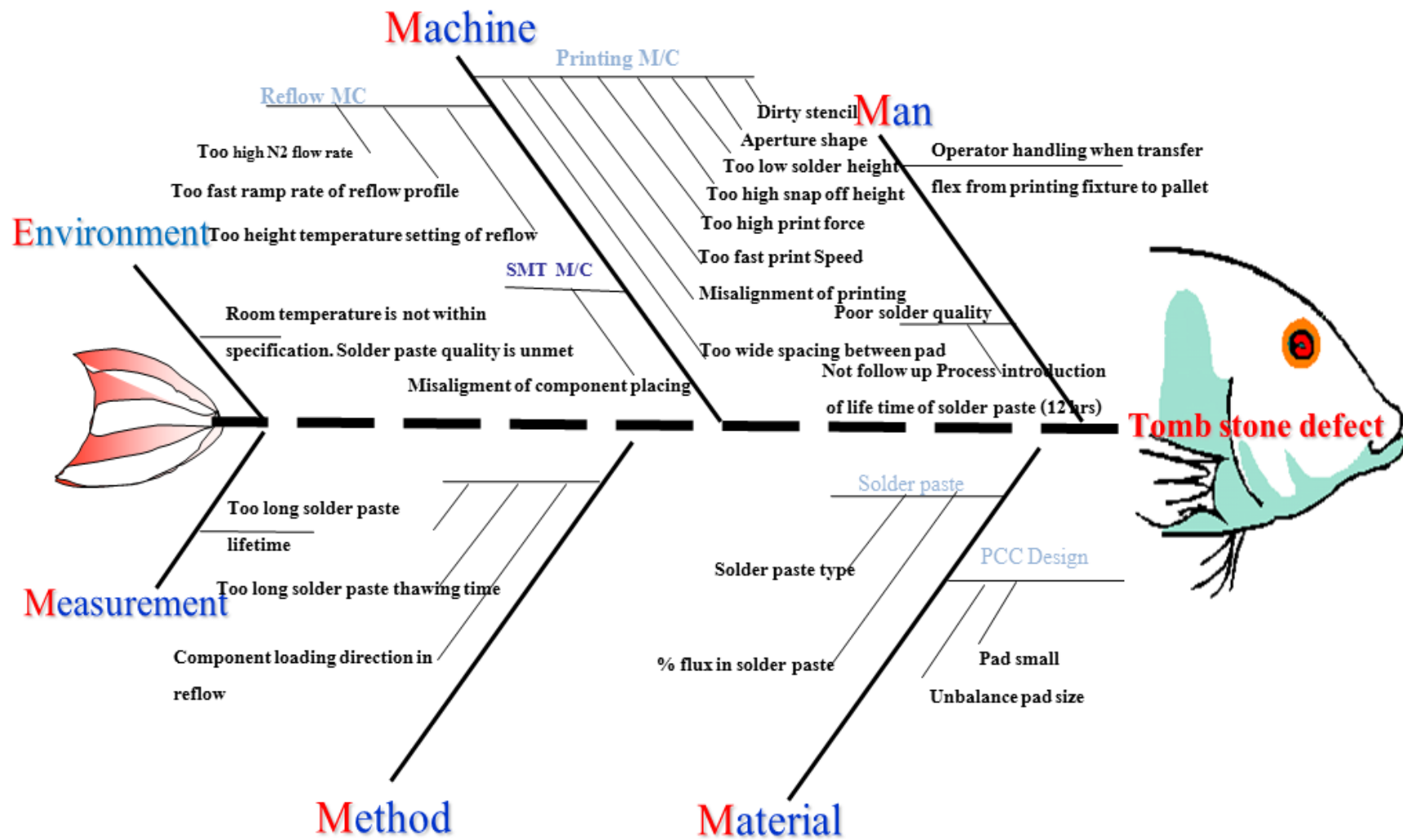
รูปที่ 4.22 กระบวนการที่จะก่อให้เกิด ปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์

4.5.2 ผลการวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

เมื่อทำการศึกษากระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนทั้งกระบวนการอย่างละเอียดแล้ว จะพอทำให้ทราบว่าตัวแปรเข้าที่สำคัญของกระบวนการมีอะไรบ้าง จากนั้นทำการระดมสมองเพื่อทำการหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด

สำหรับหัวข้อปัญหาของโครงการวิจัยนี้คือ การเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ทางผู้วิจัย และทีมงานที่ประกอบด้วยวิศวกรและผู้ที่เกี่ยวข้องหลาย ๆ ฝ่าย ได้ช่วยกันระดมสมอง (Brainstorm) เพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาดังกล่าว โดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผลของปัจจัยดังรูปที่ 4.23 ซึ่งจากแผนภาพแสดงเหตุและผลของปัจจัยนั้น จะพบว่าสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหานั้นมีจำนวนมากมาย แต่ปัญหาหลัก ๆ จะมุ่งเน้นไปในส่วนของการควบคุมพารามิเตอร์ของเครื่องจักร ในส่วนของขั้นตอนการพิมพ์ตะกั่วบนลายแผ่นวงจร ขั้นตอนการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และขั้นตอนการหลอมตะกั่ว แต่ผู้วิจัยและทีมงานมีความจำเป็นต้องทำการคัดเลือกเฉพาะสาเหตุที่สำคัญ จึงนำปัจจัยทั้งหมดมาวิเคราะห์หาการขัดข้องและผลกระทบ เพื่อให้คะแนน และพิจารณาว่าสาเหตุใดบ้างที่เป็นที่ควรนำมาทำการแก้ไขปัญหา และนำคะแนน ไปสร้างแผนภาพพาเรโตของขั้นตอนต่อไป





รูปที่ 4.23 แผนภาพแสดงเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์

4.5.3 การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis)

เมื่อทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและจากการระดมสมองเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ โดยเริ่มจากการระดมสมองและทำการคิดอย่างเป็นระบบโดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ ดังนั้นสาเหตุที่มีได้ตัดออกจากแผนภาพแสดงสาเหตุและผลจะถูกนำมาทำการวิเคราะห์ต่อไปในการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ เพื่อสามารถค้นหาสาเหตุที่น่าจะมีผลกระทบต่อปัญหามากที่สุดได้ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ

Process Description/ Function	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	S E V	Potential Causes of Failure	O C C	Current Control	D E T	RPN
1. Machine	Unbalanced Force	Tombstone Defect	8	Too low Solder Paste Height	8	WI	6	384
	Unbalanced Force	Tombstone Defect	8	Dirty Stencil	1	PI	4	32
	Unbalanced Force	Tombstone Defect	8	Too High Snap off Height	1	WI	4	32
	Insufficient Solder Volume	Tombstone Defect	8	Too Fast Print Speed	1	WI	4	32
	Insufficient Solder Volume	Tombstone Defect	8	Too High Print Force	1	WI	4	32
	Misalignment Printing	Tombstone Defect	8	Misalignment of Printing	1	WI,PI	2	16
	Small Melting Area	Tombstone Defect	8	Aperture Shape	3	Drawing	6	144
	Small Melting Area	Tombstone Defect	8	Too Wide Spacing between Pad	6	Drawing	6	288
	Unbalanced Force	Tombstone Defect	8	Misalignment of Component Placing	6	WI,PI	4	192
	Too High Surface Tension	Tombstone Defect	8	Too High N2 Flow Rate	7	WI	4	224
	Unbalanced Force	Tombstone Defect	8	Too Fast Ramp Rate of Reflow Profile	6	WI	4	192
Unbalanced Force	Tombstone Defect	8	Too High Temperature Setting of Reflow	1	PI	4	32	
2. Method	Unbalanced Force	Tombstone Defect	8	Component Loading Direction in Reflow	1	PI	4	32

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (ต่อ)

Process Description/ Function	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	S E V	Potential Causes of Failure	O C C	Current Control	D E T	RPN
2. Method	Poor Solder ability	Tombstone Defect	8	Too Long Solder Paste Thawing Time	3	PI	4	96
	Poor Solder ability	Tombstone Defect	8	Too Long Solder Paste Life Time	3	PI	4	96
3. Raw material	Poor Solder ability	Tombstone Defect	8	% Flux in Solder Paste	1	Data sheet	2	16
	Unbalance Force	Tombstone Defect	8	Solder Paste Type	1	PI, Drawing	2	16
	Unbalance Force	Tombstone Defect	8	Pad too Small	1	Drawing	6	48
	Unbalance Force	Tombstone Defect	8	Unbalance Pad Size	1	Drawing	6	48
4. Man	Misalignment Printing	Tombstone Defect	8	Operator Handling when Transfer Flex from Printing Fixture to Pallet	1	PI	4	32
5. Environment	Poor Solder ability	Tombstone Defect	8	Room Temperature is Out specification. Solder Paste Quality is Unmet.	1	WI	4	32

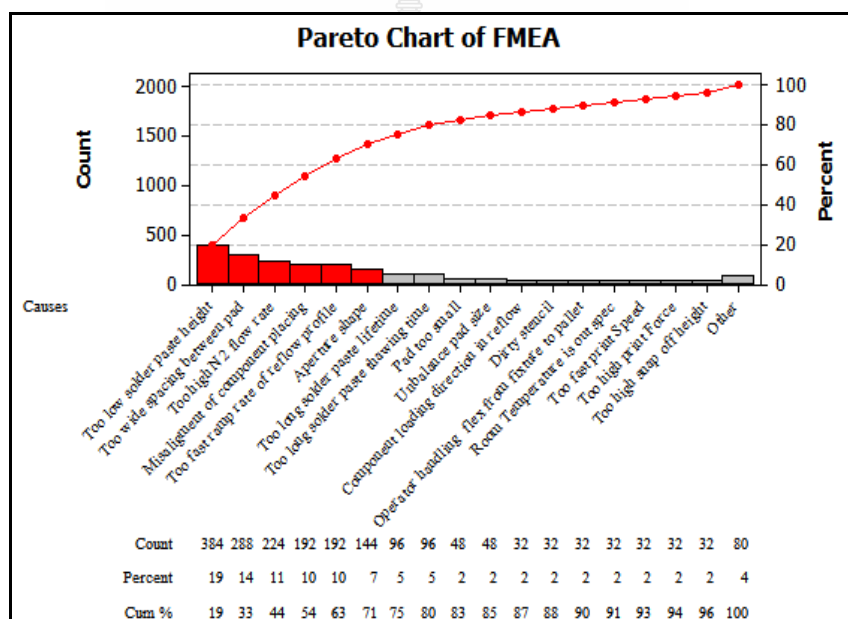
จากการแสดงผลการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบพบว่า มีข้อบกพร่องอยู่ 6 ข้อบกพร่องที่มีค่า RPN-Score มากกว่า 100 คะแนน เพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไปดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลสรุปลำดับคะแนนในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบที่สำคัญ

ลำดับ	สาเหตุ	RPN-Score
1	ความสูงของตะกั่วอยู่ในค่าต่ำ (Too Low Solder Paste Height)	384
2	ระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Too Wide Spacing between Pad)	288
3	อัตราการไหลของไนโตรเจนที่ใช้มาก (Too High N2 Flow rate)	224
4	เครื่องวางคอมโพเน้นไม่ตรง (Misalignment of Component Placing)	192
5	อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow Profile)	192
6	ลักษณะรูของแผ่นพิมพ์สำหรับปาดตะกั่ว (Aperture Shape)	144

4.5.4 การวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพารेटอเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหา

จากค่าตัวเลขระดับความเสี่ยง (RPN) ซึ่งมาจากการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการข้างต้นสามารถนำมาสร้างแผนภาพพารेटอ เพื่อทำการคัดเลือกข้อบกพร่องที่สำคัญ และพิจารณาว่าข้อบกพร่องใดบ้างที่เป็นสาเหตุที่ควรนำมาทำการแก้ไขปัญหาดังรูปที่ 4.24 โดยหลักของการพิจารณาคัดเลือกข้อบกพร่องที่สำคัญนั้นจะใช้หลักการพารेटอ คือ ข้อมูลที่มีความสำคัญจะมีเพียงจำนวนเล็กน้อย และข้อมูลที่มีความสำคัญเล็กน้อยมีจำนวนมากโดยใช้ตัวเลข 80 : 20 โดยประมาณหรือเลือกพิจารณาข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 มาดำเนินการปฏิบัติการแก้ไขก็ได้ แต่สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการเลือกพิจารณาข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 มาเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อบกพร่องมาดำเนินการแก้ไขต่อไป



รูปที่ 4.24 แผนภาพพารेटอเรียงตามลำดับค่า RPN

จากรูปที่ 4.24 แสดงให้เห็นว่าข้อบกพร่องที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาทอมัสโตน คาปาซิเตอร์ของโมเดลเดนาดี ในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนที่ได้คัดเลือกมา มีดังต่อไปนี้คือ ค่าความสูงของตะกั่ว (Solder Paste Height) 384 คะแนน ระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Too Wide Spacing between Pad) 288 คะแนน อัตราการไหลของไนโตรเจน (N₂ Flow rate) 224 คะแนน อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow Profile) 192 คะแนน และลักษณะรูของแผ่นพิมพ์สำหรับปาดตะกั่ว (Aperture Shape) 144 คะแนน

ข้อบกพร่องที่ได้รับการคัดเลือกนี้มีระดับคะแนน RPN-Score มากกว่า 100 คะแนน และข้อบกพร่องที่ก่อให้เกิดปัญหาเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ยังไม่มีมาตรฐานการผลิตที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดปัญหาน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้การศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4.5.5 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis)

การที่จะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจนั้น มีความจำเป็นต้องตรวจสอบก่อนว่าข้อมูลเหล่านั้นสามารถนำไปใช้ในการอธิบายกระบวนการได้หรือไม่ และเนื่องจากข้อมูลที่ได้มีความจำเป็นจะต้องผ่านระบบการวัดทำให้จึงต้องประเมินความถูกต้องและความแม่นยำของระบบการวัด ก่อนที่จะนำข้อมูลมาใช้ในการตัดสินใจ ถ้าหากผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับไม่ได้ ต้องหาสาเหตุและแก้ปัญหาระบบการวัดให้ได้ก่อน

4.5.5.1 การวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติ (AOI Inspection)

การวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติ ในการแยกแยะของดีหรือของเสียแบบอัตโนมัติ นั้น จะวิเคราะห์ผ่านเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติจำนวน 6 เครื่องโดยใช้ชิ้นงานมาตรฐานจำนวน 30 ชิ้นซึ่งประกอบไปด้วยงานดี 15 ชิ้นและงานที่เกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ 15 ชิ้นในการทดสอบเครื่องละ 2 ครั้งและจะวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมอัตโนมัติที่เรียกว่า Attribute Gage R&R Report โดยเกณฑ์การพิจารณาการวัดจะดูที่คะแนน Consistency และคะแนน Efficiency ของแต่ละเครื่อง จะต้องมีความแม่นยำ 100 คะแนนจึงจะยอมรับระบบการวัดได้ ซึ่งข้อมูลการทดสอบระบบการวัดของเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติ แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษา Gage R&R ของเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติในการตรวจจับปัญหา

Sample part		AOI#1		AOI#2		AOI#3		AOI#4		AOI#5		AOI#6	
S/N	Master	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
7	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
8	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
9	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
10	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
12	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
13	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษา Gage R&R ของเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติในการตรวจจับปัญหา (ต่อ)

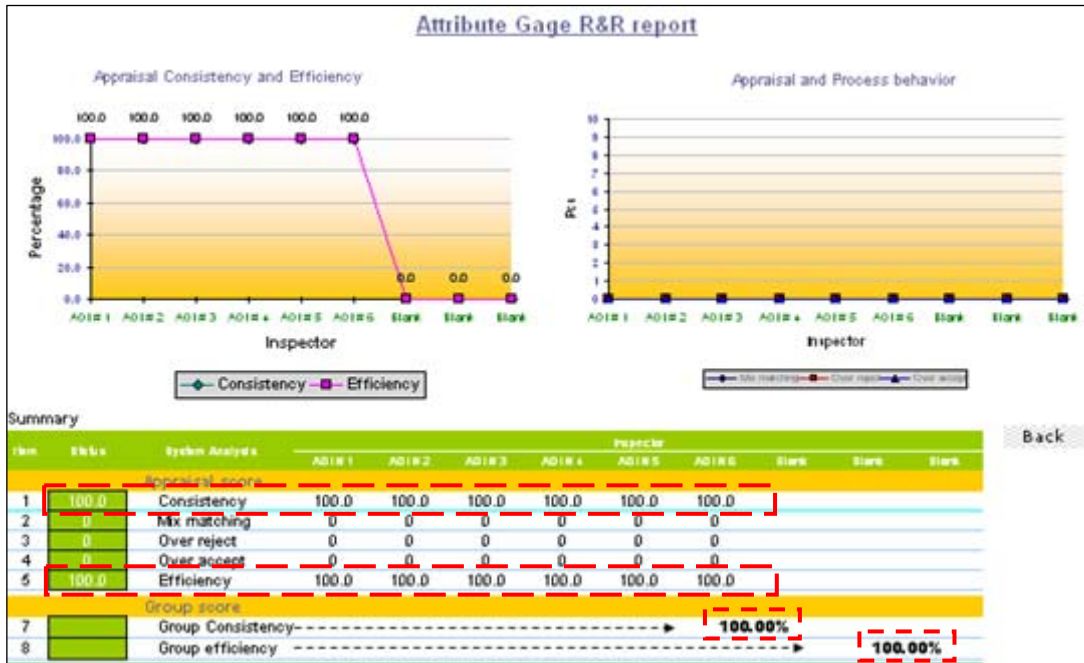
Sample part		AOI#1		AOI#2		AOI#3		AOI#4		AOI#5		AOI#6	
S/N	Master	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
14	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
15	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
16	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
17	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
18	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
19	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
20	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
21	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
22	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
23	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
24	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
25	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
26	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
27	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
28	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
29	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
30	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

สัญลักษณ์

A หมายถึง งานที่ผ่านมาตรฐานการผลิต (Accept)

R หมายถึง งานที่เกิดปัญหาทวมส โตนคาปาซิเตอร์ (Reject)

ผลการวิเคราะห์ผ่าน โปรแกรม Attribute Gage R&R Report แสดงดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 รายงานการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วย Attribute Gage R&R Report

จากรูปที่ 4.25 แสดงรายงานการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วย Attribute Gage R&R Report พบว่าค่า Consistency และ Efficiency ของเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติแต่ละเครื่องอยู่ที่ 100 คะแนนซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติทั้ง 6 เครื่องมีความสามารถในการตรวจจับและการแยกแยะของดีหรือของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ 100% ดังนั้นระบบการวัดนั้นจึงมีขีดความสามารถเพียงพอที่จะนำไปวัดผลจากกระบวนการที่ทำการศึกษา เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

4.5.5.2 การวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องความสูงของตะกั่ว

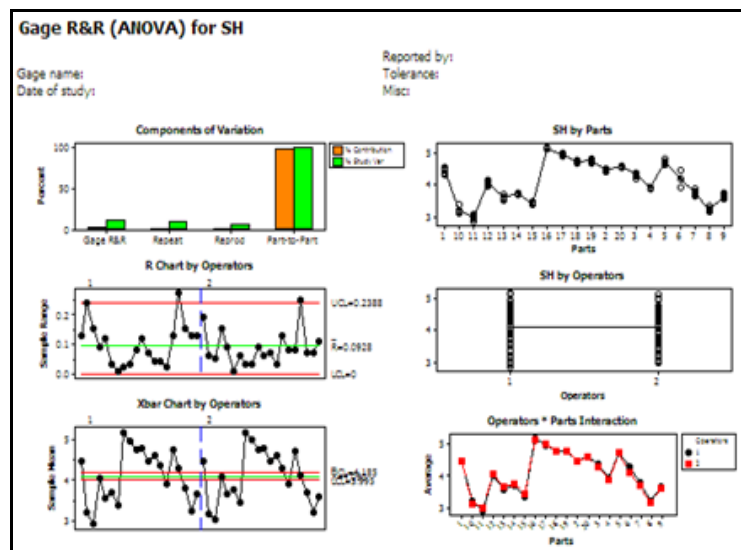
ขั้นตอนการวิเคราะห์จะดำเนินการจัดเตรียมงานมาตรฐานจากกระบวนการผลิตจำนวน 20 ชิ้น โดยใช้พนักงานวัด 2 คน ทำการวัดคนละ 3 รอบ รวมทั้งสามคนจะเป็นจำนวนการวัด ทั้งหมด 120 ครั้ง ข้อมูลจากการวัดจะนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเพื่อตรวจสอบความมีนัยสำคัญของความผันแปรต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม Minitab มาช่วย วิธีทำการวิเคราะห์จะอาศัยค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ($\bar{X} - R$) ในการวิเคราะห์ ซึ่งวิธีนี้จะสามารถแยกความผันแปรออกเป็น Repeatability และ Reproducibility ออกจากกันได้ และเกณฑ์ในการวัดผลจะดูจากเปอร์เซ็นต์ Contribution ซึ่งโดยทั่วไปเกณฑ์ในการยอมรับอยู่ที่น้อยกว่า 2 % ซึ่งข้อมูลการวัดความสูงของตะกั่วของพนักงาน โดยใช้เครื่องวัดความสูงของตะกั่วแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลการวัดความสูงของตะกั่ว (Solder Paste Height)

Sample	EN.1980			EN.10565		
	Trial #1	Trial #2	Trial #3	Trial #1	Trial #2	Trial #3
1	4.46	4.52	4.39	4.53	4.48	4.34
2	4.48	4.41	4.46	4.48	4.42	4.49
3	4.34	4.38	4.38	4.20	4.30	4.33
4	3.92	3.92	3.90	3.86	3.94	3.92
5	4.68	4.70	4.81	4.74	4.74	4.66
6	4.17	4.44	4.21	4.17	4.19	3.94
7	3.88	3.79	3.73	3.74	3.67	3.68
8	3.36	3.31	3.20	3.20	3.23	3.16
9	3.59	3.72	3.68	3.66	3.59	3.55
10	3.18	3.13	3.12	3.13	3.14	3.19
11	2.99	2.84	2.91	2.99	3.00	3.04
12	4.01	4.08	3.99	4.13	3.98	4.10
13	3.62	3.50	3.57	3.62	3.70	3.61
14	3.69	3.71	3.72	3.76	3.76	3.75
15	3.37	3.37	3.36	3.45	3.39	3.44
16	5.16	5.18	5.16	5.13	5.16	5.15
17	4.93	4.96	4.93	4.98	5.00	4.97
18	4.80	4.74	4.72	4.80	4.74	4.71
19	4.69	4.78	4.81	4.78	4.80	4.74
20	4.60	4.61	4.57	4.60	4.62	4.59
Min	2.9900	2.8400	2.9100	2.9900	3.0000	3.0400
Max	5.1600	5.1800	5.1600	5.1300	5.1600	5.1500
Stdev	0.6274	0.6623	0.6589	0.6458	0.6473	0.6328
Averg	4.0960	4.1045	4.0810	4.0975	4.0925	4.0680

หลังจากได้ข้อมูลการวัดความสูงของตะกั่วของพนักงานโดยใช้เครื่องวัดความสูงของตะกั่วครบแล้วดังตารางที่ 4.5 ขั้นตอนต่อไปเป็นการนำผลมาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Minitab ซึ่งได้ผลการ

ทดลองดังรูปที่ 4.26 และรูปที่ 4.27 โดยการแปลความหมายของกราฟจำเป็นต้องอ่านกราฟในการ ทวนสอบข้อมูลก่อน



รูปที่ 4.26 การทวนสอบข้อมูลการวัดความสูงของตะกั่ว

จากกราฟรูปที่ 4.26 พบว่า กราฟ X-bar Chart มีความแตกต่างกันของงานที่นำมาวัด อย่างมีนัยสำคัญ และจากแผนภาพแสดงอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานและชิ้นงานแสดงว่าพนักงานวัด ไม่มีอิทธิพลร่วมกันชิ้นงาน กราฟที่พลอตระหว่างชิ้นงาน แสดงว่า ชิ้นงานที่นำมาทดลองเป็นไปอย่าง สุ่ม ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน และกราฟที่พลอตระหว่างพนักงานที่ทดลอง แสดงว่าพนักงานทั้งสองคน ไม่แตกต่างกัน

Gage R&R		
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.004560	1.09
Repeatability	0.003601	0.86
Reproducibility	0.000959	0.23
Operators	0.000000	0.00
Operators*Parts	0.000959	0.23
Part-To-Part	0.412597	98.91
Total Variation	0.417157	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.067526	0.40516	10.45
Repeatability	0.060007	0.36004	9.29
Reproducibility	0.030967	0.18580	4.79
Operators	0.000000	0.00000	0.00
Operators*Parts	0.030967	0.18580	4.79
Part-To-Part	0.642337	3.85402	99.45
Total Variation	0.645877	3.87526	100.00

รูปที่ 4.27 ผลการคำนวณ Gage R&R และกราฟแผนภาพจากโปรแกรม

จากรูปที่ 4.27 ผลการทดสอบพบว่าค่า %Contribution เท่ากับ 1.09% หมายความว่า ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดความสูงของตะกั่วมีความผันแปรเนื่องจากเครื่องวัดเพียง 1.09% ซึ่งเกณฑ์ในการยอมรับอยู่ที่น้อยกว่า 2% ดังนั้นแสดงว่าเครื่องวัดความสูงของตะกั่วอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

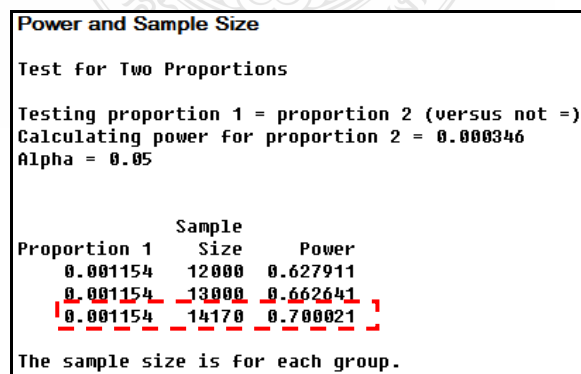
จากขั้นตอนการวัดผล (Measure Phase) พบว่าสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษา 6 สาเหตุซึ่งประกอบไปด้วย

1. ความสูงของตะกั่วอยู่ในค่าต่ำ (Low Solder Paste Height)
2. ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width Spacing between Pad of Stencil)
3. อัตราการไหลของไนโตรเจนที่ใช้มาก (Nitrogen Flow Rate)
4. เครื่องวางคอมโพเน้นที่ไม่ตรง (Misalignment of Component Placing)
5. อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วของเครื่องอบตะกั่ว (Fast Ramp Rate)
6. ลักษณะของรูของแผ่นพิมพ์สำหรับปิดตะกั่ว (Aperture Shape of Stencil)

แนวทางการวิเคราะห์นั้นจะทำการวิเคราะห์ทีละสาเหตุ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ 2 Proportions เพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ โดยในการทดลองนี้จะมีจุดมุ่งหมายเพื่อกลั่นกรองปัจจัยต่าง ๆ ที่สงสัยออกไปก่อนหรือเป็นการกรองเฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ อย่างมีนัยสำคัญ

4.6.1 การหาจำนวนตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลอง (Power and Sample Size)

จากขั้นตอนการหาจำนวนตัวอย่าง (Sample Size) ที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.6.1 จะทำการพิจารณาสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน โดยให้สัดส่วนของเสียของประชากรกลุ่มแรกอยู่ที่ 0.001154 (ได้จากข้อมูลสัดส่วนของเสียปัจจุบัน) และให้สัดส่วนของเสียของประชากรอีกกลุ่มหนึ่งอยู่ที่ 0.000346 (ซึ่งเป็นสัดส่วนของเสียที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้) ซึ่งจำนวนตัวอย่างในการทดลองที่ทีมงานสามารถปฏิบัติได้จริงและเป็นไปได้ในแง่เศรษฐศาสตร์ ซึ่งในการทดลองนี้เราใส่ค่าของตัวอย่างอยู่ในช่วง 12,000- 14,170 ขึ้นโดยใช้โปรแกรม Minitab มาช่วยในการคำนวณ จากนั้นพิจารณาจำนวนตัวอย่าง โดยพิจารณาจากความไว ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.28



The screenshot shows the Minitab 'Power and Sample Size' window for a 'Test for Two Proportions'. It displays the testing proportion 1 as 0.001154 and the proportion 2 as 0.000346, with an alpha level of 0.05. A table lists sample sizes and their corresponding powers: 12000 (0.627911), 13000 (0.662641), and 14170 (0.700021). The value 0.700021 is highlighted with a red dashed box, indicating the target power level.

Proportion 1	Sample Size	Power
0.001154	12000	0.627911
0.001154	13000	0.662641
0.001154	14170	0.700021

รูปที่ 4.28 ผลการทดสอบการหาจำนวนตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการคำนวณ

จากรูปที่ 4.28 แสดงผลการทดสอบการหาขนาดตัวอย่างจากความไวพบว่าที่ขนาดตัวอย่างที่ 14,170 ขึ้นจะให้ค่ากำลังของการทดสอบที่ 0.700021 ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ดังนั้นใน

การทดลองนี้จึงใช้ขนาดตัวอย่างอย่างน้อยเท่ากับ 14,170 ซึ่เพิ่มขึ้นไปในการทดสอบความมีนัยสำคัญของข้อบกพร่อง 2 ประชากรในขั้นตอนต่อไป

4.6.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในเรื่องความสูงของตะกั่ว (Solder Paste Height)

ปัญหาที่พบคือ เมื่อทำการสุ่มวัดความสูงของตะกั่วหลังจากพิมพ์ตะกั่วลงบนแผ่นวงจร พบว่าปริมาณตะกั่วหลังการพิมพ์อยู่ในค่าต่ำ ทำให้ปริมาณตะกั่วหลังการพิมพ์มีปริมาณไม่มากพอหรือในบางครั้งพบว่าปริมาณตะกั่วหลังการพิมพ์ทั้งสองฝั่งไม่เท่ากันเมื่อทำการพิมพ์หลายชั่วโมงและมักพบเจอปัญหานี้บ่อยครั้ง นั่นเป็นเพราะว่าตะกั่วเริ่มแห้ง สารเคมีที่จะช่วยให้ตะกั่วเกาะติดกันเริ่มลดลง ส่งผลให้แรงดึงดูดกันเองของตัวตะกั่วเริ่มไม่ชนะแรงดึงดูดระหว่างตัวตะกั่วกับรูของแผ่นพิมพ์ ในช่วงเวลาแยกบอร์ดกับแผ่นพิมพ์ (Stencil) ผลคือเริ่มมีตะกั่วติดข้างผนังของรูแผ่นพิมพ์มากขึ้นและปริมาณตะกั่วที่พิมพ์ลงไปบนแผ่นวงจรก็เริ่มน้อยลงหรือไม่สม่ำเสมอ การแก้ไขหน้างานคือการเพิ่มความสูงของตะกั่วให้มากขึ้นโดยที่ไม่มีการควบคุมความสูงของตะกั่วที่เหมาะสม

แนวทางการวิเคราะห์จะทำการควบคุมช่วงความสูงของตะกั่วที่ระดับต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.6 เพื่อหาช่วงความสูงที่เหมาะสมสำหรับการควบคุม เพื่อลดสถานะแรงไม่สมดุล (Unbalance Force) ที่ส่งผลโดยตรงต่อการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ และช่วงความสูงของตะกั่วที่ถูกกำหนดไว้อยู่ที่ 3.0-7.5 มิล โดยหน่วยมิล (mils) เป็นหน่วยวัดระยะทางซึ่ง 40 มิลจะเท่ากับ 1 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.6 ความสูงของตะกั่วที่ทำการควบคุมกับการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์

Solder Paste Height (mils)	Input (pcs)	Output (pcs)	Tombstone Capacitor (pcs)	Expose Solder Pad Capacitor (pcs)	Excisive Solder Pad Capacitor (pcs)	% Reject
4.5±0.5	960	906	5	49	0	5.63
5.0±0.5	14,170	14,146	24	0	0	0.17
5.5±0.5	14,170	14,152	18	0	0	0.13
6.0±0.5	14,170	14,159	11	0	0	0.08
6.5±0.5	14,170	14,161	9	0	0	0.06
7.0±0.5	2,400	2,310	4	0	86	3.75

หมายเหตุ : ช่วงความสูงของตะกั่วที่ทำการควบคุมในปัจจุบันคือ 5.0±0.5 มิล

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.6 พบว่าช่วงความสูงของตะกั่วที่ 6.5±0.5 มิล เป็นช่วงที่ทำให้การเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์น้อยลง ดังนั้นผู้ทำวิจัยและทีมงานจึงเลือกทำการทดสอบความแตกต่างของช่วงความสูงของตะกั่วที่ 6.5±0.5 มิล มาเปรียบเทียบกับช่วงความสูงของตะกั่ว ณ ปัจจุบันคือ 5.0±0.5 มิล โดยตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

$$H_0: P_1 \leq P_2$$

$$H_1: P_1 > P_2$$

P_1 : อัตราการเกิดปัญหาทวมส โตนคาปาซิเตอร์ เมื่อทำการควบคุมความสูงของตะกั่วที่ช่วงความสูง 5.0 ± 0.5 มิล

P_2 : อัตราการเกิดปัญหาทวมส โตนคาปาซิเตอร์ เมื่อทำการควบคุมความสูงของตะกั่วที่ช่วงความสูง 6.5 ± 0.5 มิล

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรมมินิแทปได้ผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของช่วงความสูงของตะกั่ว

Sample	X	N	Sample p
Solder height at 5.0 ± 0.5 mils	24	14,170	0.001694
Solder height at 6.5 ± 0.5 mils	9	14,170	0.000635

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: 0.00105857

95% CI for difference: (0.000264557, 0.00185259)

Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 2.61 P-Value = 0.009

จากผลการทดสอบ เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value มีค่ามาก ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ถ้า $P\text{-Value} < \alpha$ หมายถึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ถ้า $P\text{-Value} > \alpha$ หมายถึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

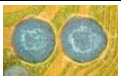
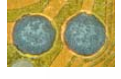



จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.009 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั้น หมายถึงอัตราการเกิดปัญหาทวมส โตนคาปาซิเตอร์เมื่อทำการควบคุมความสูงของตะกั่วที่ช่วงความสูง 5.0 ± 0.5 มิลมากกว่าอัตราการเกิดปัญหาทวมส โตนคาปาซิเตอร์เมื่อทำการควบคุมความสูงของตะกั่วที่ช่วงความสูง 6.5 ± 0.5 มิลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.6.3 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในเรื่อง ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width Spacing between Pads of Stencil)

ปัจจัยอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดปัญหาทวมส โตนคาปาซิเตอร์ คือพื้นที่ของตะกั่วใต้ Terminal กล่าวคือระยะระหว่างแผ่นพิมพ์ยิ่งมากจะทำให้แรงดึงของตะกั่วบริเวณใต้ Terminal น้อยลงส่งผลให้แรงดึงใต้ Terminal ไม่เพียงพอเมื่อเกิดภาวะแรงไม่สมดุล (Unbalance Force) ในช่วง

ของขั้นตอนการหลอมตะกั่ว ดังนั้นผู้ทำการวิจัยและทีมงานจึงได้ทำการออกแบบการทดลองโดยการออกแบบ ระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่ระยะต่างกันเพื่อหาระยะที่เหมาะสมที่สุดในการออกแบบ ระยะระหว่างรูคาปาซิเตอร์ของแผ่นพิมพ์ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์กับการเกิดปัญหาทอมสโตน คาปาซิเตอร์

Pad Spacing (mils)	After Printing	Input (pcs)	Output (pcs)	Tombstone Capacitor (pcs)	Solder Ball (pcs)	% Reject
7		480	471	0	9	1.88
8		14,170	14,162	5	3	0.06
9		14,170	14,163	7	0	0.05
10		14,170	14,161	9	0	0.06
11		14,170	14,159	11	0	0.08
12		14,170	14,156	14	0	0.10
13		14,170	14,152	18	0	0.13
14		14,170	14,151	19	0	0.13

หมายเหตุ : การออกแบบระยะระหว่างรูคาปาซิเตอร์ของแผ่นพิมพ์ที่ใช้ปัจจุบันคือ 13 มิล

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.8 พบว่าการออกแบบระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่ 8 มิลและ 9 มิลทำให้การเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์น้อยลง แต่จะพบว่าระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่ 8 มิลเริ่มส่งผลให้เกิดปัญหา Solder ball ขึ้นด้านข้างคอมโพเน้นท์ซึ่งจะทำให้งานนั้นไม่ผ่านมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด ดังนั้นผู้ทำวิจัยและทีมงานจึงเลือกทำการทดสอบความแตกต่างของการออกแบบระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่ 9 มิลมาเปรียบเทียบกับการออกแบบระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ ณ ปัจจุบันคือ 13 มิล โดยตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

$$H_0: P_1 \leq P_2$$

$$H_1: P_1 > P_2$$

P_1 : อัตราการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ ที่ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่

ระยะ 13 มิล

P_2 : อัตราการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ที่ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่ ระยะ 9 มิล

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรมมินิแทปได้ผลดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์

Sample	X	N	Sample p
Pad spacing 13 mil	18	14,170	0.001271
Pad spacing 9 mil	7	14,170	0.000494
Difference = p (1) - p (2)			
Estimate for difference: 0.000776288			
95% CI for difference: (0.0000850629, 0.00146751)			
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 2.20 P-Value = 0.028			

จากผลการทดสอบ เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความ ผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value มีค่ามาก ซึ่ง เกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า $P\text{-Value} < \alpha$ หมายถึง ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)


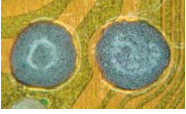



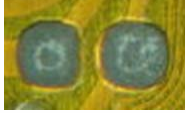

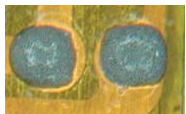

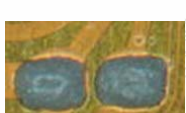
ค่า $P\text{-Value} > \alpha$ หมายถึง ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.028 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั้น หมายถึงอัตราการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ที่ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่ระยะ 13 มิล มากกว่าอัตราการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ที่ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่ระยะ 9 มิล อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.6.4 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในเรื่อง ลักษณะรูของแผ่นพิมพ์

จากอดีตตั้งแต่ 2 ปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน มีวิศวกรหลาย ๆ ท่านได้ออกแบบลักษณะ รูของแผ่นพิมพ์หลายรูปแบบ แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าลักษณะรูของแผ่นพิมพ์แบบใดที่เหมาะสม และสามารถลดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ได้มากที่สุด ผู้ทำการวิจัยและทีมงานจึงทำการทดลองเพื่อ หาแบบรูของแผ่นพิมพ์ที่เหมาะสม โดยการออกแบบลักษณะรูของแผ่นพิมพ์ที่มีลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะรูที่ได้เลือกมาทำการทดลองนี้มีอยู่ 5 แบบ ซึ่งเป็นการคัดเลือกจากแผ่นพิมพ์ที่มีการ ออกแบบจากวิศวกรผู้มีประสบการณ์หน้างาน สามารถหาได้จากของเดิมที่มีอยู่แล้วในกระบวนการ ผลิตและอยู่ในสภาพใช้งานได้ เพราะเนื่องจากต้องใช้ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงหากต้องสั่งซื้อแบบของ แผ่นพิมพ์ใหม่แต่ละแบบเข้ามาทำการทดลอง ผู้วิจัยและทีมงานจึงเลือกทำการทดลองกับแบบลักษณะ รูของแผ่นพิมพ์ที่มีอยู่ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบแบบรูปของแผ่นพิมพ์กับการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์

No.	Aperture Shape	After printing	Input (pcs)	Output (pcs)	Tombstone Capacitor (pcs)	%Reject
1			14,170	14,154	16	0.11
2			14,170	14,152	18	0.13
3			14,170	14,148	22	0.16
4			14,170	14,150	20	0.15
5			14,170	14,147	23	0.16

หมายเหตุ : ปัจจุบันใช้แบบรูปของแผ่นพิมพ์แบบที่ 1 ในกระบวนการผลิต

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.10 พบว่าแบบรูปของแผ่นพิมพ์ที่มีลักษณะแบบที่ 1 และ 2 ทำให้การเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์น้อยลง ดังนั้นผู้ทำวิจัยและทีมงานจึงเลือกทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างแบบรูปของแผ่นพิมพ์ที่มีลักษณะแบบที่ 1 และ 2 เปรียบเทียบกันโดยตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

$$H_0: P_1 \leq P_2$$

$$H_1: P_1 > P_2$$

P_1 : อัตราการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ เมื่อทำการออกแบบรูปของแผ่นพิมพ์ที่มีลักษณะแบบที่ 1

P_2 : อัตราการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ เมื่อทำการออกแบบรูปของแผ่นพิมพ์ที่มีลักษณะแบบที่ 2

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรมมินิแทปได้ผลดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของลักษณะรูของแผ่นพิมพ์

Sample	X	N	Sample p
ลักษณะรูแบบที่ 1	16	14,170	0.001129
ลักษณะรูแบบที่ 2	18	14,170	0.001270

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: -0.000141143

95% CI for difference: (-0.000947182, 0.000664896)

Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -0.34 P-Value = 0.731

จากผลการทดสอบ เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value มีค่ามาก ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า $P\text{-Value} < \alpha$ หมายถึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ค่า $P\text{-Value} > \alpha$ หมายถึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.731 ซึ่งมากกว่า 0.05 นั้นหมายถึงอัตราการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ของแบบรูของแผ่นพิมพ์ที่มีลักษณะแบบที่ 1 ไม่มากกว่าอัตราการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ที่ของแบบรูของแผ่นพิมพ์ที่มีลักษณะแบบที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.6.5 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องของเครื่องวางคอมโพเน้นไม่ตรงตำแหน่ง

ปัจจัยภายนอกที่ส่งผลให้เครื่องวางไม่ตรงตำแหน่งคือ คุณภาพของตัวจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Nozzle) ตัวป้อนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Feeder) และประสิทธิภาพของเครื่องจักรหรือความเที่ยงตรงแม่นยำของเครื่อง

ในส่วนของการควบคุมคุณภาพของตัวจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Nozzle) ตัวป้อนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Feeder) เป็นปัจจัยที่เราไม่นำมาวิเคราะห์ เพราะเนื่องจากที่ผ่านมาได้มีการดำเนินการควบคุมคุณภาพของตัวจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Nozzle) ตัวป้อนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Feeder) อย่างมีระบบโดยแผนกซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร (Preventive Maintenance Section) ซึ่งการดำเนินการในการควบคุมคุณภาพประกอบไปด้วย การจัดแผนการบำรุงรักษา การควบคุมคุณภาพของตัวจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Nozzle) ตัวป้อนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Feeder) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลระยะเวลาการใช้งานจริงและนำมาเปรียบเทียบกับระยะเวลาการใช้งานที่กำหนดในคู่มือ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง แม่นยำในการกำหนดแผนการบำรุงรักษาตลอดจนการควบคุมระยะเวลาการเปลี่ยน

รวมถึงการอบรมพนักงานให้ทราบถึงการใช้งานที่ถูกต้อง การดูแลรักษาและสามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นกับตัวจับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Nozzle) ตัวป้อนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Feeder)

ขั้นตอนการวิเคราะห์จะมุ่งเน้นไปในเรื่องของประสิทธิภาพของเครื่องจักร ความแม่นยำในการวางคอมโพเน้นท์ เนื่องจากเครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แต่ละเครื่องมีอายุการใช้งานมากกว่า 5 ปี และที่ผ่านมาก็ขาดการบำรุงรักษาที่ดี ซึ่งขั้นตอนการทดลองจะทำการเปรียบเทียบความแม่นยำในการวาง (Mount Accuracy) ของเครื่องวางคอมโพเน้นท์ทั้งก่อนและหลังการสอบเทียบ จะแสดงเป็นกราฟความแม่นยำของเครื่องวางคอมโพเน้นท์ (ภาคผนวก ก.) จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลของการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ของเครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ก่อนและหลังการสอบเทียบ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการเปรียบเทียบการเกิดปัญหาการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ของเครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ก่อนและหลังการสอบเทียบ

Yamaha Machine	Input (pcs)	Output (pcs)	Tombstone Capacitor (pcs)	% Reject
Before Calibration	14,170	14,149	21	0.15%
After Calibration	14,170	14,154	16	0.11%

การทดสอบความแตกต่างระหว่างความแม่นยำของเครื่องวางคอมโพเน้นท์ปัจจุบันก่อนการรับการสอบเทียบ เปรียบเทียบกับความแม่นยำของเครื่องวางคอมโพเน้นท์หลังการสอบเทียบ โดยการตั้งสมมติฐานดังนี้

$$H_0: P_1 \leq P_2$$

$$H_1: P_1 > P_2$$

P_1 : อัตราการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ ของเครื่องวางคอมโพเน้นท์ที่ยังไม่ได้รับการสอบเทียบ

P_2 : อัตราการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ ของเครื่องวางคอมโพเน้นท์หลังการสอบเทียบ

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรมมินิแทปได้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของเครื่องวางคอมโพเน้นท์

Sample	X	N	Sample p
Before Calibration	21	14,170	0.001482
After Calibration	16	14,170	0.001129

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: 0.000352858

95% CI for difference: (-0.000487937, 0.00119365)

Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 0.82 P-Value = 0.411

จากผลการทดสอบ เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value มีค่ามาก ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า $P\text{-Value} < \alpha$ หมายถึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ค่า $P\text{-Value} > \alpha$ หมายถึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.411 ซึ่งมากกว่า 0.05 นั้นหมายถึงอัตราการเกิดปัญหาทวมส โตนคาปาซิเตอร์ ของเครื่องวางคอมโพเน้นท์ก่อนการสอบเทียบไม่มากกว่าอัตราการเกิดปัญหาทวมส โตนคาปาซิเตอร์ ของเครื่องวางคอมโพเน้นท์หลังการสอบเทียบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.6.6 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องของอัตราการไหลของไนโตรเจน (Nitrogen Flow Rate)

ในขั้นตอนการอบตะกั่วด้วยเครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน (Reflow Machine) จะมีสารเคมีที่ป้อนเข้าไปเพื่อช่วยเร่งให้ตะกั่วเกิดการหลอมละลายกับ Flux ได้ดียิ่งขึ้น แต่อัตราการไหลของไนโตรเจนที่ใช้จะมีผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน กล่าวคือหากอัตราการไหลของไนโตรเจนน้อยเกินไปจะส่งผลให้เกิดปัญหาตะกั่วไม่เกิดการหลอมละลาย (No Reflow Problem) ตะกั่วด้าน (Cold Solder Problem) หรือหากมีอัตราการไหลของไนโตรเจนมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดปัญหาทวมสโตนคอมโพเน้นท์ (Tombstone Component Problem) และปัญหาเกิดการหลอมละลายมากเกินไป (Over Reflow Problem)

ขั้นตอนการวิเคราะห์จะทดลองอัตราการไหลของไนโตรเจนที่เหมาะสมในการใช้งานและสามารถลดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ (Tombstone Capacitor) โดยผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบอัตราการไหลของไนโตรเจนกับการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์

Nitrogen Flow rate (SCFH)	Input (pcs)	Output (pcs)	Tombstone Capacitor (pcs)	Poor Solder (pcs)	% Reject
1500±50	14,170	14,144	26	0	0.18%
1400± 50	14,170	14,148	22	0	0.16%
1300±50	14,170	14,152	18	0	0.13%
1200±50	14,170	14,154	16	0	0.11%
1100±50	14,170	14,146	13	11	0.17%
1000±50	14,170	14,144	11	15	0.18%

หมายเหตุ : อัตราการไหลของไนโตรเจนที่ใช้ปัจจุบันคือ 1500±50 SCFH (โดยที่หน่วย SCFH หมายถึง Standard Cubic Foot per Hour)

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.14 พบว่าอัตราการไหลของไนโตรเจนที่ 1200±50 SCFH ทำให้การเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์น้อยลง ดังนั้นผู้ทำวิจัยและทีมงานจึงเลือกทำการทดสอบความแตกต่างของอัตราการไหลของไนโตรเจนที่ 1200±50 SCFH มาเปรียบเทียบกับอัตราการไหลของไนโตรเจนที่ใช้ปัจจุบันคือ 1500±50 SCFH โดยตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

$$H_0: P_1 \leq P_2$$

$$H_1: P_1 > P_2$$

P_1 : อัตราการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ ที่อัตราการไหลของไนโตรเจน 1500±50 SCFH

P_2 : อัตราการเกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ ที่อัตราการไหลของไนโตรเจน 1200±50 SCFH

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรมมินิแทปได้ผลดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องอัตราการไหลของไนโตรเจนที่ใช้

Sample	X	N	Sample p
$N_2 = 1500 \pm 50$ SCFH	26	14,170	0.001835
$N_2 = 1200 \pm 50$ SCFH	16	14,170	0.001129

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: 0.000705716

95% CI for difference: (-0.000189984, 0.00160142)

Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 1.54 P-Value = 0.123

จากผลการทดสอบ เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value มีค่ามาก ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า $P\text{-Value} < \alpha$ หมายถึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ค่า $P\text{-Value} > \alpha$ หมายถึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.123 ซึ่งมากกว่า 0.05 นั้นหมายถึงอัตราการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ที่อัตราการไหลของไนโตรเจน 1500 ± 50 SCFH ไม่มากกว่าอัตราการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ที่อัตราการไหลของไนโตรเจน 1200 ± 50 SCFH อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.6.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Reflow Profile)

เครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน (Reflow Machine) ทำหน้าที่หลอมละลายตะกั่วให้เชื่อมต่อกันระหว่างคอมโพเน้นท์กับลายวงจร (Pad) สิ่งที่สำคัญคืออัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิช่วงต่าง ๆ ที่แผ่นวงจรกำลังเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในเตาอบนั้นมีผลต่อการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ซึ่งในการออกแบบการทดลองจะทำการเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 2 แบบคือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบรวดเร็วก่อนการหลอมละลาย (Ramp) และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบช้าก่อนการหลอมละลาย (Soak) โดยผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก่อนการหลอมละลายกับการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์

Reflow Profile	Input (pcs)	Output (pcs)	Tombstone Capacitor (pcs)	% Reject
Ramp	14,170	14,243	27	0.19%
Soaking	14,170	14,156	14	0.10%

หมายเหตุ : ปัจจุบันใช้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นแบบ Ramp

การทดสอบความแตกต่างระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบรวดเร็วก่อนการหลอมละลาย (Ramp) เปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบช้าก่อนการหลอมละลาย (Soak) โดยการตั้งสมมติฐานดังนี้

$$H_0: P_1 \leq P_2$$

$$H_1: P_1 > P_2$$

P₁: อัตราการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบรวดเร็วก่อนการหลอมละลาย (Ramp)

P₂: อัตราการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบช้าก่อนการหลอมละลาย (Soak)

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรมมินิแทปได้ผลดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบสมมติฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Reflow Profile)

Sample	X	N	Sample p
Ramp	27	14,170	0.001905
Soaking	14	14,170	0.000988

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: 0.000917431

95% CI for difference: (0.0000324701, 0.00180239)

Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 2.03 P-Value = 0.042

จากผลการทดสอบ เมื่อนำค่า P-Value ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 ของการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value มีค่ามาก ซึ่งในการตัดสินใจคือ

ค่า P-Value < α หมายถึง ปฏิเสธสมมติฐาน H₀ (Accept H₁)

ค่า P-Value > α หมายถึง ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H₀

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.042 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั้นหมายถึงอัตราการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบรวดเร็วก่อนการหลอมละลาย (Ramp) มากกว่าอัตราการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบช้าก่อนการหลอมละลาย (Soak) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องเพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยตัวใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ สามารถสรุปการทดสอบสมมติฐานของข้อบกพร่องทั้ง 6 ปัจจัย แสดงในตารางที่ 4.18 โดยเรียงลำดับค่า RPN-Score จากค่ามากไปน้อย

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการทดสอบสมมุติฐานของข้อบกพร่องทั้ง 6 ปัจจัย

ลำดับ	สาเหตุ	RPN	สมมุติฐาน		ผลสมมุติฐาน
1	ความสูงของตะกั่ว (Too Low Solder Paste Height)	384	$H_0: P_1 \leq P_2$ $H_1: P_1 > P_2$	P_1 และ P_2 ดูหน้า ที่ 68	ปฏิเสธ H_0
2	ระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Too Wide Spacing between Pad)	288	$H_0: P_1 \leq P_2$ $H_1: P_1 > P_2$	P_1 และ P_2 ดูหน้า ที่ 69 และ 70	ปฏิเสธ H_0
3	อัตราการไหลของไนโตรเจนที่ใช้มาก (Too High N_2 Flow Rate)	224	$H_0: P_1 \leq P_2$ $H_1: P_1 > P_2$	P_1 และ P_2 ดูหน้า ที่ 75	ยอมรับ H_0
4	เครื่องวางคอมโพเน้นไม่ตรง (Misalignment of Component Placing)	192	$H_0: P_1 \leq P_2$ $H_1: P_1 > P_2$	P_1 และ P_2 ดูหน้า ที่ 73	ยอมรับ H_0
5	อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่อง อบตะกั่ว (Reflow Profile)	192	$H_0: P_1 \leq P_2$ $H_1: P_1 > P_2$	P_1 และ P_2 ดูหน้า ที่ 77	ปฏิเสธ H_0
6	ลักษณะรูของแผ่นพิมพ์สำหรับปาดตะกั่ว (Aperture Shape)	144	$H_0: P_1 \leq P_2$ $H_1: P_1 > P_2$	P_1 และ P_2 ดูหน้า ที่ 71	ยอมรับ H_0

จากผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องทั้ง 6 ปัจจัยดังตารางที่ 4.18 ทำให้ทราบว่าข้อบกพร่องที่มีผลต่อปัญหาและต้องทำการปรับปรุงคือ ความสูงของตะกั่ว ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ และอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วของเครื่องอบตะกั่ว ซึ่งในขั้นตอนต่อไปผู้ทำการวิจัยจะนำทั้ง 3 ข้อบกพร่องไปทำการปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป

4.7 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

4.7.1 การออกแบบการทดลองแบบ 2^3 Full Factorial

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบ และทำการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) กับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) นั้นๆ และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่จะทำให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV) ที่ดีที่สุด

จากการวิเคราะห์จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อคัดกรองปัจจัยต่าง ๆ (Screening Factor) มีปัจจัยที่ต้องปรับปรุงคือ 1. ความสูงของตะกั่ว 2. ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ และ 3. อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว โดยยังไม่ทราบค่าปัจจัยที่เหมาะสม ดังนั้นผู้ทำการวิจัยและทีมงานจึงทำการกำหนดระดับของแต่ละปัจจัยต่าง ๆ ดังตารางที่ 4.19 และออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมโดยใช้การทดลองแบบ 2^3 Full Factorial

ตารางที่ 4.19 คุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้าในแบบการทดลอง

Factor	KPIV		Unit
	Current	New	
Solder Paste Height	5±0.5	6.5±0.5	mils
Pad Spacing	13	9	mils
Reflow Profile	Ramp	Soaking	

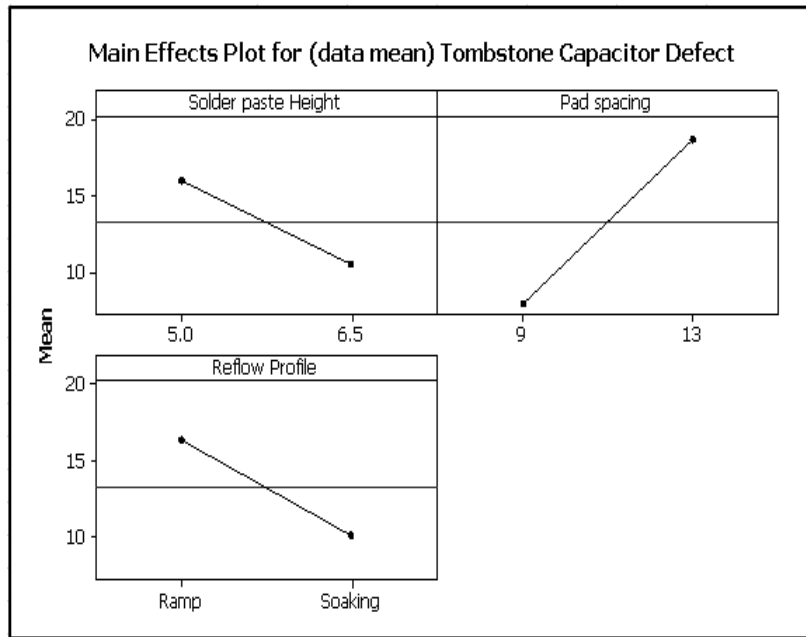
จากตารางที่ 4.19 เป็นคุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้าในแบบการทดลอง โดยมี 3 ปัจจัย ซึ่งทั้งสามปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ แบบการทดลองดังกล่าวจะใช้การทดลองแบบ 2^k โดยการทดลองจะกำหนดค่าการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง เนื่องจากต้องการทราบสาเหตุที่ชัดเจน ดังนั้นจึงเลือกทดลองแบบ 2^k ได้แบบการทดลอง 16 การทดลอง จากนั้นทีมงานได้ทำการทดลองซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการทดลองแบบ 2^3 Full Factorial

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A : Solder Height (mils)	B : Pad spacing (mils)	C : Reflow Profile	Input (pcs)	Output (pcs)	Tombstone Capacitor (pcs)
1	1	1	1	5	9	Ramp	14,170	14,146	14
2	2	1	1	6.5	9	Ramp	14,170	14,153	7
3	3	1	1	5	13	Ramp	14,170	14,136	24
4	4	1	1	6.5	13	Ramp	14,170	14,139	21
5	5	1	1	5	9	Soak	14,170	14,153	7
6	6	1	1	6.5	9	Soak	14,170	14,157	3
7	7	1	1	5	13	Soak	14,170	14,141	19
8	8	1	1	6.5	13	Soak	14,170	14,148	12
9	9	1	1	5	9	Ramp	14,170	14,147	13
10	10	1	1	6.5	9	Ramp	14,170	14,154	6
11	11	1	1	5	13	Ramp	14,170	14,135	25
12	12	1	1	6.5	13	Ramp	14,170	14,139	21
13	13	1	1	5	9	Soak	14,170	14,151	9
14	14	1	1	6.5	9	Soak	14,170	14,156	4
15	15	1	1	5	13	Soak	14,170	14,143	17
16	16	1	1	6.5	13	Soak	14,170	14,150	10

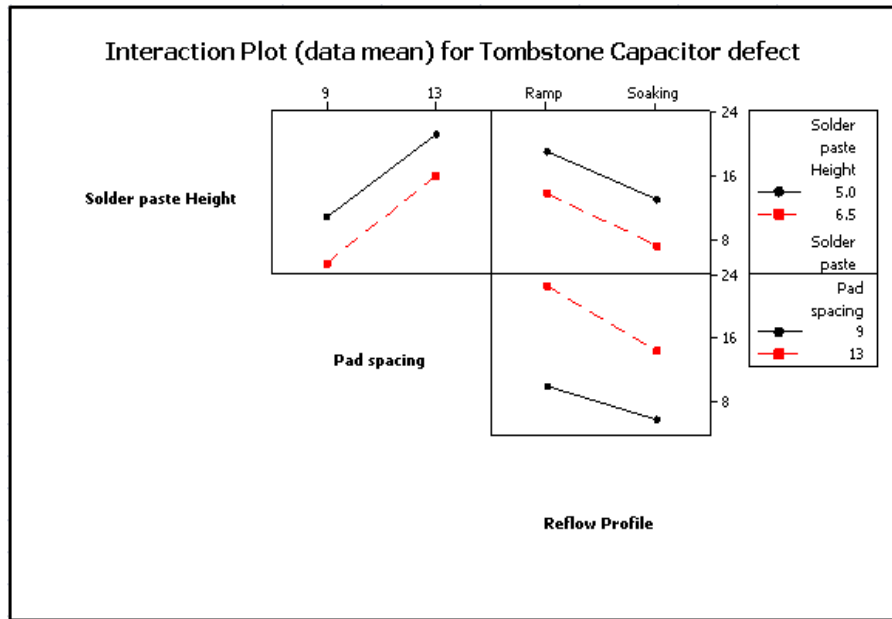
จากตารางที่ 4.20 เป็นผลการทดลอง 16 การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรตอบสนองของกระบวนการกับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการนั้นๆ โดยผลการทดลองข้างต้นจะนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมของแต่ละปัจจัยโดยใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการวิเคราะห์ [รายละเอียดดังภาคผนวก ค]

ผลการทดลองแบบ 2^3 Full Factorial เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของสาเหตุหลักแสดงได้ดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 ผลกระทบหลักของปัจจัยเดี่ยว

จากกราฟรูปที่ 4.29 เป็นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของสาเหตุหลักแต่ละตัวจากการปรับตั้งค่าที่ต่ำที่สุดไปสู่อันดับที่สูงที่สุด ซึ่งจะมีแนวโน้มการเกิดปัญหาทวมสโตน โดย ความสูงของตะกั่ว เปลี่ยนแปลงจาก 5.0 ± 0.5 เป็น 6.5 ± 0.5 มิล จะทำให้เกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ น้อยลง ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ เปลี่ยนแปลงจาก 13มิล ลดลงไปถึง 9 มิล ทำให้เกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลง และอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว จากการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบเร็วเป็นการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้า ทำให้เกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์น้อยลง



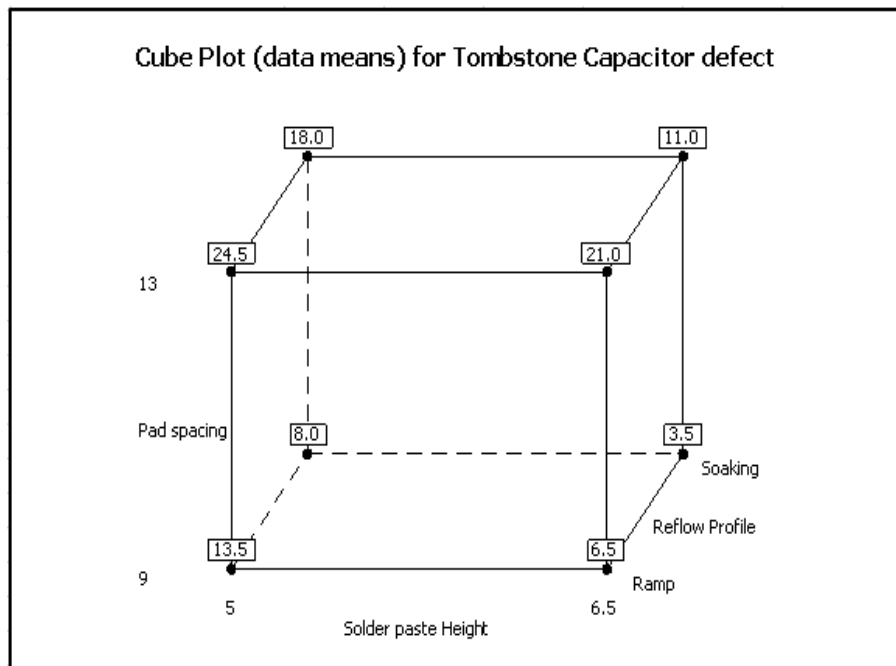
รูปที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแต่ละตัว

จากกราฟรูปที่ 4.30 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของตะกั่ว กับระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ จะพบว่า ความสูงของตะกั่ว ที่ 6.5 ± 0.5 มิล และระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ ที่ 9 มิล ทำให้เกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลง ส่วน ความสูงของตะกั่วที่ 5.0 ± 0.5 มิล และระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่ 9 มิล ทำให้เกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลง สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของตะกั่วกับระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ไม่มี Interaction ต่อกัน

ความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของและอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว จะพบว่า ความสูงของตะกั่วที่ 6.5 ± 0.5 มิล และการใช้ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่วแบบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้า ทำให้เกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลงส่วนความสูงของตะกั่วที่ 5.0 ± 0.5 มิล และการใช้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่วแบบการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้าทำให้เกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลง สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของตะกั่วกับอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่วไม่มี Interaction ต่อกัน

ความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ และอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่วจะพบว่าระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่ 9 มิล และการใช้ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่วแบบการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้า ทำให้เกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลงส่วนระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ 13 มิล และการใช้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) แบบการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้า ทำให้เกิดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลง สรุปได้ว่า

ความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์กับอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของ เครื่องอบตะกั่ว ไม่มี Interaction ต่อกัน



รูปที่ 4.31 Factorial Plot

จากรูปที่ 4.31 แสดงผลการทดลอง Factorial Plot ทำให้ทราบแนวทางการปรับปรุงว่าควรมี การปรับค่าการทดลอง คือ การควบคุมความสูงของตะกั่วที่ 6.5 ± 0.5 มิล ระยะห่างระหว่างรูของแผ่น พิมพ์อยู่ที่ 9 มิล และ กำหนดอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่วเป็นแบบการ เปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้าสามารถทำให้ปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลง มากที่สุดเมื่อทำการปรับปรุงแล้ว จากนั้นจะทำการควบคุมตัวแปรในขั้นต่อไป

4.7.2 การนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

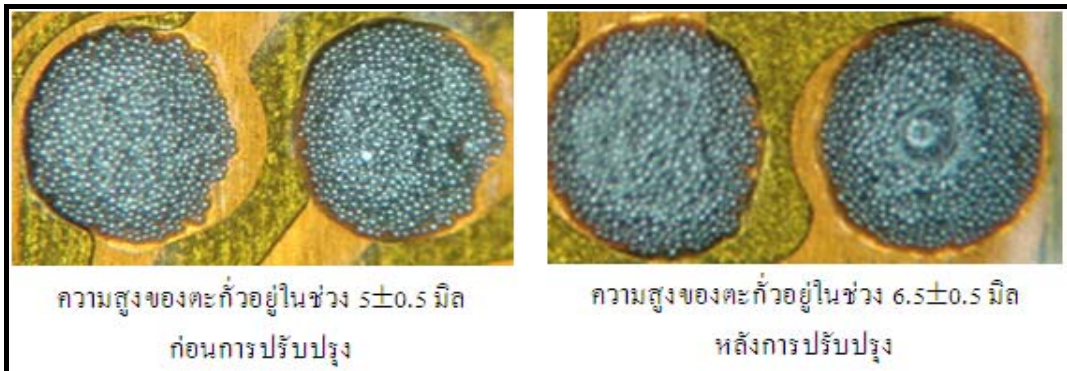
แนวทางการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของปัญหาที่มีความ สำคัญและข้อบกพร่องที่ไม่มีความแตกต่างแต่ต้องทำการปรับปรุงให้ดีขึ้น สามารถอธิบายดัง ตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ผลการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขของปัญหา

กระบวนการผลิต	สาเหตุของปัญหา	แนวทางการปรับปรุง	จุดมุ่งหมาย	พิสูจน์ ชิกส์ ชิกมา
1. ขั้นตอนการพิมพ์ตะกั่ว (Solder Paste Printing)	1.1 ความสูงของตะกั่วอยู่ในค่าต่ำ	- ปรับเพิ่มตะกั่วให้มากขึ้น โดยการปรับปรับช่วงการควบคุมความสูงของตะกั่ว จาก 5 ± 0.5 มิล เป็น 6.5 ± 0.5 มิล - เพิ่มช่วงการสู่วัดความสูงของตะกั่วจาก 4 ชั่วโมง/ครั้ง เป็น 2 ชั่วโมง/ครั้ง	เพื่อแก้ปัญหาตะกั่ว น้อย เมื่อจำนวน ชั่วโมงทำงานปริ้น ตะกั่วมากขึ้น	ทดสอบอัตราการเกิดปัญหา ทูมโตสนคอมโพเน้น หลังการปรับปรุง
	1.2 ระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์มากเกินไป	- ออกแบบรูของแผ่นพิมพ์ ให้มีระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ไม่น้อยลงที่ 9 มิล - กำหนดใบตรวจสอบสภาพของแผ่นพิมพ์ทุก ๆ ตันกะ	เพื่อเพิ่มแรงดึง ระหว่างตะกั่วและพื้นที่ใต้ Terminal ของคอมโพเน้นที่ให้มากขึ้นเมื่อเกิดภาวะ Unbalanced Force	ทดสอบอัตราการเกิดปัญหา ทูมโตสนคอมโพเน้น หลังการปรับปรุง
2. ขั้นตอนการวางคอมโพเน้นท์ (Component Placement)	2.1 เครื่องวางคอมโพเน้นท์ไม่ตรงตำแหน่ง	- กำหนดให้มีการสอบเทียบ ทุก ๆ 1 เดือนโดยช่างและ การสอบเทียบทุก ๆ 1 ปี โดย บริษัท ตัว แทน ผู้จำหน่าย - จัดฝึกอบรมพนักงานในการ สอบเทียบ ความเที่ยงตรง ความแม่นยำในการหยิบจับวางคอมโพเน้นท์	เพื่อ ร ำ ร ง ไว้ ซึ่ง ประสิทธิภาพของ เครื่องวางคอมโพเน้นท์ในการวางคอมโพเน้นท์ได้อย่างเที่ยงตรงและแม่นยำ	ทดสอบ Accuracy ของ เครื่องก่อนและหลังการปรับปรุง
3. ขั้นตอนการอบตะกั่ว (Reflow Profile)	3.1 อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบรวดเร็วก่อนการหลอมละลาย	- ปรับช่วงอุณหภูมิก่อนการ หลอมละลายให้สั้นขึ้น หรือ ปรับ อัตรา การ เปลี่ยนแปลง อุณหภูมิ แบบช้าก่อนการหลอมละลาย	เพื่อลดความแตกต่างของอุณหภูมิของ ตะกั่วทั้งสองด้าน ก่อนหลอมละลาย	ทดสอบอัตราการเกิด ปัญหาทูมโตสนคอมโพเน้น หลังการปรับปรุง
	3.2 อัตราการไหลของไนโตรเจนมากเกินไป	- ศึกษาอัตราการไหลของไนโตรเจนที่เหมาะสมโดยการลดอัตราการไหลของไนโตรเจนลงและศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้น	เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไนโตรเจนลง	

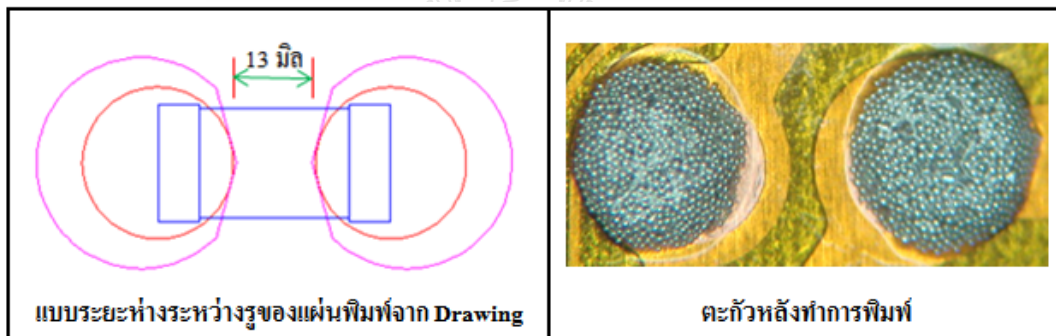
จากตารางการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงตารางที่ 4.20 สามารถอธิบายความสัมพันธ์กับแนวทางการปรับปรุงดังนี้

4.7.2.1 นำเสนอวิธีการปรับปรุงการควบคุมความสูงของตะกั่ว (Solder Paste Height) ในขั้นตอนการพิมพ์ลายวงจรเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง อธิบายรายละเอียดดังรูปที่ 4.32

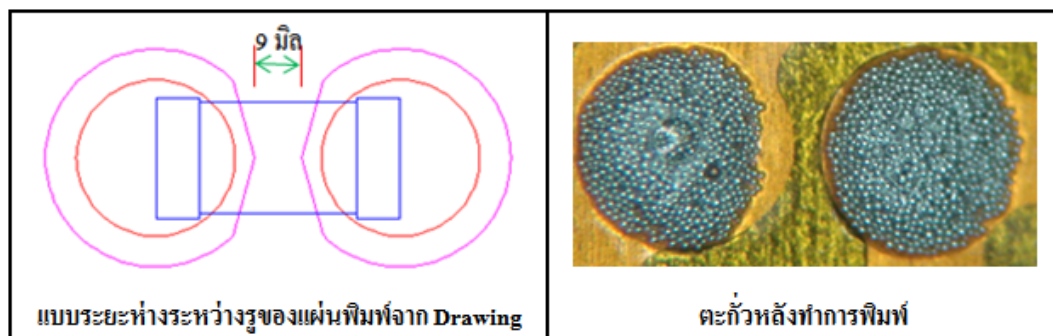


รูปที่ 4.32 ความสูงของตะกั่วก่อนและหลังการปรับปรุง

4.7.2.2 นำเสนอวิธีการปรับปรุงระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) ในขั้นตอนการพิมพ์ลายวงจรเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง อธิบายรายละเอียดดังรูปที่ 4.33 และ 4.34

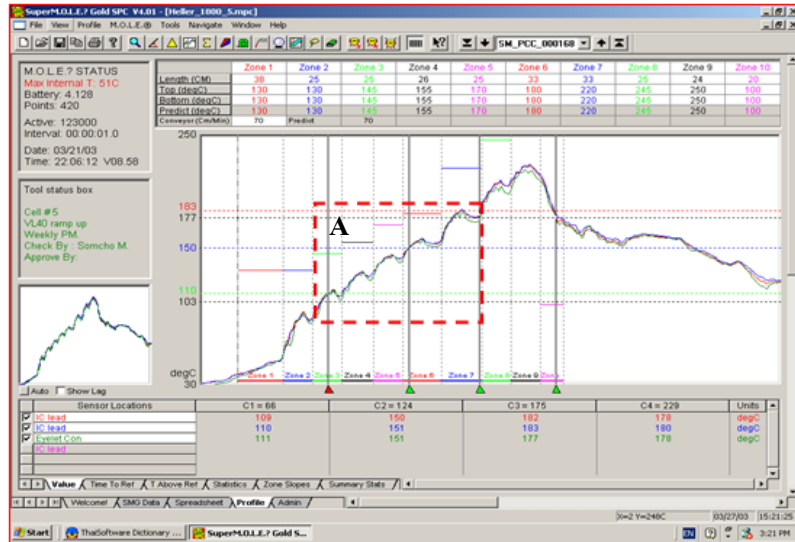


รูปที่ 4.33 ระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์จาก Drawing และตะกั่วหลังทำการพิมพ์ก่อนการปรับปรุง



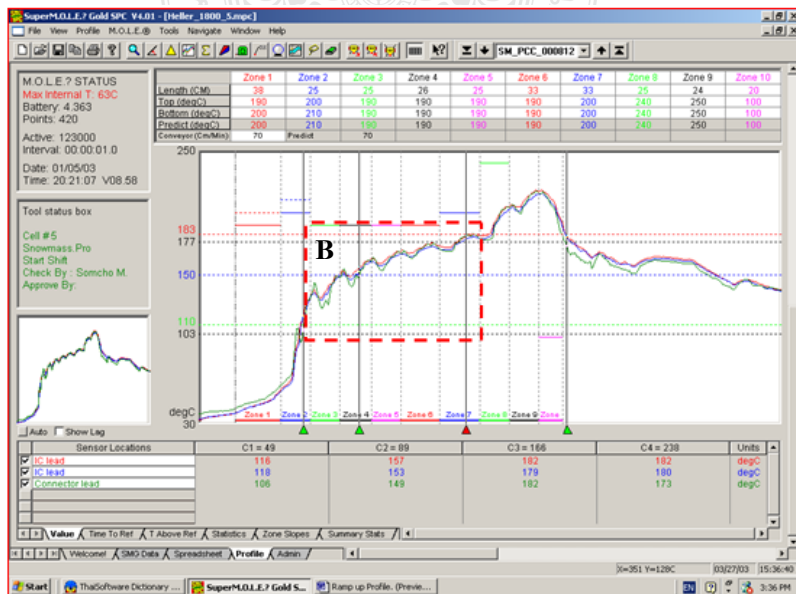
รูปที่ 4.34 ระยะระหว่างรูของแผ่นพิมพ์จาก Drawing และตะกั่วหลังทำการพิมพ์หลังการปรับปรุง

4.7.2.3 นำเสนอวิธีการปรับปรุงการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวแบบช้าๆ (Soaking) ในขั้นตอนการหลอมตะกั่วเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง อธิบายรายละเอียดดังรูปที่ 4.35 และ รูปที่ 4.36



รูปที่ 4.35 อุณหภูมิแต่ละ โซนของเครื่องอบตะกั่วก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.34 พบว่าช่วงอุณหภูมิช่วง A ก่อนการหลอมตะกั่วมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิของตะกั่วทั้ง 2 ฟังเกี่ยวข้องกับทิศทางการไหลลงานสำหรับตะกั่วที่อยู่ด้านหน้าจะมีอุณหภูมิสูงกว่าและเกิดการหลอมเป็นของเหลวก่อนอีกฝั่งหนึ่งจะยังคงโพเนนที่ไว้ทำให้อีกฝั่งหนึ่งยกตัวขึ้นที่เรียกว่า Tombstone



รูปที่ 4.36 อุณหภูมิแต่ละ โซนของเครื่องอบตะกั่วหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.35 พบว่าช่วง B ก่อนการหลอมตะกั่วมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างช้าทำให้อุณหภูมิของตะกั่วทั้ง 2 ฝั่งไม่เกิดความแตกต่างและหลอมเป็นของเหลวพร้อมกันทำให้สามารถลดปัญหาความแตกต่างของอุณหภูมิกับทิศทางการไหลงาน

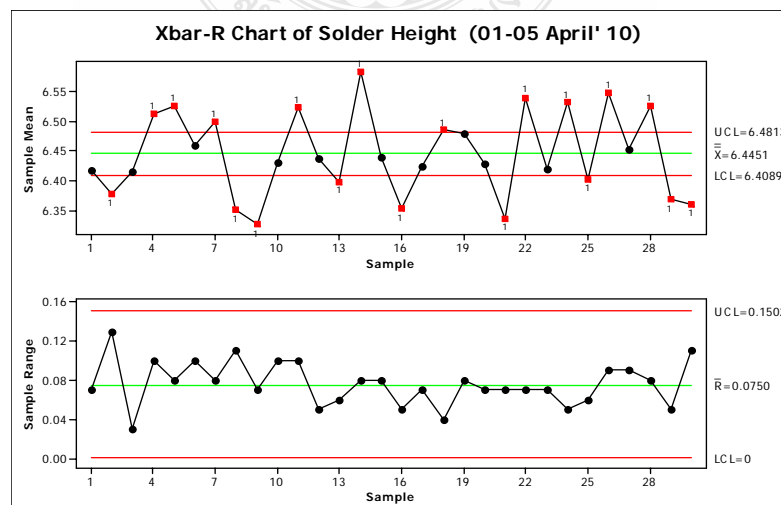
4.8 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

การควบคุมข้อบกพร่องต่าง ๆ ซึ่งจะมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม ต้องพยายามควบคุมระบบการทำงานเพื่อจะไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำอีก หรือเป็นการตรวจติดตามปัญหาอย่างต่อเนื่องเพื่อควบคุมผิดปกติของกระบวนการและต้องควบคุมทั้งปัจจัยภายในและภายนอกด้วย โดยได้ทำการออกแบบและทดลองจัดสร้างระบบเอกสารการปฏิบัติงานในการควบคุมคุณภาพดังนี้

4.8.1 ความสูงของตะกั่วไม่ไปตามการควบคุม

ในการควบคุมนั้นจะเป็นหน้าที่ของช่างเทคนิคฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต เป็นผู้ปรับพารามิเตอร์ของเครื่องทุกครั้ง que เริ่มต้นกระบวนการผลิตของโมเดลเดนาลีเพื่อให้ความสูงของตะกั่วอยู่ในช่วงความสูงที่กำหนด (6.5 ± 0.5 mils) และทำการบันทึกพารามิเตอร์ในแบบฟอร์ม (Check Sheet) โดยผู้ที่ทำหน้าที่วัดความสูงของตะกั่วโดยใช้เครื่องวัดความสูงของตะกั่วคือพนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ การเฝ้าระวังคือพนักงานจะต้องทำการวัดค่าความสูงของตะกั่วทุก 2 ชั่วโมงและแจ้งช่างเทคนิคฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิตเมื่อค่าที่วัดได้ออกนอกช่วงที่ควบคุม

เนื่องจากค่าความสูงของตะกั่วเป็นข้อมูลเชิงแปรผัน (Variable Data) ซึ่งจะใช้แผนภูมิ Xbar-R Chart โดยพิจารณาความผิดปกติที่เกิดขึ้นของค่าความสูงของตะกั่วที่บ่งบอกถึงสถานะของกระบวนการที่ออกนอกการควบคุมเบื้องต้น จากการเก็บข้อมูลจากการวัดค่าความสูงของตะกั่วทุก 2 ชั่วโมงเป็นเวลา 5 วัน สามารถอธิบายเป็นกราฟโปรแกรม Minitab เป็นกราฟแผนภูมิควบคุมเชิงผันแปรกราฟแผนภูมิ Xbar-Chart ดังรูปที่ 4.37



รูปที่ 4.37 แผนภูมิควบคุม Xbar-R สำหรับค่าความสูงของตะกั่ว

จากรูปที่ 4.36 แผนภูมิควบคุม X-barR สำหรับค่าความสูงของตะกั่วพบว่ามีความสูงของตะกั่วออกนอกช่วงการควบคุมของค่าเฉลี่ย (Mean) แต่อยู่ในช่วงของค่าความสูงที่ทีมงานทำการควบคุมคือ 6.5 ± 0.5 mils ซึ่งจะไม่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาทวมสโตนคอมโพเน้นท์เพิ่มขึ้น

4.8.2 ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์

ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่ได้ทำการออกแบบนั้นจะต้องอยู่ในสเปคที่ทำการออกแบบไว้ และจะต้องผ่านการตรวจสอบ โดยการวัดระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์เทียบกับแบบจะต้องไม่ต่างกัน โดยการตรวจสอบนั้นจะเป็นหน้าที่ของช่างเทคนิคฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต ในการตรวจสอบจะทำได้ครั้งแรกของการนำแผ่นพิมพ์ตัวใหม่ เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต ถ้าผลการตรวจสอบไม่ผ่านจะส่งคืนให้ทางผู้ขายกลับนำไปซ่อม

4.8.3 อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile)

การควบคุมในขั้นตอนนี้จะใช้การเฝ้าระวัง โดยเป็นหน้าที่ของช่างเทคนิคฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต สิ่งที่สำคัญที่ควรตรวจสอบก่อนการใช้งานเครื่องคือ อุณหภูมิแต่ละโซน ต้องเป็นไปตามกราฟมาตรฐาน ของคุณสมบัติหรือชนิดของตะกั่ว โดยคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) และ Parameter setting control ในการควบคุม

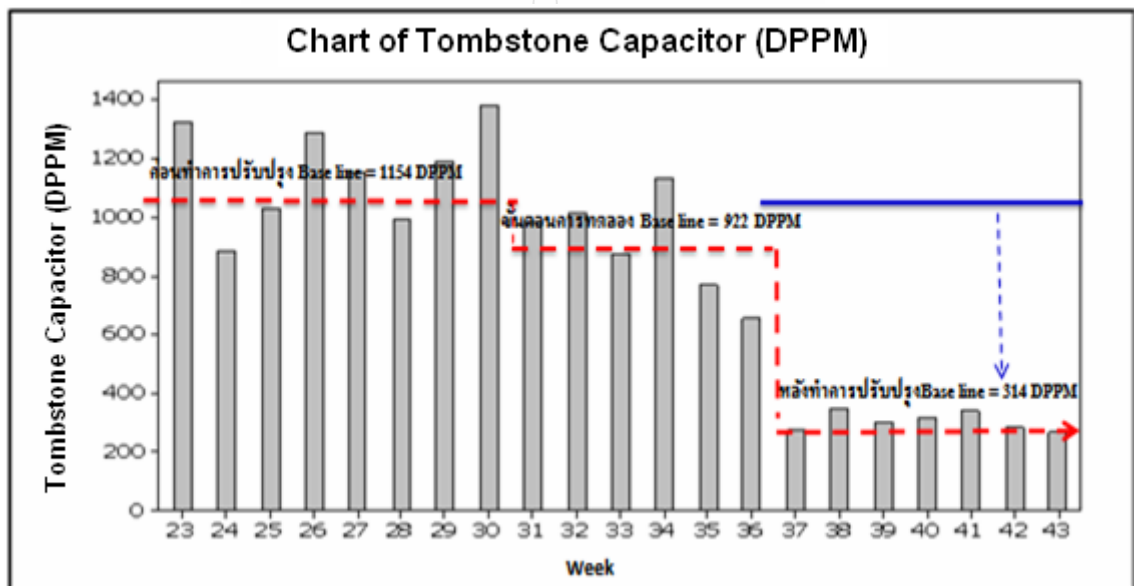
4.8.4 ผลการเก็บข้อมูลหลังทำการควบคุมข้อบกพร่อง

จากวัตถุประสงค์ในการทำการวิจัยฉบับนี้ คือ เพื่อลดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ที่เกิดขึ้น โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกม่า ซิกม่า ซึ่งหลังจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการซิกม่าแล้ว ผู้วิจัยทำการนำเสนอผลการเก็บข้อมูลใหม่หลังการปรับปรุงเพื่อทำการเปรียบเทียบผลการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ก่อนและหลังจากทำการปรับปรุงรวมถึงทำการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ปัญหาหลัก 5 อันดับในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน ของโมเดลเดนาลี (Denali Model) เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552-พฤษภาคม พ.ศ. 2553

Month	Before Improvement								SUM	Between Improvement						SUM	After Improvement						SUM	
	December'2009				January'2010					February'2010			March'2010				March'2010		April'2010					May'2010
	Week	ww23	ww24	ww25	ww26	ww27	ww28	ww29		ww30	ww31	ww32	ww33	ww34	ww35		ww36	ww37	ww38	ww39	ww40	ww41		ww42
Input	249,410	420,673	307,162	267,198	858,780	881,126	553,150	712,069	4,249,568	597,512	390,461	641,661	701,604	601,539	353,806	3,286,603	357,582	403,115	412,982	556,453	564,329	601,150	592,430	3,488,041
Output	241,920	412,244	299,634	259,717	850,039	871,082	544,056	702,886	4,181,578	593,557	388,201	638,436	698,001	598,539	352,529	3,269,263	356,365	401,735	411,619	554,584	562,354	599,036	590,489	3,476,182
1st Yield	97.00	98.00	97.55	97.20	98.98	98.86	98.36	98.71	98.40	99.34	99.42	99.50	99.49	99.50	99.64	99.47	99.66	99.66	99.67	99.66	99.65	99.65	99.67	99.66
DPPM Defect (DPPM)	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM
Tombstone Resistor/Thermistor	465	266	752	453	231	177	459	197	313	134	210	145	132	199	156	159	112	123	162	128	133	146	125	155
Misalignment Connector	257	231	365	333	387	401	315	294	337	192	234	270	348	431	320	303	270	360	312	264	199	262	263	270
Undefill Expose	706	532	176	329	72	186	136	251	240	254	221	198	134	179	310	206	270	383	326	287	255	264	167	1598
Expose Solder pad capacitor	706	532	176	329	72	186	136	251	361	98	67	32	77	86	78	73	72	87	99	66	45	39	46	62
Tombstone Capacitor	1321	885	1031	1286	1153	994	1186	1378	1154	983	1011	876	1131	764	654	922	282	355	315	332	347	293	277	314
Q'ty Defect (pcs)	ww23	ww24	ww25	ww26	ww27	ww28	ww29	ww30	SUM	ww31	ww32	ww33	ww34	ww35	ww36	SUM	ww37	ww38	ww39	ww40	ww41	ww42	ww43	SUM
Tombstone Resistor/Thermistor	116	112	231	121	198	156	254	140	1328	80	82	93	93	120	55	523	40	50	67	71	75	88	74	465
Misalignment Connector	64	97	112	89	332	353	174	209	1430	115	91	173	244	259	113	996	97	145	129	147	112	158	156	943
Undefill Expose	176	224	54	88	62	164	75	179	1022	152	86	127	94	108	110	676	97	154	135	160	144	159	99	947
Expose Solder Pad Capacitor	137	243	232	143	201	193	286	98	1533	59	26	21	54	52	28	239	26	35	41	37	25	23	27	215
Tombstone Capacitor	335	376	321	349	995	880	661	987	4904	587	395	562	794	460	231	3029	101	143	130	185	196	176	164	1095

จากตารางที่ 4.22 พบว่า เมื่อทำการการเปรียบเทียบข้อมูลสถิติของปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552- เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,154 DPPM และทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้อยู่ที่ 98.40% ซึ่งผลการดำเนินงานแก้ไขและปรับปรุงปัญหาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกจะเป็นการวิเคราะห์ปัญหาและช่วงกำลังปรับปรุงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 – กลางเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 922 DPPM ทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้ถึง 99.47% และช่วงที่สองจะเป็นผลหลังจากการทำการควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาช่วง กลางเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 - สัปดาห์แรกของเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 314 DPPM ทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้ถึง 99.66% ซึ่งสามารถลดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ลงได้ตามเป้าหมายที่วางเอาไว้ และสามารถแสดงเป็นกราฟแนวโน้มการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ก่อนและหลังการปรับปรุงดังรูปที่ 4.37



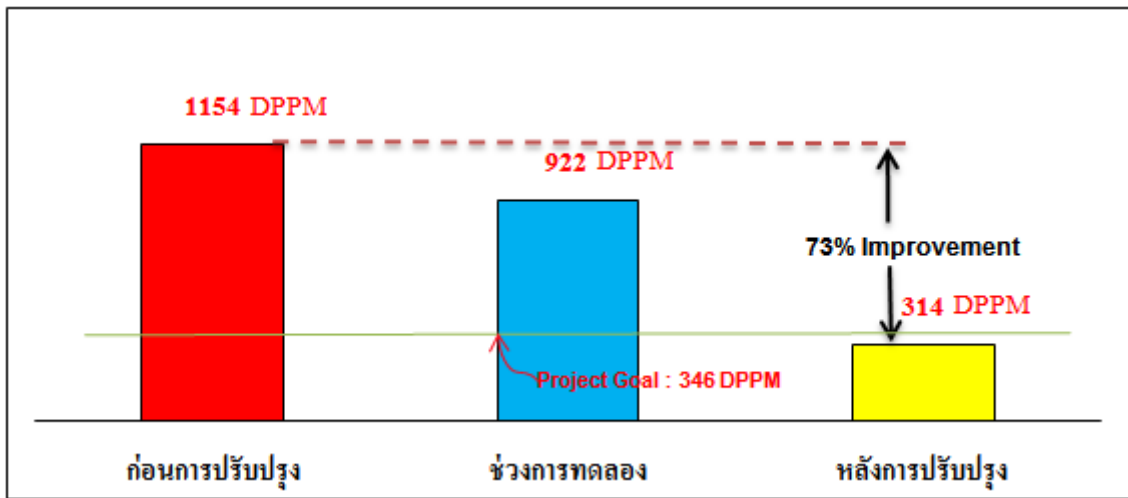
รูปที่ 4.38 แนวโน้มการเกิดปัญหาทวมสโตน คาปาซิเตอร์ก่อนและหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.37 ผลการเก็บข้อมูลพบว่าหลังการปรับปรุงแนวโน้มของปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลงมากและมีความสม่ำเสมอ นั้นแสดงว่าผู้ทำการวิจัยสามารถแก้ปัญหาการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ของโมเดลเดนาลี ในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน และปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ บรรลุอย่างที่ตั้งเป้าหมายไว้ได้

4.9 บทสรุปการดำเนินงาน

จากการดำเนินวิจัยในบทที่ 4 เป็นการแสดงให้เห็นถึงผลการดำเนินการวิจัยทั้งหมดในการดำเนินงานแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการซิกส์ ซิกมา ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก คือ การกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น (Define Phase) การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) การวิเคราะห์

สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) และการควบคุมตัวแปรต่างๆ (Control Phase) ซึ่งผลจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถที่จะลดปัญหาปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์จากเดิมเหลืออยู่ที่ 1,154 DPPM เหลือ 314 DPPM แสดงดังรูปที่ 4.39 และทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับจาก 98.40% เพิ่มขึ้น 99.66% ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้สำหรับรายละเอียดผลการวิจัยที่กล่าวมานี้จะทำการสรุปให้เห็นรายละเอียดอีกครั้งในบทที่ 5 ซึ่งเป็นการสรุปการวิจัยทั้งหมดแยกในแต่ละขั้นตอน และยังคงกล่าวถึงข้อเสนอแนะในการนำไปปรับปรุงเพื่อใช้ในหน่วยงานอื่นต่อไป



รูปที่ 4.39 สรุปผลการดำเนินงานหลังการแก้ไข

จากรูปที่ 4.39 พบว่าการดำเนินการแก้ไขปัญหาดังที่ได้ดำเนินงานตามรายละเอียดที่ได้กล่าวข้างต้น สามารถทำให้ปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลงจากเดิมถึง 73% ซึ่งมากกว่าเป้าหมายที่ได้ตั้งเอาไว้คือ 70%

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน ของโรงงานตัวอย่าง โดยทำการศึกษาในเรื่องปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ของโมเดลเดนาลี โดยใช้แนวทางซิกส์ ซิกม่า ซึ่งเป็น การแก้ปัญหาแบบพลิกโฉมหน้า ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการระบุปัญหา (Define Phase) ขั้นตอนการวัดผล (Measure Phase) ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase) ขั้นตอนการ ปรับปรุง (Improve Phase) และขั้นตอนการควบคุม (Control Phase) โดยผู้จัดทำได้ดำเนินการตาม แนวทางทั้ง 5 ขั้นตอนซึ่งสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

5.1.1 ขั้นตอนการระบุปัญหา ตามแนวทางซิกส์ ซิกม่านั้นจะต้องพิจารณาถึงปัญหาที่มี ผลกระทบต่อองค์กรในแง่ของธุรกิจเป็นหลัก โดยปัญหาที่เลือกมาคือปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ โมเดลเดนาลี ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพโดยตรง

5.1.2 ขั้นตอนการวัด ในขั้นตอนนี้ได้ทำการศึกษาถึงกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิด อ่อนเพื่อเป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ปัญหา ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องตรวจจับอัตโนมัติ เพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำในการตรวจจับปัญหาทวมสโตนคอมโพเน้นท์ ซึ่งพบว่าระบบ การวัดของเครื่องมีระบบการวัดที่ดี หลังจากนั้นได้มีการระดมสมองเพื่อจัดทำแผนภาพก้างปลาเพื่อหา สาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา รวมถึงการวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะ ข้อบกพร่อง ซึ่งจะเป็นการกำหนดปัจจัยเพื่อที่จะนำไปศึกษาต่อในเฟสการวิเคราะห์ได้แก่ ความสูง ของตะกั่ว (Solder Paste Height) ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width Spacing between Pad of Stencil) ในโตรเจนที่ใช้ (N2 Flow Rate) การวางคอมโพเน้นท์ที่ไม่ตรง (Misalignment of Component Placing) อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วของเครื่องอบตะกั่ว (Fast Ramp Rate of Reflow Profile) และ ลักษณะของรูของแผ่นพิมพ์สำหรับปาดตะกั่ว (Aperture Shape of Stencil)

5.1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ ในขั้นตอนนี้ได้นำปัจจัยที่ได้จากเฟสการวัดทั้ง 6 ปัจจัยมา ทดสอบสมมุติฐานว่ามีผลต่อการเกิดปัญหาปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ หรือไม่ โดยขั้นตอน การศึกษานั้นเป็นการนำแต่ละข้อบกพร่องมาพิจารณาโดยการทดลองโดยผลการเปรียบเทียบคืออัตรา การเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ที่เครื่องอัตโนมัติจับได้ จากนั้นนำผลที่ได้จากการทดลองของแต่ละ ปัจจัยมาทำการทดสอบสมมุติฐาน โดยใช้วิธีทดสอบด้วย 2 Proportions เพื่อทดสอบความแตกต่าง ของแต่ละปัจจัยก่อนและหลังการปรับปรุงมีความแตกต่างกันหรือไม่ ผลการทดสอบสมมุติฐาน

สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ คือ ความสูงของตะกั่ว ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว

5.1.4 ขั้นตอนการปรับปรุง ในขั้นตอนนี้ได้นำปัจจัยที่มีผลมาทำการปรับปรุงโดยยังไม่ทราบค่าปัจจัยที่เหมาะสมดังนั้นจึงทำการทดลองซ้ำโดยการกำหนดระดับของแต่ละปัจจัยต่าง ๆ และออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมโดยใช้การทดลองแบบ 2^3 Full Factorial ผลการทดลองพบว่า ความสูงของตะกั่วควบคุมที่ 6.5 ± 0.5 มิล ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่ 9 มิล และอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบช้าก่อนการหลอมละลายเป็นค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดและสามารถลดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ลงได้

5.1.5 ขั้นตอนการควบคุม ในขั้นตอนนี้มีความจำเป็นจะทำการควบคุมใน 3 ส่วนคือ ส่วนของการควบคุมความสูงของตะกั่วให้อยู่ในช่วงที่ควบคุม จะต้องเพิ่มความถี่ในการตรวจเช็ค และ Parameter Control ของเครื่อง และ Parameter Setting Control ในการควบคุม ต่าง ๆ

5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน

จากการประยุกต์ใช้เทคนิคซิกม่า มาช่วยแก้ปัญหามหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน พบว่าก่อนการปรับปรุงเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์เฉลี่ย 1,154 DPPM ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยแผนภาพก้างปลา การระดมสมอง และการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหา คือ ความสูงของตะกั่ว ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ และอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว จากการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 5% ความสูงของตะกั่ว ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ และ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว มีผลต่อปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ อย่างมีนัยสำคัญ และจากการปรับปรุงด้วยการออกแบบการทดลองแบบ 2^3 Full Factorial เพื่อทำการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย พบว่าปริมาณ ความสูงของตะกั่ว ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ และอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่วที่เหมาะสม มีค่าเท่ากับ 6.5 ± 0.5 มิล 9 มิล และใช้การเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้าโดยลำดับ ทำให้สามารถลดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ในโมเดลเดนาลี ของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนได้ถึง 73% คือ 314 DPPM และทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้ถึง 99.66 % ของงานที่ผลิตทั้งหมด

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะนำงานวิจัยนี้ไปปฏิบัติ

ในการทำงานวิจัยนี้พบปัญหาและอุปสรรคหลายประการ สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะนำงานวิจัยนี้ไปปฏิบัติ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตได้ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับพัฒนาต่อ ณ โรงงานตัวอย่าง

ผู้ที่จะนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนานั้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโมเดลอื่น ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาได้ แต่จำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมคือเรื่องของความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ของลูกค้าแต่ละราย เพื่อศึกษาอัตราส่วนของการเกิดปัญหาทวมสโตนคอมโพเน้นท์ต่างกันหรือไม่ รวมถึงการเก็บข้อมูลทางสถิติเพิ่มเติมว่า ผลิตภัณฑ์ไหน มีอัตราการเกิดปัญหาเท่าไร (โดยพิจารณาการใช้ในโตรเจนเหมือนกันและคอมโพเน้นท์ขนาดเท่ากัน) วัตถุประสงค์คือจะทำให้ผู้ที่ทำการวิจัยเข้าใจถึงวิธีและหลักการคิดแก้ปัญหาได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น มากกว่าการดูแต่วิธีสำเร็จรูป เนื่องจากในโรงงานตัวอย่างมีการแบ่ง วิศวกร รับผิดชอบเฉพาะลูกค้าหรือตามผลิตภัณฑ์ สิ่งที่จะต้องทำการพิจารณาคือต้องศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้รับผิดชอบด้วย สังเกตว่าแบบ (Design) ของผลิตภัณฑ์อื่นต่างกันอย่างใด คอมโพเน้นท์ที่ใช้ การจัดการกระบวนการ (Process setup) การออกแบบรูของแผ่นพิมพ์ (Stencil design) อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Temperature Profile) และผลลัพท์ที่ได้ต่างกันอย่างไร จะทำให้ผู้ที่ทำการศึกษาต่อไปมีแนวทางในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษารั้งต่อไป

ในการศึกษารั้งต่อไป หากมีการเพิ่มเติม โดยการนำเทคนิคซิกส์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในช่วงที่ผลิตภัณฑ์กำลังทำการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product) ก็จะยิ่งส่งผลให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเมื่อเริ่มทำการผลิตผลิตภัณฑ์ไปแล้ว การปรับปรุงแก้ไขบางอย่างทำได้ยากมาก เนื่องจากจะกระทบต่อต้นทุน และอาจต้องแจ้งให้ลูกค้าทราบเพื่อขออนุมัติการเปลี่ยนแปลง

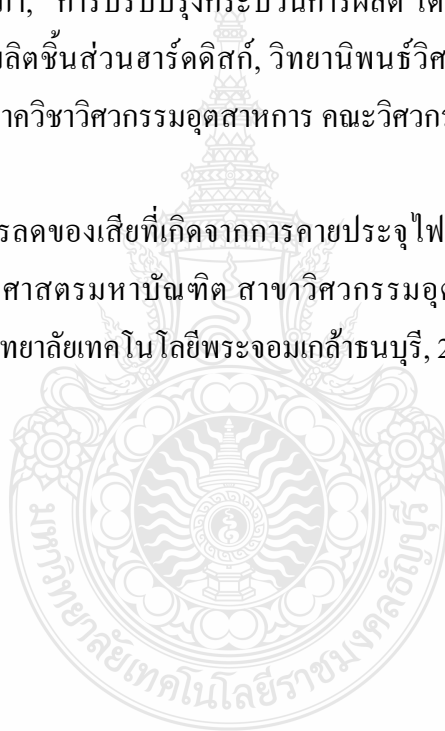
ในการศึกษารั้งนี้ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) หลังการปรับปรุงใหม่อีกครั้ง ดังนั้นในการศึกษารั้งต่อไป ควรทำการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบก่อนเพื่อพิจารณาข้อบกพร่องอื่น ๆ ที่มีคะแนน RPN-Score สูง ๆ แต่ยังไม่ได้รับการปรับปรุงมาแก้ไขปัญหารั้งต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. H. Park, Six Sigma for Quality and Productivity Promotion, 32th ed, Japan: The Asian Productivity Organization, 2003.
- [2] R. Does, et al., “Comparing Nonmanufacturing with Traditional Application of Six Sigma,” Journal of Quality Engineering, vol. 15, pp. 177-182, 20
- [3] Breyfogle, F.W., 1999, Implementing Six Sigma : Smarter Solutions Using Statistic Methods, John Wiley & Sons, Canada, pp. 1-406.
- [4] Harry, M.J. and Schroeder, R., 2000, The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World’s Top Corporations, Currency and Doubleday, New York, pp. 69-154.
- [5] Pande, P.S., Neuman, R.P. and Cavanagh, R.R., 2000, The Six Sigma Way, How GE Motorola and Other Top Companies are Honing Their Performance, Mc Graw-Hill, New York, pp. 235-324.
- [6] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างาน คิวซีเซอร์เคิล (QC Circle), สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2541, หน้า 3-315.
- [7] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ, 1, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2544, หน้า 1-180.
- [8] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, การวิเคราะห์ระบบการวัด, 2, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2543, หน้า 1-140.
- [9] ชนากร เกียรติบรรลือ. FMEA การวิเคราะห์ความล้มเหลวในการผลิต. วารสาร Industrial Technolog Review. ฉบับที่ 73. กรกฎาคม 2543. หน้า 101-105.
- [10] วิชาญ ทองไพรวรรณ, การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2554.
- [11] ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์ และ สมจิตร ลาภโนนเขวา การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ โดยเทคนิคซิกส์ ซิกม่า, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 24-26 ตุลาคม 2550.
- [12] พีรเดช สุวิทย์รักษ์, การลดปริมาณการใช้สารเคมีพีเอฟ 5060 ในการเคลือบผิวของเครื่องซีเว็กซ์ ในการผลิตชุดแขนอ่านและบันทึกข้อมูลฮาร์ดดิสก์ของผลิตภัณฑ์เอ็นเตอร์ไพรส์ โดยอาศัยแนวทางซิกส์ ซิกม่า, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544, หน้า 7-130.

- [13] จรัสพงศ์ รักการ, การประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่าในการปรับปรุงคุณภาพการเคลือบสี สำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543.
- [14] นพณรงค์ ศิริเสถียร, การปรับปรุงคุณภาพผิวของผลิตภัณฑ์กระเบื้องรถยนต์โดยอาศัยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543, หน้า 2-73.
- [15] ปารเมศ ชูติมา และ นवलพรรณ ใจงาม, “การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทไฟฟ้าสถิตในสาย ประกอบผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้วิธีซิกซ์ ซิกม่า”, วิศวกรรมสาร 53, 8 ส.ค. 2543.
- [16] มาร์ติน อัสวลาตสกุล, การใช้กรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่าเพื่อลดปัญหาสีเป็นหลุมที่แผนกพ่นสีในอุตสาหกรรมรถยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543, หน้า 1-86.
- [17] รุ่งโรจน์ อักษรสาร, การปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องด้วย Six Sigma ในอุตสาหกรรมผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก, รายงานโครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2542, หน้า 1-71.
- [18] วุฒิชัย เจริญยิ่งวัฒนา, การใช้กรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่าเพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพงานพ่นสี, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2546.
- [19] อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว, การลดของเสียจากระบวนการผลิตกระป๋องโดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- [20] ประภาพร เนาวบุตร, การประยุกต์ใช้ซิกซ์ซิกม่าในงานผลิตอุปกรณ์ใยแก้วนำแสง (กรณีศึกษา: การลดจำนวนวัตถุดิบเสียเนื่องจากค่าความสูญเสียทางแสงสูงเกินค่ากำหนด), วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2546.
- [21] วิเชียร แก้วณะศรี, การลดของเสียในอุตสาหกรรมทอลวดตาข่ายโดยใช้เครื่องมือคุณภาพและวงจรดีเอ็มเอไอซีของเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550.
- [22] ชาย เสนาหาญ, การประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดของเสียจากการเสียดสีที่ก่อให้เกิดความสิ้นเสเทียน ในกระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์ (กรณีศึกษา: กระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์ของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์), วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2553.

- [23] สุขุมล เจริญทอง, การลดปัญหาการไม่มีถิ่นชนหน้าในการประกอบรถยนต์, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545.
- [24] ณัฐนารี แก้วยัง, การปรับปรุงค่าซีสเกอร์ความสูงของแขนหัวอ่านฮาร์ด ดิสก์โมเดล 10K.7. รถยนต์, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2546.
- [25] วสันต์ พุกผาสุข, การลดของเสียจากกระบวนการชุบโคเมียม โดยประยุกต์ใช้วิธีซิกซ์ ซิกม่า (กรณีศึกษา อุตสาหกรรมในอุตสาหกรรมชุบโคเมียม, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549
- [26] อรรถพล เฉลิมพลประภา, การปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยใช้เทคนิคลีนและซิกซ์ ซิกม่าในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 2547.
- [27] มนต์วี ดันเจริญ, การลดของเสียที่เกิดจากการคายประจุไฟฟ้าสถิตที่กระบวนการคอมแพท, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545.



ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์



Product Denali

Number of sample 20 pcs.

Replicates 3 time

Number of Operator 2 Person

ตารางที่ ก-1 ข้อมูล GR&R Solder Paste Height FCOF WD

Sample	EN.1980			EN.10565		
	Trial #1	Trial #2	Trial #3	Trial #1	Trial #2	Trial #3
1	4.46	4.52	4.39	4.53	4.48	4.34
2	4.48	4.41	4.46	4.48	4.42	4.49
3	4.34	4.38	4.38	4.20	4.30	4.33
4	3.92	3.92	3.90	3.86	3.94	3.92
5	4.68	4.70	4.81	4.74	4.74	4.66
6	4.17	4.44	4.21	4.17	4.19	3.94
7	3.88	3.79	3.73	3.74	3.67	3.68
8	3.36	3.31	3.20	3.20	3.23	3.16
9	3.59	3.72	3.68	3.66	3.59	3.55
10	3.18	3.13	3.12	3.13	3.14	3.19
11	2.99	2.84	2.91	2.99	3.00	3.04
12	4.01	4.08	3.99	4.13	3.98	4.10
13	3.62	3.50	3.57	3.62	3.70	3.61
14	3.69	3.71	3.72	3.76	3.76	3.75
15	3.37	3.37	3.36	3.45	3.39	3.44
16	5.16	5.18	5.16	5.13	5.16	5.15
17	4.93	4.96	4.93	4.98	5.00	4.97
18	4.80	4.74	4.72	4.80	4.74	4.71
19	4.69	4.78	4.81	4.78	4.80	4.74
20	4.60	4.61	4.57	4.60	4.62	4.59
Min	2.9900	2.8400	2.9100	2.9900	3.0000	3.0400
Max	5.1600	5.1800	5.1600	5.1300	5.1600	5.1500
Stdev	0.6274	0.6623	0.6589	0.6458	0.6473	0.6328
Averg	4.0960	4.1045	4.0810	4.0975	4.0925	4.0680

Product Denali **Number of sample** 30 pcs.

Defect Tombstone Capacitor **Number of inspection** 6 MC.

ตารางที่ ก- 2 แสดงผลการศึกษา GR&R ของเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติในการตรวจจับปัญหา

Sample part		AOI#1		AOI#2		AOI#3		AOI#4		AOI#5		AOI#6	
S/N	Master	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
7	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
8	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
9	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
10	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
12	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
13	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
14	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
15	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
16	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
17	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
18	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

ตารางที่ ก-2 แสดงผลการศึกษา GR&R ของเครื่องตรวจสอบอัตโนมัติในการตรวจจับปัญหา (ต่อ)

Sample part		AOI#1		AOI#2		AOI#3		AOI#4		AOI#5		AOI#6	
S/N	Master	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
19	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
20	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
21	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
22	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
23	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
24	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
25	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
26	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
27	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
28	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
29	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
30	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

สัญลักษณ์

A ==> Accept.

R ==> Tombstone Capacitor.

ตารางที่ ก. 3 ข้อมูลการสุ่มวัดความสูงของตะกั่วระหว่างกรทล่องที่มีความสูง 4.5 ± 0.5 mils.

Product	Date	Time	EN	Solder paste height of Capacitor (mils)					
				Sol_H1	Sol_H2	Sol_H3	Sol_H4	Sol_H5	Sol_H6
Denali	Feb'08'10	8.00	1980	4.30	4.20	4.46	4.61	4.32	4.25
		10.00		4.23	4.11	4.56	4.75	4.31	4.44
		12.00		4.37	4.21	4.35	4.60	4.51	4.27
		14.00		4.23	4.09	4.26	4.46	4.32	4.23
		16.00		4.11	4.23	4.14	4.31	4.23	4.18
		18.00		4.31	4.25	4.10	4.11	4.23	4.34

ตารางที่ ก-4 ข้อมูลการสุ่มวัดความสูงของตะกั่วระหว่างกรทล่องที่มีความสูง 5.0 ± 0.5 mils.

Product	Date	Time	EN	Solder paste height of Capacitor (mils)					
				Sol_H1	Sol_H2	Sol_H3	Sol_H4	Sol_H5	Sol_H6
Denali	Feb'09'10	8.00	1980	4.54	4.63	4.72	5.11	5.23	4.98
		10.00		4.58	4.97	4.88	5.03	5.31	4.79
		12.00		4.78	5.12	5.34	5.23	4.89	4.93
		14.00		4.77	4.55	4.78	4.96	5.01	4.82
		16.00		5.42	4.98	5.23	5.37	4.67	4.76
		18.00		4.65	4.58	4.86	4.94	4.61	4.78

ตารางที่ ก-5 ข้อมูลการสุ่มวัดความสูงของตะกั่วระหว่างกรทล่องที่มีความสูง 5.5 ± 0.5 mils.

Product	Date	Time	EN	Solder paste height of Capacitor (mils)					
				Sol_H1	Sol_H2	Sol_H3	Sol_H4	Sol_H5	Sol_H6
Denali	Feb'10' 10	8.00	1056	5.45	5.32	5.45	5.23	5.33	5.56
		10.00		5.56	5.01	5.46	5.13	5.23	5.09
		12.00		5.67	5.54	5.23	5.36	5.42	5.39
		14.00	5	5.34	5.45	5.63	5.67	5.41	5.51
		16.00	5.55	5.36	5.67	5.46	5.71	5.34	
		18.00	5.32	5.46	5.39	5.42	5.34	5.26	

ตารางที่ ก-6 ข้อมูลการสุ่มวัดความสูงของตะกั่วระหว่างการทดลองที่มีความสูง 6.0 ± 0.5 mils.

Product	Date	Time	EN	Solder paste height of Capacitor (mils)					
				Sol_H1	Sol_H2	Sol_H3	Sol_H4	Sol_H5	Sol_H6
Denali	Feb'11'10	8.00	10565	6.34	6.07	6.12	6.11	5.80	5.72
		10.00		5.65	5.78	5.66	5.67	5.88	6.08
		12.00		6.01	5.71	5.59	5.62	5.71	5.66
		14.00		6.23	6.11	5.87	5.92	5.77	5.89
		16.00		5.59	5.78	5.64	5.74	5.82	5.71
		18.00		5.98	6.01	5.45	5.67	5.67	5.53

ตารางที่ ก-7 ข้อมูลการสุ่มวัดความสูงของตะกั่วระหว่างการทดลองที่มีความสูง 6.5 ± 0.5 mils.

Product	Date	Time	EN	Solder paste height of Capacitor (mils)					
				Sol_H1	Sol_H2	Sol_H3	Sol_H4	Sol_H5	Sol_H6
Denali	Feb'12'10	8.00	1980	6.67	6.43	6.69	6.45	6.53	6.53
		10.00		6.23	6.41	6.46	6.37	6.29	6.35
		12.00		6.55	6.57	6.37	6.27	6.54	6.61
		14.00		6.43	6.27	6.33	6.45	6.28	6.36
		16.00		6.50	6.47	6.53	6.39	6.41	6.48
		18.00		6.34	6.45	6.38	6.29	6.31	6.46

ตารางที่ ก-8 ข้อมูลการสุ่มวัดความสูงของตะกั่วระหว่างการทดลองที่มีความสูง 7.0 ± 0.5 mils.

Product	Date	Time	EN	Solder paste height of Capacitor (mils)					
				Sol_H1	Sol_H2	Sol_H3	Sol_H4	Sol_H5	Sol_H6
Denali	Feb'15'10	8.00	1980	6.89	7.02	6.98	7.12	7.15	6.99
		10.00		7.03	7.14	7.32	6.91	7.02	7.01
		12.00		6.77	6.84	6.89	7.11	6.75	6.88
		14.00		6.64	6.59	6.75	6.66	6.78	6.71
		16.00		6.94	6.83	7.04	6.87	7.11	7.04
		18.00		7.05	6.99	7.02	6.83	6.91	6.69

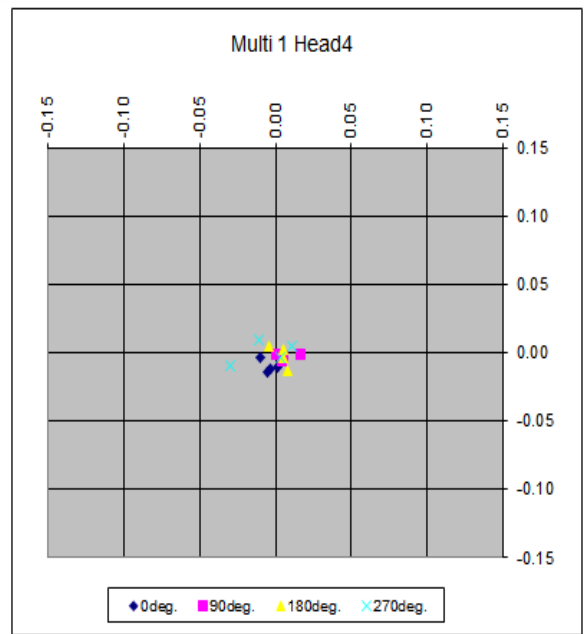
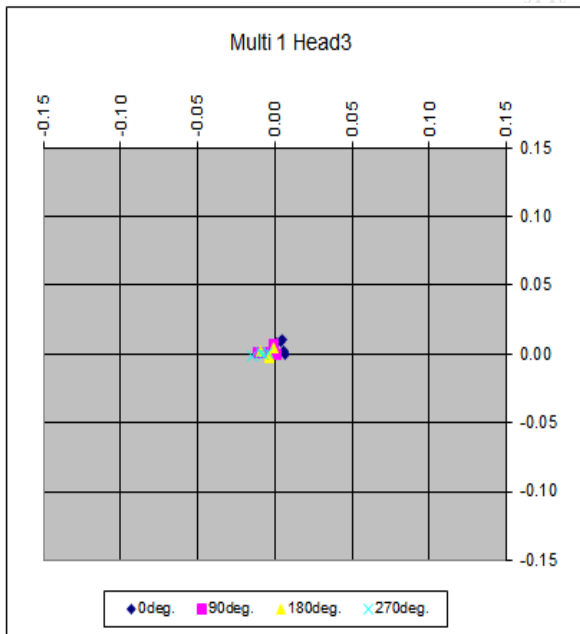
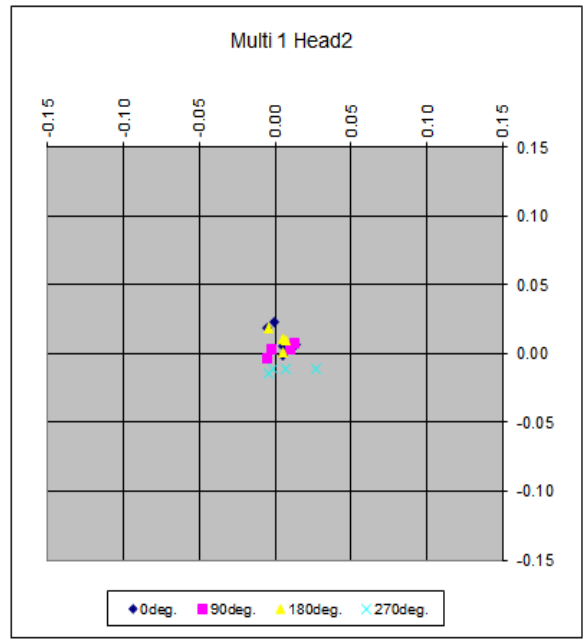
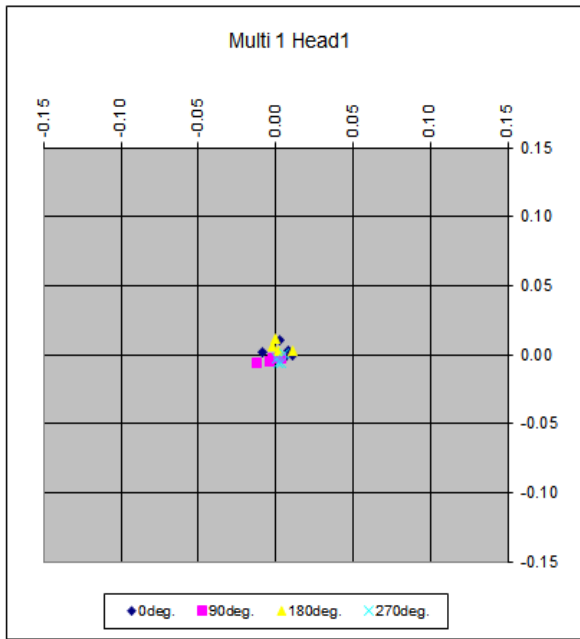
Serial No. Y9387
 Operator A case study company
 Transtec
 Date 27/1/2010

ตารางที่ ก-9 แสดง Accuracy ของเครื่องวางคอมโพเน้นท์ก่อนการสอบเทียบ (Calibration)

Head	Angle	Xe		Ye		Re	
		Average	3 Sigma	Average	3 Sigma	Average	3 Sigma
Head1	0deg.	0.004	0.022	0.003	0.015	0.094	2.155
	90deg.	-0.004	0.020	-0.004	0.005	0.431	0.863
	180deg.	0.003	0.017	0.006	0.012	0.397	1.277
	270deg.	0.003	0.006	-0.003	0.010	0.519	1.559
	Total	0.002	0.019	0.001	0.016	0.344	1.526
Head2	0deg.	0.004	0.021	0.012	0.030	0.959	2.432
	90deg.	0.004	0.027	0.003	0.014	0.586	1.532
	180deg.	0.003	0.017	0.011	0.022	0.334	1.461
	270deg.	0.007	0.042	-0.011	0.005	-0.063	1.453
	Total	0.004	0.026	0.004	0.034	0.484	2.024
Head3	0deg.	0.004	0.006	0.006	0.014	0.205	0.733
	90deg.	-0.004	0.016	0.002	0.009	0.038	0.666
	180deg.	-0.004	0.010	0.001	0.010	0.373	1.337
	270deg.	-0.009	0.013	0.000	0.002	0.052	0.666
	Total	-0.003	0.019	0.003	0.012	0.169	0.896
Head4	0deg.	-0.003	0.017	-0.007	0.016	-0.483	2.401
	90deg.	0.006	0.021	-0.002	0.007	0.409	0.901
	180deg.	0.003	0.015	-0.001	0.024	-0.302	0.978
	270deg.	-0.007	0.054	0.002	0.026	-0.079	0.743
	Total	0.000	0.031	-0.002	0.020	-0.136	1.718

Date : Feb'16'10

Data By : Transtec Company.



รูปที่ ก-1 แสดงผล Accuracy ของเครื่องวางคอมโพเน้นท์ก่อนการสอบเทียบ (Calibration) แบบกราฟ

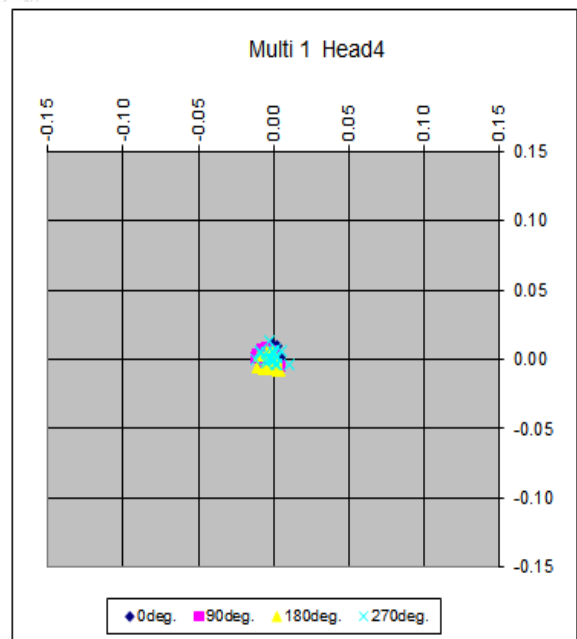
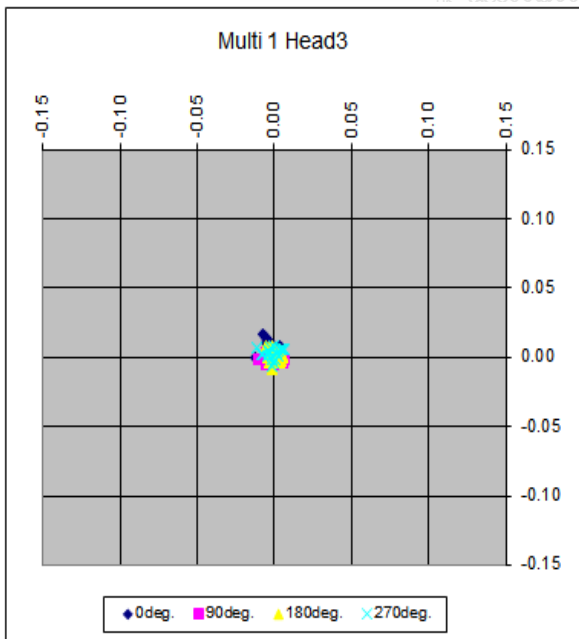
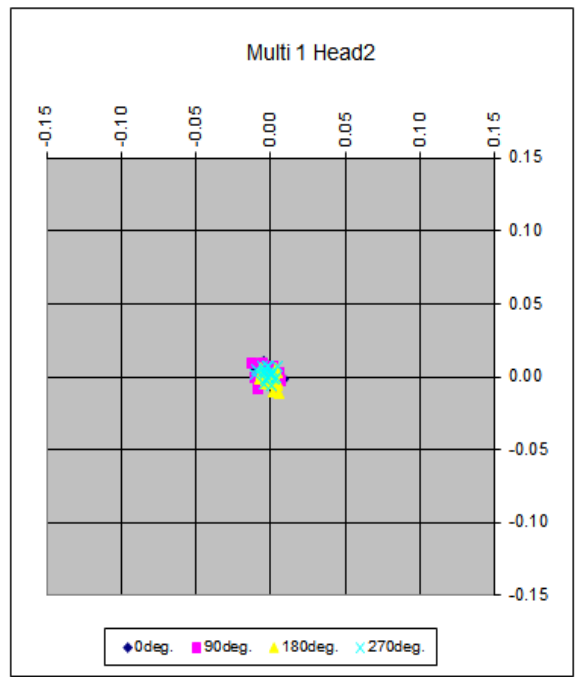
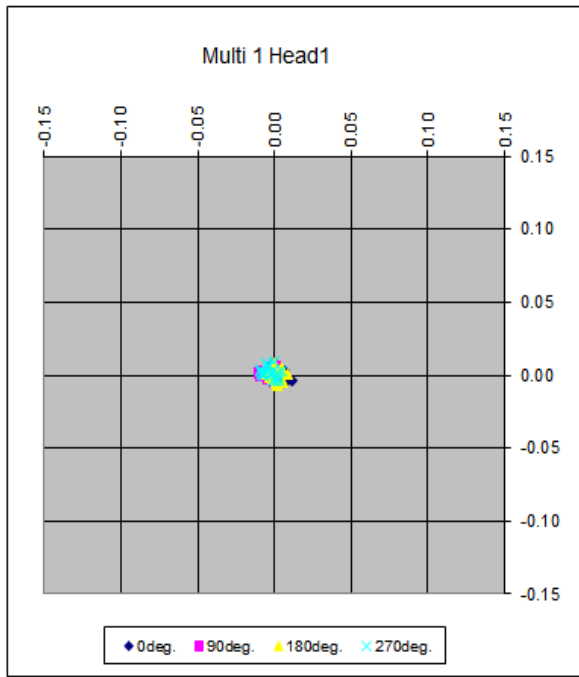
Serial No. Y9387
 Operator A case study company
 Transtec
 Date 15/2/2010

ตารางที่ ก-10 แสดง Accuracy ของเครื่องวางคอมโพเน้นท์หลังการสอบเทียบ (Calibration)

Head	Angle	Xe		Ye		Re	
		Average	3 Sigma	Average	3 Sigma	Average	3 Sigma
Head1	0deg.	0.000	0.015	0.001	0.010	0.048	1.294
	90deg.	-0.004	0.011	0.000	0.009	0.174	0.947
	180deg.	0.001	0.010	0.001	0.011	-0.037	1.606
	270deg.	-0.003	0.013	0.002	0.011	0.010	1.798
	Total	-0.001	0.013	0.001	0.011	0.049	1.453
Head2	0deg.	-0.002	0.017	0.002	0.012	0.219	1.197
	90deg.	-0.002	0.014	0.001	0.014	-0.186	1.577
	180deg.	0.000	0.012	-0.002	0.014	0.008	1.512
	270deg.	-0.002	0.012	0.002	0.011	-0.136	1.463
	Total	-0.002	0.014	0.001	0.013	-0.024	1.507
Head3	0deg.	-0.003	0.013	0.005	0.017	0.137	3.359
	90deg.	-0.002	0.012	0.000	0.009	0.145	1.572
	180deg.	0.000	0.010	0.002	0.013	0.190	1.143
	270deg.	-0.001	0.014	0.003	0.011	0.178	1.216
	Total	-0.001	0.013	0.002	0.014	0.163	2.015
Head4	0deg.	-0.002	0.011	0.004	0.010	0.040	1.207
	90deg.	-0.004	0.013	0.001	0.014	0.274	0.963
	180deg.	-0.003	0.011	0.000	0.015	-0.065	1.260
	270deg.	-0.001	0.015	0.002	0.013	1.036	15.329
	Total	-0.002	0.013	0.002	0.014	0.321	7.764

Date : Feb'18'10

Data By : Transtec Company.



รูปที่ ก-2 แสดง Accuracy ของเครื่องวางคอมโพเน้นท์หลังการสอบเทียบ (Calibration) แบบกราฟ














Summary evaluate for reduce Tombstone problem on Denali model.

By : Terapong B. Process Engineer FCOF ==>>> Project Leader.
 By : Thawatchai T. Manterment Engineer FCOF ==>>> Member.
 By : Anucha K. Quality Engineer FCOF ==>>> Member.
 By : Boriphand H. Production FCOF. ==>>> Member.







ตารางที่ ก-12 สรุปผลการทดลอง

Evaluation	Date	Evaluate						Data AOI Inspection				
		Solder height (mils)	Pad Spacing (mils)	Aperture shape	MM placement	Reflow Profile	N2 Flow rate (SCFH)	Input (pcs)	Output (pcs)	Tombstone Capacitor (pcs)	Other reject concern (pcs)	% Reject (%)
1	Feb'08'10	4.5±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	960	906	5	Expose solder pad capa=49	5.63
2	Feb'09'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14136	24	0	0.17
3	Feb'10'10	5.5±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14142	18	0	0.13
4	Feb'11'10	6.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14149	11	0	0.08
5	Feb'12'10	6.5±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14151	9	0	0.06
6	Feb'15'10	7.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	2400	2310	4	Excusive solder pad capa=86	3.75
7	Feb'17'10	5.0±0.5	7		Before Calibrate	Ramp	1500±50	480	471	0	Solder ball=9	1.88
8	Feb'18'10	5.0±0.5	8		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14152	5	Solder ball=3	0.06

ตารางที่ ก-12 สรุปผลการทดลอง(ต่อ)

Evaluation	Date	Evaluate						Data AOI Inspection				
		Solder height (mils)	Pad Spacing (mils)	Aperture shape	Solder height (mils)	Pad Spacing (mils)	N2 Flow rate (SCFH)	Input (pcs)	Output (pcs)	Tomb stone Capacitor (pcs)	Other reject concern (pcs)	% Reject (%)
9	Feb'22'10	5.0±0.5	11		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14,153	7	0	0.05
10	Feb'22'10	5.0±0.5	12		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14,151	9	0	0.06
11	Feb'23'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14,149	11	0	0.08
12	Feb'25'10	5.0±0.5	14		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14,146	14	0	0.10
13	Mar'01'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14,144	18	0	0.13
14	Mar'01'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14,142	23	0	0.16
15	Mar'04'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14,141	22	0	0.16
16	Mar'05'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14,141	20	0	0.15
17	Mar'06'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14,139	18	0	0.13
18	Mar'06'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14,233	27	0	0.19%
19	Mar'08'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Soaking	1500±50	14,170	14,146	14	0	0.10%
20	Mar'09'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14,134	26	0	0.18%
21	Mar'11'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1400±50	14,170	14,138	22	0	0.16%

ตารางที่ ก-12 สรุปผลการทดลอง(ต่อ)

Evaluation	Date	Parameter Control						Data AOI Inspection				
		Solder height (mils)	Pad Spacing (mils)	Aperture shape	Solder height (mils)	Pad Spacing (mils)	N2 Flow rate (SCFH)	Input (pcs)	Output (pcs)	Tombstone Capacitor (pcs)	Other reject concern (pcs)	% Reject (%)
22	Mar'11'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1300±50	14,170	14,142	18	0	0.13%
23	Mar'12'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1200±50	14,170	14,144	16	0	0.11%
24	Mar'15'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1100±50	14,170	14,136	13	Poor Solder=11	0.17%
25	Mar'15'10	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1000±50	14,170	14,134	11	Poor Solder=15	0.18%
26	Mar'16'11	5.0±0.5	13		Before Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14,136	21	0	0.15%
27	Mar'19'10	5.0±0.5	13		After Calibrate	Ramp	1500±50	14,170	14,144	16	0	0.11%

Evaluate by : TerapongB.

Section : Process Engineer FCOF

FULL Factorial Design :

Factors : 3 Blocks : 1

Runs : 8 Replicates : 2

Factorial design factor : Low High

Solder volum 5.0±0.5 6.5±0.5

Pad spacing 9.0 13.0

Reflow profile Ramp Soak

Sample Size : 14160 pcs

ตารางที่ ก-13 สรุปผลการทดลอง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A : Solder Height (mils)	B : Pad spacing (mils)	C : Reflow Profile	Input (pcs)	Output (pcs)	Tombstone Capacitor (pcs)	DPPM
1	1	1	1	5	9	Ramp	14,170	14,146	14	988
2	2	1	1	6.5	9	Ramp	14,170	14,153	7	494
3	3	1	1	5	13	Ramp	14,170	14,136	24	1694
4	4	1	1	6.5	13	Ramp	14,170	14,139	21	1482
5	5	1	1	5	9	Soak	14,170	14,153	7	494
6	6	1	1	6.5	9	Soak	14,170	14,157	3	212
7	7	1	1	5	13	Soak	14,170	14,141	19	1341
8	8	1	1	6.5	13	Soak	14,170	14,148	12	847
9	9	1	1	5	9	Ramp	14,170	14,147	13	917
10	10	1	1	6.5	9	Ramp	14,170	14,154	6	423
11	11	1	1	5	13	Ramp	14,170	14,135	25	1764
12	12	1	1	6.5	13	Ramp	14,170	14,139	21	1482

ตารางที่ ก-13 สรุปผลการทดลอง(ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A : Solder Height (mils)	B : Pad Spacing (mils)	C : Reflow Profile	Input (pcs)	Output (pcs)	Tombstone Capacitor (pcs)	DPPM
13	13	1	1	5	9	Soak	14,170	14,151	9	635
14	14	1	1	6.5	9	Soak	14,170	14,156	4	282
15	15	1	1	5	13	Soak	14,170	14,143	17	1200
16	16	1	1	6.5	13	Soak	14,170	14,150	10	706

Evaluate by : TerapongB.

Section : Process Engineer FCOF



ตาราง ก-14 ข้อมูลความสูงของตะกั่วทุก 2 ชั่วโมงช่วงวันที่ 1-5 เดือนเมษายน พ.ศ. 2553

Date	Time	Data Solder Height (Control at 6.5±0.5 mils)					
		Solder Height 1	Solder Height 2	Solder Height 3	Solder Height 4	Solder Height 5	Solder Height 6
April'01'10	8.00	6.4	6.41	6.39	6.46	6.44	6.4
	10.00	6.39	6.39	6.37	6.3	6.43	6.38
	12.00	6.4	6.4	6.41	6.43	6.42	6.43
	14.00	6.52	6.55	6.47	6.57	6.49	6.47
	16.00	6.54	6.49	6.5	6.54	6.57	6.52
	18.00	6.45	6.47	6.51	6.49	6.41	6.43
April'02'10	8.00	6.49	6.5	6.47	6.48	6.51	6.55
	10.00	6.35	6.41	6.3	6.38	6.35	6.31
	12.00	6.33	6.35	6.36	6.29	6.31	6.32
	14.00	6.45	6.42	6.49	6.4	6.39	6.43
	16.00	6.53	6.5	6.58	6.48	6.55	6.5
	18.00	6.42	6.43	6.42	6.45	6.47	6.44
April'03'10	8.00	6.37	6.4	6.43	6.37	6.39	6.43
	10.00	6.61	6.57	6.57	6.63	6.55	6.57
	12.00	6.42	6.45	6.47	6.39	6.44	6.47
	14.00	6.35	6.37	6.38	6.35	6.34	6.33
	16.00	6.42	6.46	6.39	6.42	6.45	6.41
	18.00	6.47	6.48	6.5	6.51	6.47	6.48

ตาราง ก-14 ข้อมูลความสูงของตะกั่วทุก 2 ชั่วโมงช่วงวันที่ 1-5 เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 (ต่อ)

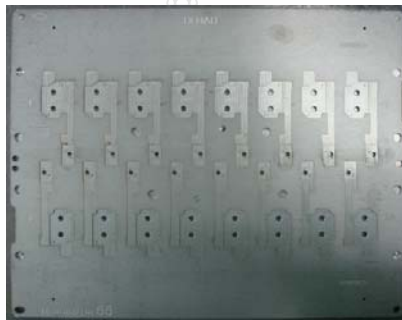
Date	Time	Data Solder Height (Control at 6.5±0.5 mils)					
		Solder Height 1	Solder Height 2	Solder Height 3	Solder Height 4	Solder Height 5	Solder Height 6
April'04'10	8.00	6.5	6.48	6.51	6.43	6.47	6.49
	10.00	6.43	6.4	6.39	6.46	6.46	6.43
	12.00	6.33	6.33	6.37	6.34	6.35	6.3
	14.00	6.57	6.5	6.52	6.56	6.54	6.55
	16.00	6.43	6.41	6.46	6.42	6.41	6.39
	18.00	6.51	6.53	6.51	6.56	6.55	6.53
April'05'10	8.00	6.39	6.37	6.43	6.42	6.41	6.39
	10.00	6.56	6.55	6.6	6.51	6.52	6.55
	12.00	6.44	6.47	6.45	6.51	6.43	6.42
	14.00	6.54	6.5	6.55	6.57	6.5	6.49
	16.00	6.34	6.37	6.39	6.37	6.35	6.39
	18.00	6.35	6.31	6.37	6.42	6.35	6.36

ภาคผนวก ข
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสำหรับโมเดลเดนาลี





รูปที่ ข-1 เครื่องวัดความสูงของตะกั่ว



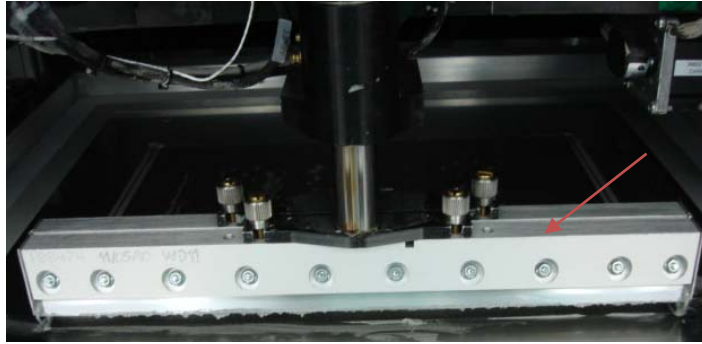
รูปที่ ข-2 Printing Fixture สำหรับเรียงแผ่นวงจร



รูปที่ ข-3 แผ่น Cover สำหรับวางบน Printing Fixture หลังจากพิมพ์ตะกั่วลงแผ่นวงจร



รูปที่ ข-4 ตะกั่วที่ใช้ในการทดลอง (Solder paste)



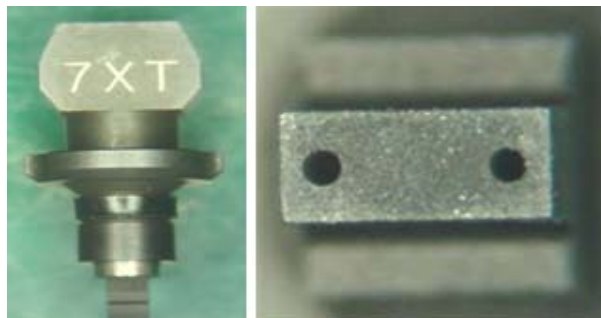
รูปที่ ข-5 แผ่นสำหรับปาดตะกั่ว (Squeegee)



รูปที่ ข-6 แผ่นพิมพ์ลายวงจร (Stencil)



รูปที่ ข-7 ตัวป้อนชิ้นงาน (Feeder)



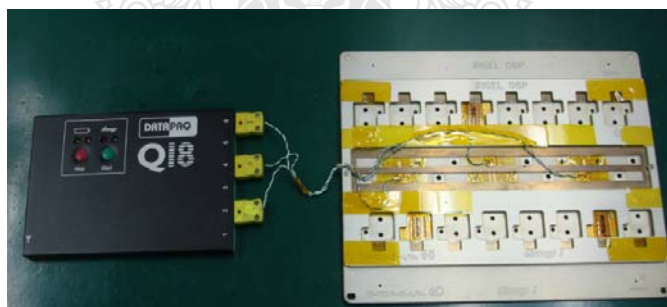
รูปที่ ข-8 ตัวจับชิ้นงาน (Nozzle)



รูปที่ ข-9 คาปาซิเตอร์ (Capacitor)



รูปที่ ข-10 กล้องกำลังขยาย 30 X



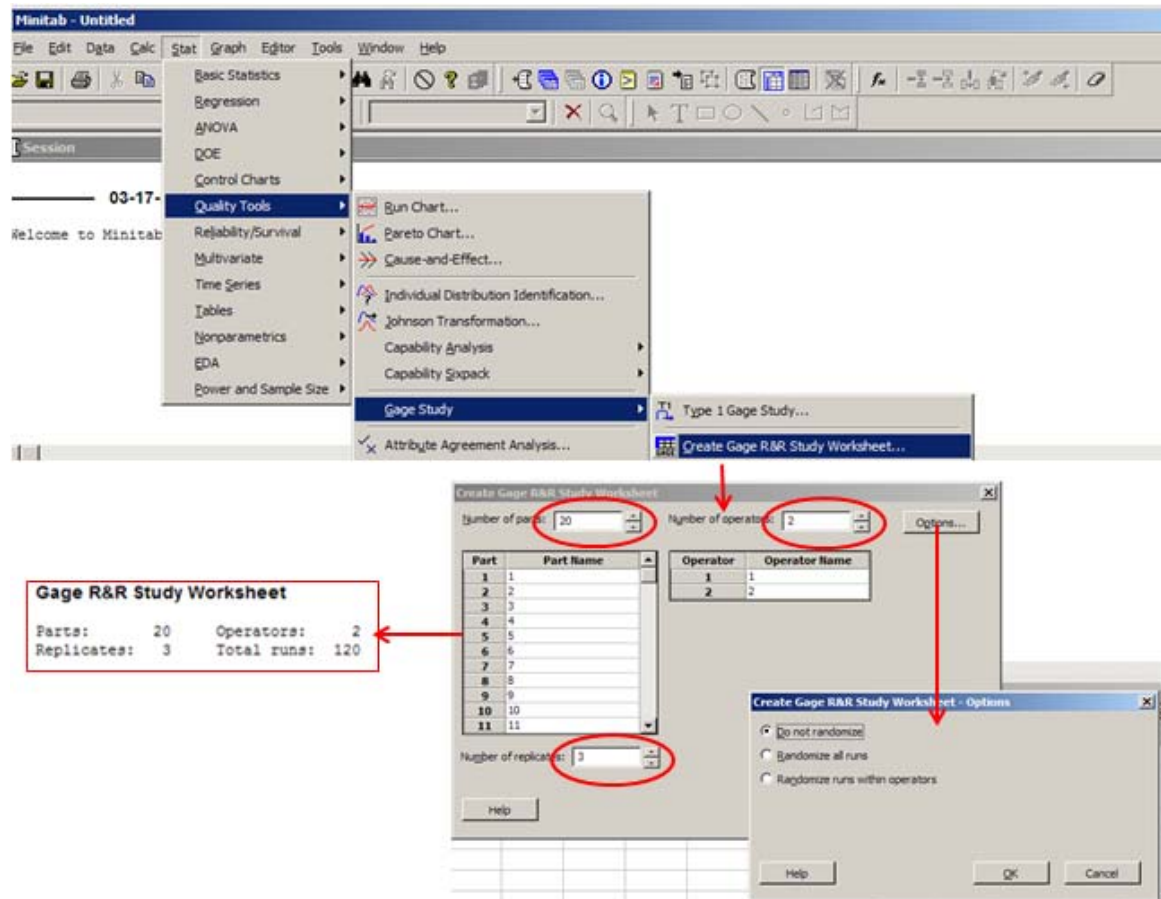
รูปที่ ข-11 Datapaq สำหรับวัดอุณหภูมิแต่ละ Zone ของเครื่องอบตะกั่ว

ภาคผนวก ค
ขั้นตอนการใช้ Minitab



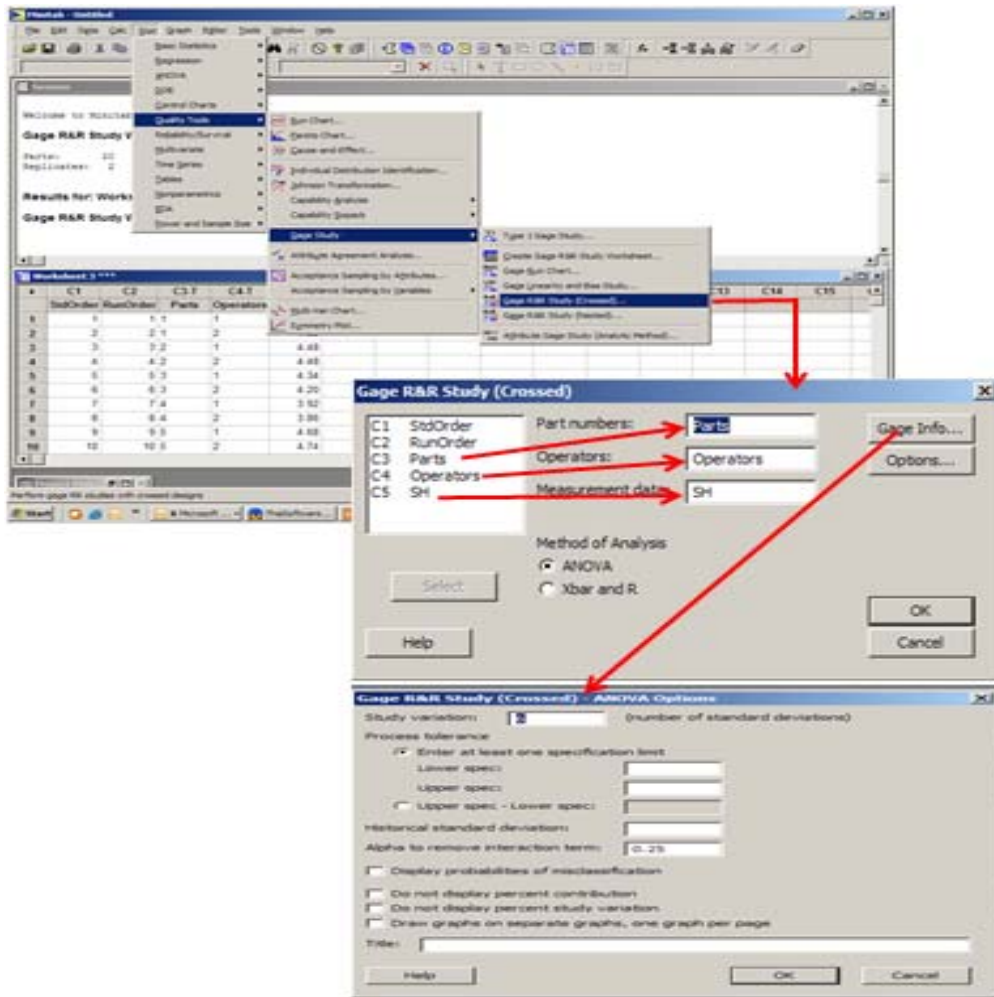
วิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดความสูงของตะกั่วของพนักงาน โดยใช้เครื่อง Olympus.

เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab จากนั้นเลือกเมนู Stat > Quality Tools > Gage Study> Create Gage R&R Study Worksheet จากนั้นกรอกข้อมูลคือ Number of part =20 , Number of Operator = 3, Number of Replicate=3 แล้วคลิก OK จากนั้นทำการกรอกข้อมูล Solder height ลงในช่อง Work sheet แสดงดังรูปที่ ก-2

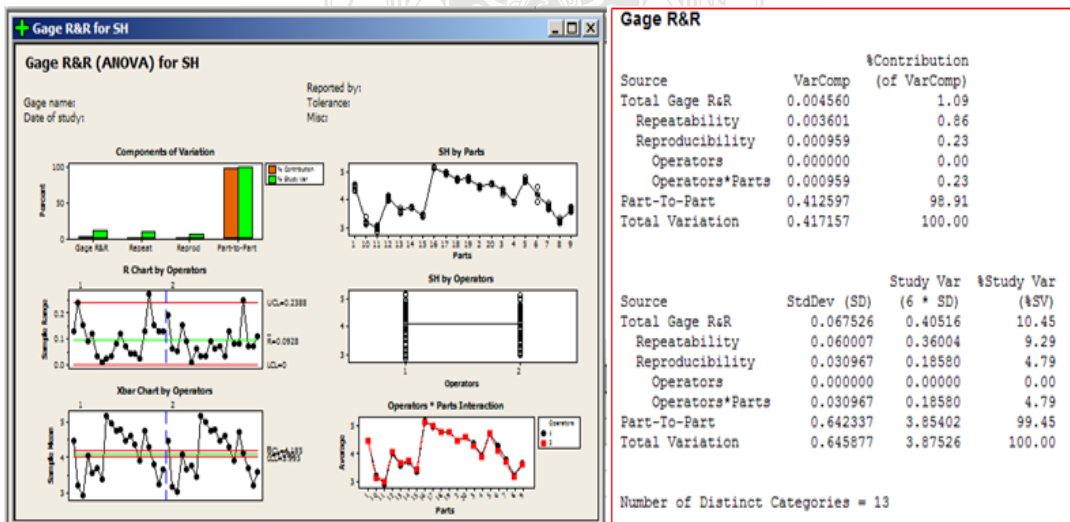


รูปที่ ก-2 ขั้นตอนการ Create Gage R&R Study Worksheet

เมื่อทำการกรอกข้อมูลในช่อง Work Sheet แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการคำนวณ GR&R โดยเริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab จากนั้นเลือกเมนู Stat > Quality Tools > Gage Study> Gage R&R (Crossed)... จากนั้นป้อนข้อมูลตัวแปรที่ต้องการ C3 = Part, C4 = Operator, C5 = Solder height (SH) ลงช่องเมนู Part numbers: = Par, Operator: = Operator, Measurement data: = Solder height (SH) แล้วคลิก OK จากนั้นป้อนข้อมูลตัวแปรที่ต้องการลงช่องเมนู Study Variation 6 และที่ช่องเมนู Lower spec: และ Upper spec: ไม่ป้อนข้อมูล แล้วคลิก OK โดยแสดงผลรูปการของกราฟ Gage R&R for PB2 และข้อมูล Session ผลการคำนวณค่าทางสถิติ แสดงดังรูปที่ ก-3 และรูปที่ ก-4



รูปที่ ค-3 ขั้นตอนการทดลอง Gage R&R



รูปที่ ค-4 ผลกราฟ Gage R&R และผลการคำนวณค่าทางสถิติของการวัดความสูงของตะกั่วของพนักงาน โดยใช้เครื่อง Olympus.

วิธีการทำผลการวิเคราะห์จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง (Power and Sample Size)

เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab จากนั้นเลือกเมนู Stat > Power and Sample Size > 2 Proportions จากนั้นป้อนข้อมูลตัวแปรที่ต้องการตรงช่อง Proportion 1 values = 0.001154, ช่อง Proportion 2 values = 0.000346 และช่อง Sample Size=12000, 13000, 14,170 แล้วคลิก OK โดยแสดงผลรูปการของกราฟ Pareto Chart of Cause แสดงดังรูปที่ ค-5

The image shows two screenshots from the Minitab software. The top screenshot shows the 'Power and Sample Size for 2 Proportions' dialog box with the following settings:

- Sample sizes: 12000, 13000, 14170
- Proportion 1 values: 0.001154
- Proportion 2: 0.000346

The bottom screenshot shows the Session window output:

```
Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =)
Calculating power for proportion 2 = 0.000346
Alpha = 0.05

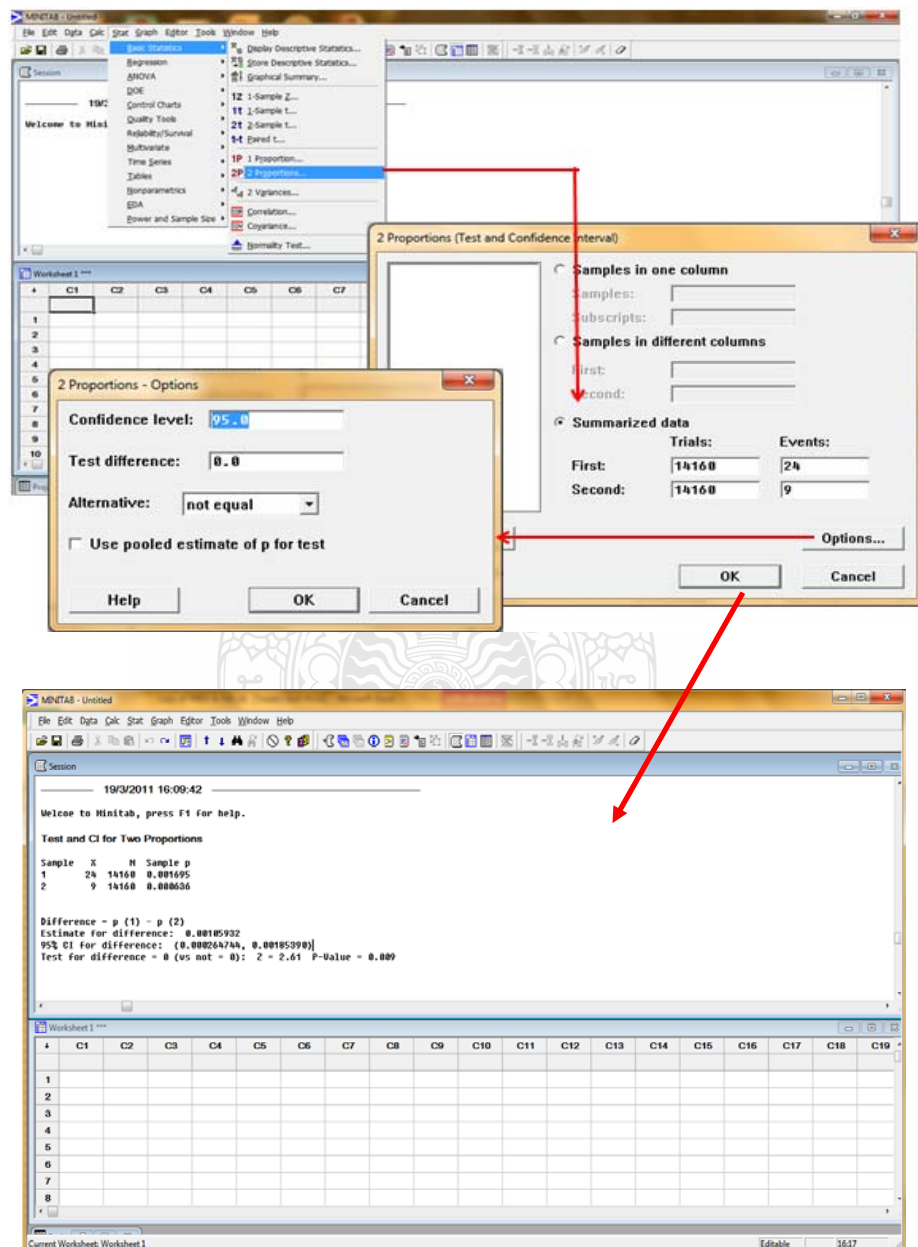
      Proportion 1      Sample      Power
                Size
0.001154      12000      0.627911
0.001154      13000      0.662641
0.001154      14170      0.700021

The sample size is for each group.
```

รูปที่ ค-5 ขั้นตอนและผล Power and Sample Size

ตัวอย่างวิธีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ผลต่อการเกิดปัญหา โดยใช้วิธี 2 Proportions Test

เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab เลือกเมนู Start> Basic Statistics> 2 Proportions จากนั้นทำการเลือก 2 Proportions (Test and Confidence Interval) แบบ Summarized data จากนั้นป้อนข้อมูลการทดลองที่ได้ตรงช่อง First : Trials =จำนวนตัวอย่างที่ทดลอง : 14160, Event =ปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ : 24 ช่อง Second : Trials : 14160, Event : 9 จากนั้นทำการเลือก Option จะแสดงเมนู (Confidence level : 95.0, Test difference : 0.0, Alternative : not equal) จากนั้นคลิก OK แล้วทำการคลิก OK อีกครั้ง จะแสดงผลดังรูปที่ ก-6

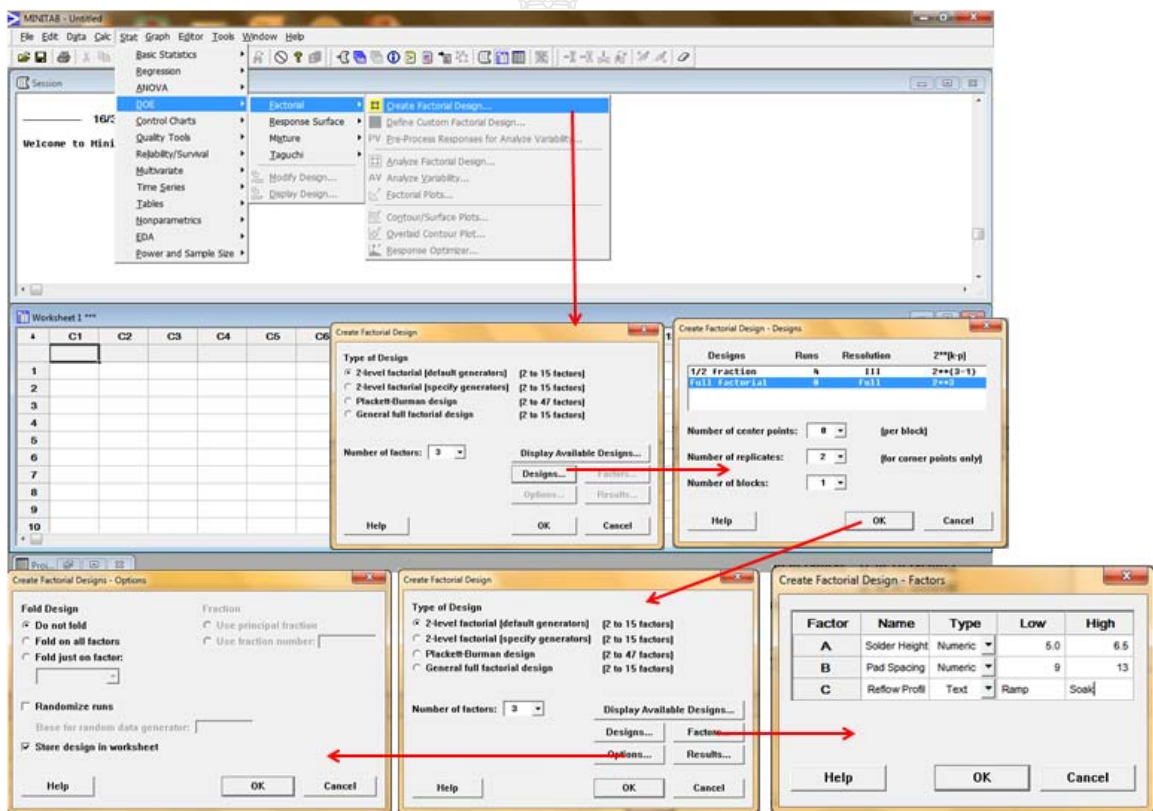


รูปที่ ก-6 ขั้นตอนและผล การวิเคราะห์ปัจจัยที่ผลต่อการเกิดปัญหาโดยใช้วิธี 2 Proportions Test

วิธีการนำเสนอผลการวิเคราะห์การทดลองค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีขั้นตอนดังนี้

เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab เลือกเมนู Data > DOE > Factorial > Create Factorial Design... จากนั้นป้อนข้อมูลตัวแปรที่ต้องการ ลงช่องเมนู 2-level factorial (default generators) (2 to 15 factors) คลิกเมนูช่อง Number of factors : 3 > Designs... Full factorial, Runs 8, Resolution Full, 2**3 > Number of replicates : 2 > Number of blocks : 1 แล้วคลิก OK จากนั้นเลือกเมนู Stat > DOE > Create Factorial Design... คลิกช่อง 2-level factorial (default generators) (2 to 15 factors) คลิกเมนูช่อง Factor ทำการป้อนตัวแปร โดย Factor A : Solder height (Low : 5.0, High : 6.5) Factor B : Pad Spacing (Low : 9, High : 13) และ Factor C : Reflow Profile (Low : Ramp, High : Soak) แล้วคลิก OK จากนั้นทำการเลือกเมนูช่อง Option แล้วเลือก Fold Design : Do not fold และ เลือก Store design in work sheet แล้วคลิก OK ไปช่องเมนูหลัก แล้วคลิก OK อีกครั้งจะแสดงผลการคำนวณ Worksheet ดังรูปที่ ก-7 แล้วป้อนข้อมูล Defect แสดงดังรูปที่ ก-8



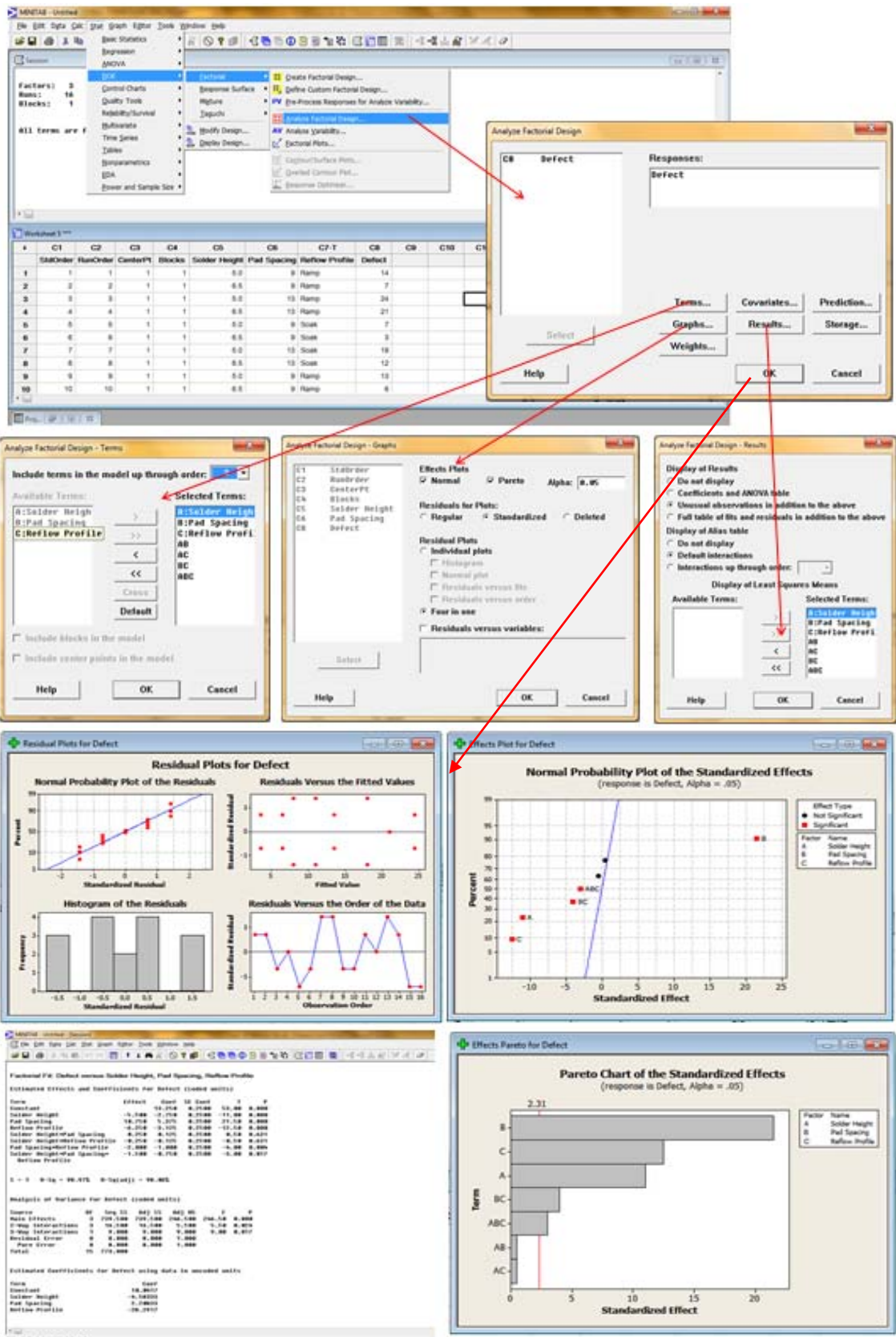
รูปที่ ก-7 ขั้นตอนและผลการ Create Factorial Design

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7-T	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Solder height	Pad Spacing	Reflow Profile										
1	1	1	1	1	5.0	9	Ramp										
2	2	2	1	1	6.5	9	Ramp										
3	3	3	1	1	5.0	13	Ramp										
4	4	4	1	1	6.5	13	Ramp										
5	5	5	1	1	5.0	9	Soak										
6	6	6	1	1	6.5	9	Soak										
7	7	7	1	1	5.0	13	Soak										
8	8	8	1	1	6.5	13	Soak										
9	9	9	1	1	5.0	9	Ramp										
10	10	10	1	1	6.5	9	Ramp										

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7-T	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Solder height	Pad Spacing	Reflow Profile	Defect									
1	1	1	1	1	5.0	9	Ramp	14									
2	2	2	1	1	6.5	9	Ramp	7									
3	3	3	1	1	5.0	13	Ramp	24									
4	4	4	1	1	6.5	13	Ramp	21									
5	5	5	1	1	5.0	9	Soak	7									
6	6	6	1	1	6.5	9	Soak	3									
7	7	7	1	1	5.0	13	Soak	19									
8	8	8	1	1	6.5	13	Soak	12									
9	9	9	1	1	5.0	9	Ramp	13									
10	10	10	1	1	6.5	9	Ramp	6									

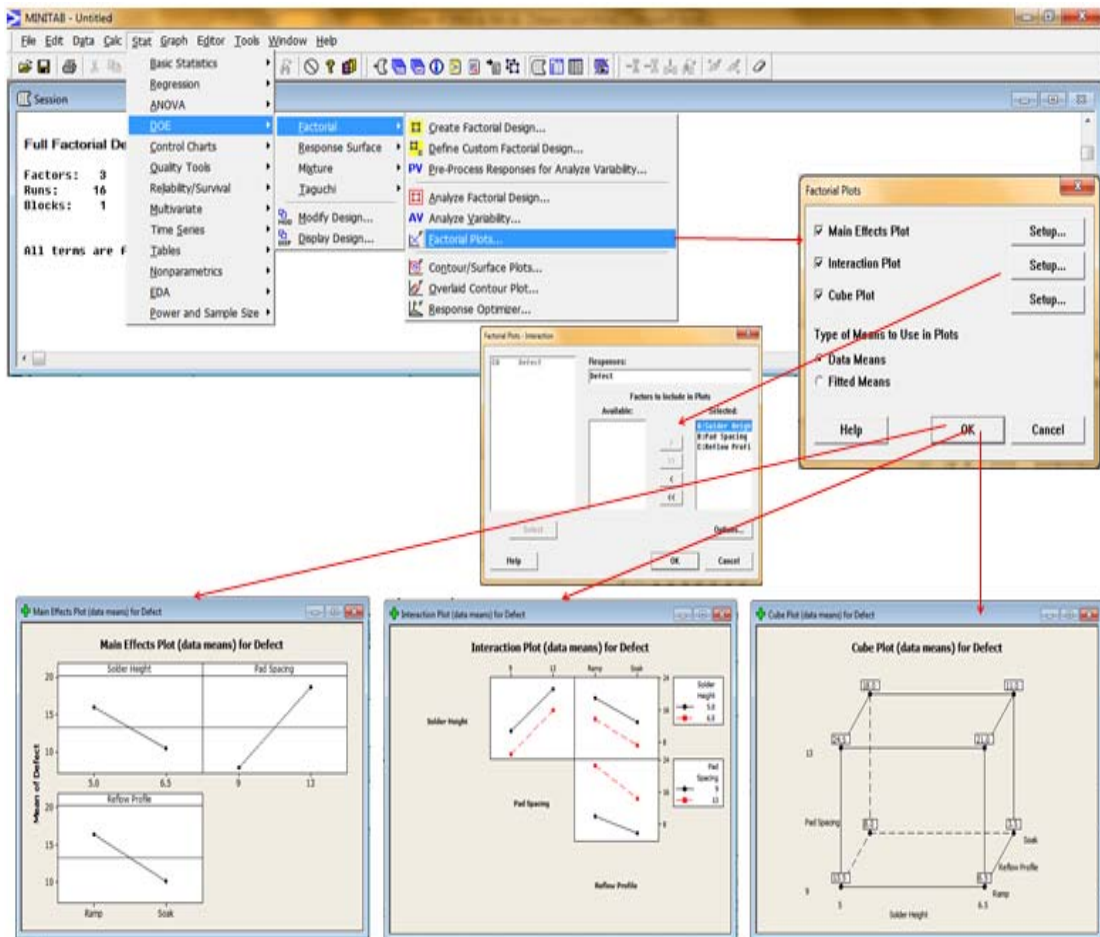
รูปที่ ค-8 ขั้นตอนและผลการ Create Factorial Design

จากนั้นเริ่มต้นเลือกเมนู Stat > DOE > Analyze Factorial... จากนั้นป้อนข้อมูลตัวแปรที่ต้องการ ลงช่องเมนู Responses : ' Defect' แล้วคลิกเลือกเมนู Terms...จากนั้นป้อนข้อมูลที่ต้องการ ลงช่องเมนู Selected Terms : = A, B, C, AB, BC, ABC แล้วคลิก OK จากนั้นคลิกเมนู Graphs... จากนั้นคลิกเลือกช่องข้อมูลที่ต้องการ ลงช่องเมนู Effect Plots : = Normal, Half normal, Pareto, แล้วเลือกเมนู Standard และ Four in one แล้วคลิก OK จากนั้นคลิกเมนู Results...จากนั้นคลิกเลือกเมนู Unusual และ Default จากนั้นเลือกคลิกเมนูที่ต้องการ ลงช่องเมนู Selected Terms : A, B, C, AB, BC, ABC แล้วคลิก OK จากนั้นคลิก OK อีกครั้ง โดยแสดงผลการคำนวณและกราฟ Factorial Design แสดงดังรูปที่ ค-9



รูปที่ ก-9 ขั้นตอนและผลการคำนวณและกราฟ Factorial Design

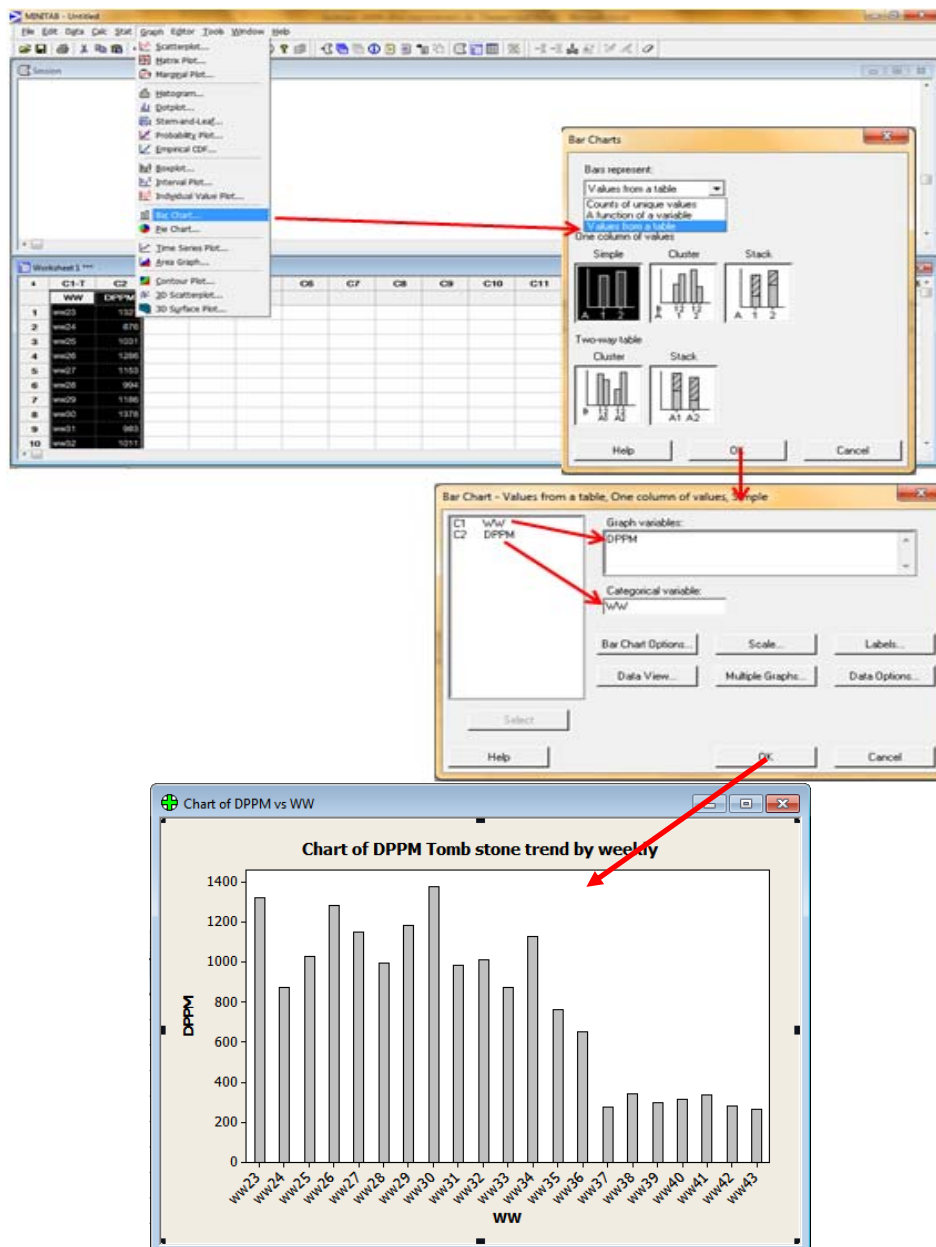
จากนั้นเริ่มต้นเลือกเมนู Stat > DOE > Factorial > Factorial Plots... จากนั้นเลือกข้อมูลที่ต้องการ คลิกช่องของ Main Effects Plot, Interaction Plot และ Cube Plot แล้วคลิก Setup... จากนั้นเลือกข้อมูลเมนูที่ต้องการ Defect (Tombstone Capacitor) แล้วคลิกเลือกเมนูที่ต้องการช่องของ Selected := A, B, C แล้วคลิก OK จากนั้นคลิก OK อีกครั้ง โดยแสดงผลการคำนวณและกราฟ Factorial Plots แสดงดังรูปที่ ค-10



รูปที่ ค-10 ขั้นตอนและผลการคำนวณและกราฟ Factorial Plots

วิธีการนำเสนอผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเกิดปัญหาทอมส์โตนคาปาซิเตอร์ก่อนและหลังการปรับปรุงตั้งแต่ WW23-ww43 โดยการนำเสนอแบบ Bar Chart

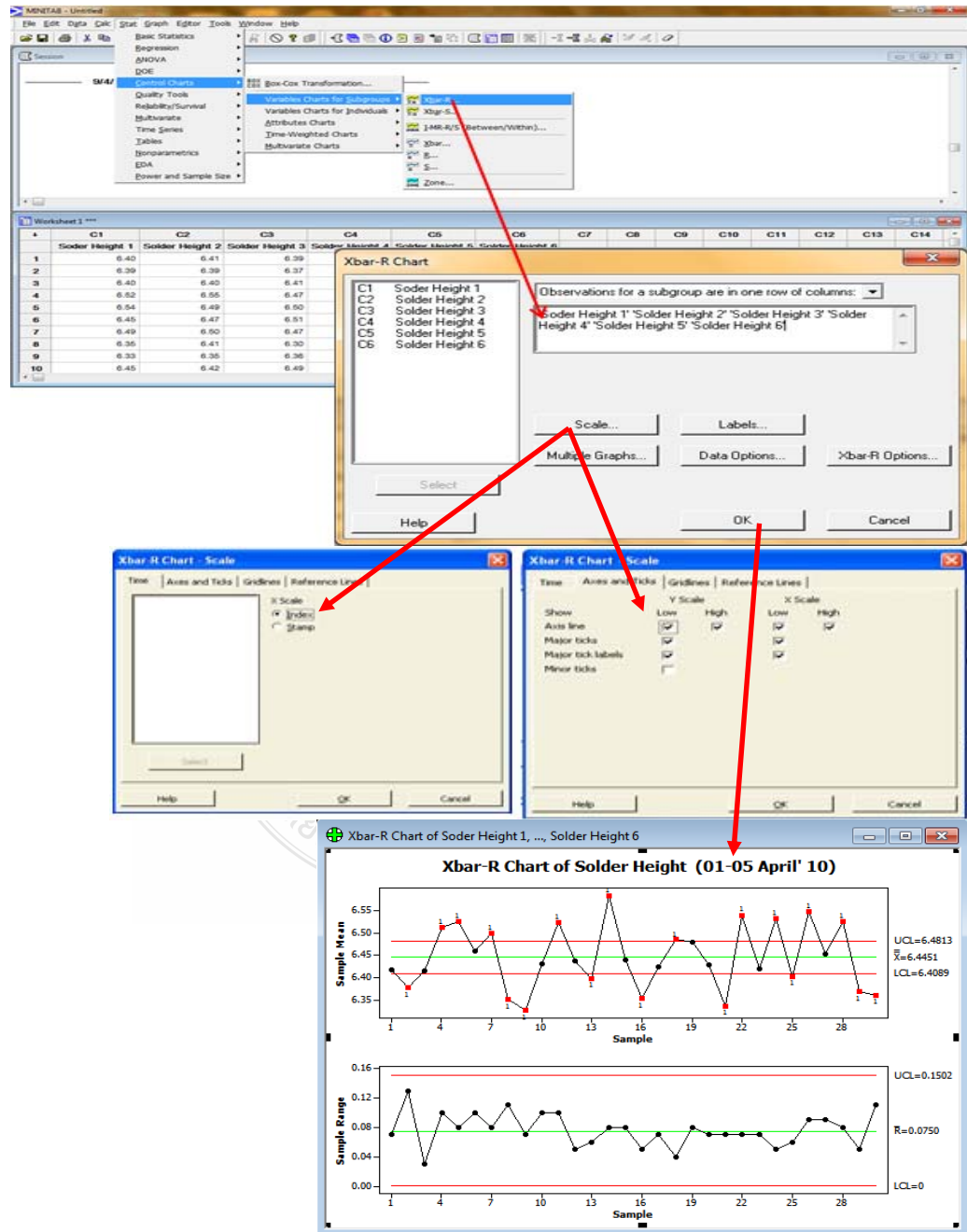
เริ่มต้นเลือกเมนู Stat> Bar Chart แล้วทำการเลือก Bars represent เป็น Values from a table แล้วเลือก One column of value เป็นแบบ Simple แล้วคลิก OK จากนั้นจากนั้นคลิกเลือกช่องข้อมูลที่ต้องการ ลงช่องเมนู Graph variables : DPPM และลงช่องเมนู Categorical variables : Week แล้วคลิก OK จะแสดง แนวโน้มการเกิดปัญหาทอมส์โตน คาปาซิเตอร์ก่อนและหลังการปรับปรุงตั้งแต่ WW23-ww43 โดยการนำเสนอแบบ Bar Chart ดังรูปที่ ก-11



รูปที่ ก-11 ขั้นตอนและผลการนำเสนอแบบ Bar Chart

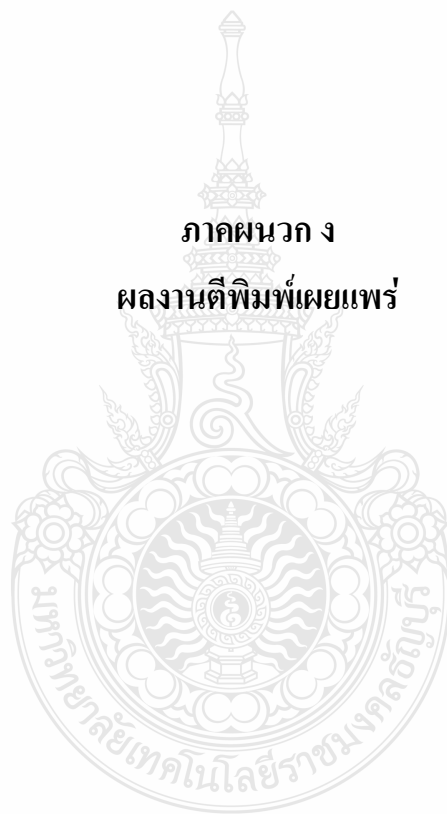
การนำข้อมูลการควบคุม นำเสนอผลทดสอบสถิติการควบคุมคุณภาพ

1. เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab เลือกเมนู Stat > Control Charts > Variables Charts for Subgroups > Xbar-R... จากนั้นเลือกข้อมูลที่ต้องการลงช่องเมนู 'Solder Height 1-Solder Height 6' แล้วคลิกเมนู Scale... จากนั้นเลือกเมนูคลิกช่องเมนู Time = X Scale Index แล้วคลิกเลือก Axes and Ticks แล้วคลิก OK จากนั้นคลิก OK อีกครั้ง โดยแสดงผลการคำนวณและกราฟ Xbar-R Chart of Solder Height แสดงดังรูปที่ ค-12



รูปที่ ค-12 ขั้นตอนและผลการคำนวณและกราฟ Xbar-R Chart.

ภาคผนวก ง
ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่





ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ร่วมกับ
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ขอเรียนเชิญเข้าร่วมการสัมมนา

IE NETWORK CONFERENCE 2010

การประชุมวิชาการย้ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2553

13-15 ตุลาคม 2553 ณ โรงแรมสุโขทัยแกรนด์ แอนด์ คอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ อุบลราชธานี

สาขาวิชาในการประชุม

- | | |
|--|----------------------------------|
| ■ Energy and Environmental Management | ■ Materials and Metallurgy |
| ■ Engineering Economy and Cost Management | ■ Manufacturing Engineering |
| ■ Optimization Techniques and Metaheuristics | ■ Operations Research |
| ■ Work Study and Productivity Improvement | ■ Quality Management |
| ■ Production and Operations Management | ■ Innovation Management |
| ■ Supply Chain and Logistics Management | ■ Industrial Technology Transfer |
| ■ Safety Engineering and Ergonomics | ■ Other related topics in IE |

กำหนดการสำคัญ

เปิดรับบทความ 1 มี.ค.-25 เม.ย. 53

เปิดรับบทความฉบับสมบูรณ์ 3 พ.ค.-20 มิ.ย. 53

ประกาศผลพิจารณาบทความ 30 ก.ค. 53

หนดเขตลงทะเบียนล่วงหน้า 27 ส.ค. 53

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม:

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

โทร. 045-353307, 045-353300 Fax. 045-353333

E-mail: ienetwork2010@ubu.ac.th

<http://www.ubu-confer.org/ienetwork2010>



IE NETWORK CONFERENCE 2010

การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2553

13 - 15 ตุลาคม 2553 ณ โรงแรมสุนีย์แกรนด์ แอนด์ คอนเวนชันเซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี

24 สิงหาคม 2553

เรื่อง ผลการพิจารณาบทความที่ส่งเข้าร่วมการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2553

เรียน คุณธีระพงษ์ บุญสมปอง

ตามที่ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ร่วมกับ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้จัดให้มีการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2553 ระหว่างวันที่ 13 – 15 ตุลาคม 2553 ณ โรงแรมสุนีย์แกรนด์ แอนด์ คอนเวนชันเซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี และตามที่ท่านได้ส่งบทความเพื่อเข้ารับการพิจารณาในการประชุมวิชาการฯ นั้น

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ขอแจ้งผลการพิจารณาบทความในการประชุมวิชาการของท่านดังนี้

ชื่อเรื่อง	ผู้เขียนบทความ	ผลการพิจารณา
การลดปัญหาทวมสโตน คอมโพเนนท์ โดยใช้แนวทาง ซิกส์ซิกม่า กรณีศึกษา : กระบวนการประกอบ แผ่นวงจรชนิดอ่อน	1.ธีระพงษ์ บุญสมปอง 2.ณฐา คุปต์ยี่เชียร	ตอบรับ ให้นำเสนอบทความ

ทั้งนี้ กำหนดการนำเสนอบทความ สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

<http://www.ubu-confer.org/ienetwork2010/> โดยมีระยะเวลาในการนำเสนอ 10 นาที และเวลาตอบคำถาม 5 นาที

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส
ประธานข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม

กำหนดการประชุมวิชาการข่ายงาน วิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2553



ณ โรงแรมสุโขทัยแกรนด์ แอนด์ คอนเวนชันเซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี

วันที่ 13 ตุลาคม 2553

เวลา	กำหนดการ	สถานที่
08.00-09.30	ลงทะเบียน	โถงหน้าห้องประชุม (ชั้น 5)
09.00-10.00	พิธีเปิดงานประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี 2553 (IE Network Conference 2010)	ห้องทับทิมสยาม 2 (ชั้น 5)
10.00-10.45	การบรรยายพิเศษ โดย คุณเชาวลิต เอกบุตร จากบริษัท เอสซีจี เพเปอร์ จำกัด(มหาชน) เรื่อง "การปรับตัวของวิศวกรอุตสาหกรรมเพื่อให้เป็นที่ต้องการของตลาด ในยุคเศรษฐกิจเครือชูกาอาเซียน"	ห้องทับทิมสยาม 2 (ชั้น 5)
10.45-11.00	พักรับประทานอาหารว่าง	โถงหน้าห้องประชุม (ชั้น 5)
11.00-12.00	การบรรยายพิเศษ โดย ศ.ดร.วรทัศน์ ชาติวิษยานุกูล จาก Asian Institute of Technology (AIT) เรื่อง "การพัฒนางานวิจัยกับกรณีศึกษาจริงให้เป็นงานวิจัยระดับสากล"	ห้องทับทิมสยาม 2 (ชั้น 5)
12.00-13.00	พักรับประทานอาหารกลางวัน	ห้องทับทิมสยาม 3 (ชั้น 5)
13.00-15.00	การนำเสนอบทความทางวิชาการ	ห้องประชุมเล็ก (ชั้น 4, 5)
15.00-15.15	พักรับประทานอาหารว่าง	โถงหน้าห้องประชุม (ชั้น 5)
15.15-17.15	การนำเสนอบทความทางวิชาการ	ห้องประชุมเล็ก (ชั้น 4, 5)
15.15-17.15	ประชุมหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมทุกสถาบัน	Business Center (ชั้น 2)
18.30-21.00	พิธีเลี้ยงรับรอง "วันแห่งหมู่เกาะชาวไออี" พร้อมชมการแสดงจาก ศูนย์บ้านเย็น รากแก่น	ห้องทับทิมสยาม 3 (ชั้น 5)



วันที่ 14 ตุลาคม 2553

เวลา	กำหนดการ	สถานที่
09.00-10.30	การนำเสนอบทความทางวิชาการ	ห้องประชุมเล็ก (ชั้น 4, 5)
10.30-10.45	พักรับประทานอาหารว่าง	โถงหน้าห้องประชุม (ชั้น 5)
10.45-12.00	การนำเสนอบทความทางวิชาการ	ห้องประชุมเล็ก (ชั้น 4, 5)
12.00-13.00	พักรับประทานอาหารกลางวัน	ห้องทับทิมสยาม 3 (ชั้น 5)
13.00-14.30	การนำเสนอบทความทางวิชาการ	ห้องประชุมเล็ก (ชั้น 4, 5)
15.00-18.00	City tour ภายใน อ.เมือง จ.อุบลราชธานี	นัดพบบริเวณ Lobby (ชั้น1)

วันที่ 15-16 ตุลาคม 2553

ทัศนศึกษา ประเทศลาว

กำหนดการนำเสนอ บทความวิชาการ



วันที่ 13 ตุลาคม 2553

ประกาดการนำเสนอโดยเต็ม
 นำเสนอเป็นภาษาอังกฤษ

เวลา ห้อง	ชั้น 4									ชั้น 5			
	CK A12	CK A14	CK A15	CK A16	CK A17	CK B1	CK B2	CK B3	CK B4	ปทุมวัน	ปทุมมา	ปทุมธานี	ปทุมทิพย์
03.00-13.15	MAM-15	ORS-1	POM-1	POM-15	QMG-1	MEG-1	MEG-15	ORI-1	ORI-15	MAM-1	WSI-1	CT1-ITT	IP1-MEG
03.15-13.30	MAM-16	ORS-2	POM-2	POM-16	QMG-2	MEG-2	MEG-16	ORI-2	ORI-16	MAM-2	WSI-2	CT2-MAM	IP2-MEG
03.30-13.45	MAM-17	ORS-3	POM-3	POM-17	QMG-3	MEG-3	MEG-17	ORI-3	ORI-17	MAM-3	WSI-3	CT3-MAM	IP3-MEG
03.45-14.00	MAM-18	ORS-4	POM-4	POM-18	QMG-4	MEG-4	MEG-18	ORI-4	ORI-18	MAM-4	WSI-4	CT4-MAM	IP4-ORI
14.00-14.15	MAM-19	ORS-5	POM-5	POM-19	QMG-5	MEG-5	MEG-19	ORI-5	ORI-19	MAM-5	WSI-5	CT5-MEG	IP5-ORI
14.15-14.30	MAM-20	ORS-6	POM-6	POM-20	QMG-6	MEG-6	MEG-20	ORI-6	ORI-20	MAM-6	WSI-6	CT6-MEG	IP6-OTM
14.30-14.45	MAM-21	ORS-7	POM-7	POM-21	QMG-7	MEG-7	MEG-21	ORI-7	ORI-21	MAM-7	WSI-7	CT7-ORS	IP7-POM
14.45-15.00	พักรับประทานอาหารว่าง												
15.00-15.15	MAM-22	ORS-8	POM-8	QMG-15	QMG-8	MEG-8	MEG-22	ORI-8	ORI-22	MAM-8	WSI-8	CT8-ORI	WSI-15
15.15-15.30	MAM-23	ORS-9	POM-9	QMG-16	QMG-9	MEG-9	MEG-23	ORI-9	ORI-23	MAM-9	WSI-9	CT9-ORI	WSI-16
15.30-15.45	MAM-24	ORS-10	POM-10	QMG-17	QMG-10	MEG-10	MEG-24	ORI-10	ORI-24	MAM-10	WSI-10	CT10-SCM	WSI-17
15.45-16.00	MAM-25	ORS-11	POM-11	QMG-18	QMG-11	MEG-11	MEG-25	ORI-11	ORI-25	MAM-11	WSI-11	CT11-SCM	WSI-18
16.00-16.15	MAM-26	ORS-12	POM-12	QMG-19	QMG-12	MEG-12	MEG-26	ORI-12	EEM-1	MAM-12	WSI-12	CT12-SEE	WSI-19
16.15-16.30	MAM-27	ORS-13	POM-13	QMG-20	QMG-13	MEG-13	MEG-27	ORI-13	SCM-1	MAM-13	WSI-13	CT13-WSI	WSI-20
16.30-16.45	MAM-28	ORS-14	POM-14	QMG-21	QMG-14	MEG-14	MEG-28	ORI-14	SEE-1	MAM-14	WSI-14	CT14-WSI	WSI-21

วันที่ 14 ตุลาคม 2553 4

เวลา ห้อง	ชั้น 4									ชั้น 5			
	CK A12	CK A14	CK A15	CK A16	CK A17	CK B1	CK B2	CK B3	CK B4	ปทุมวัน	ปทุมมา	ปทุมธานี	ปทุมทิพย์
09.00-09.15	MAM-46	ORS-15	POM-22	POM-39	QMG-22	MEG-29	EEM-2	ORI-26	ECM-1	MAM-29	SEE-2	QMG-39	WSI-22
09.15-09.30	MAM-47	ORS-16	POM-23	POM-40	QMG-23	MEG-30	EEM-3	ORI-27	ECM-2	MAM-30	SEE-3	QMG-40	WSI-23
09.30-09.45	MAM-48	ORS-17	POM-24	SCM-2	QMG-24	MEG-31	EEM-4	ORI-28	ECM-3	MAM-31	SEE-4	QMG-41	WSI-24
09.45-10.00	MAM-49	OTM-1	POM-25	SCM-3	QMG-25	MEG-32	EEM-5	ORI-29	ECM-4	MAM-32	SEE-5	QMG-42	WSI-25
10.00-10.15	MAM-50	OTM-2	POM-26	SCM-4	QMG-26	MEG-33	EEM-6	ORI-30	ECM-5	MAM-33	SEE-6	QMG-43	WSI-26
10.15-10.30	MAM-51	OTM-3	POM-27	SCM-5	QMG-27	MEG-34	EEM-7	ORI-31	ECM-6	MAM-34	SEE-7	QMG-44	WSI-27
10.30-10.45	พักรับประทานอาหารว่าง												
10.45-11.00	MAM-52	OTM-4	POM-28	SCM-6	QMG-28	MEG-35	EEM-8	ORI-32	ECM-7	MAM-35	SEE-8	WSI-39	WSI-28
11.00-11.15	MAM-53	OTM-5	POM-29	SCM-7	QMG-29	MEG-36	EEM-9	ORI-33	ECM-8	MAM-36	SEE-9	WSI-40	WSI-29
11.15-11.30	MAM-54	OTM-6	POM-30	SCM-8	QMG-30	MEG-37	EEM-10	ORI-34	ECM-9	MAM-37	SEE-10	WSI-41	WSI-30
11.30-11.45	MAM-55	OTM-7	POM-31	SCM-9	QMG-31	MEG-38	EEM-11	ORI-35	ECM-10	MAM-38	SEE-11	WSI-42	WSI-31
11.45-12.00	MAM-56	SCM-14	POM-32	SCM-10	QMG-32	MEG-39	EEM-12	ORI-36	ECM-11	MAM-39	SEE-12	WSI-43	WSI-32
12.00-13.00	พักรับประทานอาหารกลางวัน												
13.00-13.15	MAM-57	SCM-15	POM-33	SCM-11	QMG-33	MEG-40	EEM-13	ORI-37	IMG-1	MAM-40	SEE-13	WSI-44	WSI-33
13.15-13.30	MAM-58	SCM-16	POM-34	SCM-12	QMG-34	MEG-41	EEM-14	ORI-38	IMG-2	MAM-41	SEE-14	WSI-45	WSI-34
13.30-13.45	MAM-59	SCM-17	POM-35	SCM-13	QMG-35	MEG-42	EEM-15	ORI-39	IMG-3	MAM-42	SEE-15	WSI-46	WSI-35
13.45-14.00	MEG-46	SCM-18	POM-36	QMG-45	QMG-36	MEG-43	EEM-16	ORI-40	IMG-4	MAM-43	SEE-16	WSI-47	WSI-36
14.00-14.15	EEM-19	SCM-19	POM-37	QMG-46	QMG-37	MEG-44	EEM-17	ORI-41	IMG-5	MAM-44	SEE-17	WSI-48	WSI-37
14.15-14.30			POM-38	QMG-47	QMG-38	MEG-45	EEM-18	ORI-42	IMG-6	MAM-45			WSI-38

Proceedings

IE NETWORK CONFERENCE 2010

การประชุมวิชาการย้ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2553

13-15 ตุลาคม 2553

โรงแรมสุโขทัยแกรนด์ แอนด์ คอนเวนชันเซ็นเตอร์
จังหวัดอุบลราชธานี



		หน้า
ORI 24	การลดปัญหาทูลมโตน คอมโพเนนท์ โดยใช้นวัตกรรมซิกซ์ซิกม่า กรณีศึกษา : กระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน ธีระพงษ์ บุญสมปอง* และ ณฐรา คุปต์ขันธ์	182
ORI 25	การพัฒนาบรรจุภัณฑ์โดยการใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทาง คุณภาพและเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประติมากรรม กรณีศึกษา : พูเจียนกวน พรเทพ แก้วชื้อ*	183
ORI 26	การวิเคราะห์และลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตยาแคปซูล สุพัฒตรา เกษราพงศ์* และ วรวิทย์ ปานนก	184
ORI 27	การวิเคราะห์สาเหตุเชิงข้อบกพร่องและการวางแผนซ่อมบำรุงเชิง ป้องกันเครื่องจักร กรณีศึกษา การประปานครหลวง สุพัฒตรา เกษราพงศ์* และ พงศกร ศ้อยธิยะ	185
ORI 28	การลดเวลาโครงการซ่อมบำรุงรักษาประจำปี กรณีศึกษา : โรงงานผลิตและบรรจุวัคซีนมนุษย์ อุทตนา พวดีเพราะ และ สมชาย หวังจินดาเศรษฐ*	186
ORI 29	การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตแปรรูป กรณีศึกษา : บริษัทไทยอินเตอร์เนชั่นแนลเมกซ์ จำกัด ศักดิ์วิศวะ บุตรสุรินทร์* และ ระพี กาญจนะ	187
ORI 30	การศึกษาเพื่อเพิ่มค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการขึ้นรูปของ กระบวนการลากขึ้นรูปเหล็ก โดยการใช้สารหล่อลื่น เรณู อุทธิชัย* และ เมธีชัย นิลดี	188
ORI 31	ชุดทดสอบประกายไฟสำหรับการทดสอบเหล็กกล้า ไพฑูริย์ บุญผา และ ณัฐชิต โสภารัตน์	189
ORI 32	การเพิ่มคุณภาพการให้บริการขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลสำโรง อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี ศรณิศร ภูนิคม และ วิมล พรประเสริฐ	190

การลดปัญหาทอมสโตน คอมโพเนนท์ โดยใช้แนวทางซิกส์ซิกม่า

กรณีศึกษา : กระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน

Reduction of Tombstone Components Problem

by Six Sigma Technique:

A Case Study of Printed Circuit Cable Assembly Line

ธีระพงษ์ บุญสมปอง* และ ฤชชา คุปต์ชะเรียม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

E-mail: puichemeng@hotmail.com*

ORI 24

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาทอมสโตน คาปาซิเตอร์ ของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน โดยการประยุกต์ใช้หลักการบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกส์ซิกม่า จากข้อมูลในอดีตพบว่าโมเดลเตนาลีซึ่งเป็นโมเดลตัวอย่างเกิดปัญหาทอมสโตน คาปาซิเตอร์ มากถึง 48 % ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดหรือคิดเป็น 1,154 ดีพีพีเอ็ม และส่งผลให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้อยู่ที่ 98.4% ของงานที่ผลิตทั้งหมด

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจาก การระบุปัญหาและการวัด ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาใน 3 ขั้นตอนได้แก่ การพิมพ์ลายแผงวงจร การวางคอมโพเนนท์ และการอบชิ้นงานด้วยเครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัดและประเมินความสามารถของกระบวนการ แล้ววิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงด้วยวิธีการทางสถิติเมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้ว จึงทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองและการออกแบบใหม่ สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุม โดยวางแผนเพื่อควบคุมกระบวนการให้สามารถธำรงไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง

ผลการวิจัย แสดงว่าหลักการบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกส์ซิกม่า สามารถลดปัญหา ทอมสโตน คาปาซิเตอร์ ในโมเดลเตนาลี ของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนได้ถึง 73% คือจาก 1,154 ดีพีพีเอ็ม ลงเหลือ 314 ดีพีพีเอ็ม และทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้ถึง 99.66 % ของงานที่ผลิตทั้งหมด

คำสำคัญ : ซิกส์ซิกม่า ปัญหาทอมสโตน คาปาซิเตอร์ กระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน

การลดปัญหาทอมสโตน คอมโพเนนท์ โดยใช้แนวทางซิกส์ ซิกม่า

กรณีศึกษา : กระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน

Reduction of Tombstone Components Problem by Six Sigma Technique:

A Case Study of Printed Circuit Cable Assembly Line

นายธีระพงษ์ บุญสมปอง* และ ณฐา คุปต์ขจีเยียร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

E-mail: puichemeng@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาคอมโพเนนท์ทอมสโตนคาปาซิเตอร์ ของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน โดยการประยุกต์ใช้หลักการบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกส์ ซิกม่า จากข้อมูลในอดีตพบว่า โมเดลเดนาลีซึ่งเป็นโมเดลตัวอย่าง เกิดปัญหาทอมสโตน คาปาซิเตอร์มากถึง 48 % ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด หรือคิดเป็น 1,154 ดีพีพีเอ็ม และส่งผลให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้อยู่ที่ 98.4% ของงานที่ผลิตทั้งหมด

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจาก การระบุปัญหาและการวัด ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาและสาเหตุของปัญหาใน 3 ขั้นตอนได้แก่ การพิมพ์ลายแผงวงจร การวางคอมโพเนนท์ และการอบชิ้นงานด้วยเครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัดและประเมินความสามารถของกระบวนการ แล้ววิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงด้วยวิธีการทางสถิติ เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้ว จึงทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองและการออกแบบใหม่ สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุม โดยวางแผนเพื่อควบคุมกระบวนการให้สามารถธำรงไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง

ผลการวิจัย แสดงว่าหลักการบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกส์ ซิกม่า สามารถลดปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ ในโมเดลเดนาลี ของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนได้ถึง 73% คือจาก 1,154 ดีพีพีเอ็ม ลงเหลือ 314 ดีพีพีเอ็ม และทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้ถึง 99.66% ของงานที่ผลิตทั้งหมด

คำสำคัญ : ซิกส์ซิกม่า ปัญหาคอมโพเนนท์ทอมสโตนคาปาซิเตอร์ กระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน

ABSTRACT

The objective of this research was to solve the tombstone capacitor effect problem in Printed Circuit Assembly Process by applying the six sigma technique. The study of previous data for Denali model showed that the Tombstone capacitor problem occurred up to 48% which equal to 1,154 DPPM with acceptable output (yield) at 98.4%.

The research methodology composed of 5 steps starting with defining the problem and measurement phases. The researcher indicated and investigated the causes of problems at Solder paste printing process, SMT placement process, and Reflow oven process. Measurement system and process capability were also analyzed and assessed in the next phase. The causes of problems were analyzed with statistical tests. The Design of Experiment (DOE) and Redesign techniques were later used in the improvement phase. Finally, in the control phase, the process control plan was assigned for maintaining the result of improvement.

The result showed that the six sigma technique can reduce the tombstone capacitor problem from 1,154 DPPM to 314 DPPM or 73% and acceptable output (yield) at 99.66% for the Denali model in Print Circuit Assembly Process.

Keyword : Six sigma, Tombstone capacitor effect, Print Circuit Assembly Process.

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีบริษัทหลายแห่งได้นำแนวทางซิกส์ ซิกมาเข้ามาประยุกต์ใช้และประสบความสำเร็จ สามารถลด ต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้เป็นเงินจำนวนมาก การประยุกต์ใช้การบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกส์ ซิกมาในประเทศไทยนั้น มีบริษัทชั้นนำหลายแห่งได้นำแนวทางดังกล่าว มาประยุกต์ใช้และประสบความสำเร็จ เช่น บริษัทซีเกท เทคโนโลยี, บริษัทเจเนอรัล อิเล็กทริก เป็นต้น [1]

จากความสำเร็จข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการ ประยุกต์ใช้หลักการบริหารคุณภาพตามแนวทางซิกส์ ซิกมา มา แก้ไขปัญหาทวมสโตน คอมโพเนนท์ โดยเฉพาะ คอมโพเนนท์ คาปาซิเตอร์ ที่มีปัญหาทวมสโตนมากกว่าคอมโพเนนท์ตัว อื่น ๆ ของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนที่ได้หยิบยก เป็นกรณีศึกษา ซึ่งจากข้อมูลของฝ่ายผลิตย้อนหลังในเดือน ธันวาคม 2552-มกราคม 2553 พบว่าปัญหาหลัก 5 อันดับ (Top Five Defects) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบแผ่นวงจร ชนิดอ่อนโดยเฉพาะโมเดลเดนาลี (Denali Model) ที่ผู้วิจัยได้ เลือกทำการศึกษานี้ จะพบปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ 48% ของปัญหาทั้งหมด เกิดปัญหาโดยเฉลี่ย 613 ตัวต่อสัปดาห์หรือ 1,154 DPPM ส่งผลให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้อยู่ที่ 98.4% ของ งานที่ผลิตทั้งหมด

จุดประสงค์ของการทำวิจัยในครั้งนี้เพื่อต้องการลด ปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ลงไปจากเดิมอย่างน้อย 70%

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Park [9] กล่าวถึงจุดกำเนิดของวิธีการซิกส์ ซิกมา เริ่ม ขึ้นเมื่อบริษัทโมโตโรล่าได้พัฒนาและสร้างโครงการเพื่อ ปรับปรุงคุณภาพของสินค้าโดย ไมเคิล แฮร์รี่ (Mikel Harry) และบ็อบ แกลวิน (Bob Galvin) ในช่วงปี ค.ศ. 1980 บริษัทโม โตโรล่า ซึ่งอาศัยแนวคิดของการอธิบายกระบวนการด้วย การศึกษาความแปรปรวนของศาสตราจารย์ W. Edwards Deming บิดาแห่งการพัฒนาคุณภาพ

ความหมายของซิกส์ ซิกมา

Does [10] ได้กล่าวถึงความหมายของซิกส์ ซิกมาไว้ 3 ความหมาย ดังนี้ คือ

1. กลยุทธ์ทางธุรกิจซึ่งทำให้เกิดการได้เปรียบทางการ แข่งขัน

2. ปรัชญาที่ทำให้สามารถทำงานได้ด้วยความสำเร็จมากขึ้น ซึ่งจะหมายความว่าสามารถลดข้อผิดพลาดให้น้อยลงในทุก ๆ ด้านจากการผลิตสินค้าเพื่อตอบสนองยอดการสั่งซื้อเรา จะสามารถค้นพบ และลดแหล่งที่มาของความแปรปรวนใน กระบวนการซึ่งทำให้ระดับซิกมาสูงขึ้นอันหมายถึง การ ปรับปรุงของความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) โดยมีผลให้ข้อผิดพลาดหรือของเสียไม่เกิดขึ้น

3. เครื่องมือวัดทางสถิติซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ การ บริการ หรือกระบวนการมีคุณภาพเป็นอย่างไร วิธีการของซิกส์

ซิกมาจะทำให้เปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์การบริการ (Service Product)

ขั้นตอนการดำเนินงานตามวิธีการซิกส์ ซิกมา [2]

1. การกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น (Define Phase) ขั้นตอน นี้จะศึกษาความต้องการของลูกค้า และนำความต้องการของ ลูกค้าที่เป็นปัญหามาจัดระดับความสำคัญและเลือกมา ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

2. การวัดเพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) ในขั้นตอนนี้จะทำการกำหนดแนวทางในการวัด ประสิทธิภาพของกระบวนการทำการศึกษาระบวนการโดยละเอียด กำหนดปัจจัยที่ได้รับจากกระบวนการหรือตัวแปร ตอบสนองกระบวนการ

3. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) ขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยที่มีความสำคัญของกระบวนการมาทำการ วิเคราะห์ผ่านวิธีการทางสถิติเชิงอนุมาน เพื่อดูว่าปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีนัยสำคัญกับปัญหาซึ่งจะนำไปดำเนินการปรับปรุงใน ขั้นตอนที่ต่อไป

4. การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) ขั้นตอนนี้เป็นการออกแบบและทำการทดลองเพื่อหา ความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างปัจจัยนำเข้ากับปัจจัยที่มีผลอย่าง มีนัยสำคัญต่อปัจจัยนำเข้านั้น ๆ และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของ แต่ละปัจจัยที่จะทำให้ระดับปัจจัยนำเข้าที่ดีที่สุด

5. การควบคุมตัวแปรต่างๆ (Control Phase) ขั้นตอนนี้ เป็นการออกแบบวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ และทำการ ปรับปรุงต่อเนื่อง

3. วิธีการทดลอง

ขั้นตอนในการดำเนินงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ขั้นตอนตามแนวทางของซิกส์ ซิกมา ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 การสำรวจสภาพการดำเนินงานทางการผลิตและ ปัญหาที่เกิดขึ้น

3.2 การกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น

3.2.1 การกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.3 การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

3.3.1 ทำการศึกษากระบวนการผลิตทั้งกระบวนการ

3.3.2 การระดมความคิดเพื่อแจกแจงสาเหตุและ ผลกระทบของข้อบกพร่อง

3.3.3 วิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลแบบนับ

3.3.4 การระดมความคิดเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ

3.3.5 การวิเคราะห์โดยใช้แผนผังพาเรโต

3.3.6 สรุปผลและวางแผนขั้นตอนที่ต่อไป

3.4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

3.4.1 การทดสอบความมีนัยสำคัญด้วยเครื่องมือทาง สถิติ เช่น ANOVA, Hypothesis Testing

3.4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อเลือกปัจจัยที่สำคัญที่ต้องนำไปทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป

3.4.3 สรุปผลและวางแผนขั้นตอนต่อไป

3.5 การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

3.5.1 การออกแบบการทดลอง

3.5.2 กำหนดตัวแปร และข้อจำกัดต่างๆ ที่อาจจะส่งผล

กระทบต่อการทดลอง

3.5.3 กำหนดขั้นตอนการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล

3.5.6 ทำการทดลองตามที่วางแผนไว้

3.5.7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

3.6 การควบคุมตัวแปรต่างๆ

3.6.1 ทำการพิจารณาเลือกแผนภูมิควบคุมที่เหมาะสมกับตัวแปรนั้นๆ

3.6.2 กำหนดวิธีการวัด ขนาดตัวอย่าง และความถี่ในการวัด

3.6.3 เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง

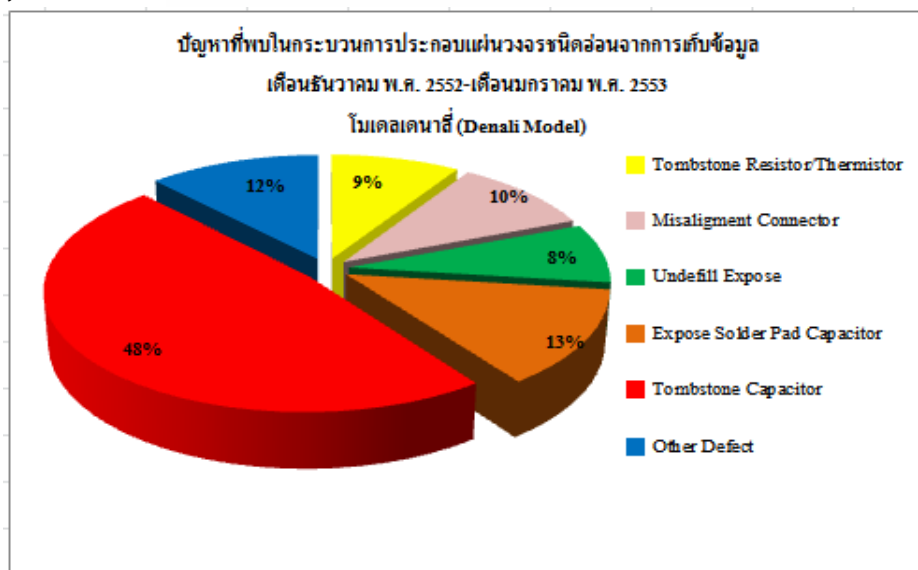
3.6.4 สรุปผลการปรับปรุง

3.7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลขั้นตอนกำหนดปัญหา (Define Phase)

ผลการเก็บข้อมูลสัดส่วนของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนโมเดลเดนาลี (Denali Model) เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือน มกราคม พ.ศ. 2553 ดังรูปที่ 1



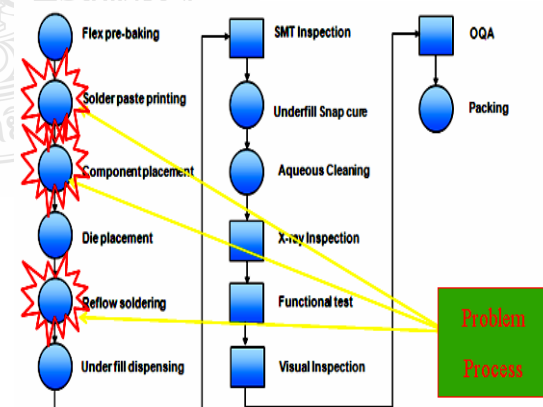
รูปที่ 1 แสดงปัญหาที่พบในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนโมเดลเดนาลี (Denali Model)

จากรูปที่ 1 พบว่าปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์มีสัดส่วนของปัญหามากที่สุดในปัญหาหลัก 5 อันดับ (Top five defects) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนโมเดล เดนาลี โดยพบปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ 48% ของปัญหาทั้งหมด เกิดปัญหาโดยเฉลี่ย 613 ตัวต่อสัปดาห์หรือ 1,154 DPPM ส่งผลให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้อยู่ที่ 98.4% ของงานที่ผลิตทั้งหมด

4.2 ผลขั้นตอนการวัดผล (Measure Phase)

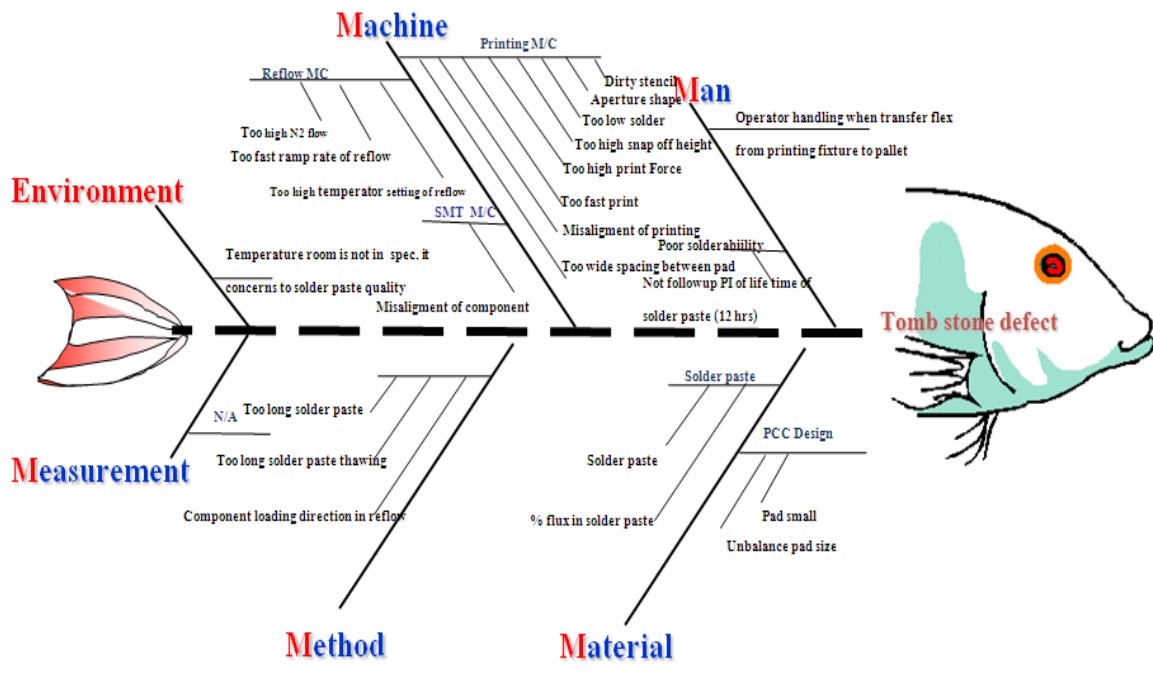
4.2.1 ผลการศึกษากระบวนการผลิตทั้งกระบวนการ ดังรูปที่ 2 พบว่าปัญหาทอมสโตนคาปาซิเตอร์ เกิดขึ้นใน 3 กระบวนการ คือ

1. กระบวนการพิมพ์แผงวงจร
2. กระบวนการวางคอมโพเน้นท์
3. กระบวนการอบชิ้นงานด้วยเครื่องอบความร้อนที่มีลักษณะเป็นสายพาน



รูปที่ 2 แสดงกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน

4.2.2 ผลการวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เมื่อทำการศึกษากระบวนการโดยครบถ้วนแล้ว จะพอทำให้ทราบตัวแปรเข้าที่สำคัญของกระบวนการมีอะไรบ้าง จากนั้นทำการระดมสมองเพื่อทำการหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดดังรูปที่ 3



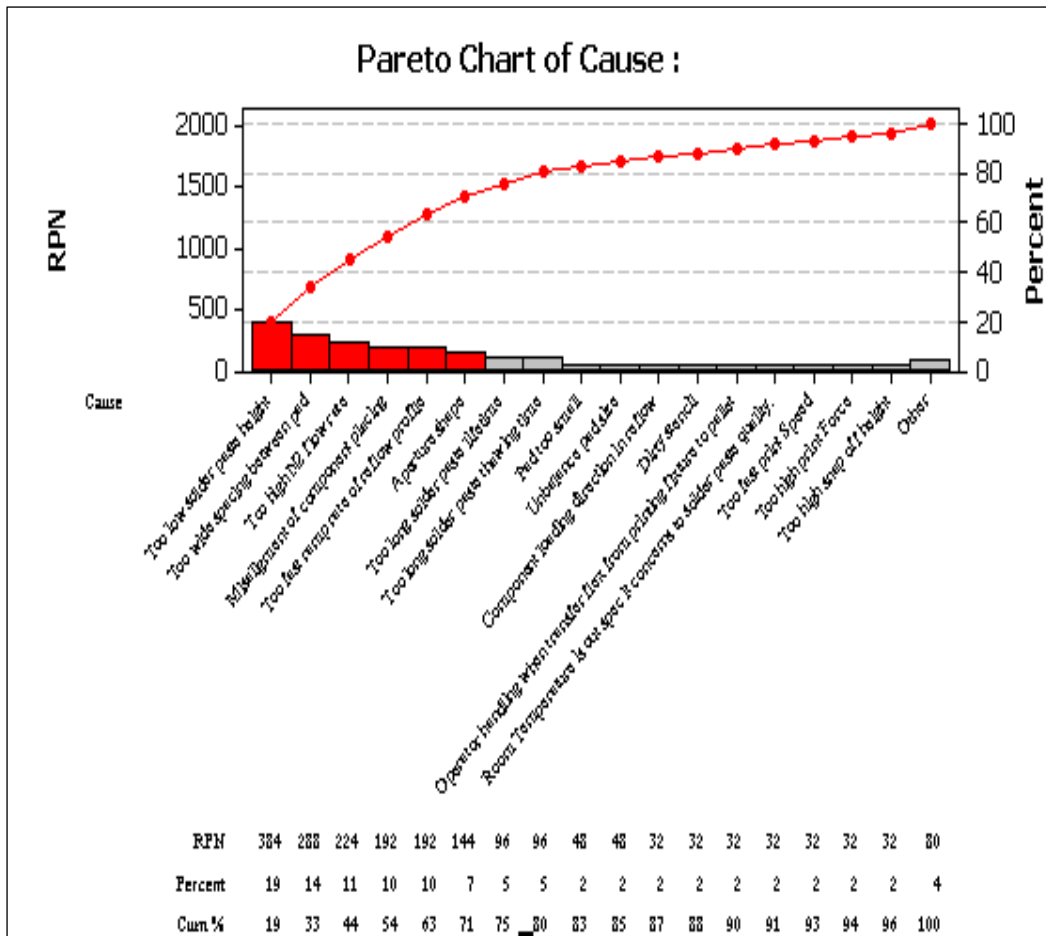
รูปที่ 3 แผนภาพแสดงสาเหตุและผล

4.2.3 การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) เมื่อทำการศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวข้องและจากการระดมสมองเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการนำปัจจัยเหล่านี้ไปวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

Process	Potential Failure Mode	Potential effect of Failure	SEV	Potential Cause of Failure	OCG	Current Control	DET	RPN
Machine	Unbalance force	Tombstone Defect	5	Too low solder paste height	5	WI	6	154
	Unbalance force	Tombstone Defect	5	Dirty stencil	1	FI	4	20
	Unbalance force	Tombstone Defect	5	Too high snap off height	1	WI	4	20
	Insufficient solder volume	Tombstone Defect	5	Too fast print speed	1	WI	4	20
	Insufficient solder volume	Tombstone Defect	5	Too high print Force	1	WI	4	20
	Misalignment printing	Tombstone Defect	5	Misalignment of printing	1	WIPF	2	16
	Small molting area	Tombstone Defect	5	Aperture shape	3	Drawing	6	144
	Small molting area	Tombstone Defect	5	Too wide spacing between pad	6	Drawing	6	180
	Unbalance force	Tombstone Defect	5	Misalignment of component placing	6	WIPF	4	192
	Too high surface tension	Tombstone Defect	5	Too high N2 flow rate	7	WI	4	224
	Unbalance force	Tombstone Defect	5	Too fast ramp rate of reflow profile	6	WI	4	192
Unbalance force	Tombstone Defect	5	Too high temperature setting of reflow	1	FI	4	20	
Method	Unbalance force	Tombstone Defect	5	Component loading direction in reflow	1	FI	4	20
	Poor solderability	Tombstone Defect	5	Too long solder paste thawing time	3	FI	4	60
	Poor solderability	Tombstone Defect	5	Too long solder paste lifetime	3	FI	4	60
Raw material	Poor solderability	Tombstone Defect	5	% flux in solder paste	1	Data sheet	2	16
	Unbalance force	Tombstone Defect	5	Solder paste type	1	FI, Drawing	2	16
	Unbalance force	Tombstone Defect	5	Pad too small	1	Drawing	6	45
	Unbalance force	Tombstone Defect	5	Unbalance pad size	1	Drawing	6	45
Man	Misalignment printing	Tombstone Defect	5	Operator handling when transfer flex from printing fixture to pallet	1	FI	4	20
Environment	Poor solderability	Tombstone Defect	5	Room Temperature in outspec it concerns to solder paste quality.	1	WI	4	20

ตารางที่ 1 แสดงผลวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA)

จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและการระดมสมอง ข้อบกพร่องที่จะดำเนินการปรับปรุงต่อไป ดังรูปที่ 4 สามารถแสดงด้วยพาริต และคะแนน RPN-Score แบ่งเป็น 6



รูปที่ 4 กราฟแท่งแผนภาพพาเรโตของปัญหาที่มีความสำคัญ

4.3 ผลขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

จากขั้นตอนการวัดผล พบว่าสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษา 6 สาเหตุซึ่งประกอบไปด้วย 1. ความสูงของตะกั่วอยู่ในค่าต่ำ (Low solder paste height) 2. ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) 3. ไนโตรเจนที่ใช้มาก (N2 Flow rate) 4. การวางคอมโพเนนต์ที่ไม่ตรง (Misalignment of component placing) 5. อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วของเครื่องอบตะกั่ว (Fast ramp rate of reflow profile) และ 6. ลักษณะของรูของแผ่นพิมพ์สำหรับปาดตะกั่ว (Aperture shape of stencil).

แนวทางการวิเคราะห์นั้นจะทำการวิเคราะห์ ที่ละสาเหตุทีละปัจจัย โดยใช้วิธีการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) เพื่อพิสูจน์ว่า ปัจจัยตัวใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหา ทูมสโตน คาปาซิติเตอร์ ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบสมมุติฐาน

ลำดับ	สาเหตุ	RPN	Hypothesis test
1	ความสูงของตะกั่ว (Low solder paste height)	384	Significant
2	ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil)	288	Significant
3	ไนโตรเจนที่ใช้มาก (High N2 flow rate)	224	Insignificant
4	การวางคอมโพเนนต์ที่ไม่ตรง (Misalignment of component placing)	192	Insignificant
5	อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วของเครื่องอบตะกั่ว (Fast ramp rate of reflow profile)	192	Significant
6	ลักษณะของรูของแผ่นพิมพ์สำหรับปาดตะกั่ว (Aperture shape of stencil)	144	Insignificant

จากตารางที่ 2 เป็นผลการทดลองวิเคราะห์ความแตกต่างเพื่อกลั่นกรองปัจจัยต่างๆ (Screening Factor) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาและต้องการควบคุมคือ 1. ความสูง

ของตะกั่วอยู่ในค่าต่ำ (Low solder paste height) 2. ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) และ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) ในขั้นตอนต่อไปจะนำทั้ง 3 ปัจจัยไปทำการปรับปรุง (Improve)

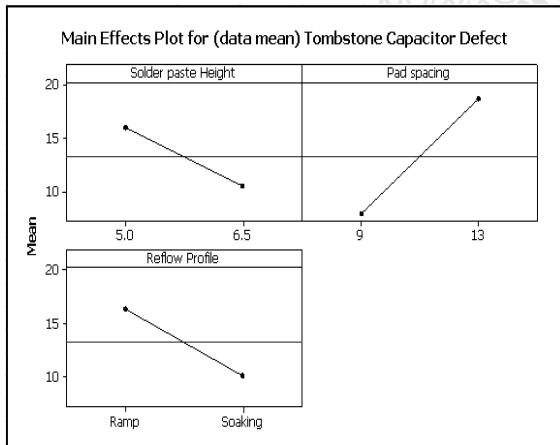
4.4 ผลขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อคัดกรองปัจจัยต่าง ๆ (Screening Factor) มีปัจจัยที่ต้องควบคุม คือ 1. ความสูงของตะกั่วอยู่ในค่าต่ำ (Low solder paste height) 2. ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) และ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) โดยยังไม่ทราบค่าปัจจัยที่เหมาะสม ดังนั้นจึงทำการกำหนดระดับของแต่ละปัจจัยต่าง ๆ ดังตารางที่ 3 และออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมโดยใช้การทดลองแบบ 2^3 Full Factorial ตารางที่ 3 แสดงปัจจัยและคุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้า

Factor	KPIV		Unit
	Current	New	
Solder height	5±0.5	6.5±0.5	mils
Pad spacing	13	9	mils
Reflow profile	Ramp	Soaking	

ผลการทดลองแบบ 2^3 Full Factorial เพื่อวิเคราะห์

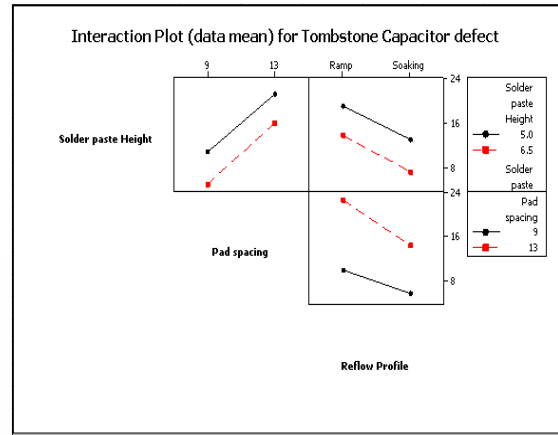
ความแปรปรวนของสาเหตุหลักแสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสาเหตุหลัก

จากกราฟรูปที่ 5 เป็นการศึกษถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของสาเหตุหลักแต่ละตัวจากการปรับตั้งค่าที่ต่ำที่สุดไปสู่อันดับที่สูงที่สุด ซึ่งจะมีแนวโน้มการเกิดปัญหา ทูมสโตน โดยความสูงของตะกั่ว (Solder paste Height) เปลี่ยนแปลงจาก 5.0±0.5 เป็น 6.5±0.5 มิล จะทำให้เกิดปัญหาทูมสโตนคาปาซิเตอร์ น้อยลง ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) เปลี่ยนแปลงจาก 13 ลดลง

ไปถึง 9 มิล ทำให้เกิดปัญหาทูมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลง และ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) จากการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบเร็ว (Ramp) เป็นการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้า (Soaking) ทำให้เกิดปัญหาทูมสโตนคาปาซิเตอร์น้อยลง

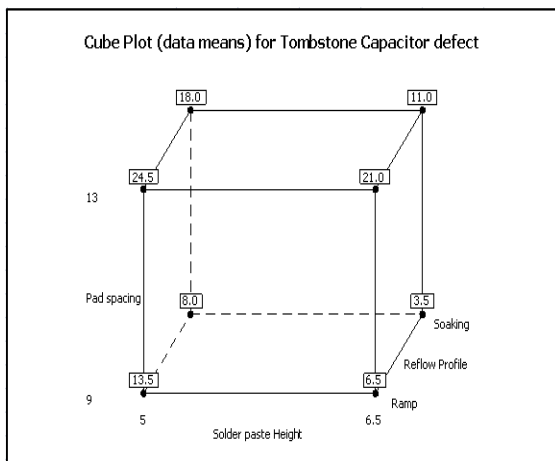


รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแต่ละตัว

จากกราฟรูปที่ 6 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกั่ว (Solder paste Height) กับ ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) จะพบว่า ความสูงของตะกั่ว (Solder paste Height) ที่ 6.5±0.5 มิล และระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) ที่ 9 มิล ทำให้เกิดปัญหาทูมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลง ส่วน ความสูงของตะกั่ว (Solder paste Height) ที่ 5.0±0.5 มิล และ ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) ที่ 9 มิล ทำให้เกิดปัญหาทูมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลง สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของตะกั่ว (Solder paste Height) กับระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) ไม่มี Interaction ต่อกัน

ความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของตะกั่ว (Solder paste Height) และ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) จะพบว่า ความสูงของตะกั่ว (Solder paste Height) ที่ 6.5±0.5 มิล และ การใช้ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) แบบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้า ๆ (Soaking) ทำให้เกิดปัญหาทูมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลง ส่วน ความสูงของตะกั่ว (Solder paste Height) ที่ 5.0±0.5 มิล และ การใช้ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) แบบการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้า ๆ (Soaking) ทำให้เกิดปัญหาทูมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลง สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงของตะกั่ว (Solder paste Height) กับ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) ไม่มี Interaction ต่อกัน

ความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) และ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) จะพบว่าระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) ที่ 9 มิลและการใช้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) แบบการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้า (Soaking) ทำให้เกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลง ส่วนระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) 13 มิลและการใช้อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) แบบการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้า (Soaking) ทำให้เกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลง สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) กับ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) ไม่มี Interaction ต่อกัน



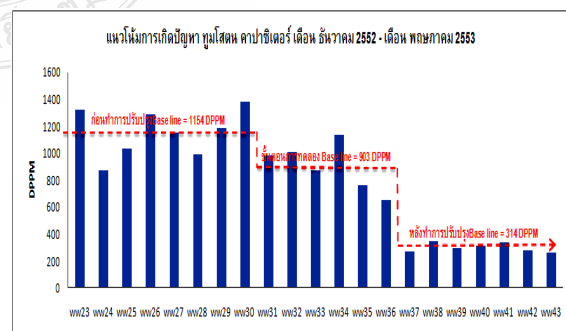
รูปที่ 7 Factorial Plot,

จากการออกแบบการทดลองทำให้ทราบแนวทางการปรับปรุงว่าควรมีการปรับค่าการทดลอง คือ การควบคุมความสูงของตะกั่ว (Solder paste Height) ที่ 6.5 ± 0.5 , ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) อยู่ที่ 9 มิล และ กำหนด อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) เป็นแบบการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้า (Soaking) สามารถทำให้ปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ลดลงมากที่สุดเมื่อทำการปรับปรุงแล้ว จากนั้นจะทำการควบคุมตัวแปรในขั้นตอนต่อไป

4.5 ผลขั้นตอนการควบคุมปัญหา (Control Phase)

ตัวแปรที่ทำการควบคุมปัญหาคือ 1. ความสูงของตะกั่ว (Solder paste height) 2. ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) และ 3.อัตรา

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) โดยตัวแปร 1. ความสูงของตะกั่ว (Solder paste height) ในการควบคุมนั้นจะเป็นหน้าที่ของช่างเทคนิคฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต (Process Technician) เป็นผู้ปรับพารามิเตอร์ของเครื่องทุกครั้งเมื่อเริ่มต้นกระบวนการผลิตของโมเดลเดนาลีเพื่อให้ความสูงของตะกั่วอยู่ในช่วงความสูงที่กำหนด (6.5 ± 0.5 mils) และทำการบันทึกพารามิเตอร์ในแบบฟอร์ม (Check sheet) เมื่อความสูงของตะกั่วอยู่ในช่วงที่กำหนด โดยผู้ที่ทำหน้าที่วัดความสูงของตะกั่วโดยใช้เครื่อง Olympus คือพนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ การเฝ้าระวังคือพนักงานจะต้องทำการวัดค่าความสูงของตะกั่วทุก 2 ชั่วโมง และแจ้งช่างเทคนิคฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิตเมื่อค่าที่วัดได้ออกนอกช่วงที่ควบคุม 2. ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) การควบคุมระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ที่ได้ทำการออกแบบนั้นจะต้องอยู่ในสเปคที่ทำการออกแบบไว้ และจะต้องผ่านการตรวจสอบ (By off) โดยการวัดระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์เทียบกับแบบจะต้องไม่ต่างกัน โดยการตรวจสอบนั้นจะเป็นหน้าที่ของช่างเทคนิคฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต (Process Technician) ในการตรวจสอบจะทำการครั้งแรกของการนำแผ่นพิมพ์ตัวใหม่ เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต ถ้าผลการตรวจสอบไม่ผ่านจะส่งคืนให้ทางผู้ขายกลับมาไปซ่อมและ 3. อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) การควบคุมในขั้นตอนนี้จะใช้การเฝ้าระวัง โดยเป็นหน้าที่ของช่างเทคนิคฝ่ายควบคุมกระบวนการผลิต (Process Technician) สิ่งที่สำคัญที่ควรตรวจสอบก่อนการใช้งานเครื่องคือ อุณหภูมิแต่ละโซน ต้องเป็นไปตามกราฟมาตรฐานของคุณสมบัติหรือชนิดของตะกั่ว โดยคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) และ Parameter setting control ในการควบคุม และหลังจากการปรับปรุงและการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ แล้ว พบว่าปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ มีแนวโน้มลดลงดังแสดงในรูปที่ 8

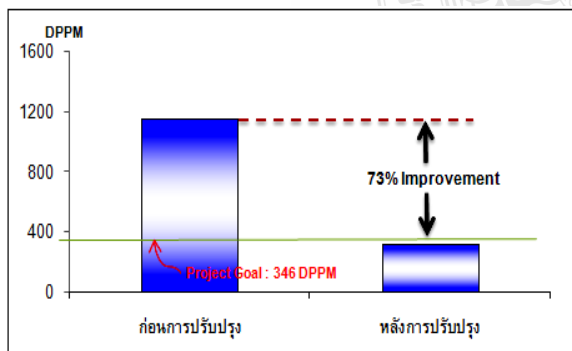


รูปที่ 8 แสดงผลการดำเนินการแก้ไขหลังจากควบคุมตัวแปรต่าง ๆ

5. สรุปผลการทดลอง

จากการประยุกต์ใช้เทคนิคซิกมา ชิกมา มาช่วยแก้ปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ในกระบวนการประกอบ

แผนวงจรชนิดอ่อน พบว่าก่อนการปรับปรุงเกิดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ เฉลี่ย 1,154 ดีพีพีเอ็ม ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยแผนภาพก้างปลา การระดมสมอง และการวิเคราะห์หาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาคือ ความสูงของตะกั่ว (Solder paste height) ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) และ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) จากการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 5% ความสูงของตะกั่ว (Solder paste height) ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) และ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) มีผลต่อปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ อย่างมีนัยสำคัญ และจากการปรับปรุงด้วยการออกแบบการทดลองแบบ 2^3 Full Factorial เพื่อทำการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย พบว่าปริมาณ ความสูงของตะกั่ว (Solder paste height) ระยะห่างระหว่างรูของแผ่นพิมพ์ (Width spacing between pad of stencil) และ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบตะกั่ว (Reflow profile) ที่เหมาะสม มีค่าเท่ากับ 6.5 ± 0.5 มิล, 9 มิล และใช้การเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิก่อนการหลอมเหลวแบบช้า (Soaking) โดยลำดับ ทำให้สามารถลดปัญหาทวมสโตนคาปาซิเตอร์ ในโมเดลเดนาลี ของกระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อนได้ถึง 73% คือ 314 และทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้ถึง 99.66 % ของงานที่ผลิตทั้งหมด ผลสรุปดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 9 สรุปผลการทดลองก่อนและหลังการปรับปรุง

6. เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

- [1] มนัสวี ตันเจริญ. การลดของเสียที่เกิดจากการคายประจุไฟฟ้าที่กระบวนการคอมแพท, วิทยานิพนธ์ปริญญา

มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545

- [2] ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์ และ สมจิตร ลากโนนเขวา การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์โดยเทคนิค ซิกส์ ซิกมา,การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 24- 26 ตุลาคม 2550.
- [3] นवलพรรณ ใจงาม. การลดของเสียที่เกิดจากการถ่วงเตากระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบ หัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีซิกซ์ ซิกมา.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรม อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- [4] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ระบบการวัด. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542.
- [5] ธนากร เกียรติบรรลือ. FMEA การวิเคราะห์ความล้มเหลวในการผลิต.วารสาร Industrial Technology Review. ฉบับที่ 73. กรกฎาคม 2543. หน้า 101-105.

อ้างอิงภาษาอังกฤษ

- [6] S. H. Park, Six Sigma for Quality and Productivity Promotion, 32nd ed, Japan: The Asian Productivity Organization, 2003.
- [7] R. Does, et al., "Comparing Nonmanufacturing with Traditional Application of SixSigma," Journal of Quality Engineering, vol. 15, pp. 177-182, 20

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายธีระพงษ์ บุญสมปอง
วัน เดือน ปีเกิด	1 สิงหาคม 2526
ที่อยู่	64/4 หมู่ 2 หมู่บ้านหนองพวง ตำบลจรเข้เผือก อำเภอด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี 71260
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2550
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2550 – 2551	ตำแหน่งรองหัวหน้าแผนกฝ่ายผสมเคมี บริษัทเอช วี ฟิลล่า
พ.ศ. 2551 – ปัจจุบัน	ตำแหน่งวิศวกรควบคุมกระบวนการผลิต บริษัทเบลตัน อินคัสเทรียล (ประเทศไทย) จำกัด
ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์	ธีระพงษ์ บุญสมปอง, อนุชา คุปต์ชัยเอียร, “การลดปัญหาทวมสโตน คอมโพ เน้นท์ โดยใช้แนวทางซิกส์ ซิกม่า กรณีศึกษา: กระบวนการประกอบ แผ่นวงจรชนิดอ่อน”, การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2553 (IE NETWORK CONFERENCE 2010) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 13-15, ตุลาคม 2553.