

การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

โดยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า

REDUCING DEFECT IN ELECTRONICS PART FORMING PROCESS

BY SIX SIGMA TECHNIQUE

เจษฎา กังเซ่ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์

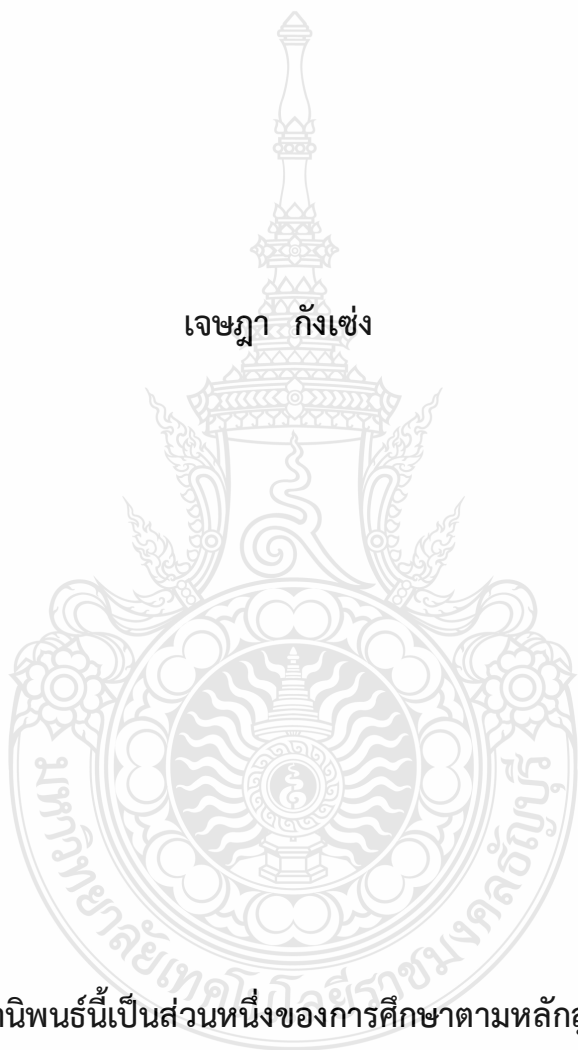
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา พ.ศ.2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
โดยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า

เจษฎา กังเซ่ง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา พ.ศ.2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยเทคนิคซิกม่า Reducing Defect in Electronics Part Forming Process by Six Sigma Technique
ชื่อ- นามสกุล	นาย เจษฎา กังเซ่ง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ วศ.ด.
ปีการศึกษา	2566

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์กิตติพงษ์ กิมะพงษ์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ประจวบ กล่อมจิตร, วศ.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรกช สิริสุวรรณ, Ph.D.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, วศ.ด.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ สรพงษ์ ภาวสุปรีดิ์, Ph.D.)

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยเทคนิค ชิกซ์ ซิกม่า
ชื่อ- นามสกุล	นายเจษฎา กังเซ่ง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, วศ.ด.
ปีการศึกษา	2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยการประยุกต์ใช้หลักการเทคนิคชิกซ์ ซิกม่า จากข้อมูลในอดีตพบว่าโมเดลอินเตอร์คอนเนกซึ่งเป็นโมเดลตัวอย่างเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติก หลังจากการขึ้นรูป มากถึงร้อยละ 73.00 ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด หรือเท่ากับ 3,012 DPPM (Defect Part Per Million) ส่งผลให้ผลผลิตที่ยอมรับได้อยู่ที่ร้อยละ 96.92 ของงานที่ผลิตทั้งหมด

วิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการระบุปัญหาและการวัด ซึ่งได้ศึกษา ปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาในขั้นตอนของการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัดและประเมินความสามารถของกระบวนการ และวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงด้วยวิธีการทางสถิติ เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้วจึงทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง และการออกแบบใหม่ สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุม โดยวางแผนเพื่อควบคุมกระบวนการให้สามารถดำรงไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง

ผลการวิจัยพบว่าสามารถจัดการปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกหลังจากการขึ้นรูปในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในโมเดลอินเตอร์คอนเนก ได้ถึงร้อยละ 97.51 คือ จาก 3,012 DPPM ลงเหลือ 75 DPPM และทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้ถึงร้อยละ 99.38 ของงานทั้งหมด ส่งผลให้สามารถลดงานเสียในกระบวนการผลิตและเพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้ามากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : การลดของเสีย กระบวนการขึ้นรูป ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เทคนิคชิกซ์ ซิกม่า

Thesis Title: Reducing Defect in Electronics Part Forming Process by Six Sigma Technique
Student Name: Mr. Jassada Kungseng
Study Program: Industrial and Manufacturing Engineering
Thesis Advisor: Associate Professor Rapee Kanchana, D.Eng.
Academic Year: 2023

ABSTRACT

This research aimed to reduce waste in the forming process of electronic components by applying the Six Sigma technique. According to historical data, the polyimide defective crack problem of interconnect model, a sample model, occurred up to 73.00% which is equivalent to 3,012 DPPM (Defect Part Per Million), resulted in acceptable part output (yield) at 96.92% of all manufactured work.

The research methodology consisted of five steps, starting with problem specification and evaluation and finding out the cause of the cracking problem on the plastic part in the process of forming the electronic components. Then, the measurement system was analyzed and the process capability was evaluated. The root cause analysis was used. When the root causes were identified, the design of experiment (DOE) and redesign technique were later used in the improvement phase. Finally, control process was assigned for maintaining the result of improvement.

The results showed that it could reduce the cracking problem of plastic part after forming electronic composition in interconnect model from 3,012 DPPM to 75 DPPM, the improvement percentage was 97.51% DPPM. This resulted in acceptable productivity of 99.38% of all manufactured work. As a result, it could reduce waste in the production process and increase the customer satisfaction.

Keywords: defect reduction, forming process, electronics part, Six Sigma technique

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก วิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงษ์ ประธาน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรกช สิริสุข-วัฒน์ กรรมการสอบ ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา แนวคิด ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัย ในครั้งนี้จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้ทำการศึกษางานวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ และผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะครูอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ ในด้านการเรียนการสอนด้าน สาขา วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

วิทยานิพนธ์นี้สามารถเสร็จสิ้นได้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ๆ เพื่อนๆ รวมทั้งหัวหน้างาน นายธีระพงษ์ สันประเสริฐ และ นายสุรจักษ์ เจ้าศรีสุข ที่ได้ให้โอกาสและคำแนะนำดีๆ ในการทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เจษฎา กังเซ่ง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(9)
สารบัญรูป.....	(11)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	(14)
บทที่ 1 บทนำ.....	15
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	15
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	20
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	20
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	20
1.5 ขั้นตอนการศึกษาในการวิจัย.....	20
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	21
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22
2.1 ประวัติและความเป็นมาของซิกซ์ ซิกม่า.....	22
2.2 แนวคิดของกรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่า.....	23
2.3 เป้าหมายตามกรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่า.....	24
2.4 การจัดองค์กรบริหารตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า.....	26
2.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	27
2.6 เครื่องมือที่ใช้ในซิกซ์ ซิกม่า.....	30
2.7 การวิเคราะห์การวัด.....	37
2.8 การทดสอบสมมติฐาน.....	40
2.9 การออกแบบการทดลอง.....	42
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	52
3.1 ศึกษาสภาพการทำงานและลักษณะของปัญหา	54
3.2 จัดตั้งทีมในการแก้ปัญหา	58
3.3 การเลือกปัญหา (Define Phase)	59
3.4 การวัด (Measure Phase)	59
3.4.1 ศึกษาแผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการ (Process Mapping)	60
3.4.2 การแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)	60
3.4.3 วิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)	61
3.4.4 วิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis)	63
3.5 การวิเคราะห์ (Analyze Phase)	66
3.5.1 การหาขนาดของตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลอง (Power and Sample Size)....	67
3.5.2 การทดลอง	68
3.5.3 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test Method)	68
3.6 การปรับปรุง (Improve Phase)	69
3.7 การควบคุม (Control Phase)	69
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	71
4.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อินเทอร์เน็ตคอนเนก	71
4.2 การจัดตั้งทีมแก้ไขปัญหา	80
4.3 ผลการเลือกปัญหา (Define Phase)	80
4.4 การวัดผล (Measurement Phase)	82
4.5 ผลการวิเคราะห์ผล (Analyze Phase)	92
4.6 ผลการปรับปรุง (Improve Phase)	104
4.7 ผลการควบคุม (Control Phase)	109

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.8 บทสรุปการดำเนินงาน	114
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	116
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	116
5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน	117
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะนำงานวิจัยนี้ไปปฏิบัติ	118
บรรณานุกรม	120
ภาคผนวก ก ข้อมูลที่ใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์	124
ภาคผนวก ข อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสำหรับกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์	
โมเดลอินเตอร์คอนเนก	137
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการใช้ Minitab 18	140
ภาคผนวก ง ผลงานตีพิมพ์และเผยแพร่	147
ประวัติผู้เขียน.....	161



สารบัญตาราง

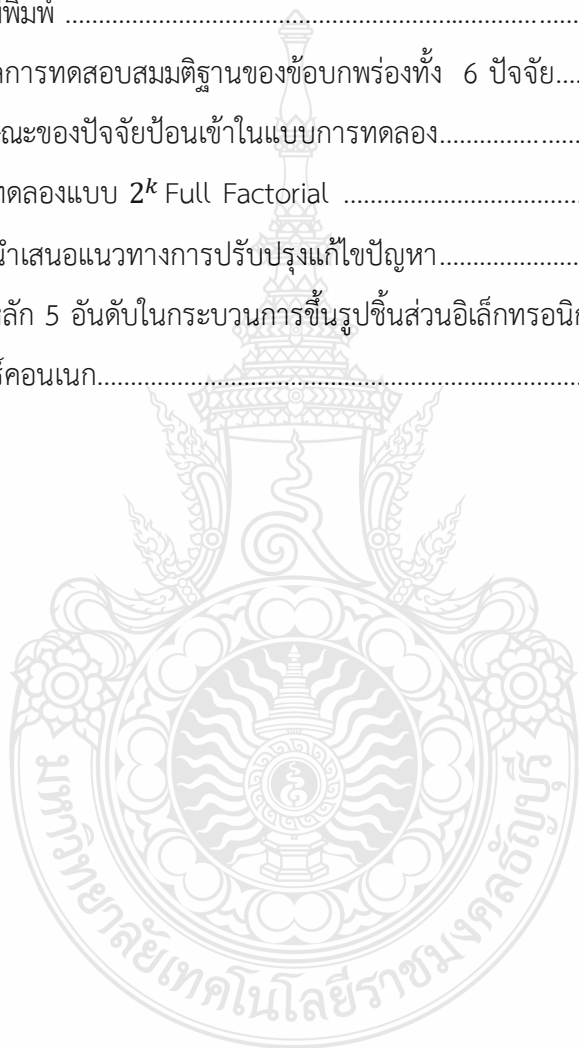
หน้า

ตารางที่ 1.1	ของเสียในกระบวนการของการขึ้นรูป.....	17
ตารางที่ 1.2	แสดงการจัดเรียงปัญหาจากมากที่สุดไปหาน้อย และเปอร์เซ็นต์ของเสียสะสม.....	18
ตารางที่ 2.1	เกณฑ์การให้ลำดับชั้นผลกระทบของความรุนแรง.....	35
ตารางที่ 2.2	การให้ลำดับโอกาสเกิดความผิดพลาด.....	35
ตารางที่ 2.3	โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ	36
ตารางที่ 2.4	ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย A B และ C	48
ตารางที่ 2.5	เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการออกแบบการทดลองแบบเฟคทอเรียล.....	49
ตารางที่ 3.1	แสดงสัดส่วนของเสียจากการแตกของส่วนพลาสติก	67
ตารางที่ 4.1	ปัญหาหลัก 5 อันดับในกระบวนการขึ้นรูปขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอิน เตอร์คอนเนก	81
ตารางที่ 4.2	ผลการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ.....	84
ตารางที่ 4.3	ผลสรุปลำดับคะแนนในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบที่สำคัญ	85
ตารางที่ 4.4	ผลการศึกษา Attribute Agreement Analysis for Assessment ของพนักงาน ตรวจสอบชิ้นงาน	87
ตารางที่ 4.5	ข้อมูลผลการวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นงาน (Angle Body part degree)	89
ตารางที่ 4.6	องศาการขึ้นรูปชิ้นงานที่ทำการควบคุมปัญหาการเกิดการแตกของส่วนพลาสติก.....	94
ตารางที่ 4.7	ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของช่วงองศาการขึ้นรูปชิ้นงาน	95
ตารางที่ 4.8	ผลการเปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ของแม่พิมพ์กับการเกิดปัญหาการแตกของส่วน พลาสติก	96
ตารางที่ 4.9	ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของช่วงรัศมีพื้นที่ของแม่พิมพ์ขึ้นรูป ชิ้นงาน	97
ตารางที่ 4.10	ผลการทดลองเวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วกับการเกิดปัญหาการแตกของส่วน พลาสติก.....	98
ตารางที่ 4.11	ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของช่วงความเร็วในการขึ้นรูปชิ้นงานของ แม่พิมพ์	99

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองเวลาป้อนแถบขึ้นส่วนใช้ความเร็วกับการเกิดปัญหาการแตก ของส่วนพลาสติก.....	102
ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของช่วงความเร็วในการป้อนแถบขึ้นงาน เข้าสู่แม่พิมพ์	103
ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานของข้อบกพร่องทั้ง 6 ปัจจัย.....	104
ตารางที่ 4.15 คุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้าในแบบการทดลอง.....	105
ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองแบบ 2^k Full Factorial	105
ตารางที่ 4.17 ผลการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหา.....	107
ตารางที่ 4.18 ปัญหาหลัก 5 อันดับในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดล อินเตอร์คอนเนก.....	112



สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1	วัตถุดิบที่เข้ามาแบบแถบเรียบ (Material incoming strip flat level)	16
รูปที่ 1.2	ลักษณะก่อน-หลังการขึ้นรูปชิ้นงาน	17
รูปที่ 1.3	แผนภูมิแท่งแสดงการจัดลำดับของปัญหา	18
รูปที่ 1.4.1 (1)	แสดงถึงชิ้นงานผ่านมาตรฐานในการขึ้นรูปชิ้นงานมีการขึ้นรูปได้ตามที่ต้องการ การส่วนของพลาสติก	19
รูปที่ 1.4.1 (2)	แสดงถึงชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐาน เกิดการฉีกขาดของส่วนพลาสติกหลังการ ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ซึ่งเรียกปัญหานี้ว่า การแตกของส่วนพลาสติก	19
รูปที่ 2.1	การแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง	24
รูปที่ 2.2	การเปลี่ยนแปลงตั้งค่า (Setting) โดยธรรมชาติ	25
รูปที่ 2.3	กระบวนการในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในชิคซ์ ชิคม่า	28
รูปที่ 2.4	โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบจำแนกตามกระบวนการ	31
รูปที่ 2.5	โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบกำหนดรายการสาเหตุ	31
รูปที่ 2.6	ตัวอย่างลักษณะของแผนภาพพาเรโต	36
รูปที่ 2.7	กระบวนการการออกแบบการทดลอง	43
รูปที่ 2.8	ความสัมพันธ์ของปัจจัย กระบวนการและตัวแปรตอบสนอง	44
รูปที่ 3.1	แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	53
รูปที่ 3.2	ส่วนประกอบต่างๆ ของสถานีกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์	54
รูปที่ 3.3	การกดขึ้นรูปชิ้นงานด้วยฟันซ์ของแม่พิมพ์ (Punch of the die) ที่ถูกติดตั้งไว้ ภายในแม่พิมพ์	56
รูปที่ 3.4	เกณฑ์ควบคุมองศาการขึ้นรูปชิ้นงานที่ลูกค้ากำหนดมา	56
รูปที่ 3.5	ลักษณะงานที่ดีและลักษณะของการแตกร้าวขึ้นบนพลาสติก (Polyimide)	57
รูปที่ 3.6	เกณฑ์ที่ทางลูกค้ากำหนด คือ หากเจอรอยแตกใดๆ บนพลาสติก (polyimide) ไม่ สามารถยอมรับได้	57
รูปที่ 3.7	โครงสร้างของทีมงานในกาแก้ไขปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก (Polyimide)	59
รูปที่ 3.8	แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต (Process Flow)	60

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาเกิดการแตกของส่วนพลาสติก	61
รูปที่ 3.10 พนักงานตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตาด้วยกล้อง Microscope กำลังขยาย 20X	63
รูปที่ 3.11 เครื่องวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นงาน	65
รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา	66
รูปที่ 3.13 แสดงการหาขนาดของตัวอย่างการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab	67
รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โมเดลอินเตอร์คอนเนก (Interconnect Model)	71
รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นส่วนตัวงาน	72
รูปที่ 4.3 การหยิบจับชิ้นงานเพื่อป้อนเข้าสู่ตัวเครื่อง	73
รูปที่ 4.4 ฟินฟิดลำเลียงชิ้นงานของเครื่อง	73
รูปที่ 4.5 แม่พิมพ์ทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์	74
รูปที่ 4.6 การขึ้นรูปขั้นต้น (Pre-Form)	74
รูปที่ 4.7 การขึ้นรูปหลัก (Post-Form)	75
รูปที่ 4.8 กล้องตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติ	75
รูปที่ 4.9 การลำเลียงงานไปยังพื้นที่รองรับงานออก	76
รูปที่ 4.10 ขั้นตอนเอางานออกจากเครื่องเข้าสู่ Tray-In process	76
รูปที่ 4.11 ขั้นตอนการสุ่มตรวจงานด้วยสายตา	77
รูปที่ 4.12 การสุ่มตรวจงานด้วยการวัด	78
รูปที่ 4.13 การตรวจงานด้วยสายตา 100%	78
รูปที่ 4.14 การสุ่มตรวจงาน	79
รูปที่ 4.15 ทำเครื่องหมายบนตัวงานเสีย	80
รูปที่ 4.16 กระบวนการที่จะก่อให้เกิด ปัญหา รอยแตก ร้าว บนส่วนพลาสติก	82
รูปที่ 4.17 แผนภาพแสดงเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหา รอยแตก ร้าว บนส่วนพลาสติก	83

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.18 แผนภาพพาเรโตเรียงตามลำดับค่า RPN	85
รูปที่ 4.19 รายงานการวิเคราะห์ระบบวัดด้วย Attribute Agreement Analysis for Assessment	88
รูปที่ 4.20 การทวนสอบข้อมูลการวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์	90
รูปที่ 4.21 ผลการคำนวณ Gage R&R และกราฟแผนภาพจากโปรแกรม.....	91
รูปที่ 4.22 ผลการทดสอบการหาจำนวนตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการคำนวณ	93
รูปที่ 4.23 แสดงแผนภูมิควบคุมควบคุมคุณภาพความหนาวัตถุดิบที่รับเข้ามา	100
รูปที่ 4.24 แสดงแผนภูมิควบคุมควบคุมคุณภาพความยืดหยุ่นวัตถุดิบที่รับเข้ามา	101
รูปที่ 4.25 ผลกระทบหลักของปัจจัยเดียว	106
รูปที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแต่ละตัว	106
รูปที่ 4.27 องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนก่อนและหลังการปรับปรุง	108
รูปที่ 4.28 รัศมีขึ้นรูปชิ้นส่วนก่อนและหลังการปรับปรุง	108
รูปที่ 4.29 แผนภูมิควบคุม X bar-R สำหรับค่าองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์	110
รูปที่ 4.30 รูปภาพการตรวจสอบขนาดรัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นส่วน	111
รูปที่ 4.31 แนวโน้มการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วนก่อน และหลังปรับปรุง	113
รูปที่ 4.32 ผลผลิตที่ยอมรับได้จากการขึ้นรูปชิ้นส่วนก่อนและหลังปรับปรุง	113
รูปที่ 4.33 สรุปผลการดำเนินงานหลังแก้ไข	115

บทที่ 1

คำนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

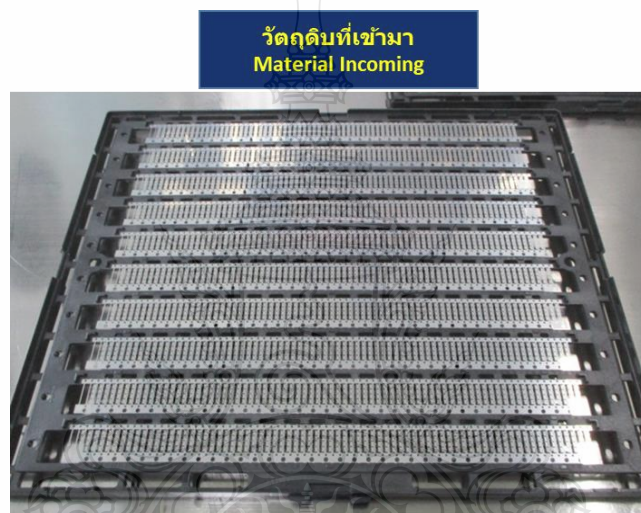
หลังจากที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากค่าเงินบาทที่แข็งค่าอย่างต่อเนื่องจากสงครามการค้าที่เกิดขึ้นจากสหรัฐอเมริกาและจีน คือ บริษัทในตลาดหลักทรัพย์ที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ไทย

ปี 2559 มูลค่าของการส่งออกภายในประเทศไทย เท่ากับ ประมาณ 50% หรือ 7.6 ล้านล้านบาท ของ GDP โดยอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีมูลค่าประมาณ 16% ของมูลค่าในการส่งออกทั้งหมด หรือประมาณ 1.2 ล้านล้านบาท ประเทศไทยมีอัตราการจ้างงานจำนวนเกือบ 400,000 คน จากจำนวนบริษัทในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 573 ราย อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นับเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญและโดดเด่นต่อประเทศเราเป็นอย่างยิ่ง โดยตลาดสำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อย่างที่หลากหลายคนทราบ จะเน้นไปในการส่งออกไปยังประเทศต่างๆ ประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นอันดับต้นๆ อย่างเช่น สิ้นค้าในจำพวก Hard Disk Drives และนั่นก็รวมไปถึงแผงวงจร Microchip, Integrated Circuit ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญในเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายอย่าง เช่น คอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ก โทรศัพท์ โดยเฉพาะ Hard Disk Drives แผงวงจร Integrated Circuit เป็นการผลิตกว่า 70% ของสินค้าที่มีสัดส่วนการมูลค่าการส่งออกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของไทย และด้วยมูลค่าของวัตถุดิบสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ราคาปรับเพิ่มขึ้นประมาณ 7% ทำให้ความต้องการจากลูกค้านั้นลดลง

โรงงานที่เข้าไปศึกษาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอิเล็กทรอนิกส์ที่ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2545 ในด้านการผลิตอุปกรณ์ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซึ่งเป็นที่รู้จักในฐานะผู้นำของการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก ซึ่งจะมีฐานการผลิตอยู่ทั่วโลก ส่วนผลิตภัณฑ์สินค้าและบริการได้แก่ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กต่างๆ ที่ใช้ประกอบเป็น ฮาร์ดดิสก์และสมาร์ทโฟน สินค้าที่ผลิตได้จะส่งไปให้บริษัทคู่ค้าในประเทศต่างๆ และโรงงานในกลุ่มของการผลิตที่มีฐานการผลิตในประเทศต่างๆ โดยบริษัทมีความมุ่งมั่นให้การผลิตเป็นไปตามมาตรฐานการควบคุมรักษาคุณภาพของการจัดส่งที่ตรงตามเวลาที่กำหนด

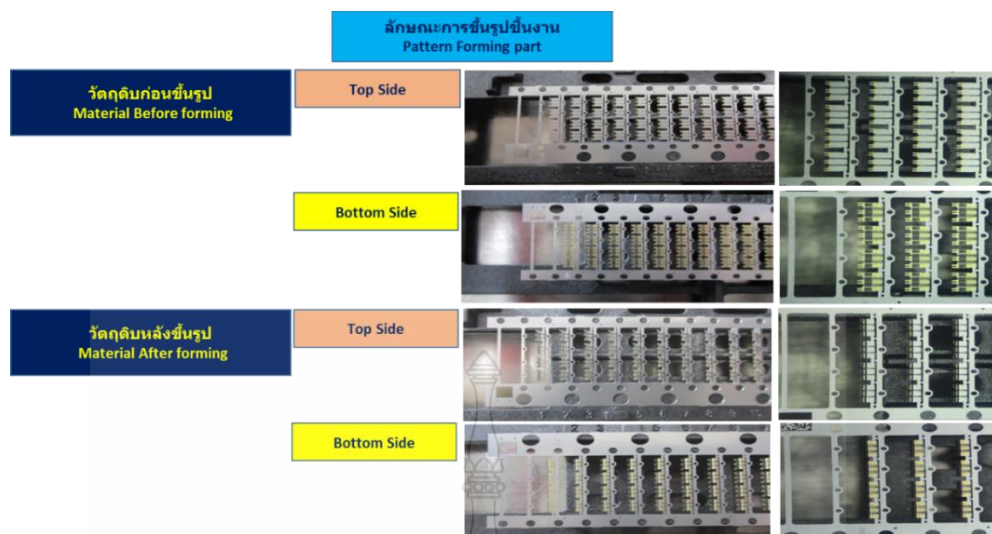
งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกศึกษา โมเดลอินเตอร์คอนเนก ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อเส้นลวดวงจรไฟฟ้า ซึ่งมียอดการสั่งซื้อสูงสุดในปี 2564 โดยมุ่งเน้นที่กระบวนการขึ้นรูปตัวงาน (Forming) เป็นสำคัญจาก วัสดุดิบ (Material) ในกระบวนการนี้เป็นอย่างมาก เพราะราคาวัสดุดิบค่อนข้างสูง ถ้ามีของเสียหรือ ความผิดพลาดเกิดขึ้นในขั้นตอนของกระบวนการผลิต ซึ่งแน่นอนว่าจะกระทบกับต้นทุนการผลิตกับ องค์กรหรือบริษัทกรณีศึกษา อาจมีการปรับเพิ่มขึ้นในด้านต้นทุนโดยไม่จำเป็น เป็นสาเหตุทำให้เกิดการ ขาดทุน

ลักษณะของวัสดุดิบ (Material) ที่จะเข้าขึ้นรูปนั้นผ่านการประกอบหลัก (Main- Assembly) มาเรียบร้อยแล้ว ซึ่งลักษณะตัวงานที่เข้ามาจะมีรูปแบบแถบยาว (strip) และแบนเรียบ (Flat level) ดัง รูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 วัสดุดิบที่เข้ามาแบบแถบเรียบ (Material incoming strip flat level)

ลักษณะการทำงานของเครื่องขึ้นรูปนั้น มีลักษณะเป็นแบบป้อนเข้าเพื่อขึ้นรูป ชิ้นงาน (feed line forming) คือมีลักษณะการป้อนงานเข้าเครื่องแบบเส้นตรงเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน โดยจะถูกป้อนเข้าเครื่องเป็นเส้นตรง จากขั้นตอนหนึ่งอีกขั้นตอนหนึ่งของแม่พิมพ์ ซึ่งประกอบด้วย 2 สถานีด้วยกัน ได้แก่ การขึ้นรูปขั้นต้น (Pre-form) » การขึ้นรูปครั้งสุดท้าย (Post-form) ตามลำดับ หลังจากการขึ้นรูปได้ตามกำหนด วัสดุดิบที่ขึ้นรูปเสร็จ (Finish Good) จะถูกลำเลียงออกจากเครื่อง เพื่อจัดเก็บ ก่อนบรรจุเพื่อจัดจำหน่ายต่อไป ลักษณะการขึ้นรูปชิ้นงานจะเป็นดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ลักษณะก่อน-หลังการขึ้นรูปชิ้นงาน

จากที่กล่าวมาวัตถุดิบที่ใช้ขึ้นรูปมีต้นทุนสูงราคาค่อนข้างแพง ผู้ดำเนินการจึงมีความคาดหวังที่จะวิเคราะห์ในส่วนของการขึ้นรูปและกระบวนการผลิตนี้ ซึ่งหากขั้นตอนหรือข้อบกพร่องทำให้เกิดของเสียมากเกินไป นั่นจะเป็นการบ่งชี้ให้เห็นว่าทำไมจะน้อยลงมา ตามตารางที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบของเสีย (Defect) ที่เกิดจากกระบวนการขึ้นรูป (Forming) ในแต่ละอาการเสียในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ 2564 ถึง เดือน พฤษภาคม 2564 โดยเปรียบเทียบยอดการผลิต จำนวนของเสีย ที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 1.1 ของเสียในกระบวนการของการขึ้นรูป ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2564 ถึง เดือน พฤษภาคม 2564

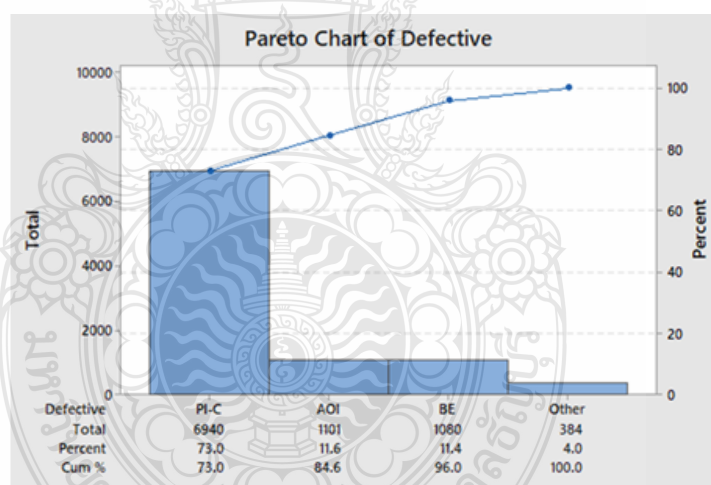
เดือน	ยอดการผลิต	การแตกของพลาสติก	รอยขีดข่วนบนทอง	อาการเสียจากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์				%ค่าเฉลี่ย
				เครื่อง (AOI)	(BE)	รอยขีดข่วนบนตัวงาน	สิ่งแปลกปลอมที่ติดอยู่บนตัวงาน	
ก.พ. 64	204,528	1045	182	124	36	19	14	2.65%
มี.ค. 64	23,194	1078	22	0	9	19	6	4.92%
เม.ย. 64	92,997	1512	22	600	888	1	30	4.72%
พ.ค. 64	127,627	3305	32	377	147	7	30	3.64%
ก.พ. 64 - พ.ค. 64	448,346	6940	258	1101	1080	46	80	15.94%
ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	112,087	1735	64.5	275.25	270	11.5	20	3.98%
ค่าเฉลี่ยของเสีย			0.16%	0.01%	0.03%	0.02%	0.0011%	0.0018%

จากตารางที่ 1.1 แสดงให้เห็นว่าอาการแตกของส่วนพลาสติก (PI-C : Polyimide Crack) จากการขึ้นรูปชิ้นส่วนมีจำนวนของเสียเฉลี่ย 1,735 ชิ้น/เดือน การตรวจจับอาการเสียด้วยกล้อง (AOI) มีจำนวนของเสียเฉลี่ย 275 ชิ้น/เดือน อาการโค้งงอของตัวงาน (BE : Bend) มีจำนวนของเสียเฉลี่ย 270 ชิ้น/เดือน สิ่งแปลกปลอมที่ติดอยู่บนตัวงาน (CO : Contamination) มีจำนวนของเสียเฉลี่ย 20

ชิ้น/เดือน รอยขีดข่วนบริเวณทอง (SC-G : Scratch on Gold plate) มีจำนวนของเสียเฉลี่ย 20 ชิ้น/เดือน รอยขีดข่วนบนตัวงาน (SC : Scratch) มีจำนวนของเสียเฉลี่ย 65 ชิ้น/เดือน จึงได้เรียบเรียงความสำคัญและการเกิดปัญหาจากข้อมูลที่ได้รับ เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดในกระบวนการผลิตมาทำการแก้ไขแสดงดังตารางที่ 1.2 และแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) ดังรูปที่ 1.3

ตารางที่ 1.2 แสดงการจัดเรียงปัญหาจากมากที่สุดไปหาน้อย และเปอร์เซ็นต์ของเสียสะสม

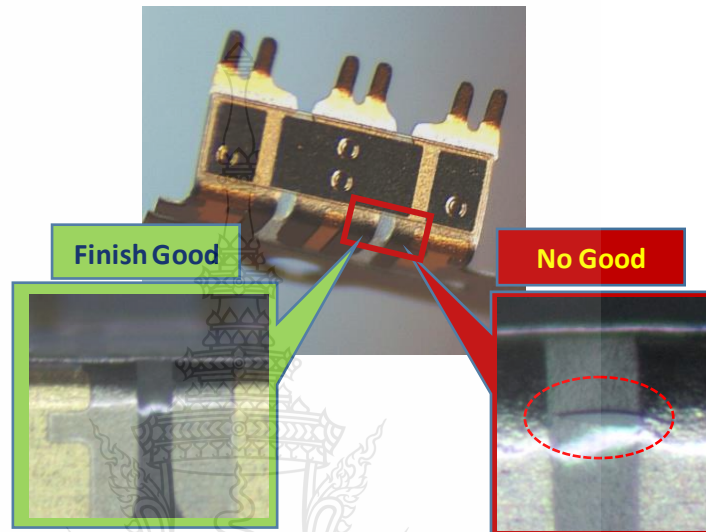
อาการเสีย	จำนวนของเสีย	ค่าเฉลี่ยของเสีย (%)
การแตกของส่วนพลาสติก (PI-C)	6,940	73.01%
การตรวจจับอาการเสียด้วยเครื่อง (AOI)	1,101	11.58%
ตัวงานโค้งงอ (BE)	1,080	11.36%
สีแปลกปลอมมีติดอยู่บนตัวงาน (CO)	258	2.71%
รอยขีดข่วนบริเวณทอง (SC-G)	80	0.84%
รอยขีดข่วนบนตัวงานติดอยู่บนตัวงาน (SC)	46	0.48%
รวม	9,505	100%



รูปที่ 1.3 แผนภูมิแท่งแสดงการจัดลำดับของปัญหา

จากตารางที่ 1.2 และ รูปที่ 1.3 เมื่อนำผลที่ได้มาดำเนินการวิเคราะห์ ก็จะสามารถเห็นได้ว่าอาการแตกของส่วนพลาสติกจากชิ้นรูปชิ้นงาน (Polyimide Crack) มีอัตราการเกิดและความรุนแรงมากที่สุดคิดเป็น 73% ของปัญหาทั้งหมด ดังนั้นจึงเลือกอาการแตกของส่วนพลาสติกจากชิ้นรูปชิ้นงานมาทำการมาหาวิธีการปรับปรุงและวิเคราะห์เพิ่มเติม

เนื่องจากจำนวนของเสียโดยส่วนใหญ่จากไลน์การผลิต เป็นอาการเสียที่เกิดการแตกของส่วนพลาสติกบนตัวงานมากกว่าอาการเสียรูปแบบอื่นๆ ลักษณะของเสียที่เกิดอาการแตกของส่วนพลาสติกจากขึ้นรูปขึ้นงาน มีลักษณะเกิดการแตกแยกออกจากกันของส่วนพลาสติกตรงตำแหน่งการขึ้นรูปหลังขึ้นรูปขึ้นส่วนผลิตภัณฑ์ ดังแสดงรูปที่ 1.4



(1) ชิ้นงานที่ผ่านมาตรฐานการขึ้นรูป

(2) ชิ้นงานที่ผ่านมาตรฐานการขึ้นรูป

รูปที่ 1.4.1 (1) แสดงถึงชิ้นงานที่ผ่านมาตรฐานของชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปได้ตามที่ต้องการของส่วนพลาสติก

รูปที่ 1.4.1 (2) แสดงถึงชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐาน เกิดการร้าวแตกของส่วนพลาสติกหลังการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ซึ่งเรียกปัญหานี้ว่า การแตกของส่วนพลาสติก หรือ Polyimide Crack

จากรูปที่ 1.4 ด้วยข้อตกลงระหว่างลูกค้า ลูกค้าไม่สามารถยอมรับอาการเสียนี้ได้ เนื่องจากอาการเสียที่เกิดขึ้นมีผลต่อการนำชิ้นส่วนไปใช้ต่อในกระบวนการผลิตของลูกค้า จำเป็นต้องทิ้งงานเสียที่มีอาการแตกของส่วนพลาสติกจากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

ด้วยเหตุนี้จึงเป็นเป้าหมายหลักที่จะต้องลดสัดส่วนของเสียที่อาการแตกของส่วนพลาสติกจากกระบวนการการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์และมีแนวคิดที่จะประยุกต์โดยใช้แนวคิดจากทฤษฎีเทคนิคซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) เพราะเป็นหลักในการปรับปรุงคุณภาพขั้นพื้นฐานที่มีการยอมรับจากหลายๆ ประเทศสามารถนำแนวทางนี้มาหาปรับใช้เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยพร้อมทั้งกำหนดความสำคัญของระดับในแต่ละปัจจัยให้เหมาะสม ตามเป้าหมายที่องค์กรกำหนดไว้ คือ ลดลงอย่างน้อย 70%

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการแตกของส่วนพลาสติกในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โมเดล อินเตอร์คอนเนก (Polyimide Crack)

1.2.2 เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม ที่มีผลต่อการแตกของส่วนพลาสติก(Polyimide Crack) ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ โมเดลอินเตอร์คอนเนก โดยมีการปรับลดลงของอาการเสียร้อยละ 70 จากของเสียที่มีเฉลี่ยต่อเดือน

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

สามารถประยุกต์ใช้เทคนิคซิกม่า ในการปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โมเดลอินเตอร์คอนเนกและสามารถลดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกหลังการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ลง 70% หรือ 690 DPPM

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการขึ้นรูปส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนกเพื่อลด

อาการแตกของส่วนพลาสติกหลักจากการขึ้นรูป

1.4.2 งานวิจัยนี้ทำการศึกษาวิเคราะห์ ข้อมูลตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2564 ถึง พฤษภาคม 2564

1.4.3 ศึกษาปัจจัยที่สามารถควบคุมและแก้ไขได้

1.5 ขั้นตอนการศึกษาในการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินการหลักๆอยู่ 7 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขปดังต่อไปนี้

1.5.1. ศึกษาสภาพการทำงานและลักษณะของปัญหา

1.5.2 การกำหนดลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น

1.5.3 ทำการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

1.5.4 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

1.5.5 ทำการปรับปรุงกระบวนการ

1.5.6 ทำการควบคุมตัวแปรต่างๆ

1.5.7 สรุปผลการดำเนินการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 วิเคราะห์หาสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับปัจจัยและการเกิดของเสียที่เหมาะสมในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

1.6.2 สัดส่วนของการเกิดของเสียจากขั้นตอนกระบวนการผลิตลดน้อยลง ร้อยละ 70 ในกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

1.6.3 เพิ่มคุณภาพในกระบวนการผลิตและสามารถดำรงไว้ซึ่งคุณภาพหลังการปรับปรุง



บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปรับปรุงประสิทธิภาพในขบวนการผลิตโดยมีเป้าหมายการปรับปรุงขีดความสามารถของกระบวนการผลิตให้เป็นตามเป้าหมายที่กำหนดโดยประยุกต์ใช้แนวคิดของเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ในการดำเนินงานวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อการเกิดของเสียในขั้นตอนหรือกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งระดับปัจจัยที่เหมาะสม ในงานวิจัยนี้

2.1 ประวัติและความเป็นมาของซิกซ์ ซิกม่า

หลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 สิ้นสุด ประเทศญี่ปุ่นได้ปรับปรุงความสามารถในด้านเศรษฐกิจอย่างหนัก ในปี ค.ศ.1945 เริ่มมีนักวิชาการจากสหรัฐอเมริกาเดินทางไปดำเนินการปรับปรุงความสามารถแก่ประเทศญี่ปุ่นโดยที่ W. Edwards Deming เป็นผู้ที่มีชื่อเสียงที่สุดของยุคในด้านการให้คำปรึกษาและเป็นที่ปรึกษาการในการปรับปรุงคุณภาพ และจากการจัดประชุมของ Deming โดยให้ความรู้ทางสถิติเป็นพื้นฐาน และเป็นผู้เชี่ยวชาญการปรับปรุงโฉมหน้าทางอุตสาหกรรมในประเทศญี่ปุ่น การจัดการโดยนำทฤษฎี ของ Deming โดยการกำหนดนโยบายซึ่งมุ่งเน้นไปในการจัดการความผันผวนและการวิเคราะห์ ขั้นตอนกระบวนการที่อาจส่งผลไปถึงการผลิต โดยจัดการคุณภาพใหม่ทั้งระบบ Total Quality Management (TQM) และเป็นที่ยอมรับโดยกว้าง และมีการนำชื่อของเค้ามาตั้งรางวัล Deming Prize เป็นรางวัลในด้านคุณภาพ

เศรษฐกิจของประเทศญี่ปุ่นในปี ค.ศ.1980 ได้รับความสำเร็จจากการปรับปรุงคุณภาพ โดยมีสื่อ นานาชาติอย่าง NBC ของสหรัฐอเมริกา ได้นำเสนอบทความที่ว่า “If Japan Can, Why Can't We” เพื่อเป็นแนวทางให้เกิดการปรับปรุงในด้านคุณภาพกันอย่างแพร่หลายในสหรัฐอเมริกา ทำให้ประเทศญี่ปุ่นประสบความสำเร็จโดยแนวคิดและทฤษฎีที่นำมาพัฒนามีต้นกำเนิดจากสหรัฐอเมริกา ได้มีวิศวกรของบริษัท Motorola คือ Mikel Harry เข้ามาดำเนินการและพัฒนาตลอดมา ทำการวิเคราะห์แนวคิดด้านการปรวนแปรของ Deming เป็นพิเศษ และเสนอต่อองค์กรว่า การศึกษาความแปรปรวนจะเป็นแนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพ และเป็นการนำเอาของแนวคิดด้านขั้นตอนทางซิกซ์ ซิกม่า โดยในทาง ด้านของสถิติ “ซิกม่า” เป็นสัญลักษณ์ในภาษากรีก (σ) เป็นความผันแปรในกระบวนการ แสดงถึงความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดการกระจายตัวของกลุ่มประชากรที่เบี่ยงเบนไปของข้อมูลจากค่า กลาง

ความผันแปรจากค่านี้จะทำการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดจำเพาะ (Specification limits) ของชิ้นงาน และในกรณีที่ของชิ้นงานค่าไม่ตรงตามข้อกำหนดเฉพาะจะถือว่าชิ้นงานนั้นเป็นผลผลิตบกพร่อง (Defect) และในกรณีที่กระบวนการได้มีการประเมินความสามารถของขั้นตอนการผลิตอยู่ที่ระดับ 6 ซิกม่าจะแสดงถึงค่าพื้นฐานของขั้นตอนที่กำหนดเฉพาะในแต่ละด้านจะมีค่าถึง 6 เท่าจากค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะมีโอกาสในการผลิตของเสียเพียง 3.4 ppm เท่านั้น (ppm : Parts Per Million)

ขั้นตอนวิธีทางซิกซ์ ซิกม่า มรการนำมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1985 และจากการที่ Bob Galvin, CEO ของ Motorola ในยุคที่เริ่มนำขั้นตอนทางซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ในการวิเคราะห์ความผันผวนในทุกสิ่งที่ไม่โตรุ่นผลิตในปี ค.ศ.1987 พูดยองเป้าดำเนินการอย่างต่อเนื่องในการกำหนดจุดประสงค์ที่ความเคลื่อนไหว 3.4 ppm ตามแนวคิดซิกซ์ ซิกม่า

หลังประสบความสำเร็จจากการนำเอาขั้นตอนซิกซ์ ซิกม่า ปรับใช้กับบริษัท ของโมโตรล่าได้รับรางวัลคุณภาพ Malcolm Baldrige Award ในปี ค.ศ.1988 ด้วยหลักการและการนำเอาแนวความคิดนี้ไปปรับใช้จนประสบความสำเร็จและสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ 2 พันล้านเหรียญสหรัฐ[1]

2.2 แนวคิดของกรรมวิธีทาง ซิกซ์ ซิกม่า

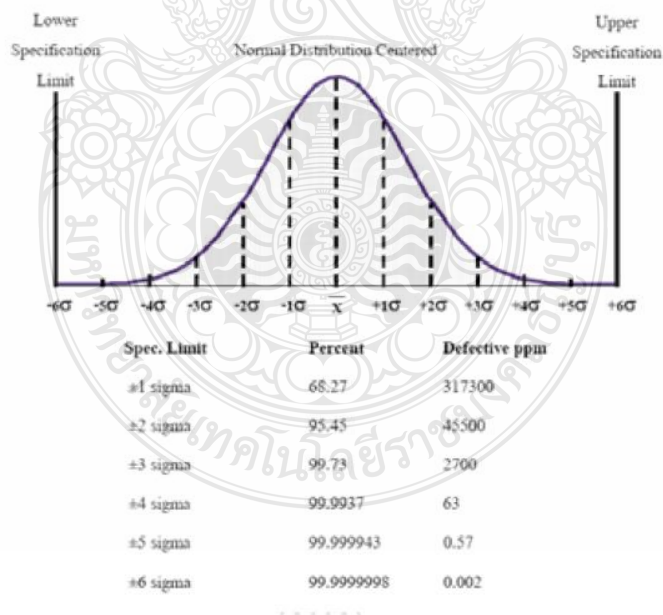
แนวทางของซิกซ์ ซิกม่า เป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพที่บริษัทต่างๆ นำมาใช้เพื่อให้ลูกค้าได้รับความพึงพอใจสูงสุด บริษัทจำเป็นต้องมีการปรับปรุงเพื่อลดข้อบกพร่องที่จะทำให้ลูกค้าผิดหวังกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งการลดความผิดพลาดนี้จะสามารถทำได้โดยการปรับปรุงความสามารถในขั้นตอนการผลิตอันเป็นผลทำให้ขั้นตอน ลูกค้าก็จะพึงพอใจในผลผลิตของเราสามารถผลิตสินค้าหรือบริการได้ในระดับมาตรฐานที่สูงขึ้นในการเพิ่มความสามารถในขั้นตอนการผลิต สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือ ต้องทำการศึกษาถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิต ส่วนของความผันแปรหลักๆ จะมาจากการออกแบบ (Design) วัสดุ (Materials) และขั้นตอนการผลิต (Process) เพราะความผันแปรเหล่านี้จะกระทบโดยตรงต่อกระบวนการผลิต หากความผันแปรในขั้นตอนการผลิตมีมาก จะทำให้คุณภาพของกระบวนการจะต่ำ ในทางตรงกันข้ามถ้าความแปรปรวนในกระบวนการผลิตมีน้อยคุณภาพของขั้นตอนการผลิตก็จะสูง

การลดสาเหตุความแปรปรวนของขั้นตอนการผลิต ต้องทำการวิเคราะห์และหาความเชื่อมโยงระหว่างสาเหตุของปัจจัยในกระบวนการผลิต จะแสดงเป็นรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ได้คือ $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$ เมื่อ Y คือลักษณะทางคุณภาพของผลผลิต และ $(X_1, X_2, \dots, X_N)$ คือสาเหตุของปัจจัยต่างๆ

ในขั้นตอนการผลิต ซึ่งสาเหตุปัจจัยในขั้นตอนการผลิตนี้มีจำนวนมากมาย (Trivial Marry) แต่สาเหตุปัจจัยส่งผลกระทบโดยตรงต่อทางคุณภาพลักษณะจะมีเบาบาง (Vital- Few) ถ้าหากสาเหตุปัจจัยเหล่านี้ถูกควบคุมความแปรปรวนเหล่านี้ลดลง จะทำให้คุณภาพของผลผลิตปรับสูงขึ้น

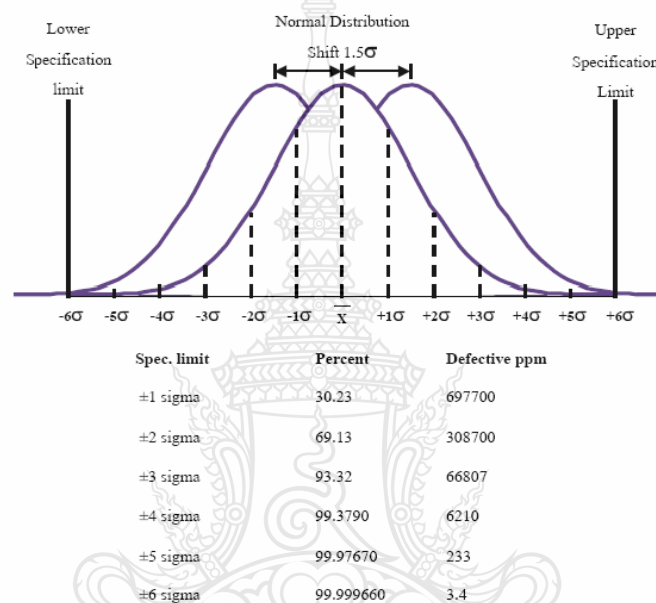
2.3 เป้าหมายตามกรรมวิธีทาง ชิซุชิ ชิกม่า

ในขั้นตอนการผลิต โดยทั่วไปจะมีประชากรส่วนใหญ่อยู่ในระดับ $\pm 3\sigma$ หรือ 97.73% โดยประมาณการกระจายแบบทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 2.1 แสดงการแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ซึ่งการกำหนดกระบวนการผลิตและการให้บริการอยู่ที่ $\pm 3\sigma$ หมายถึงโอกาสเกิดข้อบกพร่องที่ 2,700 DPPM โดยคำนึงถึงการให้บริการจ่ายยาในโรงพยาบาล การในสายการบิน การผ่าตัดของแพทย์ คงไม่มีใครอยากได้รับข้อบกพร่องถึงจะเป็นเพียงหนึ่งในล้านล้านครั้งรวมไปถึงกระบวนการ และการอำนวยความสะดวก ก็สอดคล้องกับสิ่งที่ลูกค้าต้องการ โดยกระบวนการผลิตสินค้าจะต้องมีประสิทธิภาพ สูงสุด หรือการมอบบริการเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง



รูปที่ 2.1 การแจกแจงปกติที่ตำแหน่งกึ่งกลาง [1]

แต่ในสภาวะของกระบวนการผลิตที่สามารถควบคุมและยังคงคุณภาพในระยะยาว โดยการตั้งค่า (Setting) ที่เปลี่ยนแปลง กระบวนการโดยธรรมชาติ ซึ่งปรับเปลี่ยนไปจากค่ากลางของค่าที่กำหนด เฉพาะอยู่ระหว่าง $\pm 1.5\sigma$ เพราะในช่วงของการผลิตจะมีสัรบกวนต่างๆ ที่เกิดจากความไม่สม่ำเสมอของระบบ เข้ามามีผลตลอด ทำให้ค่าที่ตั้ง (Setting) จากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะมีการปรับเปลี่ยนไปจึงทำให้ มีจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีข้อเสียปรับลดจากเริ่มต้นเหลือแค่ 93.32% ทำให้จำนวนบกพร่องของ ผลิตภัณฑ์ปรับขึ้นเพิ่มขึ้นเป็น 66,807 ppm (Part Per Million) ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงตั้งค่า (Setting) โดยธรรมชาติ [1]

แนวความคิดของซิกซ์ ซิกม่า ลักษณะทาง ทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่กระจายตัว ที่ลดลง จากความความแปรปรวนในขั้นตอนการผลิตที่ลดลง ซึ่งในแนวความคิด จะมีการกระจายตัวของลักษณะ ทางคุณภาพของผลผลิตอยู่ในช่วง $\pm 6\sigma$ จากข้อกำหนดเฉพาะของค่ากลาง ซึ่งจะทำให้ยืนยันได้ว่า จะมี ผลผลิตที่ไม่มีข้อของเสียโดยคิดเป็น 99.999998% ต่อให้จะมีการปรับเปลี่ยนการตั้งค่า (Setting) ไป จากค่ากลางจากที่กำหนดเฉพาะ $\pm 1.5\sigma$ ไปแล้ว อัตราการเกิดผลผลิตบกพร่องเพียง 3.4 ppm หรือคิด เป็น 0.0000034% เท่านั้น

2.4 การจัดองค์กรบริหารตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า

จากการดำเนินการปรับปรุงเพื่อให้กระบวนการผลิตที่ดีให้กับลูกค้าเพื่อมอบความพึงพอใจนั้น จะเป็นการปรับปรุงโดยการสร้างพื้นฐานในการปรับปรุงคุณภาพอย่างยั่งยืนภายในองค์กรเพื่อ โดยการ นำแนวทางซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ เพื่อให้ทีมที่ดำเนินการปฏิบัติงานตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า มีความเข้าใจถึง บทบาท และหน้าที่ ในการรับผิดชอบ โดยจัดตั้งคณะทำงานเพื่อวางพื้นฐานและการดำเนินงานอย่างเป็น ระบบ ซึ่งคณะผู้ดำเนินงานนี้มีความจำเป็นต้องมีการอบรมเพื่อให้ทราบถึงวิธีการ หลักการ และแนวคิด ดังต่อไปนี้ [2,3]

2.4.1 ผู้บริหารระดับสูง (Executive Leadership)

หากต้องการให้ประสบความสำเร็จจากการนำเอาแนวทางซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ โดยทำการกำหนดทิศทางหรือเป้าหมายโดยผู้บริหารระดับสูงต้องประกาศเป้าหมายก่อนที่จะนำ แนวทางนี้มาใช้ให้เข้าใจร่วมกันก่อนว่าการนำซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ในอนาคตนั้นต้องการให้หน่วยงานทราบ ถึงทิศทางในการปรับปรุงองค์กร เพราะนั่นคือสิ่งที่จำเป็นอย่างมากที่ต้องได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิด จากผู้บริหารระดับสูง หากไร้ซึ่งการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูงแล้ว การนำแนวทางซิกซ์ ซิกม่า ให้ เกิดผลสำเร็จได้นั้น ที่มีต่อแนวทางการทำงานเพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงหลักการ ไปในทิศทางไหน

2.4.2 แชมป์เปียน (Champions)

ผู้ที่จะมาดำรงตำแหน่งนี้จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ในเรื่องของลักษณะงานเป็น อย่างดีและมีความรู้ความเข้าใจในปรัชญา ทฤษฎี และเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่าอย่างแท้จริง หน้าที่แชมป์เปียน ต้องเป็นบุคคลที่อยู่ในตำแหน่งของผู้บริหารระดับสูงภายในองค์กร ลักษณะการทำงานของแชมป์เปียน จะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะได้แก่ แชมป์เปียนบุคคลากร (Deployment Champion) และแชมป์เปียนโครงการ (Project Champion) จะมีหน้าที่ดำเนินการ จัดตั้งและติดตามผล การทำงานของคณะทำงานและประเมินผลโครงการ

2.4.3 มาสเตอร์แบลคเบลท์ (Master Black Belt)

โดยต้องเป็นผู้เริ่มต้นถ่ายทอดความรู้ให้พนักงานมีความเข้าใจถึงการนำ หลักการ และแนวคิดมาใช้ในทางปฏิบัติ คือ ผู้ที่ได้รับการแต่งตั้งโดยแชมป์เปียน รับผิดชอบในการ ประสานงานร่วมกับฝ่ายบริหาร ดูแลการทำงานในรูปแบบที่เต็มเวลา เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานตาม แนวทางซิกซ์ ซิกม่า โดยตรงตลอดจนดำเนินการอบรม ดูแลคณะทำงานที่ชื่อว่า แบลคเบล (Black Belt) และกรีนเบลท์ (Green Belt)

2.4.4 แบลคเบลท์ (Black Belt)

เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า โดยตรง และเป็นตัวกลางระหว่างการจัดการของฝ่ายบริหารและการทำงานในระดับปฏิบัติการทำงานภายใต้การดูแลของมาสเตอร์แบลคเบลท์ (Master Black Belt) มีหน้าที่หลักในการปรับใช้ความรู้ตามหลักการและแนวคิดตลอดจนเครื่องมือทางสถิติมาดำเนินการแก้ไขปัญหาโครงการที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งต้องรับผิดชอบและดูแลการทำงานในรูปแบบที่เต็มเวลา

2.4.5 กรีนเบลท์ (Green Belt)

จะมีส่วนช่วยในการสนับสนุนการทำงานให้กับคณะทำงานแบลคเบลท์ (Black Belt) โดยมีการปรับให้เข้าใจง่ายขึ้น เพื่อสนับสนุนการแก้ไขปัญหาในสายการผลิตที่ทำอยู่ จะมีส่วนช่วยในการส่งเสริมและสนับสนุนให้การบริหรนั้นมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น คณะทำงานเฉพาะกิจที่ทำการแก้ปัญหาแต่ละโครงการทำหน้าที่เข้าไปแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานที่ทำอยู่ ต้องมีการปรับปรุงให้สูงขึ้น เพื่อสนับสนุนการแก้ไขปัญหาในแต่ละโครงการโดยเนื้อหาที่ใช้ในการอบรมนั้น

2.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อมาทำการศึกษาและเป็นตัววัดผลในการปรับปรุงกระบวนการ (Key Process Output Value, KPOV) และจะเริ่มเข้าสู่ขั้นตอนกระบวนการ ขั้นตอนการดำเนินงานนี้จะเจาะจงไปที่การแก้ปัญหาในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานเป็นหลัก โดยทีมผู้ทำงานที่เกี่ยวข้อง จะดำเนินงานตามหลักการของ DMAIC คือ ขั้นตอนในการดำเนินการปรับปรุงอย่างเป็นขั้นตอนดังรูปที่ 2.3 โดยก่อนที่จะเริ่มเข้าสู่ขั้นตอนการดำเนินงานหลักนั้นจะต้องทำการระบุถึงปัญหาที่ต้องการจะนำมาปรับปรุงก่อนโดยควรเลือกปัญหาที่เป็นปัญหาที่สำคัญ ที่ทำให้ลูกค้าเสียความมั่นใจและกระบวนการผลิตส่งผลกระทบต่อลูกค้าหรือเป็นปัญหาที่ควรปรับปรุงอย่างชัดเจนมาทำการแก้ปัญหาเป็นอย่างแรก และทำการเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variable)



รูปที่ 2.3 กระบวนการในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องในซิกซ์ ซิกม่า[1]

2.5.1 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)

โดยนำเอาสิ่งที่ลูกค้าต้องการมากระจายเป็นปัจจัยคุณภาพสำคัญของแต่ละขั้นตอนการผลิต ปัญหาในเรื่องของคุณภาพต่างๆ ที่สำคัญตามความต้องการของลูกค้า หากเมื่อปัญหาในหน่วยงานปกติที่ไม่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้ก็จะดำเนินการจัดลำดับความสำคัญเพื่อแก้ไขปรับปรุง ในขั้นตอนเริ่มโดยการนำข้อกำหนดลูกค้าและความต้องการของลูกค้ามาทำการระบุปัญหา โดยการสำรวจความต้องการของลูกค้า ก็จะกำหนดขอบเขตการดำเนินงานและคณะทำงานร่วมกัน โดยนำข้อมูลของลูกค้าที่แจ้งปัญหามาศึกษาเพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนทำงานหลักในกระบวนการขององค์กร เมื่อเบลคเบลท์ (Black Belt) และแชมป์เปี้ยน (Champion) กำหนดโครงการที่จะดำเนินการแก้ไขปรับปรุงเรียบร้อยแล้วก็จะเริ่มดำเนินการ

2.5.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

เพื่อศึกษาว่าคุณสมบัติของกระบวนการที่แท้จริงเป็นอย่างไรและควรจะต้องตั้งเป้าหมายในการปรับปรุงไว้แบบใด โดยในขั้นตอนแรกควรศึกษาและวิเคราะห์ระบบในการวัดที่ใช้เพื่อวัดความแปรปรวนที่เกิดจากการวัดเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหา จากนั้นจะทำการศึกษาถึงคุณสมบัติของกระบวนการ หากความแปรปรวนที่เกิดขึ้นมีมากเกินไปที่กำหนดจะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัดให้ดีขึ้นก่อน โดยผลจากการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้จะสื่อให้เห็นปัจจัยต่างที่เป็นสาเหตุของปัญหา

2.5.3 การวิเคราะห์ (Analyze Phase)

ซึ่งจะเป็นปัจจัยที่เหมาะสมในการทำดำเนินงานในขั้นตอนนี้ จะทำให้เข้าใจถึงขั้นตอนในกระบวนการมากขึ้น เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของขั้นตอนกระบวนการ โดยนำปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการ มาทำการวิเคราะห์ เพื่อดูเกี่ยวกับปัจจัยโดยมีผลกระทบต่อนขั้นตอนกระบวนการ ผลิตอย่างมีนัยสำคัญเป็นหลัก และมาตรฐานการดำเนินงานจะถูกทบทวน และปรับปรุง โดยตัวแปร ถ้าปัจจัยที่ทดสอบส่งผลต่อตัวแปรตามของขั้นตอนกระบวนการ (Key Process Output Variables : KPOV) ก็จะนำไปดำเนินการในลำดับต่อไป จะถูกกำหนดขอบเขตการดำเนินการ และทำให้เข้าใจว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (KPOV)

2.5.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

เพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างค่าที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละปัจจัยที่จะทำการวิเคราะห์ โดยในส่วนนี้จะนำตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (Key Process Output Variables : KPOV) กับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการมาทำการออกแบบ และทำการทดลองให้ได้ค่าการวัดของแต่ละปัจจัยเพื่อทำให้การดำเนินการควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

หลังการปรับปรุงขั้นตอนของกระบวนการ เพื่อให้พนักงานสามารถควบคุมและทำการประเมินความสามารถของกระบวนการผลิตเป็นการจัดทำขั้นตอนวิธีการควบคุมปัจจัย โดยวัดจากผลด้านคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไปและสามารถประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน หรือความพึงพอใจของลูกค้าที่เปลี่ยนไป ในการเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์หลังจากการปรับปรุงแล้วกระบวนการได้ผลเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ เพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงอีกครั้ง หากกระบวนการยังไม่ดีขึ้น ก็จะต้องย้อนกลับไปทำตามขั้นตอนการออกแบบ และทำการทดลอง และจะต้องมีการประเมินผลการดำเนินงาน

2.6 เครื่องมือที่ใช้ในซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma Tools)

โดยที่ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการตัดสินใจทั้งด้วยขั้นตอนวิธีการทางตรรกะและทางสถิติที่สามารถเชื่อถือได้ สำหรับเครื่องมือทางสถิติที่จะถูกนำมาใช้ในการดำเนินวิจัย ซิกซ์ ซิกม่า จะเป็นการตัดสินใจโดยอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่ดีอย่างเป็นระบบ (System Thinking) ประกอบไปด้วย

2.6.1 การวิเคราะห์ปัญหา

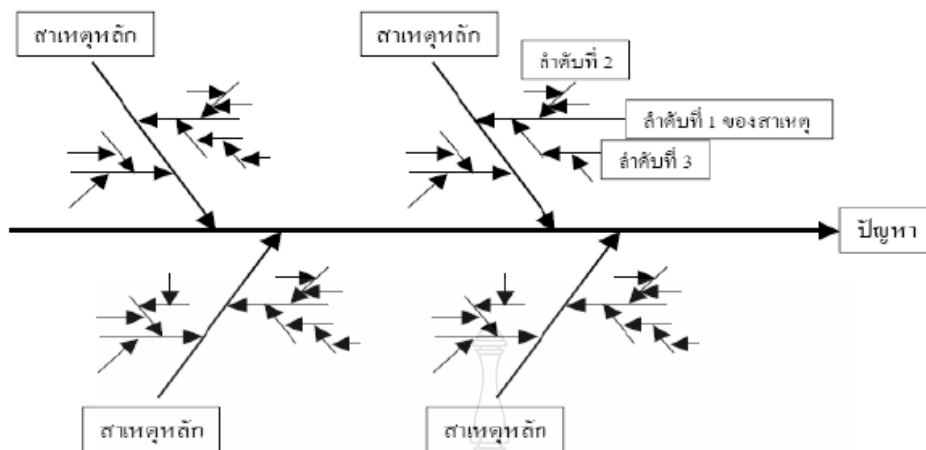
เพื่อหาข้อบกพร่องของปัญหาเบื้องต้น จะเป็นตั้งสมมติฐานในการวิเคราะห์ การดำเนินงานวิจัยด้วยเครื่องมือพื้นฐาน โดยจะเป็นเครื่องมือที่ใช้ช่วยในการ [6,7]

แผนภูมิแสดงการไหลกระบวนการ (Flow Chart) จะแบ่งงานเพื่อนำมาสร้างแผนภาพแสดงการไหลของงานนั้น จะแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงและของโครงสร้างแผนภาพที่ของงานในกระบวนการที่ทำการศึกษา โดยทั่วไปจะเรียกว่า แผนที่กระบวนการ (Process Mapping) และแสดงถึงรายละเอียดเพียงพอที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์ถึงปัญหาในขั้นตอนหรือกระบวนการที่ต้องการได้

แผนภาพแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) คือแผนภาพที่แสดงถึงความเชื่อมโยงของผลสำหรับปัญหาและสาเหตุที่ทำการศึกษา ซึ่งแผนภาพนี้มีส่วนทำให้การวิเคราะห์ปัญหาที่เป็นประโยชน์ต่อการนำเสนอความเชื่อมโยงระหว่างสาเหตุและผลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับเรื่องของปัญหาที่พิจารณา ซึ่งแผนภาพนี้พัฒนาขึ้น

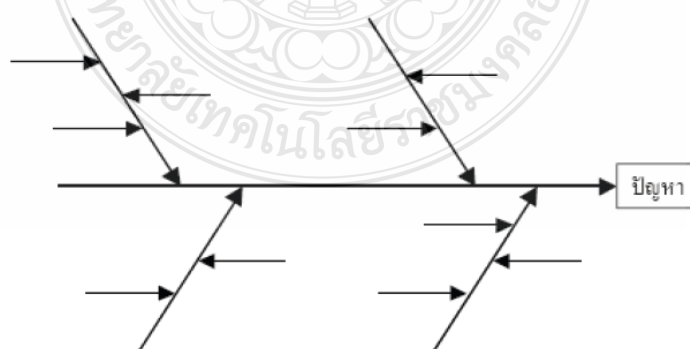
โดยศาสตราจารย์ ดร.คาโอริ อชิกาว่า ของมหาวิทยาลัยโตเกียว เมื่อ ค.ศ. 1943 โดยครั้งแรกนั้น ดร.อชิกาว่า ได้นิยามความหมายของแผนภาพสาเหตุและผลไว้เป็น แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีระบบระหว่างผลที่แน่นอนประการหนึ่งกับสาเหตุ และการใช้แผนภาพนี้เพื่อชี้แจงถึงขั้นตอนวิธีการแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยในการตรวจจับ โดยสำนักมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งญี่ปุ่น (JIS) ที่เกี่ยวข้องโดยจำแนกแผนภาพสาเหตุและผลนี้ ส่งผลต่อคุณภาพในขั้นตอนการผลิต ให้แก่กลุ่มวิศวกรจากบริษัท คาวาซากิสตีลเวิร์ค จำกัด ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

- การวิเคราะห์ความผันแปร (Dispersion Analysis) จะใช้แสดงสาเหตุของการเกิดความผันแปรในคุณภาพที่แสดงตรงส่วนหัวปลาตามลำดับด้วยการตั้งคำถามว่า “ทำไมถึงเกิดความผันแปร” เช่นนี้เรื่อย ๆ ดังแสดงในโครงสร้างรูปที่ 2.4 โดยผู้สร้างแผนภาพสาเหตุและผลจะต้องระลึกไว้เสมอเกี่ยวกับความผันแปรทุกตัวใช้ตรวจจับและทำให้ลดลงได้ โดยที่ของแผนภาพสาเหตุและผลประเภทนี้จะช่วยแสดงอย่างเป็นขั้นตอนถึงปัจจัยที่มีผลต่อความแปรปรวน



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบจำแนกตามกระบวนการ[9,10]

- การกำหนดรายการสาเหตุ (Cause Enumeration) แผนภาพสาเหตุและผลแบบนี้จะมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.5 เหมือนกรณีความผันแปรที่ทำการวิเคราะห์ เพื่อยืนยันสาเหตุหลัก จะไม่ถูกมองข้ามไปจากการพิจารณาในการวิเคราะห์ปัญหาโดยคิซซีเซอร์เคลนั้น จะมีความแตกต่างกันที่แผนภาพสาเหตุและผลประเภทนี้จะนำไปไปถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา (ตามหัวปลา) ความบกพร่องของวิธีการนี้คือ ค่อนข้างมีความยุ่งยากในการจัดทำ เพราะจำเป็นต้องทวนกลับอยู่การทดสอบอยู่เสมอ และต้องประชุมเพื่อหาสาเหตุที่คาดว่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด จะถือว่าแผนภาพและสาเหตุและผลประเภทของการวิเคราะห์ความผันแปรนี้มีประโยชน์มากที่สุดเพราะใช้วิเคราะห์ปัญหาที่มีความผันแปรนี้มีประโยชน์มากที่สุดเพราะใช้วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นซ้ำ เหมาะกับปัญหาการปรับปรุงคุณภาพ และแผนภาพสาเหตุและผลแบบจำแนกตามกระบวนการเหมาะสมอย่างยิ่งกับการสร้างแผนการควบคุม



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของแผนภาพสาเหตุและผลแบบกำหนดรายการสาเหตุ[9,10]

-กราฟ (Graph) เป็นแผนภาพที่แสดงในรูปแบบของการวิเคราะห์ทางสถิติจะเป็นตัวเลข สำหรับกราฟที่มีอยู่หลายประเภทถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถทำให้ง่ายในการทำความเข้าใจเพื่อพิจารณาด้วยตาเปล่าได้ ทั้งนี้เพื่อวิเคราะห์ความผันแปรนั้นเป็นแบบใด เช่น อนุกรมเวลา หรือ ปริมาณสัดส่วน ฯลฯ

การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Fail Mode and Effect Analysis, FMEA) ของกระบวนการเพื่อดำเนินการผลิตหรือการออกแบบขั้นตอนควบคุมกระบวนการ เพื่อเพิ่มความเที่ยงตรง (Reliability) วิเคราะห์ความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบในขั้นตอนกระบวนการ หรือ FMEA Process ในการวิเคราะห์ผลกระทบ[9,10]

ก) จุดประสงค์ของ FMEA มีดังนี้ [9,10]

1. เพื่อประเมินโอกาสและพิจารณาโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดของผลิตภัณฑ์หรือผลกระทบของกระบวนการ

2. แบ่งแยกกิจกรรมซึ่งสามารถที่จะกำจัดหรือลดโอกาสที่พบความผิดพลาด

3. กระบวนการเตรียมเอกสารต่างๆ เพื่อส่งเริ่มกิจกรรมดังกล่าวมา

ข) ประโยชน์ในการประยุกต์ใช้หรือวิเคราะห์ภาวะเมื่อมีการวิเคราะห์เพื่อหาผลกระทบอย่างเหมาะสม ประโยชน์ของการใช้จะมีดังต่อไปนี้

1. ทำให้ทราบเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น เนื่องจากขั้นตอนวิธีการของการทำงานภายใต้ความผิดพลาดโดยผู้เชี่ยวชาญจากหลายหน่วยงานและการวิเคราะห์ผลกระทบจะดำเนินการตามความเข้าใจที่ดีขึ้นร่วมกันในการออกแบบและใช้งานเป็นสิ่งที่ทำให้มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์

2. ลดเวลาทำงานหากภาวะความเสี่ยงและสาเหตุได้ถูกตรวจพบก่อนที่จะมีการผลิตขึ้นงานต้นแบบหรือขั้นตอนการประกอบขึ้นงานจะสามารถลดเวลาในการทดสอบขึ้นงานที่ได้รับการออกแบบอย่างไม่เหมาะสมได้

3. ลดต้นทุนจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ไม่เหมาะสม จะถูกปรับปรุงอีกครั้งเพื่อผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่า ดังนั้นหากมีการพบความบกพร่องได้ก่อนอย่างทันท่วงทีความเสี่ยงก็จะลดน้อยลง เป็นผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงเนื่องจากการจัดทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบลดลง

4. ลดต้นทุนการรับประกันหลังการซ่อม ทำให้การออกแบบและผลิตมีประสิทธิภาพสามารถลดปริมาณความเสียหาย และการเรียกงานกลับมาซ่อมหรือดำเนินปรับปรุง ซึ่งจะ

ลดต้นทุนโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไว้ทั้งหมดเกี่ยวเนื่องโดยตรงกับต้นทุนจากการรับประกันการซ่อมและเรียกกลับมาซ่อม นอกเหนือจากนั้นการเก็บข้อมูลการปรับปรุงและวิเคราะห์ต่างๆ จะช่วยให้การออกแบบขั้นตอนต่อไปในอนาคตมีความสะดวกยิ่งขึ้น ซึ่งจะป้องกันความผิดพลาดซึ่งจะเคยเกิดขึ้นในอดีตอันเกิดจากความตั้งใจที่ดี

ค) ชนิดของวิเคราะห์ความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบนั้น โดยหลักการของ FMEA จะถูกแบ่งตามวิธีการนำไปใช้งานได้ เกิดขึ้น เพื่อเป็นการควบคุมและป้องกันก่อนที่จะเกิดปัญหามายาหลังและเป็นการลดความผิดพลาดก่อนที่จะเกิดขึ้น โดยเป็นวิธีการวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวอย่างเป็นระบบมีลำดับในการหาสาเหตุของความผิดพลาดเพื่อประเมินก่อนที่จะเกิดปัญหาขึ้นมายาหลังและเป็นการลดความเสี่ยงของการวางแผนเพื่อป้องกันก่อนการเกิดปัญหาโดย

1. System FMEA ดำเนินปรับปรุงระบบการทำงานในการใช้งานจะถูกรวมอยู่ในขั้นตอนของ FMEA ชนิดอื่น ได้แก่ การสร้างหลักในการออกแบบระบบการดำเนินงาน การกำหนดรายละเอียดของระบบงาน การทดสอบ การพัฒนา การออกแบบและการประเมินผลระบบ จะใช้สำหรับการออกแบบหรือ

2. Design FMEA เป็นการแก้ไขงานที่มีการทดลองหรือปฏิบัติเป็นครั้งแรกมักพิจารณาเกี่ยวข้องกับกลุ่มของการรวมส่วนประกอบที่นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ผล หรือส่วนย่อย ๆ การใช้งานตามที่ออกแบบเหมาะสมแล้ว ส่วนที่จะมีปัญหา จะป้องกันหรือลดระดับความเสี่ยง และความเข้ากันของผลิตภัณฑ์

3. Process FMEA โดยทั่วไปพบว่าเครื่องจักรจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการจัดทำ Process FMEA ส่วนใหญ่นิยมใช้สำหรับกระบวนการผลิตที่มีความคล้ายคลึงกับ Design FMEA จะทำการวิเคราะห์ถึงปัจจัยการผลิตที่สำคัญ ได้แก่ พนักงาน เครื่องจักร วัสดุวิธีการ การวัดและสภาพแวดล้อมของการผลิต

4. Service FMEA จะดำเนินการโดยในการจัดทำ ให้คนเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด Service FMEA คือ เน้นไปในการให้บริการเป็นหลัก

5. Machinery FMEA โดยสามารถจำแนกเป็นส่วนประกอบต่างๆ อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการผลิต เช่นส่วนส่งกำลัง โครงสร้างเครื่องจักร ตลับลูกปืน ชุดเกียร์ ส่วนหล่อลื่น เครื่องมือส่วนทำความเย็น จะนิยมนำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์เครื่องจักร

ง) งานเอกสาร FMEA การวิเคราะห์ปัญหาและความผิดพลาด เพื่อเป็นการวางระบบการเฝ้าระวังล่วงหน้าและเป็นเทคนิคการป้องกันปัญหาที่มีส่วนช่วยในการวิเคราะห์โดยให้วิศวกรกระบวนการระบุสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่ออะไรบ้าง โดยก่อนที่จะมีการออกแบบหรือสรุปผลขั้นตอนสุดท้ายทุกเรื่องทุกด้านที่มีการวิเคราะห์ร่วมกัน จะดำเนินการด้วยการทำ FMEA มีสาเหตุมาจากเรื่องใดและจะส่งผลกระทบต่ออย่างไร เพื่อวิเคราะห์ว่ามีชนิดหรือรูปแบบของปัญหาและความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นหรือเคยเกิดขึ้นมา แล้วจึงทำการประมาณตัวเลขระดับความเสี่ยงให้กับแต่ละปัญหา แล้วบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA ที่มาจากคำว่า Risk Priority Number ซึ่งโดยทั่วไปเรียกกันว่า RPN

จ) การคำนวณหาค่า RPN จากผลคูณของค่าพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ

S X O X D เมื่อ

S = Severity คือ เกณฑ์การให้ลำดับชั้นผลกระทบของความรุนแรง

O = Occurrence คือ การให้ลำดับโอกาสการเกิดข้อผิดพลาด

D = Detection คือ โอกาสการตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ

ค่า S,O และ D จะนิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 โดยเมื่อค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของการเกิดปัญหา คือ ค่า $RPN = 1000$ ซึ่งมาจาก $10 \times 10 \times 10$ หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มาก เช่น พบปัญหาทุกวันและระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีมาก ส่งผลให้กระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งหมด หรือลูกค้าต้องยกเลิกสัญญาสั่งซื้อค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหา คือ $RPN = 1$ มีที่มาจาก $1 \times 1 \times 1$ หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้ และความรุนแรงของผลกระทบมีน้อยมาก โอกาสที่จะเกิดปัญหานี้มีน้อยมากและสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้า เป็นต้น และยังไม่มีวิธีตรวจจับปัญหาได้ก่อนส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้าเลย

ในการให้คะแนนค่า S,O และ D ซึ่งประเมินค่าโดยมีการให้ลำดับความสำคัญ ดังตารางที่ 2.1,2.2,2.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การให้ลำดับชั้นผลกระทบของความรุนแรง[9,10]

เกณฑ์(ผลกระทบของระดับความรุนแรง)	ลำดับที่ (Rank)
-อาจทำให้เกิดอันตรายกับเครื่องจักรหรือกับผู้ปฏิบัติงานอย่างสูง	10
-อาจทำให้เกิดอันตรายกับเครื่องจักรหรือกับผู้ปฏิบัติงาน	9
-ทำให้เกิดผลหตุจะจกอย่างมา และผลิตจนวน 100% อาจต้องกลายเป็นผลิตภัณฑเสีย (Scrapped 100%)	8
-ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑที่อาจต้องมีการนำมาเลือกบางส่วนที่เสียออก(<100% เป็นผลิตภัณฑเสีย)	7
-ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑเสีย<100% แต่อาจไม่ต้องนำมาเลือกบางส่วนออก	6
-ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑจนวน<100% จะต้องนำมาผลิตอีกครั้ง (Reworked 100%)	5
-ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑที่อาจต้องมีการนำมาเลือกบางส่วนที่เสียออก แล้วนำส่วนที่เหลือมาทำซ้ำอีกครั้ง (Reworked 100%)	4
-ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑจนวนน้อยกว่า 100% อาจต้องมีการนำมาทำใหม่ในสายการผลิต แต่ภายนอกสถานีการผลิต	3
-ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง ผลิตภัณฑจนวนน้อยกว่า 100% อาจต้องมีการนำมาทำใหม่ในสายการผลิต และภายในสายการผลิต	2
-ไม่มีผลกระทบ	1

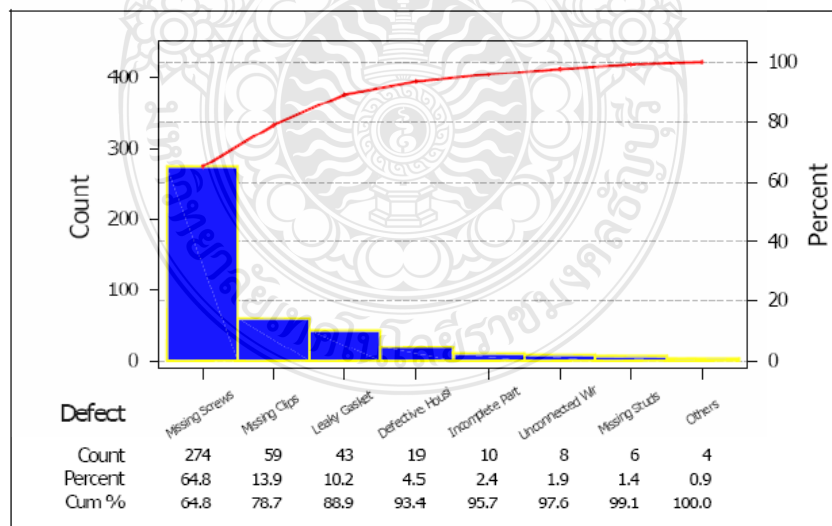
ตารางที่ 2.2 การให้ลำดับโอกาสเกิดความผิดพลาด[9,10]

โอกาสในการเกิดความผิดพลาด (Occurrence Opportunity of Failure)	อัตราความเป็นไปไดในการเกิดความผิดพลาด (Possible Failure Rate)	ลำดับที่ (Rank)
สูงมาก (ความผิดพลาดเกิดขึ้นเกือบแน่นอน)	มากกว่าหรือ เท่ากับ 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
	1 ใน 80 ถึง 1 ใน 20	6
ปานกลาง (ความผิดพลาดเกิดขึ้นบ้าง)	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 2,000	3
	1 ใน 150,000 ถึง 1 ใน 15,000	2
ต่ำมาก (ความผิดพลาดมีโอกาสดเกิดขึ้นน้อยมาก)	1 ใน 1,500,000 ถึง 1 ใน 150,000	1

ตารางที่ 2.3 โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ[9,10]

โอกาสการตรวจ (Detection Opportunity)	โอกาสการตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ (Opportunity of Detection by process control)	ลำดับที่ (Rank)
ไม่สามารถตรวจจับได้อย่างแน่นอน	การควบคุมการออกแบบไม่สามารถตรวจจับที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาด (หรือไม่มีการควบคุมการออกแบบเลย)	10
มีโอกาสดตรวจจับได้เล็กน้อย	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสดตรวจจับที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้เล็กน้อยที่สุด	9
มีโอกาสดตรวจจับได้เล็กน้อยมาก	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสดตรวจจับที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้เล็กน้อยมาก	8
มีโอกาสดตรวจจับได้ต่ำมาก	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสดตรวจจับที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ต่ำมาก	7
มีโอกาสดตรวจจับได้ต่ำ	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสดตรวจจับที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ต่ำ	6
มีโอกาสดตรวจจับได้ปานกลาง	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสดตรวจจับที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ปานกลาง	5
มีโอกาสดตรวจจับได้	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสดตรวจจับที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้	4
มีโอกาสดตรวจจับได้สูง	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสดตรวจจับที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้สูง	3
มีโอกาสดตรวจจับได้สูงมาก	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสดตรวจจับที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้สูงมาก	2
มีโอกาสดตรวจจับได้ค่อนข้างแน่นอน	การควบคุมการออกแบบมีโอกาสดตรวจจับที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ค่อนข้างแน่นอน	1

แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) คือสิ่งที่สำคัญมากมีจำนวนน้อย และสิ่งสำคัญน้อยมีจำนวนที่มาก (Vital Few and Trivial Many) ซึ่งมักใช้ตัวเลข 80-20 เป็นค่าโดยประมาณ สำหรับทั้งจำนวน และความสำคัญ ของแผนภาพพาเรโต เป็นอีกเครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภท หรือแบบหลายพวก โดยอาศัยหลักปฏิบัติของพาเรโต (Pareto Principle) ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างลักษณะของแผนภาพพาเรโต[9,10]

2.6.2 การรวบรวมข้อมูล

ในทางสถิติปัจจัยเป็นหลักที่ต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมมานั้น อาจได้สิ่งตัวอย่าง (Sample) หรือ จากประชากร (Population) ก็ได้ สำหรับข้อมูลในงานทางด้านวิศวกรรมมีสถิติที่แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

ข้อมูลแบบแฉกนับ โดยปกติของสิ่งตัวอย่าง จะมีลักษณะแบบช่วงหรือที่เรียกว่า (Discrete Data) เป็นการแฉกนับสมาชิกที่สนใจในประชากร

ข้อมูลการวัด โดยปกติแล้วจะมีลักษณะที่เรียกว่า (Continuous Data) หรือ แบบต่อเนื่อง เป็นข้อมูลที่ได้จากสิ่งตัวอย่าง หรือการวัดสมาชิกแต่ละตัวที่สนใจของประชากร

2.7 การวิเคราะห์การวัด (Measurement System Analysis, MSA)

กิตติศักดิ์ [11] ได้กล่าวไว้ว่า ความผันแปรในเสถียรภาพที่สามารถทำนายได้ แต่ความผันแปรอีกลักษณะหนึ่งคือ ความผันแปรที่เป็นไปโดยสาเหตุของความผิดพลาด (Special cause of variation) ความผันแปรนี้จะไม่เสถียร จึงไม่สามารถทำนายได้ด้วยการวัด ซึ่งวัตถุต่างมีค่าคงที่ของคุณสมบัติเฉพาะ ล้วนแล้วแต่มีค่ากัน ถือได้ว่าเป็น “ค่าจริง” ของวัตถุตามคุณสมบัติเฉพาะนั้นๆ โดย “การวัด” เป็นวิธีการกำหนดค่าที่เป็นตัวเลขโดยมีคุณสมบัติเฉพาะ ในระบบการวัดหรือกระบวนการวัดจะประกอบด้วย พนักงานผู้ทำหน้าที่วัด สิ่งที่ได้รับการวัด เครื่องมือวัด สิ่งแวดล้อมในการวัด และวิธีการวัด ส่วนประกอบหลักเหล่านี้จะมีความแตกต่างกัน ส่งผลให้ระบบการวัดเกิดความผันแปร ซึ่งความผันแปรนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือความผันแปรเป็นไปโดยสาเหตุธรรมชาติ (Common cause of variation) แต่ในการประกันคุณภาพจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการตรวจจับสาเหตุของความผิดพลาดและทำการขจัดทิ้งร่วมไปกับการดำเนินการเพื่อลดสาเหตุความผันแปรอย่างเป็นขั้นตอน

สาเหตุของความผันแปรในขั้นตอนระบบการวัดเหล่านี้ส่งผลทำให้ค่าจากการวัดเบี่ยงเบนไปจากค่าจริงเสมอ คือ ตั้งสมมติฐานโดยให้ x หมายถึง ค่าวัดที่ได้รับ และ μ หมายถึงค่าที่มาจากการวัดจริงจะได้ว่า

$x_i = \mu - \varepsilon_i$ โดยนิยามว่า ε นี้คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าการวัด (Measurement error) ในขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบของการวัดนี้ มีจุดประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ถึงที่มาของความคลาดเคลื่อนในกระบวนการวัด แล้วทำการแก้ไขปรับปรุง

การกำหนดขั้นตอนในการวัดอย่างชัดเจน และดำเนินการทำให้ระบบการวัดเป็นไปตามที่กำหนดแล้วทำการแก้ไขปรับปรุง แล้วก็จะดำเนินการเปรียบเทียบเครื่องมือในการวัดเพื่อขจัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ จากความคลาดเคลื่อนของค่าที่ทำการวัดมีทั้งปริมาณที่สามารถระบุได้ และระบุไม่ได้ จึงมีความจำเป็นต้องทำการระบุปริมาณที่สามารถควบคุมเป็นอันดับแรกอันได้แก่ ความคลาดเคลื่อนซึ่งเป็นสาเหตุจากความผิดพลาด เช่น ไม่ทราบขั้นตอนและวิธีเกี่ยวกับเครื่องมือวัด ซึ่งสามารถป้องกันได้ โดยการออกแบบขั้นตอน และวิธีการวัดที่ชัดเจน พนักงานวัดจะต้องผ่านการฝึกอบรม ก่อนจะมีการลดความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม อันมีสาเหตุมาจากธรรมชาติ ด้วยการประเมินจากแหล่งความผันแปรทั้งจากเครื่องมือวัด ผู้ปฏิบัติงานวัดรวมทั้งสภาพแวดล้อมที่อาจมีผลต่อการวัด

การวิเคราะห์ระบบการวัด คือการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงเส้นทางสถิติของระบบการวัด เพื่อแยกแยะแหล่งความผันแปรต่างๆ และดำเนินการปรับปรุง ในการวิเคราะห์ด้านความถูกต้องและการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบจะประกอบไปด้วย

- การทำซ้ำ (Repeatability) คือ ความแตกต่างของระบบการวัดที่เป็นไปตามเงื่อนไขเดียวกัน

- การทำเหมือน (Reproducibility) หรือไบแอส (Bias) คือ ความแตกต่างของระบบการวัดต่างเงื่อนไข

การดำเนินการวิเคราะห์ทั้ง 2 กรณี ซึ่งยังไม่สามารถแยกความผันแปรออกเป็นความสามารถในการทำเหมือน (Repeatability and Reproducibility) และการทำซ้ำ การอาศัยค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ($\bar{x} - R$) แบ่งการวิเคราะห์ ออกได้ 3 วิธี โดยการใช้ $R, \bar{x} - R$ และ ANOVA ที่อาศัยพิสัย R จะทำให้เห็นภาพรวมระบบการวัดของความผันแปร สามารถแยกความผันแปรการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน (Repeatability and Reproducibility) ออกจากกันได้ แต่ไม่สามารถแยกอิทธิพลระหว่างตัวอย่างของงานและพนักงานวัดออกจากค่าการทำซ้ำ (Repeatability) ส่วนวิธีการที่อาศัย ANOVA จะทำการแยกความแปรผันรวมของกระบวนการวัดออกมาเป็นความผันแปรจากสาเหตุโดยมี 4 องค์ประกอบคือ การผันแปรจากสาเหตุร่วมของสิ่งตัวอย่างงาน กับพนักงานวัด และการผันแปรจากสาเหตุของเครื่องมือวัด การผันแปรจากสาเหตุของพนักงานวัด

ซึ่งจะทำให้การประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นที่ยอมรับและปฏิเสธ ผลจากการวัดผ่านหรือไม่ผ่าน ไม่สามารถตรวจสอบได้เพื่อประเมินผลถึงคุณภาพของงาน จากการดำเนินการเรียนรู้ความสามารถของระบบการวัดแบบอาศัยข้อมูลการนับเป็นการประเมินแบบเปรียบเทียบตัวอย่างที่ทำการตรวจสอบ พิกัดและข้อกำหนดเฉพาะ

การประเมินผลตามประสิทธิภาพของการตรวจสอบ (Screen Effectiveness) คือความสามารถของกระบวนการวัดในการแยกแยะงานเสียออกจากงานดี ซึ่งเกณฑ์การยอมรับจะขึ้นอยู่กับ % ของความผิดพลาดในการตรวจสอบ (%Error) ดังนี้

1. เมื่อค่า <10% Error ความสามารถของระบบที่สามารถยอมรับได้
2. เมื่อค่าตั้งแต่ 10% ถึง 30% จะสามารถยอมรับได้ขึ้นอยู่กับความสำคัญในด้านของค่าใช้จ่ายในการวัดตลอดจนปัจจัยอื่นๆ

3. เมื่อค่า >30% จะต้องปฏิเสธความสามารถของระบบวัดและต้องระบุถึงสาเหตุความผันแปรแล้วดำเนินการวางแผนเพื่อทำการลดหรือกำจัด

ขั้นตอนการประเมินผลกระบวนการวัดมีดังนี้

1. ทำการระบุตัวอย่างงานเสียและตัวอย่างงานที่มีคุณภาพก้ำกึ่งในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน จากกระบวนการผลิตประมาณ 20-30 ชิ้น โดยจะต้องให้ตัวอย่างดังกล่าวประกอบไปด้วย ตัวอย่างงานที่มีคุณภาพดี

2. ทำการเลือกพนักงาน โดยพนักงานที่เลือกมาทำการตรวจสอบคุณภาพจะต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบคุณภาพอยู่แล้ว โดยเลือกพนักงานวัดหรือพนักงานตรวจสอบมา 2-4 คน

3. ทำการวัดผลของพนักงาน โดยมีความจำเป็นต้องทำการวัดผล “ซ้ำ” ชิ้นต่ำชิ้นงานละ 2-3 ครั้ง ด้วยพนักงาน 1 คน มาดำเนินการตรวจสอบชิ้นงานอย่างสุ่มเพื่อ

4. ทำการให้พนักงานคนที่ 2 ดำเนินการตรวจสอบชิ้นงานอย่างสุ่มเหมือนข้อ 3 และทำแบบเดียวกันกับพนักงานจนครบทุกคนตามที่วางแผนไว้

5. ดำเนินการวัดผลด้วยดัชนี ดังนี้

$$\% \text{ Repeatability ของพนักงาน} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบเหมือนกัน}}$$

$$\% \text{ ความไม่ไบแอสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}$$

$$\% \text{ ประสิทธิภาพด้าน Repeatability ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}{\text{จำนวนครั้งที่ทุกคนตรวจสอบได้เหมือนกัน}}$$

% Repeatability จะใช้วิเคราะห์ความแม่นยำ แต่ % ความไม่ไบแอสใช้วิเคราะห์ความถูกต้อง และในการเปรียบเทียบเกณฑ์การยอมรับกับ %Error จะได้เท่ากับ 100 ลบค่า % (ไบแอส คือ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดอ้างอิง) เหล่านี้

6. จำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบขึ้นใหม่ ถ้า % ประสิทธิภาพด้าน Repeatability และ % ประสิทธิภาพด้านความไม่ไบแอสของการตรวจสอบได้น้อยกว่าเกณฑ์นั้นคือ ระบบการตรวจสอบขาดความแม่นยำ และขาดความถูกต้องจำเป็นต้องหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไขให้ถูกต้องและอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ ดำเนินการแก้ไขจากดัชนีที่คำนวณได้จากดัชนีตามสมการโดยค่า %Repeatability ของพนักงานผู้ตรวจสอบชิ้นงานได้ต่ำกว่าเกณฑ์หรือน้อยกว่า 90% แสดงว่าพนักงานจำเป็นต้องทำการฝึกอบรมพนักงานใหม่เนื่องจากขาดความแม่นยำในการตรวจสอบ แต่หาก % ความไม่ไบแอสของพนักงานได้น้อยกว่าเกณฑ์ [11]

2.8 การทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis)

กรณีที่ผู้ตัดสินใจทำการทดลอง โดยการยืนยันความน่าเชื่อถืออย่างใดอย่างหนึ่งแล้ว จะทำการตัดสินใจผ่านด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐาน โดยที่รูปแบบการตัดสินใจจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ทางเลือก คือ

H_0 : ระดับของปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H_1 : ระดับของปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis : H_0) คือ สมมติฐานที่สร้างขึ้นด้วยความหวังที่จะปฏิเสธ และการปฏิเสธสมมติฐานหลักทำให้ยอมรับสมมติฐานอื่นๆ (Alternative Hypothesis : H_1) ทั้งนี้ ภายใต้ความเสี่ยง 2 ตัว คือ α และ β

α คือ แนวทางของการที่จะไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมติฐานหลักเป็นจริง β คือ ความเสี่ยงที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานหลัก โดยที่สมมติฐานหลักไม่เป็นจริง จากความเสี่ยงของทั้ง 2 แบบนี้

การตัดสินใจจากผลทดสอบสมมติฐานด้านสถิติ เกิดขึ้นได้ 2 กรณีคือ

กรณีที่ 1 การยอมรับผลดังกล่าว เป็นการกระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I error) เขียนแทนด้วย α หากเราปฏิเสธสมมติฐานหลัก โดยสมมติฐานหลักเป็นจริง

กรณีที่ 2 ถือเป็นการตัดสินใจที่เป็นความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II error) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ β และ $1 - \beta$ ว่าอำนาจในการดำเนินการทดสอบ (Power of test) หากสมมติฐานหลักไม่ถูกต้อง แต่สรุปได้ว่าสมมติฐานหลักถูกต้อง [11]

แนวทางในการตั้งสมมติฐานมีอยู่ด้วยกัน 3 แนวทางคือ

- การกำหนดสมมติฐานการทำงานในอดีต จะถูกนำไปประยุกต์ใช้ ในควบคุมกระบวนการ ซึ่งการกำหนดด้วยวิธีการนี้

- การกำหนดสมมติฐานจากทฤษฎี มักจะถูกนำไปใช้กับงานวิจัยและพัฒนา (Research and Development)

- การกำหนดสมมติฐานที่ดำเนินการเพื่อหาเหตุผลในการยืนยันความน่าเชื่อถือของผู้ทดสอบพิจารณาถึงปัจจัยภายนอก ในการทดสอบสมมติฐานจำเป็นต้องทำการทดลอง เนื่องจากไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะปฏิเสธทางเลือสดังกล่าว การที่ยอมรับทางเลือกหนึ่งนั้น อาจไม่ใช่เป็นเพราะทางเลือกนั้นถูกต้องในทางตรงกันข้ามถ้าเหตุผลที่ได้นั้นสามารถทำการยืนยันความน่าเชื่อถือของผู้ทดสอบได้ ความน่าเชื่อถือของผู้ทดสอบนั้นก็จะสามารถทดสอบได้โดยผู้ทดสอบจำเป็นต้องทำการยอมรับทางเลือกอีกทางหนึ่ง

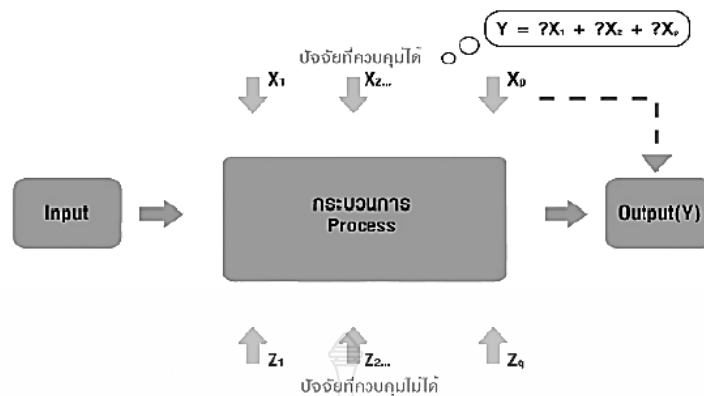
ตามแนวทางปฏิบัติสามารถใช้โปรแกรมในการคำนวณทางสถิติเข้ามามีส่วนร่วม หรือจากข้อมูลตามความเหมาะสมทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ถ้าหากมีจำนวนของปัจจัยไม่มากก็จะทำการทดสอบด้วยสมมติฐานแบบพื้นฐาน ด้านการปฏิบัติเมื่อตั้งสมมติฐานเรียบร้อยแล้ว ในกรณีที่มีหลายปัจจัยจะต้องออกแบบการทดลอง โดยอาศัยหลักการของการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) ซึ่งมีวิธีการแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อมูล และขั้นตอนวิธีการทดลอง หากค่า P-value มีค่าสูงกว่า 0.05 นั่นคือมีโอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักแล้วกระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้สูงกว่า 0.05 ก็จะไม่มีความเชื่อเพียงพอต่อการปฏิเสธสมมติฐานหลัก และต้องยอมรับสมมติฐานที่ได้จากการพิสูจน์หลัก แต่หากค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ก็ทำการปฏิเสธสมมติฐานหลักนั้น แล้วยอมรับสมมติฐานอื่นแทนด้วยวิธีนี้จะสามารถคำนวณค่า P-Value (Probability value) ที่สัมพันธ์กันโดยตรงกับ α นั่นคือโอกาสที่จะก่อให้เกิดความผิดพลาด หากทำการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งเมื่อค่า $\alpha = 0.05$ จะแสดงให้เห็นว่าเรายอมรับความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาดแบบที่ 1 เท่ากับ 0.05 หรือ 5% และมีโอกาสผิดพลาดประมาณ 1 ใน 20 ของการตัดสินใจ ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลในการพิสูจน์สมมติฐานดังกล่าว [11]

2.9 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE)

การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบว่าปัจจัย (Factor) ใดในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา (Output Response) โดยปัจจัย (Factor) ในการผลิตหรือตัวแปร (Input Variable) ใดมีผลต่อความสำคัญสามารถจำแนกเป็น

1. ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต หรือปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ (Controllable Factors)
2. ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยในการผลิตได้ หรือที่เรียกว่า ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors)

ในการออกแบบการทดลอง จะต้องดำเนินการวางแผน และมีการควบคุมในการดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยขั้นตอนทางสถิติ โดยมีแนวทางในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระ หรือ "ปัจจัย" (factors) ในขั้นตอนกระบวนการ สำหรับการออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ว่า ปัจจัยใดที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ โดยวิเคราะห์จากปัจจัยที่ป้อนเข้าไปในกระบวนการผลิต (Input: Xs) ซึ่งมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างปัจจัย (Interaction) โดยมีความสัมพันธ์ต่อผลลัพธ์ในขั้นตอนของกระบวนการผลิต (Output: Ys) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ไม่สามารถแสดงถึงกระบวนการหากต้องการเปลี่ยนแปลงระดับต้องมีไม่น้อยกว่า 2 ระดับ จึงจะทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นตัวแปรตอบสนอง (Response) ในขั้นตอนกระบวนการที่ทำการศึกษาดังรูปที่ 2.7

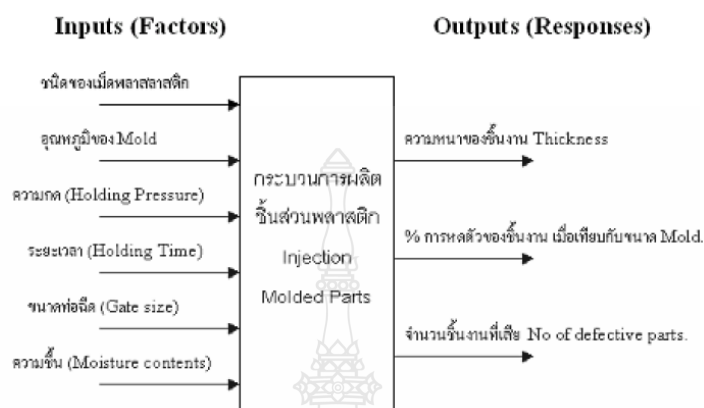


รูปที่ 2.7 กระบวนการการออกแบบการทดลอง [11]

DOE เป็นเครื่องมือคุณภาพในการกรองปัจจัยที่นำมาใช้กันมีส่งผลโดยตรงต่อการออกแบบเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีความเชื่อมโยงแบบประมาณการของค่าตัวแปรอิสระ ในด้านขององค์ประกอบภายในกระบวนการและผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อคุณภาพในการผลิต การออกแบบการทดลองเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการนั้น ผู้วิจัยนั้นต้องมีเข้าใจกับปัญหาที่ทำการศึกษาเป็นอย่างดี สามารถทำการกำหนดแนวทางของวัตถุประสงค์ได้อย่างชัดเจน ทำการเลือกข้อมูล (Y) ภายในกระบวนการ ทำการกำหนดค่าของปัจจัย (X) ที่มีความเกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ (Y) แล้วดำเนินการวางแผนควบคุมการและดำเนินการตามขั้นตอน โดยจะต้องเก็บข้อมูลที่มีความจำเป็นและสำคัญต่อการนำไปทำการทดลอง โดยมีรูปแบบของการออกแบบการทดลองที่จะนำไปใช้ ได้แก่ Fractional Factorial, Full Factorial, 2k Factorial จะต้องทำการทดลองตามรูปแบบที่ได้ถูกออกแบบไว้โดยใช้วิธีสุ่ม แล้วนำมาเป็นรูปแบบสมการทางสถิติ จะมีประโยชน์ของการออกแบบการทดลองจะนำไปปรับใช้ในขั้นตอนกระบวนการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายในการออกแบบการทดลองต้องคำนึงถึงต้นทุนในการทดลอง เรื่องของเวลา วัสดุที่ใช้ในการทดลอง บุคลากร โดยส่วนมากจะเป็นตัวแปรที่มีผลด้านคุณภาพ ตัวแปรในด้านของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น ก่อนเริ่มการทดลองจะต้องวางแผนและควบคุมการดำเนินการอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำมาวิเคราะห์ สำหรับการทดลองที่มีการออกแบบมาอย่างดีทำให้สามารถค้นหาตัวแปรในกระบวนการ อย่างมีประสิทธิภาพ (Process variable) ตัวแปรของผลิตภัณฑ์ (Product variable) [11]

การออกแบบการทดลอง โดยนำข้อมูลที่ได้ไปทำการทดลองเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ต้องนำผลที่ได้มาดำเนินการวิเคราะห์และ สรุปผลการทดลอง ด้วยวิธีการนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้ไปทดลองซ้ำ (Repeat) อีกครั้งเพื่อทำการยืนยันผลการทดลอง และนำค่าพารามิเตอร์ไปปรับใช้ในกระบวนการในการวิเคราะห์ โดยมีองค์ประกอบ 5M 1E คือ ขั้นตอนการทำงาน (Methods) เครื่องจักร (Machine) คน (Man)

ขั้นตอนการวัดค่า (Measurement) บรรยากาศในการทำงาน (Environment) และวัตถุดิบ (Material) ผลิตออกมาเป็นผลผลิต ที่ประกอบไปด้วยความสัมพันธ์ของปัจจัย ที่มีขั้นตอนกระบวนการและตัวแปรตอบสนองจะขอยกตัวกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ของปัจจัย กระบวนการและตัวแปรตอบสนอง [11]

จากรูปจะแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการและปัจจัยตอบสนอง (Output factors) คือการหาตัวความหนาของผลิตภัณฑ์ ในการออกแบบการทดลองนั้นจะเรียกว่า “Noise” สำหรับตัวแปรที่มีผลกระทบต่อกระบวนการสูงกว่าตัวแปร Noise จะเรียกว่า “Key Process Input Variable” (KPIV) และปริมาณชิ้นงานที่เสียที่เป็นตัวแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนกระบวนการเมื่อใช้ DOE (Design of Experiment) ตัวแปรเข้า (Input factors) ไม่ใช้การ Response ปัจจัยหลายตัว โดยที่บางปัจจัยไม่สามารถควบคุมได้จึงต้องปล่อยให้เป็นไปตามธรรมชาติ อย่างเช่น สิ่งแวดล้อมเพราะในกระบวนการผลิตสามารถมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้หลายตัว มีทั้งปัจจัยที่ควบคุมได้และปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ทั้งๆ ที่ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการ) โดยมากจะเรียกตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative variable) และการวัดโดยวิธีการนับผลลัพธ์ที่ได้จะไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) จะถูกเรียกว่าตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative variable) ตัวชี้วัดไม่สามารถวัดตัวแปร Output ตามกระบวนการได้ทุกตัว ดังนั้นการวัดเฉพาะตัวแปรที่สื่อถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้แม่นยำมากที่สุด คือตัวแปรที่มีการคัดเลือก “Key Process Output Variable” (KPOV) โดยการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เป็นการทดลอง เพื่อตรวจสอบปัจจัยหรือตัวแปรที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์โดยที่บางปัจจัยไม่สามารถควบคุมได้จึงต้องปล่อยให้เป็นไปตามธรรมชาติ อย่างเช่น สิ่งแวดล้อมนั้นคือตัวแปรที่ต้องควบคุมและเปลี่ยนแปลงตัวแปรให้ส่งผลน้อยที่สุดจะทำให้เรารู้ได้ถึงคุณภาพของกระบวนการหลังการปรับเปลี่ยน ซึ่งตัวชี้วัดในกระบวนการสามารถใช้เพียงหนึ่งตัวหรือมากกว่า 1 ตัวก็ได้ โดยวิธีการวัดมี

สามารถวัดด้วยเครื่องมือหรือการวัดด้วยการนับ ในส่วนการวัดด้วยเครื่องมือค่าที่ได้จะเป็นค่าต่อเนื่อง (Continuous data) ออกมาโดยมีจุดประสงค์เพื่อ

2.9.1 วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

ก) พิสูจน์และยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ พิสูจน์และยืนยันข้อเท็จจริง หรือ สมมติฐานจากประสบการณ์ หรือหลักการบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนกระบวนการผลิต

ข) สำรวจเพื่อหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือ การศึกษาถึงกระบวนการหรือขั้นตอน ที่อาจก่อให้เกิดปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการ

2.9.2 คำจำกัดความ (Definition)

ก) ผลกระทบหรืออิทธิพล (Effect) คือ ตัวแปรหลักที่มีผลกับตัวแปรตาม

ข) ปัจจัย (Factor) คือ อะไรก็ตามที่สามารถส่งผลกับการทดลองในด้านคุณสมบัติในตัวผลิตภัณฑ์

ค) ระดับของปัจจัย (Level of Factor) คือ ปัจจัยหรือสภาวะ ที่ทำการกำหนดขึ้นในการออกแบบการทดลอง

ง) ปัจจัยรบกวน (Noise Factor) คือ ปัจจัยที่รวมที่เข้ามามีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกระบวนการ

2.9.3 หลักในการออกแบบการทดลอง

ก) การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การเก็บข้อมูลแต่ละตัวเท่าๆ กัน เพื่อนำมากระจายผลของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ให้กับทุกระดับที่ศึกษาในสัดส่วนเท่าๆ กัน ซึ่งการทำแบบสุ่มสามารถจำแนกออกอีก 3 วิธี คือ

1. แบบสุ่มที่สมบูรณ์ (Complete Randomization)

2. แบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Randomization)

3. แบบสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก (Complete Randomization within blocks)

ข) การทำซ้ำ (Replication) คือ การทำข้อมูลซ้ำของแต่ละข้อมูล เพื่อกำจัดปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ออก

ค) การบล็อก (Blocking) คือ การจำกัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลแบ่งเป็นช่วงๆ เพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ อาจไม่จำเป็นต้องมีการทำเสมอไป สิ่งนี้อาจส่งผลต่อกระบวนการ ซึ่งกำหนดปัญหานี้จะเกี่ยวข้องไปการลองเพื่อกำหนดจุดประสงค์

2.9.4 ขั้นตอนการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

ก) กำหนดปัญหา คือ การกำหนดระดับที่ใช้เป็นแบบกำหนดเอง (Fixed Levels) แบบสุ่ม (Random Levels) หรือแบบผสม (Mixed Levels) สามารถอธิบายโดยสังเขปได้ เป็นการระบุถึงเป้าหมายในการผลิต โดยการนิยามปัญหานี้จะเกี่ยวเนื่องไปถึงเป้าหมายในการทดลองเพื่อเลือกปัจจัยที่มีผลและระดับปัจจัยต้องศึกษาในสัณฐานใดบ้างของการผลิต โดยที่ในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีการออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดทิศทางเพื่อวิเคราะห์ระดับของปัจจัยในการทดลองในช่วงหลัง โดยการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิต เพื่อกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองดังนี้

1. แบบกำหนดเอง (Fixed Levels) คือ ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมได้แน่นอน
2. แบบสุ่ม (Random Levels) คือ ระดับของปัจจัยที่กำหนดหรือควบคุมค่าของปัจจัยไม่ได้
3. แบบผสม (Mixed Levels) คือ การรวมเอาระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบสุ่มและแบบกำหนดเอง

ข) การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) ผู้ทำการทดลองกำหนดตัวแปรที่สามารถแสดงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาและสามารถวัดค่าได้อย่างแม่นยำรวมทั้งความถูกต้องในการอ่านค่าของเครื่องมือวัดด้วย

ค) การกำหนดแบบทดลองต้องทำการพิจารณาถึงจำนวนครั้งของข้อมูลที่ทำซ้ำในการทดลองตามความเหมาะสมโดยคำนึงถึงข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) ในส่วนของบล็อก (Blocking) ที่มีความสัมพันธ์กันมาประเมินความเสี่ยง เพื่อประเมินต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับกำหนดปัจจัย

ง) ช่วงที่เริ่มทำการทดลองจะต้องดำเนินงานภายใต้หลักการที่ได้ทำการออกแบบไว้ คือ ต้องมีการทำซ้ำ การสุ่ม สิ่งที่ต้องพึงระวังในขณะที่ทำการดำเนินการทดลอง คือ เครื่องมือวัดต้องมีความแม่นยำและความสม่ำเสมอภายใต้การดำเนินงาน ให้เกิดความผิดพลาดภายใต้การดำเนินงาน (Error) ที่ออกมามีต่ำที่สุด และจะนำเอาความรู้ทางสถิติเข้ามาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสรุปผลรวมที่เกิดขึ้นก่อนจะตีความข้อมูลวิธีทางสถิติได้ว่าปัจจัยใดมีผล (Effect)

เครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ความเชื่อมั่นเป็นเปอร์เซ็นต์ในการสรุปผล และข้อเสนอแนะเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วจะต้องสรุปผล ซึ่งอาจแสดงในรูปกราฟตาราง แผนภูมิ ฯลฯ

2.9.5 การเลือกแบบการทดลอง

ก) แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomization Design) จะต้องเป็นปัจจัยที่มีขนาดเล็กและจะต้องไม่มีปัจจัยรบกวนการทดลองเข้ามามีผลกระทบโดยยึดหลักการทำแบบสุ่ม (Randomization) และการทำซ้ำ (Replication) โดยมากจะเป็นการนำมาใช้ในการทดลองแบบปัจจัยเดียว (Single Factor Experiment)

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

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

ข) แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomize Block Design) จะใช้กับการทดลองแบบปัจจัยเดียว การทดลองต้องทำการบล็อก (Blocking) และสามารถลดปัจจัยรบกวนการบล็อก (Blocking) โดยอาจจะทำมากกว่า 1 บล็อก ขึ้นอยู่กับจำนวนของปัจจัยที่เข้ามารบกวน โดยมีปัจจัยรบกวน (Noise Factor) หลักของแผนดำเนินการทดลองแบบบล็อกสุ่มคือ ต้องทำการสุ่มทุกครั้งและจะต้องทำซ้ำทุกๆ

ขั้นตอนการทำการทดลอง

1. ออกแบบและวางแผนการทำการทดลอง
2. เก็บข้อมูล
3. การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยอ้างอิงตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Table) โดยการจะดำเนินการนี้ต้องมีผลของบล็อก (Block Effect)
4. แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Design) เนื่องจากปัจจัย ที่มีมากกว่า 1 ปัจจัย ที่ส่งผลทำให้เกิดอิทธิพลของปัจจัยหลัก (Main Effect) สามารถนำมาใช้กับการทดลองที่มีตั้งแต่ 2 ปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มีปัจจัยหลายตัว (Multiple Factor Experiment จากการกำหนดอาจเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction Effect) จากอิทธิพลกับปัจจัยร่วม (Interaction Effect) คือ ค่าที่ได้จากการที่ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้วส่งผลกระทบ (Effect) ของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงตาม

การทดลองแบบแฟคทอเรียลการทดลองในลักษณะนี้ จะเป็นการทดลองที่ให้ผลทดสอบที่ประสิทธิภาพสูงสุดเพราะมีทรีทเมนต์ประกอบด้วยแฟคเตอร์ ตั้งแต่ 2 แฟคเตอร์ขึ้นไปประสานกันในรูปแบบของทรีทเมนต์คอมบินเนชัน (Treatment combination) หากกรณีที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไปในส่วนของการ Treatment Combination ของปัจจัยที่ศึกษาจะถูกนำมาพิจารณาวิเคราะห์ วัตถุประสงค์หลักคือการหาผลกระทบร่วมของปัจจัยหรือที่เรียกว่า “อันตรกิริยา” (Interactions) เช่น หลักการที่ทำการวิเคราะห์ 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A B และ C ทำให้เกิดผลกระทบที่สามารถแบ่งออกมาซึ่งในการวิเคราะห์การปรับตั้งค่าของการทดลองจะมีการแยกผลจากแต่ละแฟคเตอร์ผลรวม สำหรับการสุ่มทรีทเมนต์เข้าไปในการทดลองจะทำภายใต้แนวทางเดียวกับการสุ่มของการทดลองพื้นฐาน (Basic design) จะสามารถนำการเปรียบเทียบแบบออร์ทोगอนอล (Orthogonal comparison) มาวิเคราะห์ผลต่อได้ โดยจะทำการทดลองแบบแฟคทอเรียลมีปรับเปลี่ยนขอบเขต และการสรุปผลของผลรวม (Interaction) ระหว่างปัจจัย (factor) ได้ [13]

ตารางที่ 2.4 ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย A B และ C [13]

Main Effects	2-Way Interaction	3-Way Interaction
A	AB	ABC
B	AC	
C	BC	

2.4.1 ผลกระทบหลักหรือผลกระทบปัจจัยเดียว (Main Effect) คือการศึกษาผลกระทบปัจจัยเดียว คือ ผลกระทบของปัจจัย A ส่งผลกับปัจจัย B และส่งผลต่อปัจจัย C

2.4.2 ผลกระทบที่มีร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย (Two-Factor or 2 Ways Interactions) คือ ผลจากการวิเคราะห์ปัจจัยพร้อมกันเป็นคู่ (โดยมีปัจจัย 2 ตัว) ได้แก่ ส่งผลสู่ปัจจัยร่วม (อันตรกิริยา) AB AC และ BC

2.4.3 ผลกระทบร่วม 3 ปัจจัย (Three-Factor or 3 –Ways Interactions) คือต่างกัน โดยผู้ทดลองจะต้องทำการเปลี่ยนค่าระดับของปัจจัยที่ 1 จากระดับที่ 1 ไปสู่ระดับที่ 2 ซึ่งจะอยู่ในแต่ละระดับของปัจจัยที่ 2” ผลกระทบที่เกิดจากการวิเคราะห์ปัจจัยสามปัจจัยพร้อมกันโดย ผลกระทบร่วม ABC อันตรกิริยา (Interactions) คือ “ความผิดพลาดของผลต่างของค่าตอบสนอง (Y) ค่าที่ได้จะ

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล [13]

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถศึกษาผลกระทบปัจจัยหลัก (Main Effects) และผลกระทบร่วมของปัจจัยหรืออัตราปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยได้พร้อมกัน	1. เนื่องจากมี Treatment Combination จึงต้องใช้หน่วยทดลองมากขึ้น ทำให้อาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนหน่วยทดลอง
2. กรณีที่ไม่พบผลกระทบร่วม สามารถให้ผลยืนยันได้ว่ามีแต่ปัจจัยหลักหรือผลกระทบหลักเท่านั้นที่มีผลเมื่อทดลองครั้งต่อไปสามารถลดจำนวนการทดลองโดยใช้วิธีการทดลองทีละปัจจัย (One-Factor at aTime) ได้	2. ถ้าจำนวนปัจจัยมีมากจะส่งผลให้ขนาดของการทดลองใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นการเสียค่าใช้จ่ายสูง และการหาวัตถุทดลองที่มีความสม่ำเสมอจำนวนมากก็เป็นไปได้ยาก
3. กรณีที่พบผลกระทบร่วม (Interactions) ก็จะทำให้ผู้ทดลองสามารถทราบถึงรูปแบบอิทธิพลของผลกระทบนั้น	

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่นำมาเป็นแนวทางแก้ไขปัญหานั้นขั้นตอนกระบวนการผลิต และถูกยกขึ้นมาเป็นแนวทางประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาในหลากหลายอุตสาหกรรมจากการค้นคว้าที่ผ่านมาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาด้านคุณภาพด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกม่า พบว่ามีงานวิจัยจำนวนมากที่นำแนวทางซิกซ์ ซิกม่า เช่น อุตสาหกรรมการผลิตกระป๋อง [19] อุตสาหกรรมการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก [17] อุตสาหกรรมการผลิตใยแก้วนำแสง [20] อุตสาหกรรมการทอหลอดตาข่าย [21] อุตสาหกรรมการชุบโครเมียม อุตสาหกรรมการอิเล็กทรอนิกส์ [12], [15], [22], [24], [27] [25] อุตสาหกรรมการรถยนต์ [13], [14], [16], [23] ฯลฯ มาจัดการกับปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นแรงสนับสนุนที่ดีให้กับให้งานวิจัยที่หยิบยกเอาแนวทางซิกซ์ ซิกม่า มีการนำเอาแนวทางซิกซ์ ซิกม่า เพื่อดำเนินการปรับใช้ในการกำหนดทิศทางการลดเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ของงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นที่ได้ทำการศึกษา

จากงานวิจัยที่หยิบยกขึ้นมาจะมีขั้นตอนการดำเนินงานที่คล้ายกันตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า 5 ขั้นตอน โดยการกำหนดและระบุปัญหา เป็นเข้าไปเก็บปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาจากนั้นทำการวิเคราะห์ที่ใช้ในการวัดผล และเข้าสู่ขั้นตอนการพิสูจน์เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงด้วยวิธีการทางสถิติ หากพบสาเหตุที่แท้จริงแล้ว นำมาควบคุมกระบวนการให้สามารถคงไว้ซึ่งผลหลังจากดำเนินการ ในการสังเกตการไหลของกระบวนการ จำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยเทคนิคการออกแบบการทดลอง

และลดการเกิดการเกิดซ้ำของปัญหาด้วยการปรับปรุง โดยเครื่องมืองานวิจัยที่นิยมนำมาใช้เพื่อจัดการกับปัญหา คือ แผนกระบวนการ (Process Mapping) ขั้นตอนการควบคุม

แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) ด้วยการวิเคราะห์ผลจากงานวิจัยทั้ง 2 งานวิจัยจะวิเคราะห์โดยการดูจากค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ (Consistency) และ % ประสิทธิภาพ (Efficiency) ค่าขอประสิทธิภาพจะอยู่ที่ 100% และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยที่ระบบการวัดมีตัวแปรตอบสนองเป็นตัวเลขของการวัด ดังตัวอย่าง ค่าซีสกอร์ (C Score) ที่มีการปรับปรุงโดยความสูงของแขนหัวอ่านฮาร์ด ดิสก์โมเดล 10K.7 [24] เพื่อช่วยให้การวิเคราะห์ปัญหามีความง่าย และเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นการวิเคราะห์ระบบการวัดตัวแปรตอบสนอง 2 แบบนั้น จะเป็นตัวแปรตอบสนองเชิงลักษณะคุณภาพ (Attribute Characteristic) คือการลดปัญหาไม่มีกันชนหน้าในการประกอบรถยนต์ [23] และแนวคิดการลดของเสียจากกระบวนการผลิตประกอบ [19] ใช้เกณฑ์ในการวัดผลดูจาก % Contribution ระดับในการยอมรับอยู่ที่น้อยกว่า 2% ของงานวิจัยนี้จะดำเนินการและใช้เกณฑ์การวัดผลไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ สำหรับการวิเคราะห์ระบบการวัดที่มีตัวแปรตอบสนองที่มีลักษณะทั้ง 2 งานวิจัย

ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาความแตกต่างของข้อบกพร่องได้มีการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์สำหรับพิสัยจันสมมติฐานสังเกตว่าปัจจัยต่างๆ วิเคราะห์ข้อบกพร่องที่มีผลต่อการทดสอบแบบ 2 Proportions ในการทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของสัดส่วนผลิตภัณฑ์จากประชากรสองกลุ่มในการลดของเสียจากกระบวนการผลิตประกอบ [19] การทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบแบบ Roughness Inverness กับ การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม [25] รวมถึงการลดปัญหาไม่มีกันชนหน้าในการประกอบรถยนต์ [23] และการลดของเสียในอุตสาหกรรมทอลวดตาข่าย [21] การเกิดของเสียในกระบวนการผลิต ความสูงของแขนจับหัวอ่าน ฮาร์ดดิสก์เซลล์ 10K.7 [24] การลดของเสียที่เกิดจากการคายประจุไฟฟ้าสถิตที่กระบวนการคอมแพค [27] ซึ่งเป็นการใช้การทดสอบแบบเดียวกันกับงานวิจัยนี้ แตกต่างกันเพียงแค่ลักษณะของปัญหาและตัวแปรที่นำมาใช้ในการทดลองเพียง มีผลต่อกระบวนการจริงหรือไม่ ให้แน่ชัดเสียก่อนนำปัจจัยเหล่านั้นไปดำเนินการวิเคราะห์ผ่านความแปรปรวน ANOVA และการทดสอบสมมติฐานด้วยแนวทางการทดสอบของครุสคัล-วอลลิส (Kruskal walls) แบบ Equal Variances และแบบ Two-sample T-Test ในการปรับปรุงค่าซีสกอร์การออกแบบการทดลอง เท่านั้น

เป็นเครื่องมือคุณภาพตัวหนึ่งซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบประมาณการระหว่างค่าตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม ใช้การออกแบบ Factorial Design แต่มีเพียงจำนวนปัจจัยและจำนวนการทำซ้ำของการทดลองและสภาพแวดล้อมปัญหาหรือลักษณะรูปแบบของปัญหาที่แตกต่างกันตามตัวแปรเท่านั้น การออกแบบการทดลองแบบทุกปัจจัย (Full Factorial Design) มีข้อดีของการออกแบบทุกปัจจัย อันจะช่วยอำนวยความสะดวกในการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลสัมฤทธิ์ตามเป้าหมายที่ได้งานวิจัยที่กล่าวมา ได้ทำการศึกษาโดยเหตุผลที่เลือกใช้การออกแบบการทดลองหรือที่เรียกว่า DOE (Design of Experiment) คือ

1. ไม่มีการเกิดอิทธิพลแฝง (Alias)
2. สามารถวิเคราะห์อิทธิพลหลักของปัจจัย และมีข้อดีของการออกแบบทุกปัจจัยบางปฏิสัมพันธ์ได้ทั้งหมด คือ

2.1. ทำให้ต้องสิ้นเปลืองทรัพยากรมากและใช้เวลาดำเนินการมาก ต้องทำการทดลองให้ครบทุกการดำเนินการ

2.2. เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนจากปรับเปลี่ยนค่าของปัจจัยใดๆ จำนวนการดำเนินการมักจะประสบปัญหาในการป้องกันความ ได้

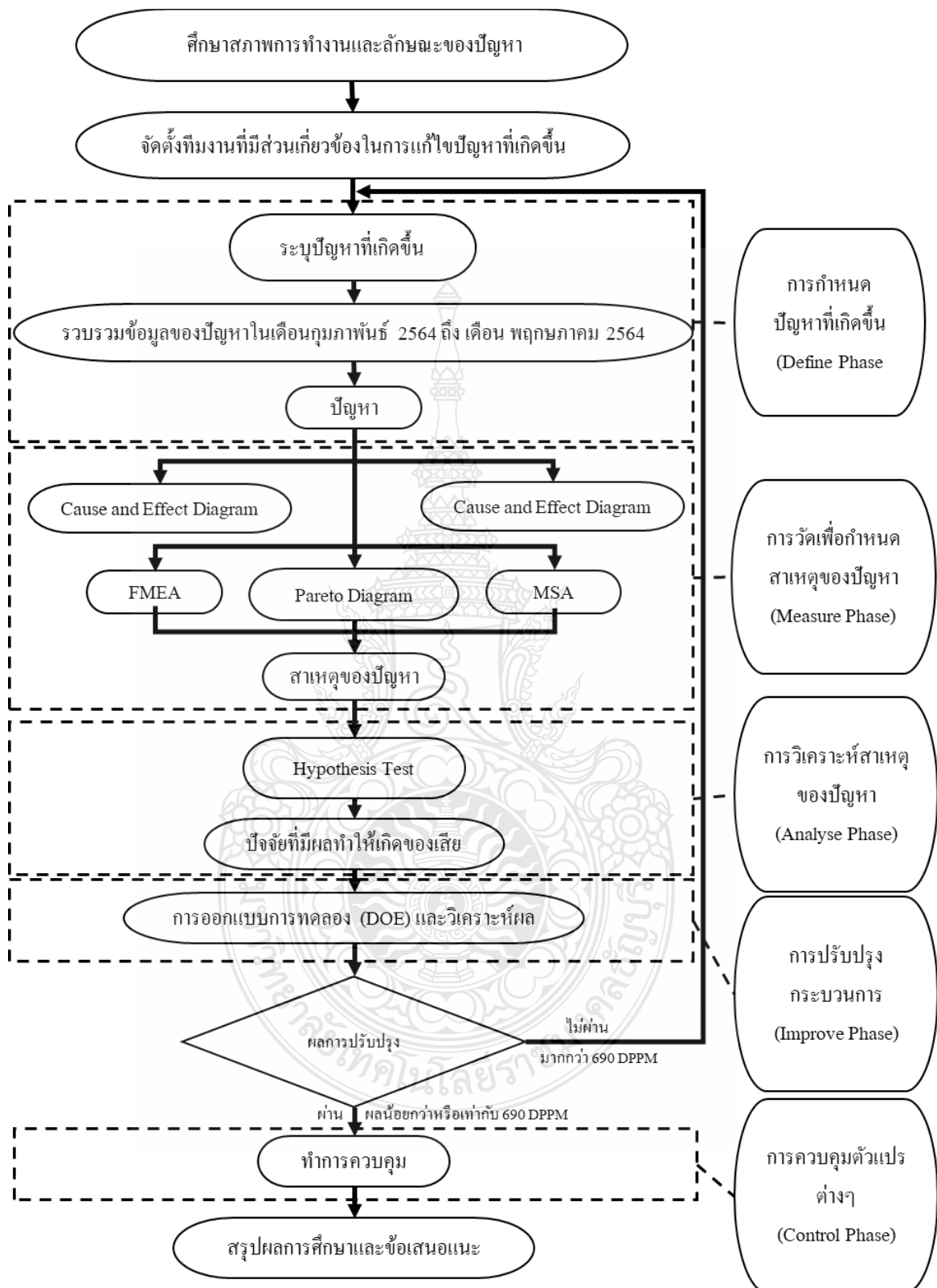
งานวิจัยทำการค้นหาปัญหาโดยใช้ แผนที่กระบวนการ (Process Mapping) เป็นอันดับแรกเพื่อช่วยให้การวิเคราะห์ปัญหาเพื่อให้การวิเคราะห์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) เพื่อศึกษาการไหลของกระบวนการ แผนภาพสาเหตุ (Cause and Effect Diagram) เป็นการลดความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบในกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) สำหรับวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภท หรือแบบหลายพวก เมื่อได้ข้อบกพร่องที่มีผลกระทบต่อปัญหาแล้วก็จะทำการออกแบบการทดลองใช้การออกแบบ Factorial Design เพื่อทำการทดลองและวิเคราะห์ผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองและหาค่าตัวแปรที่ดีที่สุดในการนำไปทำการปรับปรุงจากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัด และการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบแบบ 2 Proportions ในการทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของสัดส่วนผลิตภัณฑ์จากประชากรสองกลุ่ม และการสร้างมาตรฐานการควบคุมต่อไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

จากการเข้าไปเพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิตในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ได้รับ ความอนุเคราะห์จากทางโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานที่ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ จากที่ได้ศึกษา ทฤษฎีจาก บทที่ 2 เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุสำคัญของปัจจัยและระดับปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดของเสีย บน ขั้นตอนกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำข้อมูลมาเป็นแนวทางในการประยุกต์และ นำมาปรับใช้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยสามารถดำเนินงานได้สอดคล้องกับ จุดประสงค์ขององค์กรด้วยแนวคิดซิกซ์ ซิกมา บทความในส่วนนี้จะเน้นไปในด้านของหลักการที่นำมา ปรับใช้และเหตุผลในการนำทฤษฎีเข้ามาปรับใช้ในการลดของเสียในแต่ละขั้นตอน ของการดำเนินงานได้ อย่างเป็นรูปธรรม โดยทั้งหมดนี้มีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงคุณภาพของขั้นตอนกระบวนการผลิตให้มี ประสิทธิภาพสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าที่มอบความไว้วางใจให้กับทางโรงงานกรณีศึกษา จะนำ หลักการของการปรับปรุงความผันแปรในขั้นตอนการผลิต มาปรับใช้เพื่อลดของเสียในกระบวนการ (Waste) พร้อมดำเนินการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตให้มีประสิทธิภาพอย่างเต็มรูปแบบ อีกทั้งยังสามารถ ลดต้นทุนให้กับทางโรงงานกรณีศึกษาได้เช่นกัน

ขั้นตอนการทำงานวิจัยขั้นตอนหลัก 5 ประการ โดยดำเนินการระบุปัญหาและขั้นตอนการวัด ในด้านผู้ดำเนินงานวิจัยได้ศึกษาถึงปัญหาโดยมีสาเหตุของปัญหาเป็นปัจจัยในการวิเคราะห์ เริ่มจากทำ การวิเคราะห์ขั้นตอนระบบการวัดเพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่มาของปัญหาเพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง ด้วยแนวคิดทางสถิติ เมื่อทราบปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดของเสียในกระบวนการ จึงดำเนินการแก้ไขปรับปรุงโดย นำเทคนิคการออกแบบการทดลองและการออกแบบใหม่ แล้วเพิ่มขั้นตอนการควบคุมโดยวางแผนเพื่อ ดำรงไว้ซึ่งผลหลังการปรับปรุง ดังแสดงเป็นแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ดังรูปที่ 3.1



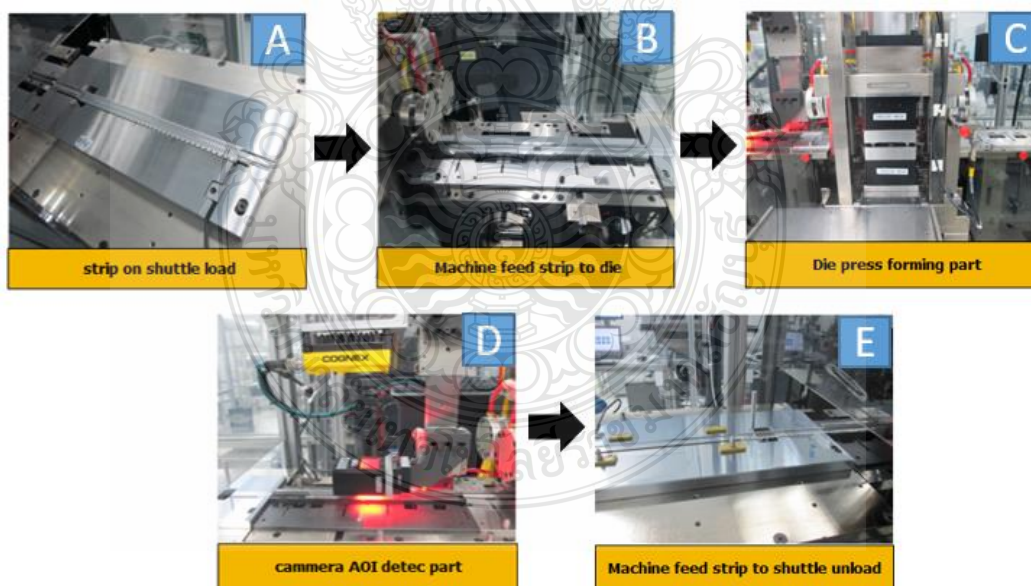
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาสภาพการทำงานและลักษณะของปัญหา

เป็นการดำเนินการศึกษาภาพรวมของกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ของ โมเดล อินเทอร์เน็ตคอนเนกในโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา โดยการทำการศึกษาลักษณะที่ทำการผลิต ขั้นตอนการทำงาน of เครื่องจักรอัตโนมัติ ทำหน้าที่ขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ในการควบคุมการดำเนินงานของ เครื่องจักรในกระบวนการผลิต เพื่อเป็นแนวทางพื้นฐานให้กับทีมวิเคราะห์ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ ข้อผิดพลาดและดำเนินการแก้ไขปรับปรุง โดยทำการเก็บข้อมูลคุณภาพของส่วนงานที่เกี่ยวข้อง โดยจะ นำข้อมูลที่ได้ศึกษามาเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวิเคราะห์และสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายมากยิ่งขึ้น

3.1.1 ส่วนประกอบและขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วน อิเล็กทรอนิกส์ (De-tap Form press Machine)

สำหรับกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ของโมเดลอินเทอร์เน็ตคอนเนกในโรงงานที่ใช้เป็น กรณีศึกษา จะใช้เครื่องกดขึ้นรูปชิ้นงาน หรือที่เรียกว่า De-tap Form press Machine ในการขึ้นรูป ชิ้นงาน ขั้นตอนการดำเนินงานของเครื่องจักรในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์สามารถแบ่ง ออกเป็น 5 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีหน้าที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์และหน้าที่ในการ ทำงานของกระบวนการ โดยทั้ง 5 ส่วนจะมีความสัมพันธ์กันทั้งหมด ตามรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบต่างๆของสถานีกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

จาก รูปที่ 3.2 จะแสดงขั้นตอนต่างๆ ของสถานีกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยแต่ละส่วนมีขั้นตอนในการทำงานดังนี้

A สถานีพื้นที่วางงานเข้าเครื่อง (Shuttle Load)

ทำหน้าที่รองรับแถบวัตถุดิบแบบเรียบ (Strip flat level material) ก่อนจะทำการป้อนวัตถุดิบให้แก่กระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วน

B. สถานีเครื่องนำวัตถุดิบเข้าแม่พิมพ์ (machine feed strip material to the die)

ทำหน้าที่รับแถบวัตถุดิบแบบเรียบ (Strip flat level material) เพื่อป้อนวัตถุดิบเข้าสู่แม่พิมพ์

C. สถานีแม่พิมพ์กดขึ้นรูปชิ้นงาน (The die press forming part)

ทำหน้าที่ขึ้นรูปชิ้นงาน (press forming part) โดยใช้ลมในการเคลื่อนที่ขึ้นลงเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน และ Feed pin จะเคลื่อนที่เพื่อลำเลียงชิ้นหลังขึ้นรูปเรียบร้อยแล้วออกจากแม่พิมพ์

D. สถานีกล้องตรวจจับงานเสีย (Camera AOI detect defect part)

ทำหน้าที่ตรวจสอบความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ เพื่อตัดผลิตภัณฑ์ที่เกิดอาการเสีย จากการขึ้นรูปของแม่พิมพ์ก่อนออกจากเครื่อง

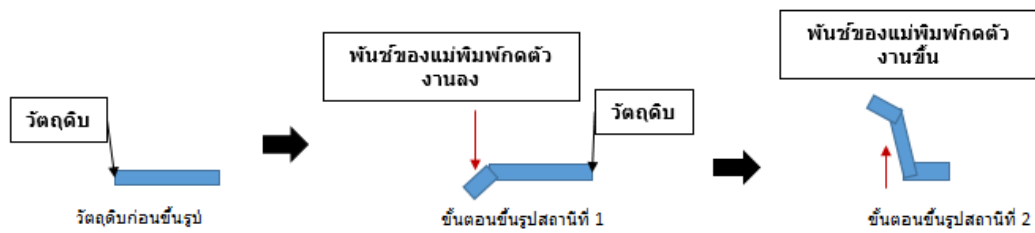
E. สถานีพื้นที่รับงานออกจากเครื่อง (shuttle unload strip)

ทำหน้าที่ในการรับงานที่ออกจากเครื่องหลังจากจบกระบวนการ เพื่อรอพนักงานหยิบชิ้นงานออกจากเครื่องแล้วนำลงบรรจุภัณฑ์ เตรียมส่งลูกค้า

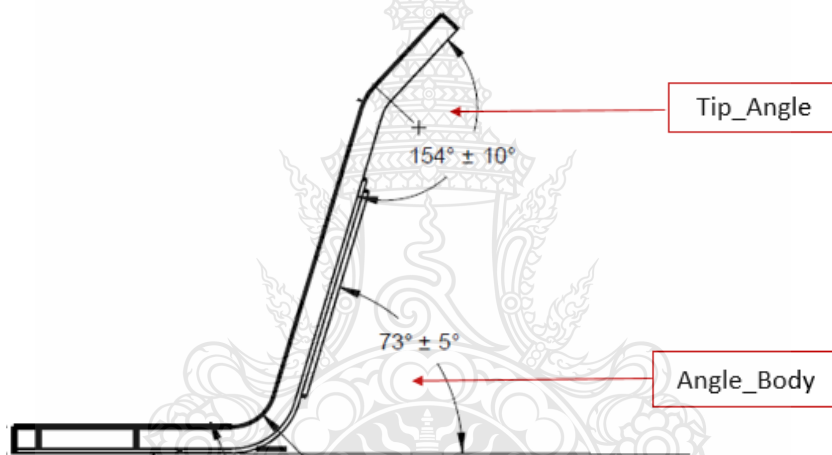
3.1.2 หลักการทำงานของสถานีแม่พิมพ์กดขึ้นรูปชิ้นงาน

สถานีแม่พิมพ์กดขึ้นรูปชิ้นงาน เป็นสถานีที่ 3 ของกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงาน (Forming part) โดยพื้นที่ของแม่พิมพ์ (Punch of the die) จะถูกติดตั้งไว้ที่แม่พิมพ์ จากนั้นเครื่องจะเคลื่อนแถบวัตถุดิบ (Strip Material) ป้อนผ่านไปสถานีของแม่พิมพ์ โดยจะมีพินฟีด (Feed pin) เล็กๆ ด้านล่างคอยป้อนแถบวัตถุดิบ (Strip Material) ไปยังตำแหน่งพื้นที่จับงาน (Clamping area) เมื่อวัตถุดิบอยู่พื้นที่จับงานแล้ว แม่พิมพ์กดขึ้นรูปชิ้นงาน (The die press forming part) จะลงมาเพื่อทำการกดขึ้นรูปชิ้นงานด้วยหมัดของแม่พิมพ์ (Punch of the die) ที่ถูกติดตั้งไว้ภายในแม่พิมพ์ ดังรูปที่

3.3



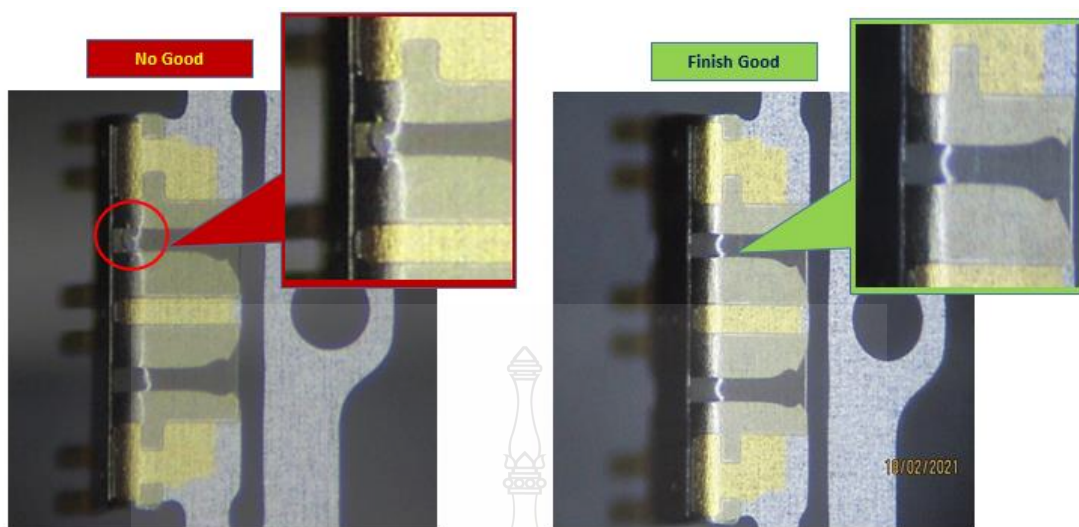
รูปที่ 3.3 การกดขึ้นรูปชิ้นงานด้วยหมัดของแม่พิมพ์ (Punch of the die) ที่ถูกติดตั้งไว้ในแม่พิมพ์ โดยเครื่องจะทำการขึ้นรูปชิ้นงานให้ยกตัวขึ้น ให้ได้องศาตามที่ลูกค้ากำหนด และการปรับตั้งค่าปัจจัยตามข้อกำหนดที่ตกลงร่วมกับลูกค้าในปัจจุบันคือ $\text{Angle Body} = 73^\circ \pm 5^\circ$, $\text{Tip Angle} = 154^\circ \pm 10^\circ$ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เกณฑ์ควบคุมองศาการขึ้นรูปชิ้นงานที่ลูกค้ากำหนดมา

3.1.3 ลักษณะการเกิดของเสียในสถานีแม่พิมพ์กดขึ้นรูปชิ้นงาน

ลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นในสถานีแม่พิมพ์กดขึ้นรูปชิ้นงาน พบว่าจะเกิดการแตกร้าวขึ้นบนพลาสติกหรือเส้นใยสังเคราะห์ (Polyimide) ที่เคลือบอยู่บนชิ้นงานบริเวณส่วนโค้งของตัวผลิตภัณฑ์ หลังจากการขึ้นรูป ซึ่งลักษณะงานที่ดีและลักษณะของการการแตกร้าวขึ้นบนพลาสติกหรือเส้นใยสังเคราะห์ (Polyimide) จะเป็นดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ลักษณะงานที่ดีและลักษณะของการแตกร้าวขึ้นบนพลาสติก (Polyimide)

เงื่อนไขการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่เกิดรอยแตกร้าวบนพลาสติกสามารถทำได้โดยให้พนักงานสุ่มตรวจสอบผ่านกล้องตรวจสอบ (Microscope 20X) ในการตรวจสอบอาการเสียตามเกณฑ์ที่ทางลูกค้ากำหนด คือ หากเจอรอยแตกใดๆ บนพลาสติก (Polyimide) ไม่สามารถยอมรับอาการเสีย ดังรูปที่ 3.6

Polyimide Cracks

Descriptions: Post Forming Only, Cracks in the polyimide surface near the form line.

Rejectable: Any polyimide crack is considered rejectable



รูปที่ 3.6 เกณฑ์ที่ทางลูกค้ากำหนด คือ หากเจอรอยแตกใดๆ บนพลาสติก (polyimide) ไม่สามารถยอมรับได้

ในทุกๆ เดือนจะมีการตรวจวัดผลพนักงานตรวจสอบพนักงาน (GR&R) เพื่อวัดคุณภาพของชิ้นงานที่ตรวจสอบ (%Matching) ความแม่นยำ 90% เทียบกับชิ้นงานที่เกิดรอยแตกร้าวบนพลาสติกตัวอย่าง (Sample Defect) หากพนักงานมี % Matching น้อยกว่า 90% จะส่งพนักงานไปทำการฝึกอบรมเกี่ยวกับอาการเสียของชิ้นงานใหม่อีกครั้ง (Re-Training) เพื่อความคมคุณภาพในการตรวจสอบงาน

3.2 จัดตั้งทีมในการแก้ปัญหา

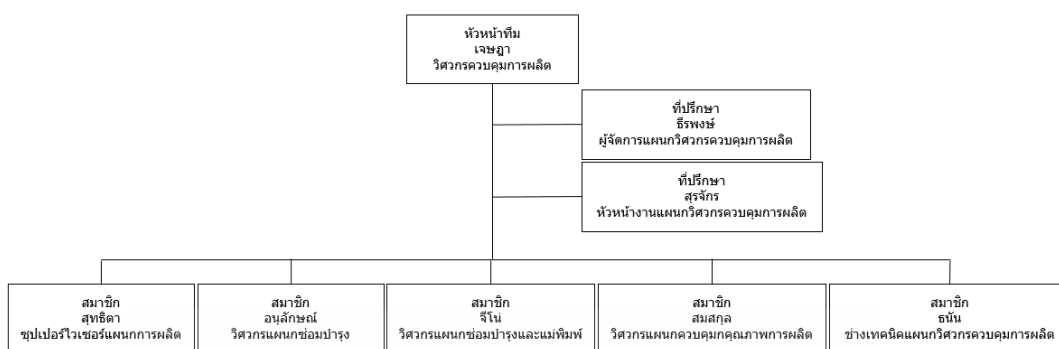
หลังจากทราบถึงขั้นตอนและกระบวนการที่ทำการศึกษารวมถึงแนวทางในการปรับปรุง จากนั้นจะดำเนินการจัดตั้งทีมแก้ปัญหาที่มีส่วนร่วมกับขั้นตอนการผลิต เป็นการรวมบุคลากรจากหลายหน่วยงานเพื่อรับทราบและร่วมกันกำหนดทิศทางการแก้ไขปัญหา โดยคณะทำงานที่จัดตั้งขึ้นเพื่อจัดการกับปัญหาการเกิดของเสียจากการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์นี้ จะต้องเป็นบุคคลมีความเข้าใจและปฏิบัติหน้าที่อยู่ในกระบวนการที่ทำการศึกษาจากหน่วยที่มีความเกี่ยวข้อง หลังจากระดมสมองกับแผนกต่างๆ ทำให้ได้ตัวแทนของแผนกต่างๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยผู้จัดการแผนกควบคุมกระบวนการผลิต หัวหน้างานแผนกควบคุมกระบวนการผลิต ซุปเปอร์ไวเซอร์แผนกการผลิต วิศวกรแผนกซ่อมบำรุง วิศวกรแผนกซ่อมบำรุงและแม่พิมพ์ ช่างเทคนิคแผนกควบคุมการผลิต วิศวกรแผนกควบคุมคุณภาพการผลิต รวมจำนวนผู้ดำเนินงานในคณะทำงานทั้งหมด 8 ท่าน เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามแนวทางที่กำหนดไว้ จึงจัดทำแผนภูมิของคณะทำงานดังรูปที่ 3.7 และความรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่คือ

หัวหน้าทีมคือ วิศวกรควบคุมการผลิต (Process Engineer) ทำหน้าที่ออกแบบการทดลอง กำหนดวาระการประชุมระดมสมองของคณะในการดำเนินการ

ที่ปรึกษาหลักคือ ผู้จัดการแผนกควบคุมการผลิต (Process Engineer Manager) ทำหน้าที่ให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาในที่ประชุม เช่น หาข้อสรุปของวาระการประชุมในกรณีที่ความคิดเห็นไม่ตรงกัน

ที่ปรึกษารองคือ หัวหน้างานแผนกควบคุมการผลิต (Process Engineer Master) ทำหน้าที่ให้คำแนะนำและเสนอแนะในที่ประชุม เช่น หาข้อสรุปของวาระการประชุมในกรณีที่ความคิดเห็นไม่ตรงกัน

สมาชิกทีมคือ ซุปเปอร์ไวเซอร์แผนกการผลิต วิศวกรแผนกซ่อมบำรุง วิศวกรแผนกซ่อมบำรุงและแม่พิมพ์ ช่างเทคนิคแผนกควบคุมการผลิต วิศวกรแผนกควบคุมคุณภาพการผลิต จะทำหน้าที่ร่วมกันวิเคราะห์ความผิดพลาด การเสนอแนวคิด การวิเคราะห์ความรุนแรง การออกแบบการทดลอง ตลอดจนการจัดเก็บบันทึกผล ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง



รูปที่ 3.7 โครงสร้างของทีมงานในกาแก้ไขปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก (Polyimide)

3.3 การเลือกปัญหา (Define Phase)

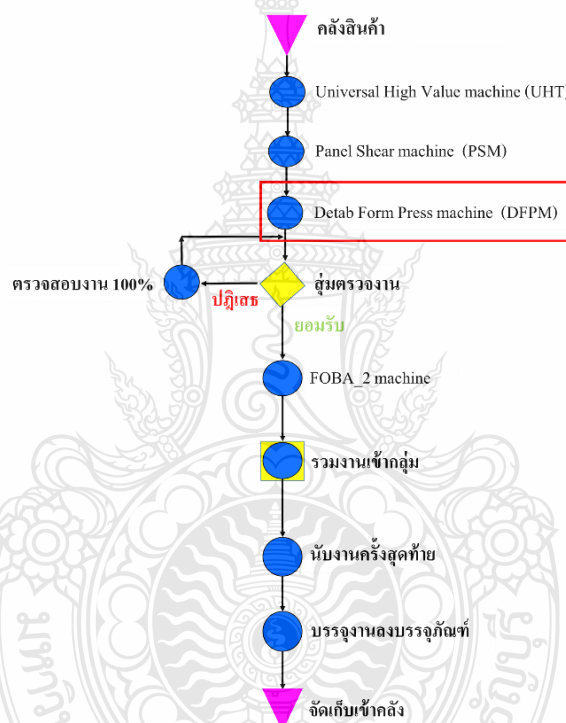
ในส่วนนี้จะดำเนินการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดจากกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อทำการกำหนดปัญหามาทำการดำเนินการแก้ไขและปรับปรุง โดยจะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ เฉพาะโมเดลอินเตอร์คอนเนก โดยการเก็บข้อมูลจะนำข้อมูลการผลิตที่บันทึกจำนวนของเสียที่เกิดจากการผลิตมาทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียเป็นระยะเวลา 4 เดือน คือ ในระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 ถึง เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2564 และนำข้อมูลที่ได้มาเรียงลำดับความสำคัญของปัญหา และทำการเลือกปัญหามาทำการแก้ไขและปรับปรุง โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการแตกของส่วนพลาสติกนั้น ผู้วิจัยจะวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีโอกาสทำให้เกิดการแตกของส่วนพลาสติกเสียก่อน ลักษณะการอาการแตกของส่วนพลาสติกเกิดขึ้นหลังจากที่แม่พิมพ์ทำการขึ้นรูปชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว และในขั้นตอนการหาสาเหตุของปัญหาเป็นการระดมความคิดของคณะทำงานหรือกลุ่มบุคคลที่มีแนวทาง ของผู้ที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในกระบวนการผลิต จากนั้นจะนำเอาเครื่องมือทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

3.4 การวัด (Measure Phase)

ในการดำเนินงานนี้สามารถแบ่งชี้ถึงปัจจัยโดยมีการสร้างแผนภูมิการไหลของกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ และหาสาเหตุที่จะมีผลกระทบต่อปัญหามากที่สุด และนำมาทำการวิเคราะห์ ที่ส่งผลกระทบต่อในแต่ละขั้นตอนของการผลิต และนำปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดปัญหามาทำการระดมความคิดเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบและข้อบกพร่อง สาเหตุของการเกิดปัญหาก่อนจะนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ เป็นการวัดความผิดพลาดเพื่อเป็นข้อมูลในปรับปรุงคุณภาพ ในการปรับปรุงคุณภาพในการปฏิบัติงานการวัดของผู้ปฏิบัติงาน

3.4.1 ศึกษาแผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการ (Process Mapping)

การดำเนินการขั้นตอนนี้ จะทำการศึกษาแผนภูมิของกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนกที่ประกอบไปด้วยการทำงานในสถานีต่างๆ เนื่องจากจะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยในขั้นตอนของกระบวนการผลิต ในส่วนนี้ทีมที่จะเข้ามาแก้ปัญหาจะต้องสามารถระบุปัญหาและหาแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ ที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องได้ ผลจากการดำเนินงานนี้คือ ทำให้เห็นได้ว่ากระบวนการใดก่อให้เกิดการแตกของส่วนพลาสติก แต่ด้วยปัญหาอาการเสียที่เกิดขึ้น ทางทีมจึงมุ่งประเด็นไปที่กระบวนการ De tab form press machine เนื่องจากอาการเสียเกิดขึ้นหลังจากการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 3.8

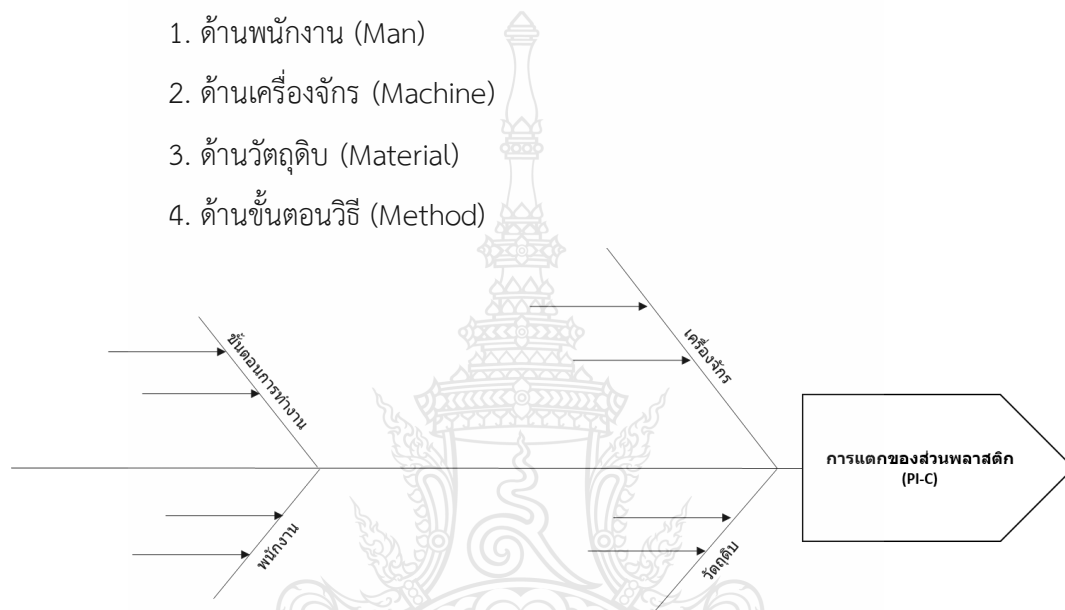


รูปที่ 3.8 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต (Process Flow)

3.4.2 การแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

ซึ่งในการตัดหรือมองข้ามปัจจัยบางอย่าง อาจทำให้เกิดการแก้ไขปัญหามิได้ โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลกระทบเพื่อนำมากำหนดปัจจัยในการทำการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติต่อไป ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจากศึกษาความสัมพันธ์ของการระบุสาเหตุของปัญหาต้องกระทำระดมสมองจากทีมผู้จัดตั้งขึ้นที่มีความเชี่ยวชาญหรือคุ้นเคยในกระบวนการผลิตนั้น ซึ่งจะช่วยในการระบุสาเหตุที่เกี่ยวข้องเบื้องต้นหรืออาจจะเรียกอีกแบบหนึ่งว่าเป็นแผนผังที่ใช้ในการวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุและผลกระทบของปัญหาที่เชื่อว่าเป็นปัจจัยที่

ทำให้เกิดการแตกของส่วนพลาสติก โดยการอธิบายผ่านแผนภาพก้างปลาหรือแผนภาพเหตุและผล (Fishbone Diagram or Cause and Effect Diagram) ที่ระบุผลที่เกิดขึ้นจากเหตุหรือปัจจัยที่เป็นต้นเหตุของคุณลักษณะอันนั้น ว่ามีปัจจัยใดบ้างที่เชื่อมโยงกันและสัมพันธ์ต่อเนื่องกันอย่างไร รวมไปถึงกำหนดปัจจัยที่จะนำมาพิจารณา ตามรูปที่ 3.9 โดยพิจารณาปัจจัยในด้านต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาเกิดการแตกของส่วนพลาสติก

3.4.3 วิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

ซึ่งจะช่วยให้ป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดปรากฏการณ์ขึ้นมา อีกทั้งเป็นการจัดลำดับความสำคัญ เมื่อผ่านขั้นตอนการระดมสมองในการทำแผนภาพก้างปลาแล้ว ทีมผู้จัดทำจึงจะนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง (Failure mode and Effect Analysis) หรือ ที่เรียกว่า FMEA อันเป็นกลวิธีที่ทำให้เข้าถึงสาเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบมากยิ่งขึ้น นำมาแก้ไขปัญหาดังต่อไปนี้

3.4.3.1 วิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง

1. ระบุขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งเป็นการแยกขั้นตอนต่างๆ ออกเป็นขั้นตอนย่อย

2. ระบุถึงปัจจัยป้อนเข้าในกระบวนการ (Potential Key Process Input Variation: Potential KPIV) ที่น่าจะสำคัญต่อความผันแปร

3. ระบุลักษณะข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้น (Potential Failure Mode) จากกระบวนการที่ต้องการจากลักษณะข้อบกพร่อง โดยการตั้งคำถามว่าภายในขั้นตอนย่อยของกระบวนการนั้น ถ้าการทำงานไม่เป็นไปตามหน้าที่

4. ระบุผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิด (Potential Effect of Failure) ที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้นแล้วจะส่งผลกระทบต่อปัญหาที่คณะผู้จัดทำสนใจโดยการตั้งคำถามถึงลักษณะข้อบกพร่องอย่างไร

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

6. ระบุสาเหตุที่มีแนวโน้มในการเกิดข้อบกพร่อง (Potential Cause of Failure)

7. ระบุสาเหตุที่มีแนวโน้มที่จะเกิดปัญหา (Occurrence: O) หรือโอกาสที่ข้อบกพร่องที่ได้รับการระบุถึงสาเหตุที่จะเกิดขึ้นและมีผลทำให้เกิดลักษณะโดยการให้คะแนนจะใช้หลักการที่แสดงในตารางที่ 2.2

8. ระบุการควบคุมในปัจจุบัน (Current Control) นำมาใช้ในการป้องกันไม่ให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องนั้นเกิดขึ้นโดยระบุรายละเอียดขั้นตอนของการควบคุม

9. ให้คะแนนการตรวจจับ (Detection: D) โดยการให้คะแนนตามหลักการที่แสดงในตารางที่ 2.3 จากการประเมินถึงกิจกรรมที่กระทำในการควบคุมเพื่อค้นหาลักษณะของข้อบกพร่องก่อนการผลิตและก่อนส่งมอบสินค้าให้ลูกค้า

10. คำนวณตัวเลขแสดงลำดับค่าความเสี่ยงขึ้น (Risk Priority Number: RPN)

โดยลำดับของการปฏิบัติการแก้ไขจะพิจารณาโดยใช้ตัวเลข 80 : 20 โดยประมาณ โดยในงานวิจัยนี้ทางทีมงานจะเลือกข้อบกพร่องเฉพาะที่มีความสำคัญมาดำเนินการปรับปรุงเท่านั้น หรือเลือกพิจารณาข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 มาปฏิบัติการแก้ไข ในการแก้ไขข้อบกพร่องจะดำเนินการการจัดลำดับความสำคัญโดยนำค่า RPN ที่คำนวณได้มาจัดลำดับความสำคัญจากมากไปหาน้อยโดยอาศัยทฤษฎีพาเรโต (Pareto Principle) อันเป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภทหรือแบบหลายพวกจากนั้นดำเนินการเลือกข้อบกพร่องที่ต้องการแก้ไข

สมการในการคำนวณหาค่า RPN

$$RPN = S \times O \times D$$

- S คือ ความรุนแรงผลกระทบที่เกิดความล้มเหลว (Severity)
O คือ โอกาสที่จะเกิดขึ้นจากสาเหตุบ่อยครั้ง (Occurrence)
D คือ ความสามารถตรวจจับและป้องกันไม่ให้เกิดความล้มเหลว

(Detection)

3.4.4 วิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis)

การวิเคราะห์ความแม่นยำเป็นการวัดความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มคือความคลาดเคลื่อนที่กลุ่มข้อมูลหนึ่งกระจายอยู่รอบค่าแท้จริงอย่างสุ่ม โดยลักษณะของความคลาดเคลื่อนนี้มีรูปแบบของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ และมีความผันแปรเป็นองค์ประกอบของมาจากสาเหตุความคลาดเคลื่อน 4 สาเหตุ คือ สาเหตุจากผลิตภัณฑ์ สาเหตุจากผู้ปฏิบัติงาน สาเหตุร่วมระหว่างผู้ปฏิบัติงานและผลิตภัณฑ์ และสาเหตุแบบสุ่ม สำหรับแม่นยำสามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้วยกันคือ การทำซ้ำ (Repeatability) คือ ค่าของผลิตภัณฑ์เดียวกันวัดอย่างต่อเนื่องด้วยเครื่องมือเดียวกันและความสามารถในการเฉลี่ยของการวัดกับงานชิ้นเดียวกันแต่ค่าที่ได้ต่างกัน ด้วยเครื่องมือเดียวกันแต่ต่างผู้ปฏิบัติงาน

งานวิจัยนี้ทีมงานจะทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของพนักงานตรวจสอบชิ้นงานสำหรับตรวจสอบชิ้นงานในกระบวนการสุดท้ายของการผลิต (Visual audit inspection) ซึ่งขั้นตอนนี้พนักงานจะใช้ กล้องไมโครสโคปที่กำลังขยายที่ 20X (Microscope 20X) ในการตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตา ตามเกณฑ์การตัดสินงานเสีย (Criteria Defect Control) ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 พนักงานตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตาด้วยกล้อง Microscope กำลังขยาย 20X

3.4.4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบชิ้นงาน (Operator audit inspection)

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. เลือกตัวอย่างงานมาตรฐานจากกระบวนการผลิตจำนวน 1 แถบ (Strip) สำหรับงาน 1 แถบ จะมีงานในแถบทั้งหมด 296 ตัว สำหรับตัวอย่างที่ทีมงานจะเลือกใช้ คือชิ้นงานมาตรฐานจำนวน 1 แถบ แต่จะให้พนักงานดูงานจริงแค่ 30 ตัว ประกอบไปด้วยงานดี (Accept) 15 ตัว และงานเสีย (Reject) 15 ตัว
2. กำหนดตำแหน่งของงานเสียแต่ละตำแหน่งบนแถบชิ้นงานแต่ละชิ้น
3. ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้วัด (พนักงานตรวจสอบชิ้นงานเสีย) ที่ผ่านการทดสอบเทียบประสิทธิภาพแล้วและยังอยู่ภายในช่วงเวลาที่สามารถดำเนินงานได้ จำนวน 3 คน
4. เลือกพนักงาน จะต้องเลือกพนักงานที่ผ่านการอบรมแล้วเท่านั้น ไม่อนุญาตให้พนักงานที่รอการอบรม หรือ รอต่อใบอนุญาตเข้ารับการทดสอบ
5. โหลดขึ้นลงถาดรองรับชิ้นงานในกระบวนการผลิต (Tray In-Process) แล้วจากนั้นให้พนักงานใช้ กล้องไมโครสโคปที่กำลังขยาย 20X (Microscope 20X) เพื่อดำเนินการตรวจสอบชิ้นงาน โดยที่พนักงานตรวจสอบชิ้นงานซ้ำทั้งหมด 2 ครั้ง จนครบจำนวนทั้งหมด 3 คน แล้วทำการบันทึกผลข้อมูลในการตรวจจับปัญหาเพื่อความถูกต้องหลังบันทึกผล
6. วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Minitab และ รายงานซึ่งเกณฑ์ในการวัดผลดูจากค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่ยอมรับได้ (Accuracy Acceptable) จะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ค่าที่วัดจะต้องมีค่า 100% ถึงจะอยู่ในเกณฑ์ [19]

3.4.4.2 วิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องวัดองศาในการขึ้นรูปชิ้นงาน

ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. เลือกสิ่งตัวอย่างงานมาตรฐานจากกระบวนการผลิตประมาณ 20 – 30 ชิ้น เพื่อใช้ในการวิเคราะห์นี้คณะทำงานจะเลือกใช้ชิ้นงานแบบสุ่มจำนวน 16 ชิ้น สำหรับการวิเคราะห์เนื่องจากการวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นงานจะมีการส่งวัดงาน 1 แถบ มีจำนวนจุดวัดบนตัวงานทั้งหมด 16 ชิ้น ใน 1 แถบ ซึ่งการวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นงานจะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที ทางทีมงานจึงตกลงกันว่า จะส่งงานวัด 16 ชิ้น/ 1 แถบชิ้นงาน เพื่อลดเวลาในการส่งงานวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นงาน

2. กำหนดหมายเลขให้ชิ้นงานแต่ละชิ้น
3. ตรวจสอบเครื่องมือวัด (เครื่องวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นงาน ดังรูปที่ 3.11) ว่าผ่านการสอบเทียบมาแล้ว
4. ให้พนักงานที่ทำงานประจำที่ผ่านการอบรมการใช้เครื่องมือวัดองศาของชิ้นงาน ทำการวัดชิ้นงาน จำนวน 2 คน
5. ทำการวัดสุ่มจำนวนท่าน ท่านละ 3 รอบ จึงทำการบันทึกข้อมูล
6. วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Minitab ทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ($\bar{X} - R$) ในการวิเคราะห์ โดยเกณฑ์ในการวัดผลดูจาก % contribution ซึ่งโดยทั่วไปค่าน้อยกว่า 2% ซึ่งวิธีนี้จะสามารถแยกความผันแปรออกเป็น % Reproducibility และ % Repeatability ออกจากกันได้ [24]

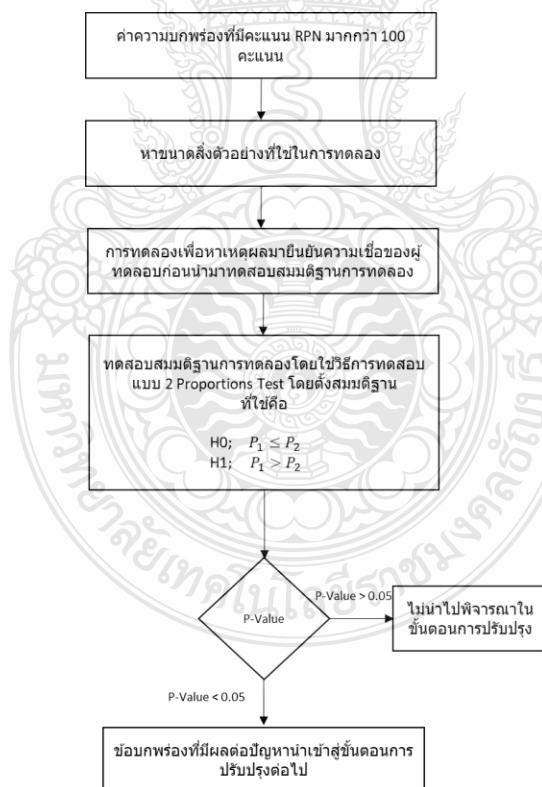


รูปที่ 3.11 เครื่องวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นงาน

3.5 การวิเคราะห์ (Analyze Phase)

เมื่อสามารถกำหนดปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อการเกิดรอยแตกร้าวของส่วนพลาสติกหลังการขึ้นรูปขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ของโมเดลอินเตอร์คอนเนกแล้ว ขั้นตอนนี้จะทำการพิสูจน์สมมติฐานว่าปัจจัยมีผลกับกระบวนการจริงหรือไม่ ก่อนดำเนินการนำปัจจัยไปวิเคราะห์แก้ไขต่อไป

ก่อนจะทำการวิเคราะห์ที่สาเหตุที่ละปัจจัย ในขั้นตอนนี้จะเริ่มจากการหาจำนวนงานตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลอง (Power and Sample size) โดยใช้วิธีการทดสอบการวิเคราะห์แบบ 2 Proportions ในการพิสูจน์ปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาการเกิดรอยแตกร้าวของส่วนพลาสติกหลังการขึ้นรูปขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ของโมเดลอินเตอร์คอนเนก โดยในการทดลองนี้มุ่งเน้นที่จะกรองปัจจัยต่างๆ (Screen Factor) เพื่อเป็นการกรองเฉพาะปัจจัยส่งผลโดยตรงต่อการเกิดรอยแตกร้าวของส่วนพลาสติกหลังการขึ้นรูปขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ของโมเดลอินเตอร์คอนเนก โดยมีขั้นตอนการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา

3.5.1 การหาขนาดของตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลอง (Power and Sample Size)

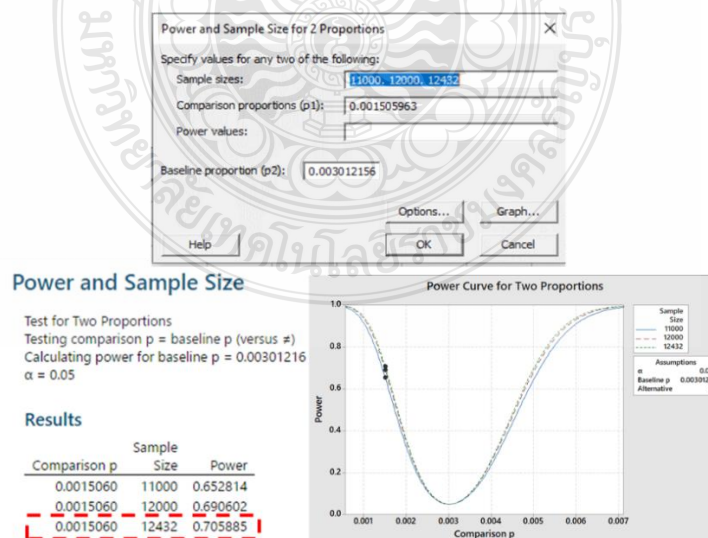
การวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของขนาดตัวอย่าง (Sample Size) การทดสอบข้อบกพร่องของสัดส่วนผลิตภัณฑ์ โดยใช้โปรแกรม Minitab เพื่อคำนวณและรายงานผล จะมีการดำเนินการดังนี้

1. เลือกใช้ระดับชนิดที่ 1 คือค่าความผิดพลาดที่ 5%
2. ของเสียที่เกิดขึ้นจะพิจารณาสัดส่วนเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน โดยให้สัดส่วนของเสียของประชากรกลุ่มแรกที่ 0.001505963 (คือเป้าหมายอัตราส่วนของเสียที่กำหนด) และประชากรโดยสัดส่วนของเสียอยู่ที่ 0.003012156 (มาจากอัตราส่วนของเสียปัจจุบัน ณ ช่วงเวลาทดสอบ) ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงสัดส่วนของเสียจากการแตกของส่วนพลาสติก

อัตราการแตกของส่วนพลาสติก	DPPM	สัดส่วนของเสีย
ปริมาณของเสียในปัจจุบัน	3012	0.0030121557177
ปริมาณของเสียที่พึงเป้าหมาย	1506	0.001505963

3. ค่าจากจำนวนจากการทดลองที่สามารถปฏิบัติได้ในแง่เศรษฐศาสตร์ ซึ่งค่าของตัวอย่างในการทดลองนี้อยู่ในช่วง 11,000 – 12,432 ของจำนวนตัวอย่างจากนั้น จึงจะนำกลุ่มตัวอย่างมาทำการพิจารณา ด้วยโปรแกรม Minitab โดยเกณฑ์การพิจารณา จะสามารถดูได้จากความไวที่สามารถยอมรับได้ จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.7 ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงการหาขนาดของตัวอย่างการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 3.13 แสดงให้เห็นถึงจำนวนตัวอย่างในการทดลอง ซึ่งค่าของตัวอย่างของการทดลองนี้อยู่ที่ 12,432 ตัวอย่าง จึงจะสามารถปฏิบัติได้จริง

3.5.2 การทดลอง

ขั้นตอนทดสอบสมมติฐานต้องมีการดำเนินการทดลองและวัดผลอัตราการเกิดการแตกของส่วนพลาสติกบนตัวงาน โดยในการควบคุมปัจจัยให้คงที่ต้องหาเหตุผลมายืนยันความเชื่อของผู้ดำเนินการทดสอบซึ่งถ้าหากไม่มีเหตุผลเพียงพอ ผู้ทดสอบจำเป็นที่จะต้องยอมรับทางเลือกอีกทางแล้วยอมรับทางเลือกอีกทางหนึ่ง เนื่องจากไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะทำการปฏิเสธ (Fail to Reject) แต่ในทางกลับกันถ้าหากเหตุผลที่ได้ เป็นข้อผิดพลาดที่มีคะแนน RPN มากกว่า 100 คะแนนมาทำการวิเคราะห์โดยการทดลองเพื่อหาพารามิเตอร์หรือวิธีการในการหาข้อนั้นๆ ก่อนนำพารามิเตอร์หรือวิธีการแบบใหม่ของความผิดพลาดมาทำการแบบเก่าเพื่อเปรียบเทียบ ด้วยการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี 2 Proportion เพื่อดูความมีนัยสำคัญของการทดลอง

3.5.3 ทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test Method)

เมื่อผลการทดลองออกมา ต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ผลทดสอบสมมติฐาน โดยที่สนใจในการตัดสินใจมีด้วยกัน 2 ทางเลือก คือ สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis : H_0) คือ สมมติฐานที่สร้างเพื่อปฏิเสธ และการปฏิเสธสมมติฐานหลักและยอมรับสมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis : H_1) หากผลที่ได้จากการทดสอบค่า P-Value มาทำการเปรียบเทียบกับแบบที่ 1 ค่าความผิดพลาดการทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่าค่า P-Value ในการตัดสินใจคือ

ค่า P-Value < α หมายถึงการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_0)

ค่า P-Value > α หมายถึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

สำหรับการทดสอบสมมติฐานในขั้นตอนนี้จะใช้การทดสอบแบบ 2 Proportion มาใช้ในกรณีที่มีกลุ่มประชากร 2 กลุ่ม เนื่องจากการทดลองเป็นการทดสอบสมมติฐานหาค่าสัดส่วน

3.6 การปรับปรุง (Improve Phase)

3.6.1 การออกแบบการทดลอง 2^k Full Factorial

เมื่อเริ่มทำการทดลองจะต้องทำการเปลี่ยนแปลงค่าระดับของปัจจัยไปในทิศทางเดียวกันดีกว่าทำการเปลี่ยนค่าระดับปัจจัยแค่ตัวเดียวเพราะจะทำให้ประสิทธิภาพในการวิเคราะห์มากกว่าทั้งในเรื่องของการประหยัดเวลาและทรัพยากร จะเลือกทำการทดลองแบบแฟคทอเรียล เพราะสามารถทำการวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อขั้นตอนกระบวนการที่เกิดขึ้นพร้อมกันได้ อีกทั้งสามารถวิเคราะห์ในด้านของอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างปัจจัยโดยอิทธิพลร่วม (Interaction) คือปัจจัยที่มีอยู่หลากหลายในกระบวนการ ได้ชัดเจนขึ้น

ในทำการทดลองนี้จะเป็นการจะเป็นการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไข ปัญหาที่มีความสำคัญที่ไม่มีความแตกต่างแต่ต้องทำการปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยหาค่าแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (Key Process Output Variables : KPOV) ที่ดีที่สุด ก่อนนำไปสู่การดำเนินการควบคุม และหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงของตัวตอบสนองของกระบวนการ (Key Process Input Variable : KPOV) ต่อไป

3.7 การควบคุม (Control Phase)

โดยก่อนการปฏิบัติงานจะทำการเปรียบเทียบผล ก่อนและหลังปฏิบัติงานว่าเพื่อดูถึงความแตกต่าง คณะทำงานคุณภาพจะทำการศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุ ดำเนินงานการแก้ไขปรับปรุงใหม่ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยใช้เครื่องมือต่อไปนี้ เช่น การตรวจสอบ (Audit) และการควบคุมทางสถิติ (Statistical Process Control) เป็นการประเมินผลงานที่ปฏิบัติการติดตาม ตรวจสอบ และถ้าผลลัพธ์จากการปฏิบัติงานออกมาตามเป้าหมายที่กำหนด อย่างยั่งยืน

3.7.1 การเก็บข้อมูลหลังการแก้ไขปรับปรุง

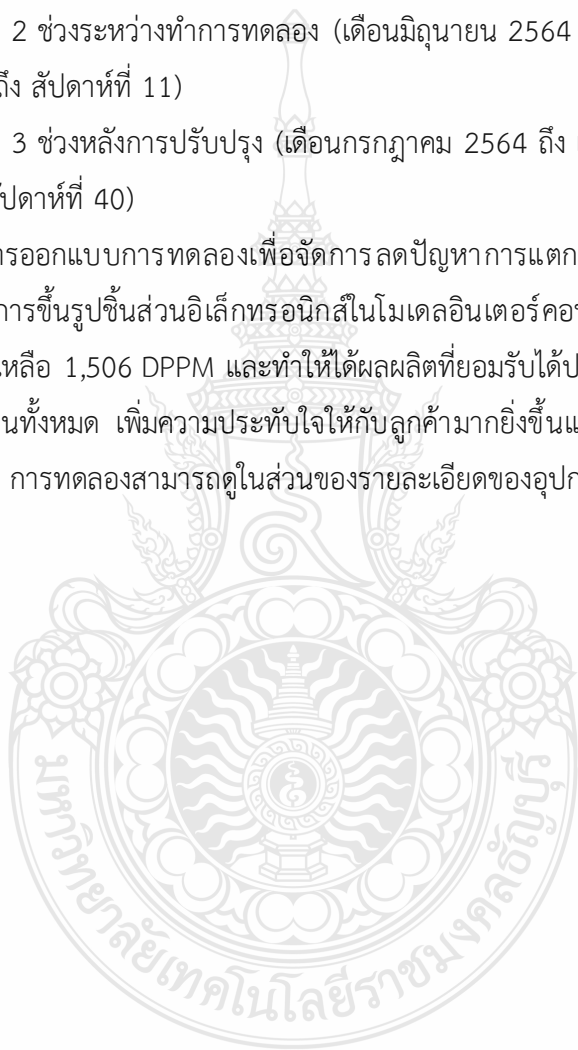
ในขั้นตอนนี้จะทำการนำเสนอผลการเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงใหม่เพื่อทำการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังจากทำการปรับปรุงการเกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก โดยทำการนำเสนอเป็นช่วงดังนี้

ช่วงที่ 1 ช่วงศึกษากระบวนการผลิต (เดือนกุมภาพันธ์ 2564 ถึง เดือน มิถุนายน 2564 หรือช่วงสัปดาห์ที่ 43 ถึง สัปดาห์ที่ 9)

ช่วงที่ 2 ช่วงระหว่างทำการทดลอง (เดือนมิถุนายน 2564 ถึง เดือน กรกฎาคม 2564 หรือช่วงสัปดาห์ที่ 10 ถึง สัปดาห์ที่ 11)

ช่วงที่ 3 ช่วงหลังการปรับปรุง (เดือนกรกฎาคม 2564 ถึง เดือน มกราคม 2564 หรือช่วงสัปดาห์ที่ 12 ถึง สัปดาห์ที่ 40)

สำหรับแผนการออกแบบการทดลองเพื่อจัดการลดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกหลังจากการขึ้นรูป ในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในโมเดลอินเตอร์คอนเนก ได้ถึงร้อยละ 70 คือ จาก 3,012 DPPM ลงเหลือ 1,506 DPPM และทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้ปรับสูงขึ้นจากร้อยละ 96.92 เป็น ร้อยละ 98 ของงานทั้งหมด เพิ่มความประทับใจให้กับลูกค้ามากยิ่งขึ้นและทำให้ของเสียในขั้นตอนกระบวนการผลิตลดลง การทดลองสามารถดูในส่วนของรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ได้จากภาคผนวก ข

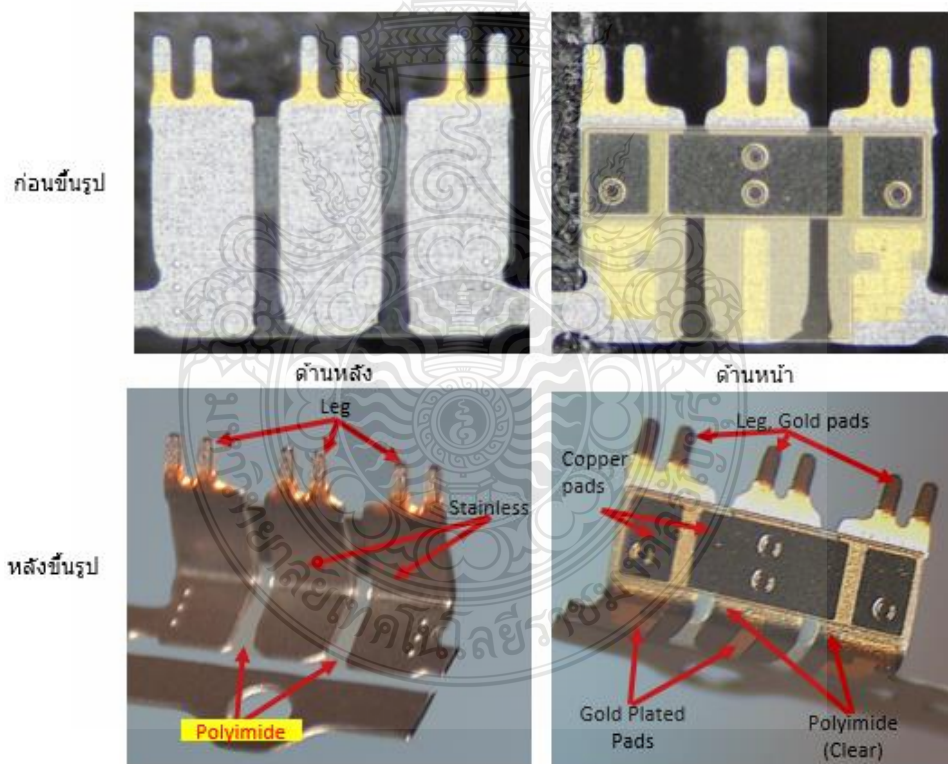


บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

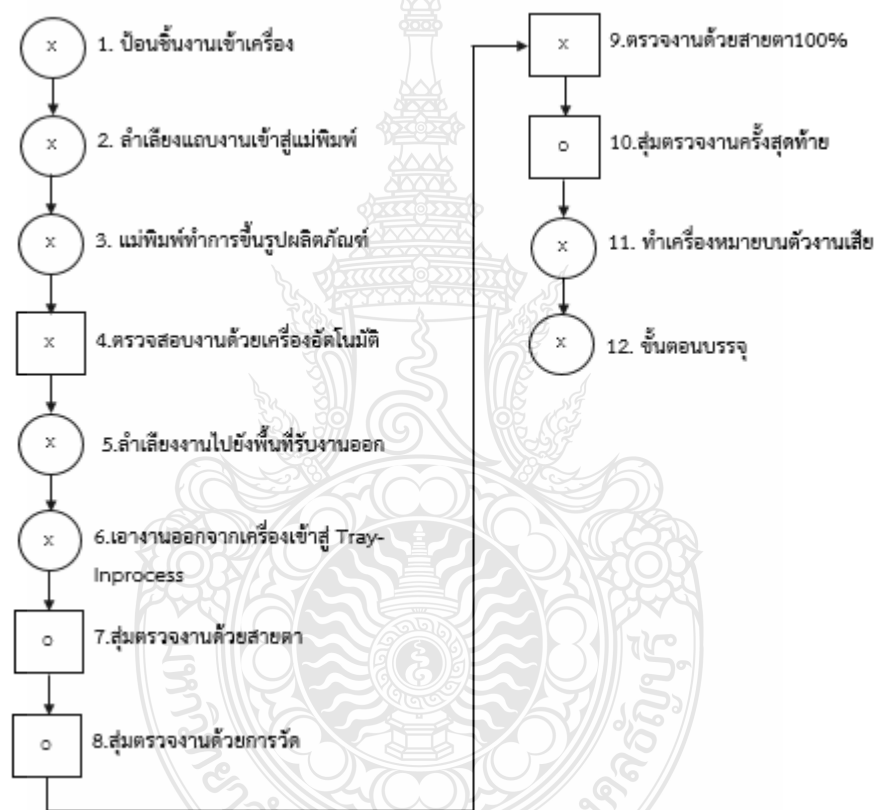
4.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก (Forming part electronics Interconnect model process)

ผลิตภัณฑ์ขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก (Interconnect model Circuit electronics part) ดังรูปที่ 4.1 เป็นชิ้นส่วนบนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ทำหน้าที่เชื่อมต่อเส้นสายไฟของแผงวงจรขนาดเล็กเข้าด้วยกัน ซึ่งก่อนที่จะทำการประกอบเข้ากับแผ่นวงจร จะต้องนำมาขึ้นรูปเพื่อให้ได้องศาที่เหมาะสมในการสอดรับกับพื้นที่การวางของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

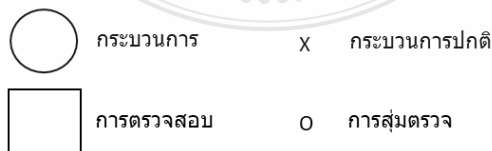


รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โมเดลอินเตอร์คอนเนก (Interconnect Model)

ในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อินเทอร์เน็ตคอนเนก (Forming part electronics Interconnect process) โดยปัจจุบันในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีอยู่ 3 สายการผลิต ทำงาน 6 วันต่อสัปดาห์ กำลังผลิตที่ผลิตได้สูงสุด 1,086 พันชิ้นต่อสัปดาห์ โดยมีขั้นตอนการทำงาน 13 ขั้นตอน กระบวนการนี้ได้หยิบมาเป็น มีลักษณะเป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่องโดยมีเครื่องจักรอัตโนมัติ มีหน้าที่ในการขึ้นรูปชิ้นส่วนตัวงานเพื่อให้ได้องค์ที่เหมาะสมในการสอดรับกับพื้นที่การวางของ แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และมีพนักงานตรวจสอบตัวงานหลังจากการขึ้นรูปชิ้นส่วนตัวงาน รวมทั้งควบคุมตัวเครื่องจักรระหว่างกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 4.2



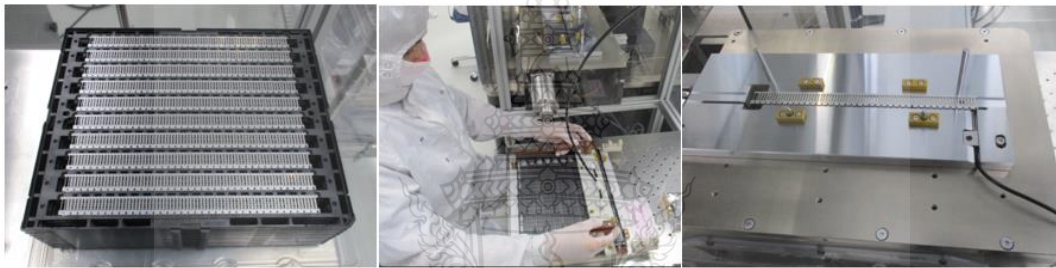
สัญลักษณ์



รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นส่วนตัวงาน

4.1.1 ป้อนชิ้นงานเข้าเครื่อง

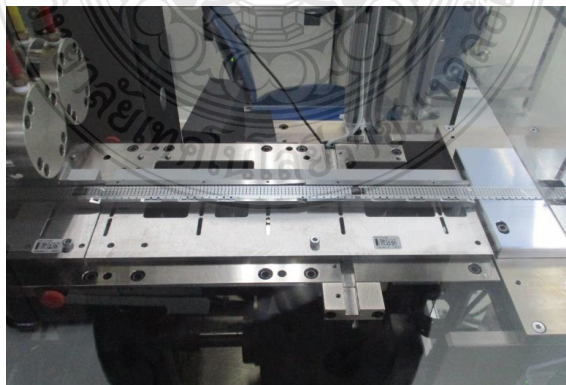
วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้เป็นการป้อนงานเข้าสู่ตัวเครื่องเพื่อเริ่มกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงาน เนื่องจากงานที่รับมานั้นมีลักษณะเป็นแถบยาว (Strip) และبوبบางมากจึงต้องบรรจุไว้ใน ถาดสำหรับกระบวนการผลิต (Tray-In process) และแพ็คไว้อย่างแน่นหนา เพื่อไม่ให้เกิดอาการเสีย (Defect) ขึ้นจากการขนส่งระหว่างสถานีของกระบวนการผลิต เมื่อมีการนำชิ้นมายังเครื่องขึ้นรูปขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ พนักงานจะทำการแกะ แพ็คอย่างรอบคอบเพื่อลดผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อตัวงานน้อยที่สุด งานที่รับมานั้นมีลักษณะเป็นแถบยาว และبوبบางมาก จึงทำให้การป้อนงานเข้าเครื่องต้องใช้เครื่องมือจัดการ (Handling Tool) เข้ามาเพื่อหยิบจับชิ้นงานและลดโอกาสการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การหยิบจับชิ้นงานเพื่อป้อนเข้าสู่ตัวเครื่อง

4.1.2 ลำเลียงแถบงานเข้าสู่แม่พิมพ์

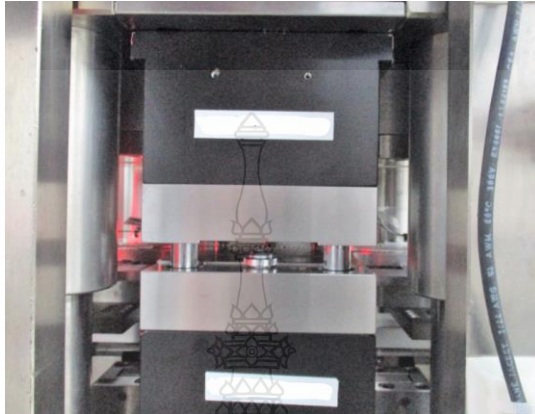
เป็นขั้นตอนที่เครื่องจะลำเลียงแถบของชิ้นงานเข้าสู่แม่พิมพ์ โดยตัวเครื่องจะมี พินลำเลียง (Pin Feed) ใช้เพื่อทำการเกี่ยวแถบของชิ้นงานเพื่อป้อนเข้าสู่แม่พิมพ์ตามขั้นตอนการที่แม่พิมพ์ทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 พินพีดลำเลียงชิ้นงานของเครื่อง

4.1.3 แม่พิมพ์ทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนนี้เป็น การขึ้นรูปตัวงานให้ได้องศาตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ โดยจะมีพินพิดลำเลียงแถบงานเข้าสู่แม่พิมพ์อย่างสัมพันธ์กัน ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แม่พิมพ์ทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

เมื่องานถูกป้อนเข้าสู่แม่พิมพ์ พินซ์ของแม่พิมพ์จะทำการกดขึ้นรูปตัวงานให้ได้องศาตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้เพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน และจะมีการกดขึ้นรูปชิ้นงานด้วยกัน 2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การขึ้นรูปขั้นต้น (Pre-Form)

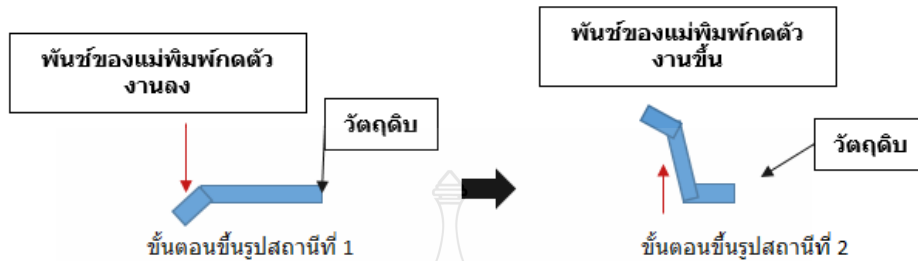
ในขั้นตอนนี้พินซ์ของแม่พิมพ์จะทำการกดส่วนปลายขาของตัวงานลงให้ได้องศาตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การขึ้นรูปขั้นต้น (Pre-Form)

2. การขึ้นรูปหลัก (post-Form)

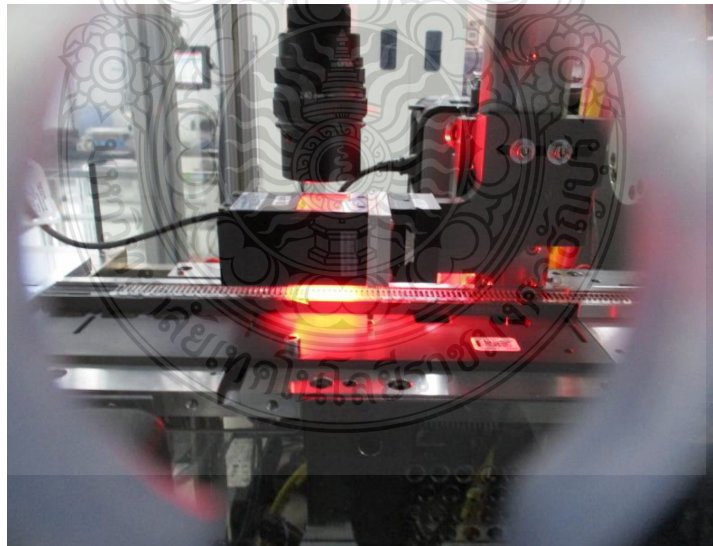
ในขั้นตอนนี้พื้นซ์ของแม่พิมพ์จะทำการดันส่วนของตัวงานให้ยกตัวขึ้นตามองศาตามเงื่อนไข ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การขึ้นรูปหลัก (Post-Form)

4.1.4 การตรวจงานด้วยเครื่องอัตโนมัติ

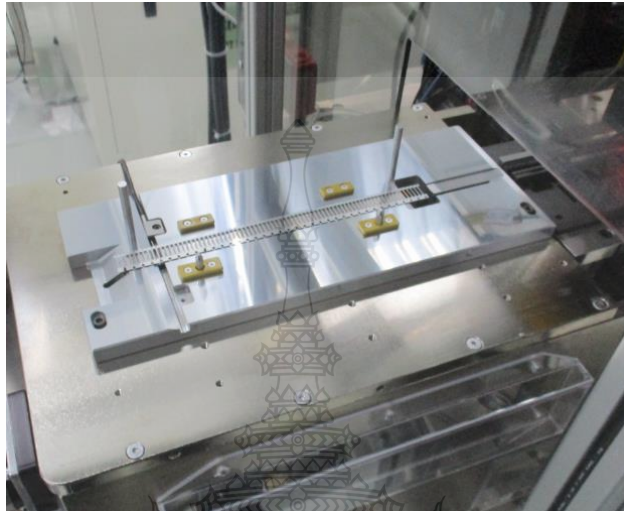
ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เสร็จหลังจากการขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว โดยหลักการทำงานคือ ฟินพิตจะทำการป้อนแถบของชิ้นงานผ่านกล้องตรวจสอบชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.8 และหากกล้องตรวจสอบพบงานเสีย เครื่องจะทำการบันทึกตำแหน่งของตัวงานที่เสียเข้าสู่ระบบโดยอ้างอิงหมายเลขของแถบชิ้นงาน ส่วนงานที่เสียจะมีการทำเครื่องหมายข้อบกพร่องในกระบวนการสุดท้ายของกระบวนการผลิต



รูปที่ 4.8 กล้องตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติ

4.1.5 การลำเลียงงานไปยังพื้นที่รับงานออก

ขั้นตอนนี้จะเป็นการลำเลียงแถบไปยังพื้นที่รับงานหลังจากทำการตรวจสอบด้วยเครื่องอัตโนมัติเรียบร้อยแล้ว แถบของชิ้นงานจะไปหยุดตรงบริเวณรับงานออกของเครื่อง เพื่อให้พนักงานนำงานออกจากเครื่องจักร ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การลำเลียงงานไปยังพื้นที่รับงานออก

4.1.6 เอางานออกจากเครื่องเข้าสู่ Tray-In process

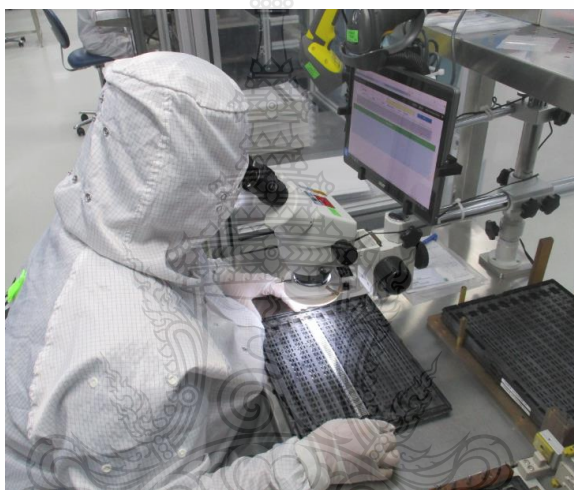
เป็นขั้นตอนที่เครื่องจักรลำเลียงแถบชิ้นงานมาหยุดตรงบริเวณรับงานออกเพื่อให้พนักงานใช้เครื่องมือจัดการ(Handling Tool) หยิบงานออกจากเครื่องจักร เพื่อนำไปวางในถาดรองรับชิ้นงานภายในกระบวนการ (Tray In-Process) ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ขั้นตอนเอางานออกจากเครื่องเข้าสู่ Tray-In process

4.1.7 การสุ่มตรวจงานด้วยสายตา

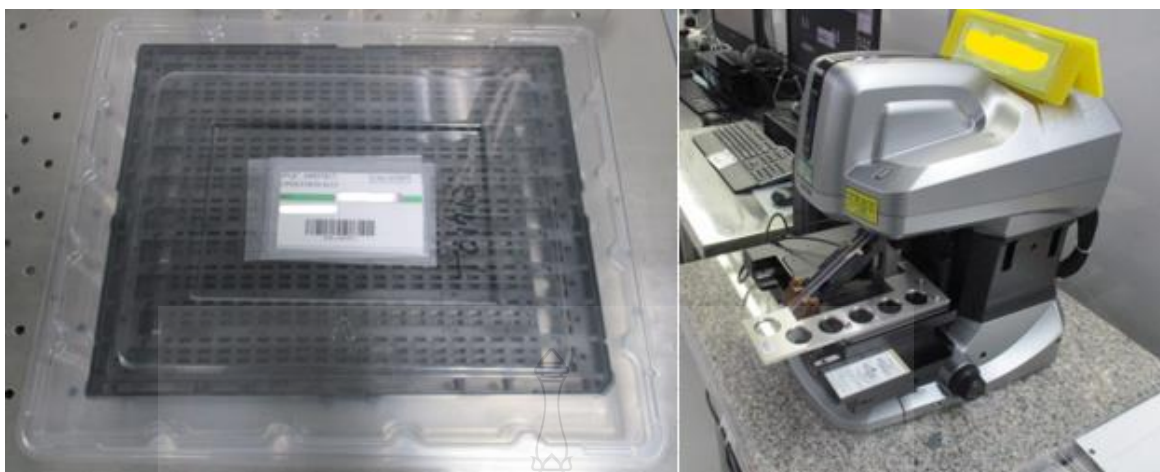
หลังจากที่พนักงานเองงานออกจากเครื่องนำไปวางในถาดรองรับชิ้นงานภายในกระบวนการ (Tray In-Process) จนเต็มแล้ว 1 ถาด พนักงานจะทำการสุ่มตรวจงานแถบสุดท้ายในถาดรองรับชิ้นงานภายในกระบวนการ เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้วยสายตาภายใต้กล้อง Microscope ที่กำลังขยาย 20X ดังรูปที่ 4.11 หากพนักงานตรวจสอบพบข้อบกพร่องหรืองานเสีย พนักงานจะทำการบันทึกตำแหน่งของตัวงานที่เสียเข้าสู่ระบบโดยอ้างอิงหมายเลขของแถบชิ้นงาน ส่วนงานที่เสียจะมีการทำเครื่องหมายข้อบกพร่องในกระบวนการสุดท้ายของกระบวนการผลิต



รูปที่ 4.11 ขั้นตอนการสุ่มตรวจงานด้วยสายตา

4.1.8 การสุ่มตรวจงานด้วยการวัด

ทำการส่งวัดเพื่อยืนยันคุณภาพของตัวงานตรงตามเงื่อนไขและข้อกำหนดในการผลิต เป็นการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานด้วยการวัดชิ้นงานหลังขึ้นรูปได้ตรงตามที่ลูกค้ากำหนด โดยการที่พนักงานจะนำแถบหลังจากการสุ่มตรวจคุณภาพด้วยสายตาไป ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 การสุ่มตรวจงานด้วยการวัด

4.1.9 ตรวจงานด้วยสายตา 100%

ขั้นตอนนี้เมื่อเครื่องจักรขึ้นรูปชิ้นงานจนจบล็อต พนักงานจะนำงานทั้งล็อตผ่านการตรวจสอบด้วยสายตา 100% เพื่อควบคุมคุณภาพของชิ้นงานภายใต้กล้อง Microscope ที่กำลังขยาย 20X ดังรูปที่ 4.13 หากพนักงานตรวจสอบพบข้อบกพร่องหรืองานเสีย พนักงานจะทำการบันทึกตำแหน่งของตัวงานที่เสียเข้าสู่ระบบโดยอ้างอิงหมายเลขของแถบชิ้นงาน ส่วนงานที่เสียจะมีการทำเครื่องหมายข้อบกพร่องในกระบวนการสุดท้ายของกระบวนการผลิต



รูปที่ 4.13 การตรวจงานด้วยสายตา 100%

4.1.10 การสุ่มตรวจงาน

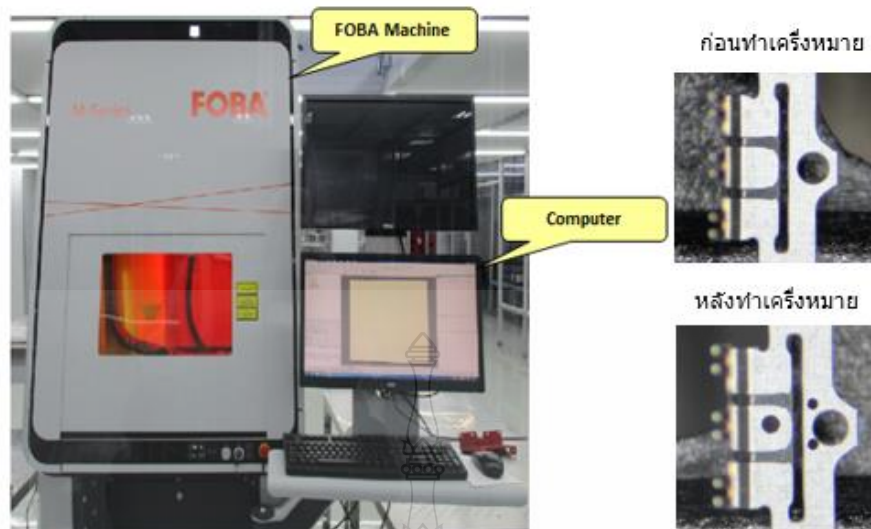
ขั้นตอนนี้เป็น การสุ่มตรวจก่อนจบกระบวนการผลิตเพื่อยืนยันคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนส่งให้ลูกค้า โดยพนักงานตรวจสอบคุณภาพ (Quality Auditor) จะทำการสุ่มตรวจงานด้วยสายตาภายใต้กล้อง Microscope ที่กำลังขยาย 20X ดังรูปที่ 4.14 หากพนักงานตรวจสอบพบข้อบกพร่องหรืองานเสีย พนักงานจะทำการบันทึกตำแหน่งของตัวงานที่เสียเข้าสู่ระบบโดยอ้างอิงหมายเลขของแถบชิ้นงาน และหากพบว่าม้งานเสียจะส่งงานกลับไปตรวจสอบด้วยสายตา 100% อีกครั้งเพื่อไม่ให้งานที่มีข้อบกพร่องหลุดไปถึงมือของลูกค้า ก่อนจะนำงานกลับมาตรวจสอบอีกครั้งจนไม่พบข้อบกพร่องใดๆ



รูปที่ 4.14 การสุ่มตรวจงาน

4.1.11 ทำเครื่องหมายบนตัวงานเสีย

ขั้นตอนนี้เป็น การทำเครื่องหมายบนตัวงานที่มีข้อบกพร่อง เพื่อทำตำหนิบนตัวงานก่อนส่งให้ลูกค้า เนื่องจากกระบวนการของทางโรงงานจะไม่มีการตัดงานออกเป็นตัว แต่จะส่งงานขายทั้งแถบจึงต้องทำเครื่องหมายบนตัวงานที่มีข้อบกพร่องเพื่อให้ทางลูกค้าทราบ ดังรูปที่ 4.15 โดยการทำเครื่องหมายบนตัวงาน ตัวเครื่องจะดึงตำแหน่งข้อบกพร่องบนแถบจากระบบโดยอ้างอิงหมายเลขประจำแถบ และใช้เลเซอร์ทำตำหนิบนตัวงานที่บกพร่อง



รูปที่ 4.15 ทำเครื่องหมายบนตัวงานเสีย

4.1.12 การบรรจุ

จะเป็นขั้นตอนนำงานเข้าบรรจุภัณฑ์และทำการติดฉลากระบุผลิตภัณฑ์ (Label) ก่อนเคลื่อนย้ายสินค้าไปยังคลังสินค้าเพื่อรอจัดส่งต่อไป

4.2 การจัดตั้งทีมแก้ไข้ปัญหา

จากที่ได้ประเมินงานกับแผนกต่างๆ ทำให้ได้ตัวแทนของแผนกต่างๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย ผู้จัดการแผนกควบคุมกระบวนการผลิต หัวหน้างานแผนกควบคุมกระบวนการผลิต ซุปเปอร์ไวเซอร์ แผนกการผลิต วิศวกรแผนกซ่อมบำรุง วิศวกรแผนกซ่อมบำรุงและแม่พิมพ์ ช่างเทคนิคแผนกควบคุมการผลิต วิศวกรแผนกควบคุมคุณภาพการผลิต รวมจำนวนทีมปฏิบัติงานทั้งหมดมี 8 คน ทำให้จุดประสงค์ที่กำหนดไว้เป็นไปตามการดำเนินงาน จึงจัดทำแผนภูมิของคณะดำเนินงานดังรูปที่ 3.7 และกำหนดทิศทางในการวิเคราะห์

4.3 ผลการเลือกปัญหา (Define Phase)

จากการเก็บตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2564 ถึง เดือน มิถุนายน 2564 จะเห็นได้จากการศึกษากระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนกปัญหาหลักมี 5 อันดับ ที่นำมาทำการวิเคราะห์

จากปัญหาการแตกร้าวของส่วนพลาสติก 376 ชิ้นต่อสัปดาห์ เท่ากับ 3,018 DPPM ทำให้ผลผลิตที่สามารถยอมรับได้ที่ 96.92% จากสัดส่วนงานทั้งหมดที่ทำการผลิต และเมื่อนำปัญหาหลัก 5 ประการ มาทำการเปรียบเทียบการเกิดขึ้นของปัญหาจากการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก พบว่าปัญหาการเกิดรอยแตกร้าวบนส่วนของพลาสติกมีอัตราส่วนถึง 73% ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปัญหาหลัก 5 อันดับในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนกเดือนกุมภาพันธ์ 2564 ถึง เดือน มิถุนายน 2564

Date	ก.พ.64	มี.ค.64	เม.ย.64	พ.ค.64	มิ.ย.64	ก.พ. ถึง มิ.ย.64
Input	204,528	23,194	92,997	127,627	3,912,734	4,369,960
Output	199,099	22,052	88,609	122,980	3,438,187	3,512,407
Defect	5,429	1,142	4,388	4,647	21,403	37,904
Overall Defective	2.65%	4.92%	4.72%	3.64%	0.60%	3.10%
%Yield	97.35%	95.08%	95.28%	96.36%	99.41%	96.92%
TSA Yield	99.99%	99.98%	99.98%	99.99%	99.97%	99.97%
FL Yield	97.35%	95.10%	95.30%	96.37%	99.43%	96.95%
DPPM	26544	49237	47184	36411	5470	8674

Defect name	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM
Polyimide Cracks	5109	46478	16259	25896	1590	3012
Gold Plating Scratch	890	949	237	251	3	62
AOI Reject	606	0	6452	2954	1183	1311
Bend – Main body	176	388	9549	1152	231	454
Scratch	93	819	11	55	4	14
Contamination	68	259	323	235	82	91
Extra Stainless Steel	15	0	22	0	2	3
Missing Stainless Steel	15	129	32	16	18	19
Dent	10	43	22	55	6	8
Carrier Strip Missing / Damaged SST	5	0	11	0	154	138

Defect name	ก.พ.64	มี.ค.64	เม.ย.64	พ.ค.64	มิ.ย.64	ก.พ. ถึง มิ.ย.64
Polyimide Cracks	1045	1078	1512	3305	6223	13163
Gold Plating Scratch	182	22	22	32	13	271
AOI Reject	124	0	600	377	4628	5729
Bend – Main body	36	9	888	147	903	1983
Scratch	19	19	1	7	16	62
Contamination	14	6	30	30	319	399
Extra Stainless Steel	3	0	2	0	8	13
Missing Stainless Steel	3	3	3	2	72	83
Dent	2	1	2	7	25	37
Carrier Strip Missing / Damaged SST	1	0	1	0	603	605
Total Defect	5,429	1,142	4,388	4,647	21,403	37,904

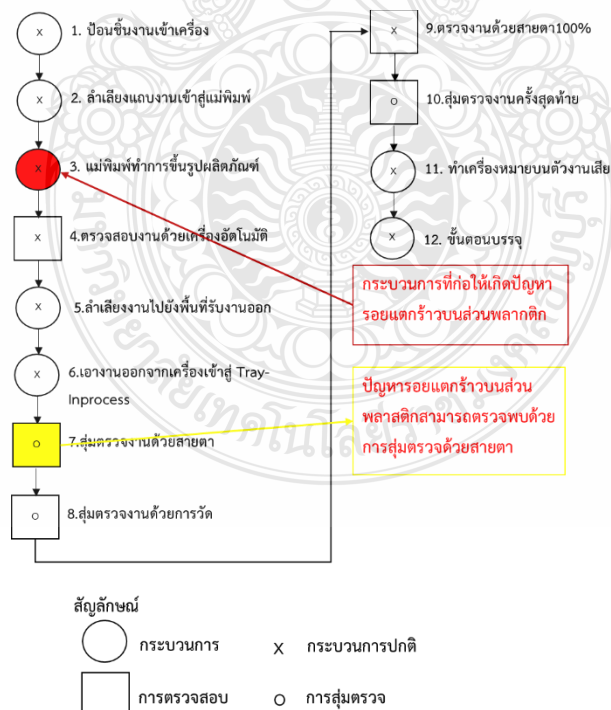
ข้อมูลจะแสดงถึงปัญหาที่เกิดขึ้นหลังการขึ้นรูปขึ้นส่วนและกระทบด้านคุณภาพมากที่สุดคือการแตกบนส่วนพลาสติกหลังจากการขึ้นรูป ในขั้นตอนกระบวนการขึ้นรูปขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในโมเดลอินเตอร์คอนเนก สูงถึง 13,163 ตัว หรือคิดเป็นสัดส่วนของเสียจะเท่ากับ 3,012 DPPM ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่สามารถยอมรับได้อยู่ที่ร้อยละ 96.92 ผลผลิตทั้งหมด ซึ่งผู้ดำเนินงานและคณะทำงานได้เลือกปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกไปดำเนินการวิเคราะห์แก้ไขต่อ

4.4 การวัดผล (Measurement Phase)

4.4.1 การศึกษาขั้นตอนการไหลของกระบวนการ (Process Mapping)

หลังจากเข้าไปวิเคราะห์กระบวนการผลิตอย่างเต็มรูปแบบในหัวข้อที่ 4.1 ทำให้เขียนแสดงการไหลของกระบวนการขึ้นรูปขึ้นส่วนตั้งแต่รับวัตถุดิบเข้ามามีการขึ้นรูปเป็นขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ดังแสดงในรูปที่ 4.16

หลังจากดำเนินการวิเคราะห์กระบวนการผลิตทั้งหมดที่ส่งผลทำให้เกิดปัญหาการเกิด การแตกของส่วนพลาสติกจะส่งผลกระทบต่อขั้นตอนกระบวนการที่ 3 คือ ขั้นตอนของแม่พิมพ์ทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ (Forming part) เป็นขั้นตอนที่สามารถตรวจเจอปัญหาการเกิดรอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกได้ 100% โดยขั้นตอนที่ 7. คือขั้นตอนการสุ่มตรวจวัดคุณภาพงานด้วยสายตา

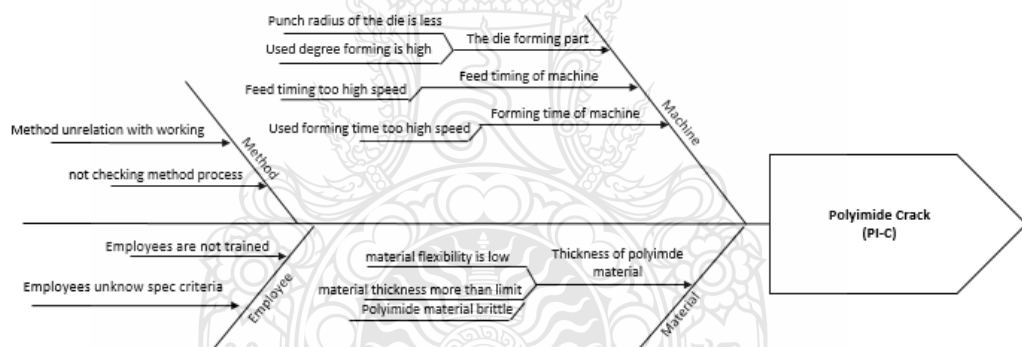


รูปที่ 4.16 กระบวนการที่จะก่อให้เกิด ปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติก

4.4.2 ผลการวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

วิเคราะห์หาสาเหตุที่ก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการโดยทำการระดมสมอง หลังจากทำการวิเคราะห์กระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนกทั้งกระบวนการทำให้ทราบถึงตัวแปรที่ส่งผลกระทบกับกระบวนการ

ทำให้พบปัญหาหลักของงานวิจัยคือ การแตกบนส่วนพลาสติก ทางผู้ดำเนินงานและคณะทำงานงานโดยที่มีวิศวกรและผู้เกี่ยวข้องจากหลายด้านช่วยกันระดมสมอง ซึ่งจากแผนภาพแสดงสาเหตุและผลของปัจจัยจะแสดงถึงสาเหตุที่ของปัญหาที่เป็นไปได้นั้นมีจำนวนมาก โดยใช้แผนภาพแสดงสาเหตุและผลของปัจจัยดังรูปที่ 4.17 มาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาดังกล่าว แต่ปัญหาหลักจะลงไปใน การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรในส่วนขั้นตอนของแม่พิมพ์ทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ (Forming part) ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ แต่ผู้ดำเนินงานและคณะทำงานมีความจำเป็นที่ต้องหาปัจจัยที่สำคัญมาวิเคราะห์ความบกพร่อง และพิจารณาว่าสาเหตุใดบ้างที่ควรเป็นปัญหาว่าสาเหตุใดบ้างที่ควรนำมาแก้ไข ปัญหาและผลกระทบเพื่อให้คะแนน และนำคะแนนไปสร้างแผนภาพพาเรโต



รูปที่ 4.17 แผนภาพแสดงเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติก

4.4.3 ผลการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis)

เพื่อนำสาเหตุที่ได้เขียนลงไปในแผนภาพการไหลและทำการวิเคราะห์ต่อในการวิเคราะห์ตามความบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการ จึงดำเนินการวิเคราะห์ผลกระทบที่มีผลมาจากกระบวนการผลิตที่มีความผิดพลาด เพื่อให้ค้นหาสาเหตุที่ปัจจัยจริงที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาเริ่มจากการประชุมภายใต้แนวคิดจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและประชุมคณะดำเนินงาน ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ

Process	Potential failure mode	Potential failure effect	S	Potential causes	O	Current control	D	RPN
Material	Incoming material	Polyimide Crack defect	8	thickness material more than limit	5	IQA (Incoming Quality Audit), Measurement audit by machine	4	160
Material	Incoming material	Polyimide Crack defect	8	Material flexibility is low	5	IQA (Incoming Quality Audit), Measurement audit by machine	4	160
Machine	De-tap Forming machine	Polyimide Crack defect	8	Use forming time too high speed	6	WI (Working Instruction), Maintain speed limit control	4	192
Machine	De-tap Forming machine	Polyimide Crack defect	8	Feed part timing too high speed	5	WI (Working Instruction), Maintain speed limit control	4	160
Machine	De-tap Forming machine	Polyimide Crack defect	8	Used degree forming is high	8	Drawing	6	384
Machine	De-tap Forming machine	Polyimide Crack defect	8	Punch radiu of the die is less	8	Drawing	5	320
Method	Method process	Polyimide Crack defect	7	Method unrelatoin with working	1	WI (Working Instruction), Cause training for maintain quality	3	21
Employee	Operator machine	Polyimide Crack defect	7	Employee are not trained	1	WI (Working Instruction), Cause training for maintain quality	2	14
Employee	Operator visual	Polyimide Crack defect	7	Employee unknow defect criteria	1	WI (Working Instruction), Cause training for maintain quality	2	14

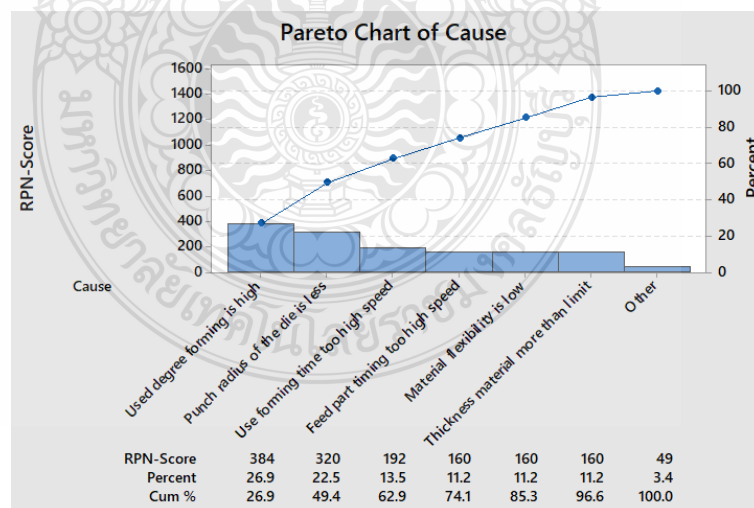
จากผลการวิเคราะห์ FMEA นำค่า RPN ทั้งหมดมาวิเคราะห์จากการแสดงผลการวิเคราะห์ความบกพร่องจัดเรียงลำดับจากมากไปน้อยแล้วทำการกรองข้อบกพร่องทั้งหมด 11 ปัจจัย และวิเคราะห์ข้อบกพร่องของสาเหตุจะต้องนำมาทำการปรับแก้ไขปัญหาด้วยหลักการพาเรโตซึ่งประกอบไปด้วย 9 ปัจจัยดังตารางที่ 4.3 เพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาด้วยหลักการพาเรโตต่อไป โดยจะยึดเอาปัญหาที่มีค่า RPN-Score มากกว่า 100 คะแนน ดังรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.3 ผลสรุปลำดับคะแนนในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบที่สำคัญ

ลำดับ	สาเหตุ	RPN-Score
1	องศาการขึ้นรูปที่ใช้อยู่ในระดับสูง (Used degree forming is high)	384
2	รัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์น้อย (Punch radius of the die is less)	320
3	เวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วสูงเกินไป (Use forming time too high speed)	192
4	วัสดุมีความหนาเกินที่กำหนด (Thickness material more than limit)	160
5	ความยืดหยุ่นของวัสดุต่ำ (Material flexibility is low)	160
6	เวลาป้อนชิ้นส่วนใช้ความเร็วสูงเกินไป (Feed part timing too high speed)	160
7	วิธีการไม่สัมพันธ์กับการทำงาน (Method unrelatation with working)	21
8	พนักงานไม่ได้รับการฝึกอบรม (Employee are not trained)	14
9	พนักงานไม่ทราบเกณฑ์ข้อบกพร่อง (Employee unknow defect criteria)	14

4.4.4 ผลการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโตเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหา

โดยหลักที่ใช้พิจารณาข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 100 มาทำการแก้ไข แต่ในงานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์การกรองข้อบกพร่องมาดำเนินการแก้ไขโดย จะทำการเลือกพิจารณาข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 100 มาเป็นเกณฑ์ จากค่าตัวเลขระดับความเสี่ยง (RPN) ซึ่งมาจากผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการผลิตที่ทำการวิเคราะห์ข้างต้นสามารถนำมาสร้างแผนภาพพาเรโต เพื่อทำการกรองปัจจัยข้อบกพร่องที่สำคัญ และวิเคราะห์ทางด้านของข้อบกพร่องที่เป็นสาเหตุที่ควรนำมาทำการปรับปรุงและแก้ไขปัญหา ดังรูปที่ 4.18 โดยพื้นฐานของการคัดกรองข้อบกพร่องที่สำคัญโดยใช้หลักการพาเรโต คือ ข้อบกพร่องที่มีจำนวนน้อย โดยใช้ตัวเลข 80 : 20



รูปที่ 4.18 แผนภาพพาเรโตเรียงตามลำดับค่า RPN

จากรูปที่ 4.18 แสดงความบกพร่องที่มีผลต่อการเกิดรอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกจากการขึ้นรูปขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก ที่ได้คัดเลือกมามีดังนี้ องค์การขึ้นรูปที่ใช้อยู่ในระดับสูง (Used degree forming is high) 384 คะแนน รัศมีพunchของแม่พิมพ์น้อย (Punch radius of the die is less) 320 คะแนน เวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วสูงเกินไป (Use forming time too high speed) 192 คะแนน วัสดุมีความหนาเกินที่กำหนด (thickness material more than limit) 160 คะแนน ความยืดหยุ่นของวัสดุต่ำ (Material flexibility is low) 160 คะแนน เวลาป้อนชิ้นส่วนใช้ความเร็วสูงเกินไป (Feed part timing too high speed) 160 คะแนน

ระดับของข้อบกพร่องที่ทำการเลือกนี้มีคะแนน RPN-Score ตั้งแต่ 100 คะแนน และปัญหาที่เกิดขึ้นจากข้อบกพร่องเหล่านี้มีมาตรฐานการผลิตยังไม่เหมาะสมที่ทำให้เกิดปัญหาน้อยที่สุด จะนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติม

4.4.5 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis)

โดยทำการตัดสินใจจากข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบที่มาของปัญหาได้ โดยที่ข้อมูลการวัดจะต้องผ่านการตรวจสอบความแม่นยำของระบบวัด เพื่อประกอบการตัดสินใจ และในกรณีที่ผลหลังการประเมินไม่สามารถยอมรับได้จะต้องกลับไปแก้ไขในส่วนของระบบวัดอีกครั้ง

4.4.5.1 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบชิ้นงาน (Operator visual audit Inspection)

การวิเคราะห์กระบวนการวัดคุณภาพของพนักงานตรวจสอบชิ้นงานเพื่อแยกแยะของดีและของเสีย จะวิเคราะห์ด้วยพนักงานจำนวน 3 คน โดยใช้ตัวอย่างงานมาตรฐานจากกระบวนการผลิตจำนวน 1 แถบ (Strip) สำหรับงาน 1 แถบ จะมีงานในแถบทั้งหมด 296 ตัว สำหรับตัวอย่างที่นำมาทำการทดลองจะเลือกใช้ชิ้นงานมาตรฐานจำนวน 1 แถบ แต่จะให้พนักงานดูงานจริงแค่ 30 ตัว ซึ่งในงานกลุ่มนี้จะมียานคุณภาพอยู่ 15 ตัว และชิ้นส่วนเสียที่เกิดการแตกร้าวบนส่วนพลาสติก 15 ตัว ในการทดสอบพนักงาน จะทำการทดสอบคนละ 2 รอบ ดังรูปที่ 4.13

จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมอัตโนมัติที่มีชื่อว่า Attribute Agreement Analysis for Assessment โดยเกณฑ์การวิเคราะห์ระบบขั้นตอนการวัดต้องดูที่คะแนนความถูกต้องที่ยอมรับได้ (Accuracy Acceptable) ของผู้ทดสอบจะต้องมีคะแนน 100 คะแนนถึงจะสามารถยอมรับผลจากการวัดได้ จากคุณภาพของพนักงานตรวจสอบชิ้นงาน แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษา Attribute Agreement Analysis for Assessment ของพนักงานตรวจสอบ
ชิ้นงานในการตรวจจับปัญหา

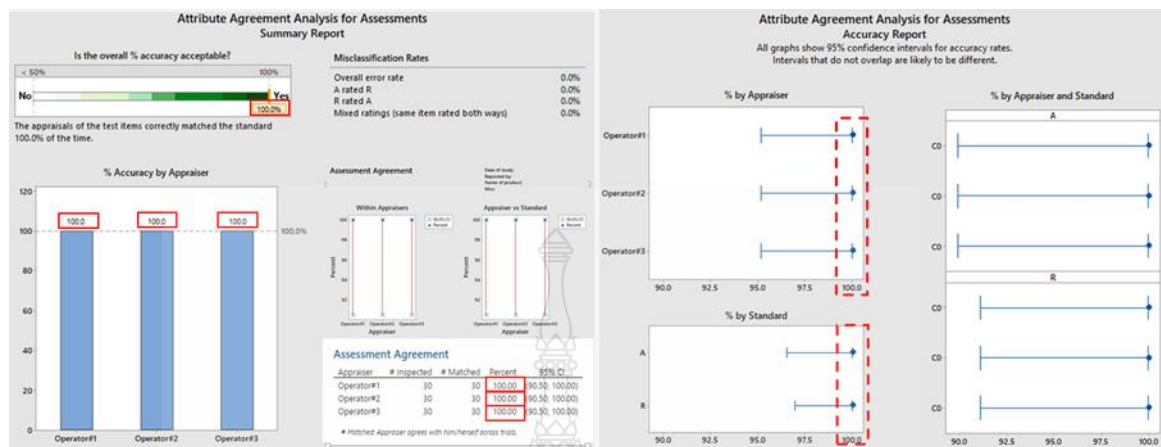
Sample part		Operator#1		Operator#2		Operator#3	
S/N	Master	1	2	1	2	1	2
1	A	A	A	A	A	A	A
2	R	R	R	R	R	R	R
3	A	A	A	A	A	A	A
4	R	R	R	R	R	R	R
5	R	R	R	R	R	R	R
6	A	A	A	A	A	A	A
7	R	R	R	R	R	R	R
8	R	R	R	R	R	R	R
9	A	A	A	A	A	A	A
10	R	R	R	R	R	R	R
11	R	R	R	R	R	R	R
12	A	A	A	A	A	A	A
13	R	R	R	R	R	R	R
14	A	A	A	A	A	A	A
15	R	R	R	R	R	R	R
16	A	A	A	A	A	A	A
17	R	R	R	R	R	R	R
18	A	A	A	A	A	A	A
19	R	R	R	R	R	R	R
20	A	A	A	A	A	A	A
21	R	R	R	R	R	R	R
22	A	A	A	A	A	A	A
23	R	R	R	R	R	R	R
24	R	R	R	R	R	R	R
25	A	A	A	A	A	A	A
26	A	A	A	A	A	A	A
27	R	R	R	R	R	R	R
28	A	A	A	A	A	A	A
29	A	A	A	A	A	A	A
30	A	A	A	A	A	A	A

สัญลักษณ์

A หมายถึง งานที่ผ่านมาตรฐานการผลิต (Accept)

R หมายถึง งานที่เกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก (Reject)

ผลการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Attribute Agreement Analysis for Assessment แสดงดัง
รูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 รายงานการวิเคราะห์ระบบวัดด้วย Attribute Agreement Analysis for Assessment

จากรูปที่ 4.19 แสดงรายงานการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วย Attribute Agreement Analysis for Assessment จากหลักการค่าความถูกต้องที่ยอมรับได้ (Accuracy Acceptable) ของพนักงานตรวจสอบชิ้นงานอยู่ที่ 100 คะแนนซึ่งแสดงได้ว่าพนักงานตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานทั้ง 3 คน คุณสมบัติเพียงพอในการตรวจจับคุณภาพและแยกแยะของดีและของเสียตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด 100% ในส่วนของระบบการวัดพนักงานมีคุณสมบัติที่เพียงพอที่จะนำไปวัดผลจากกระบวนการที่ทำการศึกษา เพื่อนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ในการทดสอบ

4.4.5.2 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นงาน

ขั้นตอนวิเคราะห์จะดำเนินการจัดเตรียมงานคุณภาพที่ผ่านมาตรฐานการผลิตจำนวน 16 ชิ้น ให้ผู้ปฏิบัติงานคือพนักงาน 2 คน ทำการวัดงานคนละ 3 รอบ จำนวนครั้งในการวัดรวมทั้งสามคนจะเป็นจำนวนการวัด 96 ครั้ง ผลที่ได้จากการวัดจะนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติมาพิสูจน์ความมีนัยสำคัญของการผันแปร มาช่วยโดยใช้โปรแกรม Minitab 18 ทำการวิเคราะห์จะโดยมีค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ($\bar{X} - R$) ของการวิเคราะห์ ซึ่งวิธีนี้จะสามารถแยกการผันแปรออกเป็น Reproducibility และ Repeatability โดยใช้เกณฑ์ในการวัดผลจะดูจาก % Contribution ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ต้องน้อยกว่า 2% จากการวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นงานของพนักงาน โดยใช้เครื่องวัดองศาของการขึ้นรูปชิ้นส่วนแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลผลการวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นงาน (Angle Body part degree)

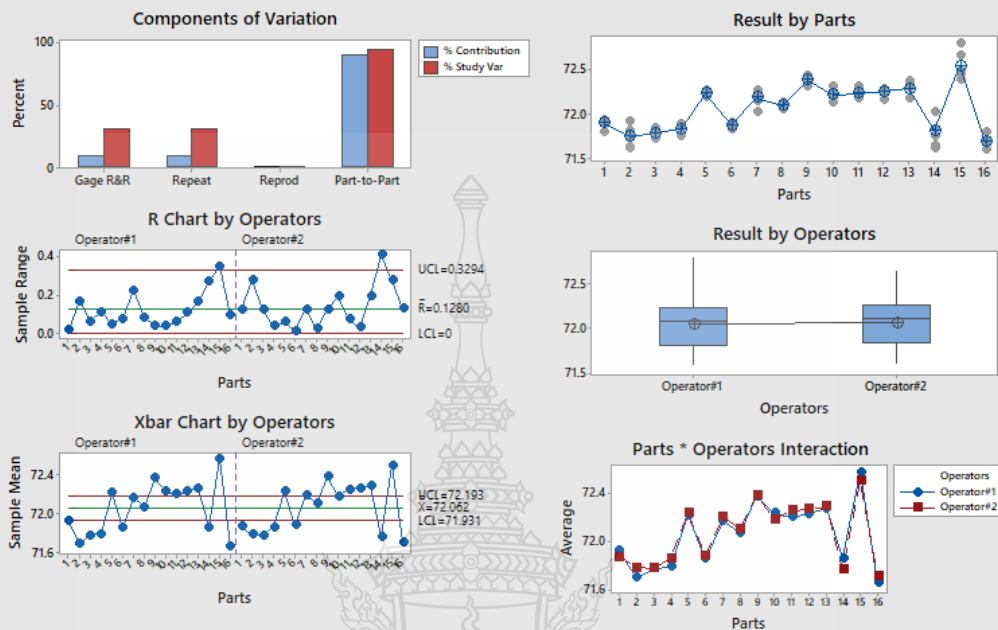
Sample	EN.746793			EN.10246		
	Trial#1	Trial#2	Trial#3	Trial#1	Trial#2	Trial#3
1	71.9285	71.9107	71.9301	71.7981	71.8916	71.9208
2	71.7766	71.6101	71.711	71.911	71.8119	71.6341
3	71.8126	71.7724	71.7513	71.7183	71.7847	71.838
4	71.7523	71.8639	71.758	71.8676	71.8763	71.8392
5	72.238	72.189	72.2248	72.2616	72.2032	72.2262
6	71.828	71.9034	71.842	71.8875	71.8768	71.8864
7	72.246	72.2308	72.0222	72.2654	72.1919	72.1414
8	72.0491	72.0422	72.1261	72.114	72.1116	72.0907
9	72.3708	72.3546	72.3903	72.4234	72.4214	72.2992
10	72.2525	72.237	72.2142	72.1201	72.3098	72.1179
11	72.1698	72.208	72.2262	72.2323	72.2305	72.3011
12	72.256	72.2686	72.1622	72.2487	72.2777	72.2741
13	72.2881	72.342	72.1777	72.3253	72.1747	72.3694
14	71.8267	71.7455	72.0142	71.6193	71.6495	72.0259
15	72.4716	72.4432	72.7928	72.4739	72.6515	72.3777
16	71.6896	71.6901	71.5978	71.6582	71.6952	71.7872
Min	71.6896	71.6101	71.5978	71.6193	71.6495	71.6341
Max	72.4716	72.4432	72.7928	72.4739	72.6515	72.3777
Stdev	0.2544157	0.2659303	0.2992381	0.2778871	0.2834561	0.2308133
Averg	72.059763	72.050719	72.058806	72.057794	72.072394	72.070581

หลังจากได้ข้อมูลการวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นงานของพนักงานโดยใช้เครื่องวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นงานได้ดังตารางที่ 4.5 ต่อมาเป็นการนำเอาผลมาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Minitab ได้ผลดังรูปที่ 4.20 และรูปที่ 4.21 โดยแปลความหมายของกราฟจำเป็นต้องตรวจสอบข้อมูลกราฟ

Gage R&R (ANOVA) Report for Result

Gage name:
Date of study:

Reported by:
Tolerance:
Misc:



รูปที่ 4.20 การทวนสอบข้อมูลการวัดองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

ในรูปที่ 4.20 พบว่า กราฟ X-Bar chart จะสามารถเห็นถึงความแตกต่างเพียงเล็กน้อยจากอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานและชิ้นงานบนแผนภาพแสดงว่าพนักงานการวัดอย่างมีนัยสำคัญ กับชิ้นงานไม่มีอิทธิพลร่วมกัน กราฟที่แสดงผลของชิ้นงานสื่อให้เห็นเป็นชิ้นงานเดียวกัน ซึ่งมีรูปแบบที่แน่นอนระหว่างกราฟพลอตกับพนักงานที่ทำกรวัด ทำให้เห็นได้ว่าไม่มีความต่างระหว่างพนักงานทั้ง 2 คน

Gage R&R

Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0068732	9.50
Repeatability	0.0068732	9.50
Reproducibility	0.0000000	0.00
Operators	0.0000000	0.00
Part-To-Part	0.0654915	90.50
Total Variation	0.0723647	100.00

Gage Evaluation

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.082905	0.49743	30.82
Repeatability	0.082905	0.49743	30.82
Reproducibility	0.000000	0.00000	0.00
Operators	0.000000	0.00000	0.00
Part-To-Part	0.255913	1.53548	95.13
Total Variation	0.269007	1.61404	100.00

รูปที่ 4.21 ผลการคำนวณ Gage R&R และกราฟแผนภาพจากโปรแกรม

จากรูปที่ 4.21 จะเห็นได้ว่า %Contribution เท่ากับ 9.50% แสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากเครื่องมือวัดต้องการปรับปรุงขึ้นงานมีความผันแปรเนื่องจากเครื่องมือวัดถึง 9.5% ซึ่งเกณฑ์การยอมรับอยู่ต่ำกว่า 2% เนื่องด้วยตัวงานมีขนาดเล็กซึ่งทางโรงงานได้มีการตกลงร่วมกันกับทางลูกค้าเกี่ยวกับการเพิ่ม %Contribution อยู่ที่ 10% ดังนั้น แสดงว่าเครื่องมือวัดต้องการปรับปรุงขึ้นส่วนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.5 ผลการวิเคราะห์ผล (Analyze Phase)

จากการวัดผล (Measurement Phase) แสดงถึงสาเหตุที่เป็นปัญหาและส่งผลกระทบต่อให้นำมาทำการวิเคราะห์ 6 สาเหตุดังนี้

1. องศาการขึ้นรูปที่ใช้อยู่ในระดับสูง (Used degree forming is high)
2. รัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์น้อย (Punch radius of the die is less)
3. เวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วสูงเกินไป (Use forming time too high speed)
4. วัสดุมีความหนาเกินที่กำหนด (thickness material more than limit)
5. ความยืดหยุ่นของวัสดุต่ำ (Material flexibility is low)
6. เวลาป้อนชิ้นส่วนใช้ความเร็วสูงเกินไป (Feed part timing too high speed)

แนวทางการวิเคราะห์นั้นจะศึกษาที่ละสาเหตุ ด้วยวิธีการแบบ 2 Proportion โดยวิเคราะห์ว่าปัจจัยที่แท้จริงของการเกิดปัญหาย่อยแตกราวบนส่วนพลาสติก โดยในการทดลองนี้จะมีจุดประสงค์เพื่อลดปัจจัยที่มีโอกาสออกไปโดยเป็นการกรองเฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ

4.5.1 ผลการหาจำนวนตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลอง (Power and Sample size)

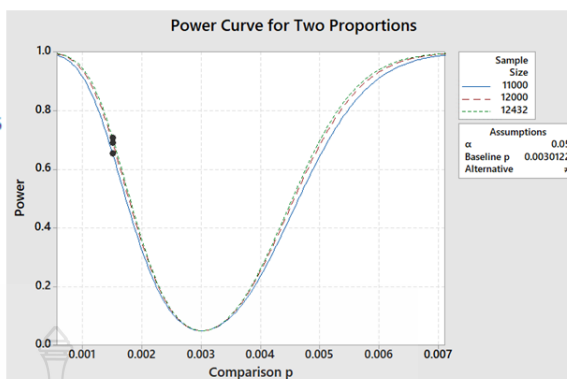
เป็นการหาจำนวนตัวอย่าง (Sample size) ตามที่ชี้แจงโดยให้สัดส่วนของเสียของประชากรกลุ่มแรกอยู่ที่ 0.003012156 (จากอัตราส่วนของเสีย ณ ปัจจุบัน) สำหรับอัตราส่วนของเสียของประชากรอีกกลุ่มที่ 0.00150596 (เป็นอัตราส่วนของเสียที่วางไว้) ซึ่งในการทดลองนี้เราใส่ค่าของอยู่ในช่วง 12,432 ขึ้น ในหัวข้อที่ 3.6.1 จะทำการพิจารณาอัตราของเสียที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับซึ่งจำนวนชิ้นงานมาตรฐานที่ทีมงานสามารถปฏิบัติได้จริงและตรงตามแนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์ โดยนำเอาโปรแกรม Minitab 18 มาทำการวิเคราะห์จากนั้น วิเคราะห์จำนวนชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.22

Power and Sample Size

Test for Two Proportions
Testing comparison p = baseline p (versus ≠)
Calculating power for baseline p = 0.00301216
 $\alpha = 0.05$

Results

Comparison p	Sample Size	Power
0.0015060	11000	0.652814
0.0015060	12000	0.690602
0.0015060	12432	0.705885



รูปที่ 4.22 ผลการทดสอบการหาจำนวนตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการคำนวณ

จากรูปที่ 4.22 แสดงผลแสดงค่าที่ได้จากความไวที่ขนาดของชิ้นงานอยู่ที่ 12,264 ชิ้น โดยค่ากำลังของตัวอย่างที่ทดสอบที่ 0.705885 จะอยู่ในค่าที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งผลการทดสอบนี้จึงใช้ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำอยู่ที่ 12,432 ชิ้น เพื่อทำการทดลองหานัยสำคัญของข้อบกพร่อง 2 กลุ่มประชากร

4.5.2 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องในเรื่ององศาการขึ้นรูปชิ้นงานอยู่ในระดับสูง (Used degree forming is high)

ปัญหาที่พบคือ เมื่อทำการสู่วัดองศาชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูป พบว่าการขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยองศาที่สูง ทำให้เกิดการดึงผิวบริเวณส่วนของพลาสติก (Polyimide) ซึ่งอาจเป็นแนวโน้มให้เกิดการฉีกขาดหรือแตกชิ้นบนส่วนพลาสติก องศาที่เพิ่มสูงขึ้นจะสามารถตรวจพบเมื่อเครื่องจักรทำงานติดต่อกันหลายชั่วโมงและปัญหานี้จะถูกลบออกเสมอ เพราะการขึ้นรูปชิ้นส่วนของแม่พิมพ์อาศัยพื้นที่ของแม่พิมพ์กดบนชิ้นงานในการขึ้นรูป เมื่อทำงานติดต่อกันเป็นเวลานานพื้นที่ของแม่พิมพ์จะเกิดการคลายตัวจึงทำให้องศาในการขึ้นรูปเพิ่มสูงขึ้นหรือไม่สม่ำเสมอ การแก้ไขหน้างานคือ การปรับตั้งค่าพื้นที่ของแม่พิมพ์เพื่อลดองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนตัวงานลงโดยไม่มีการควบคุมองศาที่เหมาะสม

แนวทางการวิเคราะห์จะทำการควบคุมช่วงขององศาการขึ้นรูปที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.6

เพื่อหาช่วงองศาการขึ้นรูปที่สามารถควบคุมและลดภาวะการดึงผิวของส่วนพลาสติก (Polyimide)

ซึ่งส่งผลกระทบต่อเกิดการเกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกหลังการขึ้นรูป และองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ถูกกำหนดความคลาดเคลื่อนไว้อยู่ที่ $73^{\circ} \pm 5^{\circ}$ หรือกำหนดองศาการขึ้นรูปอยู่ที่ 68° - 78° โดยองศา ($^{\circ}$) เป็นหน่วยวัดมุมทางเรขาคณิต

ตารางที่ 4.6 องศาการขึ้นรูปชิ้นงานที่ทำการควบคุมปัญหาการเกิดการแตกของส่วนพลาสติก

ANGLE_BODY	Input	Output	Polyimide Crack	% Reject
Degree	(Pcs.)	(Pcs.)	(Pcs.)	Polyimide Crack
68°	12,432	12,406	26	0.21%
73°	12,432	12,398	32	0.26%
78°	12,432	12,373	57	0.46%

หมายเหตุ : ช่วงองศาของการขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ทำการควบคุมในปัจจุบันคือ 78° ความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ $73^{\circ} \pm 5^{\circ}$

ผลที่ได้จากการทดลองดังตารางที่ 4.6 แสดงถึงช่วงองศาการขึ้นรูปชิ้นงานที่ 68° เป็นช่วงที่ทำให้ปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติก ลดน้อยลง เป็นผลให้ผู้ทำวิจัยและคณะดำเนินงานจึงเลือกการทำการทดสอบความแตกต่างขององศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ 68° มาเปรียบเทียบกับช่วงองศาการขึ้นรูปชิ้นงาน ณ ปัจจุบันคือ 78° โดยตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

$$H_0: P_1 \leq P_2$$

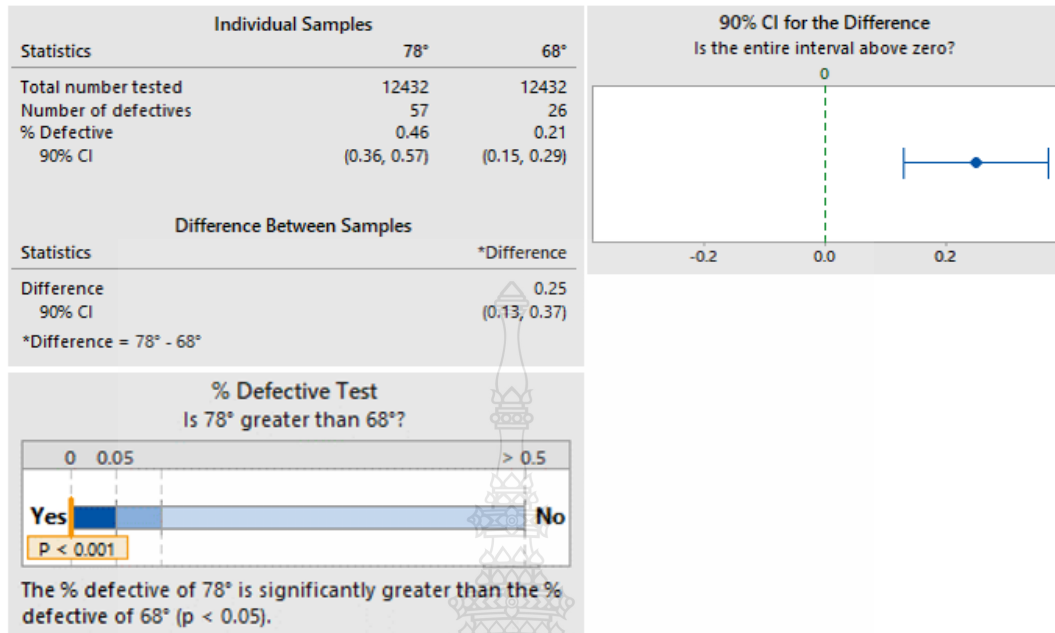
$$H_1: P_1 > P_2$$

P_1 : อัตราการแตกบนส่วนพลาสติก เมื่อองศาขึ้นงานอยู่ที่ช่วง 78°

P_2 : อัตราการแตกบนส่วนพลาสติก เมื่อองศาขึ้นงานอยู่ที่ช่วง 68°

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab ผลการทดลองตามตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของช่วงองศาการขึ้นรูปชิ้นงาน



ผลที่ได้จากการทดลองเมื่อนำค่า P-Value มาทำการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่า P-Value มีค่ามากกว่า ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า P-Value < 0.05 หมายถึง ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ค่า P-Value > 0.05 หมายถึง ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่า P-Value เท่ากับ 0.001 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั้นหมายถึง สัดส่วนที่ส่งผลต่อเกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกเมื่อทำการควบคุมองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ช่วง 68° มีอัตราการเกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการควบคุมองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ ช่วงความสูง 78° ที่ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญ 95%

*หมายเหตุ: ด้วยความคลาดเคลื่อนที่ทางลูกค้ากำหนดมาให้ คือ $73 \pm 5^\circ$ หรือกำหนดองศาการขึ้นรูปอยู่ที่ 68°-78° ถ้าหากออกแบบการทดลองควบคุมองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ช่วง 68° อาจทำให้งานหลุดจากค่าตามเกณฑ์ที่ลูกค้ากำหนด จึงจำเป็นต้องทำการออกแบบการทดลองควบคุมองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ช่วง 73° ซึ่งเป็นค่ากลางตามเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ลูกค้ากำหนดครับ

4.5.3 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องในเรื่องรัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์น้อย (Punch radius of the die is less)

รอยแตกบริเวณส่วนของพลาสติกหลังการขึ้นรูปขึ้นส่วนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อ การเกิดปัญหาคือพื้นที่ส่วนโค้งของชิ้นงานจะทำการขึ้นรูปตามรัศมีส่วนโค้งของพื้นที่ภายในแม่พิมพ์ และเมื่อ รัศมีของพื้นที่ไม่เพียงพอจะเกิดภาวะการพับมุดตัวของชิ้นงานเกิดขึ้น ในกระบวนการขึ้นรูป ผู้ดำเนินงาน และคณะจึงได้ทำการออกแบบการทดลองโดยการออกแบบ รัศมีพื้นที่ของแม่พิมพ์ที่มีรัศมีต่างกันเพื่อหา รัศมีของพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดในการออกแบบการทดลองรัศมีพื้นที่ของแม่พิมพ์ โดยเพิ่มขนาดของรัศมี พื้นที่ของแม่พิมพ์จากที่ใช้อยู่เดิมคือ 0.076 ± 0.0013 mm. (0.003 ± 0.0005 ”) และทางช่างเครื่องมือ ได้สั่งทำรัศมีพื้นที่ของแม่พิมพ์ขึ้นมาเพิ่มขนาดจากเดิมเป็น 0.102 ± 0.0013 mm. (0.004 ± 0.0005 ”) เพื่อทำการเปรียบเทียบ ผลที่ได้การทดลองแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบรัศมีพื้นที่ของแม่พิมพ์กับการเกิดปัญหาการแตกของส่วน

พลาสติก		After forming	Input (Pcs.)	Output (Pcs.)	Polyimide Crack Defect (Pcs.)	% Reject
Angle_Body (°)	Die_Radius (mm.)					
73	0.076 ± 0.0013 (0.003 ± 0.0005 ”)		12,432	12,404	28	0.23%
73	0.102 ± 0.0013 (0.004 ± 0.0005 ”)		12,432	12,417	15	0.12%

หมายเหตุ : การออกแบบรัศมีพื้นที่ของแม่พิมพ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันคือ 0.076 ± 0.0013 mm. (0.003 ± 0.0005 ”)

ผลการทดลองดังตารางที่ 4.8 แสดงถึงรัศมีพื้นที่ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นงานที่ 0.102 mm. (0.004 ”) เป็นช่วงที่ทำให้ปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติก น้อยลง ผู้ดำเนินงานและคณะจึงได้เลือกการทำการทดสอบถึงความแตกต่างในส่วนรัศมีพื้นที่ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ 0.102 mm. (0.004 ”) มาเปรียบเทียบกับช่วงรัศมีพื้นที่ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นงาน ณ ปัจจุบันคือ 0.076 mm. (0.003 ”) โดยตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

$$H_0: P_1 \leq P_2$$

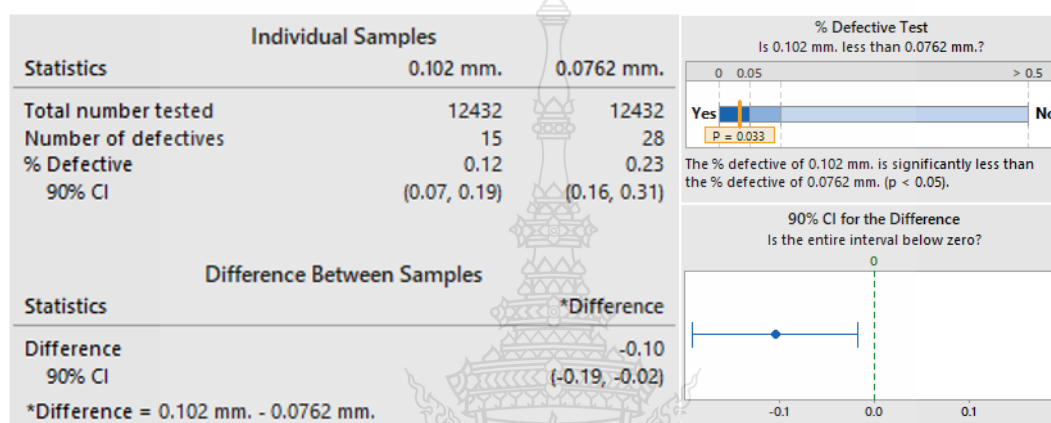
$$H_1: P_1 > P_2$$

P_1 : อัตราการแตกบนส่วนพลาสติก เมื่อรัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นงานที่ช่วง 0.102 mm. (0.004")

P_2 : อัตราการแตกบนส่วนพลาสติก เมื่อรัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นงานที่ช่วง 0.076 mm. (0.003")

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab 18 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของช่วงรัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นงาน



ผลที่ได้จากการทดลองแสดงถึงค่า P-Value ที่ทำการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 จะพบว่า P-Value มีค่าน้อยกว่า ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า P-Value < 0.05 หมายถึง ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ค่า P-Value > 0.05 หมายถึง ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

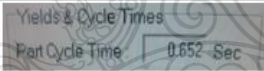
จากผลการทดสอบที่ได้พบว่า P-Value เท่ากับ 0.033 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั้นหมายถึง สัดส่วนในการเกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกเมื่อทำการควบคุมรัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ช่วง 0.102 mm. (0.004") อัตราการเกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการควบคุมรัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ช่วง 0.076 mm. (0.003") อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.5.4 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องในระยะเวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วสูงเกินไป (Use forming time too high speed)

สำหรับกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานจะมีเรื่องของความเร็วของแม่พิมพ์ที่ขึ้นรูปตัวงาน (Cycle Time Forming) เข้ามาเป็นปัจจัยเนื่องจากใช้ความเร็วที่เครื่องจักรสูงเกินไปในการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก เพราะการใช้ความเร็วที่สูงส่งผลให้เกิดการแตกของส่วนพลาสติกขึ้นได้

ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาจะมุ่งเน้นไปในเรื่องของประสิทธิภาพเครื่องจักร ในด้านการควบคุมความเร็วของแม่พิมพ์ในการขึ้นรูปชิ้นงาน เพื่อที่จะศึกษาว่าความเร็วของแม่พิมพ์ในการขึ้นรูปชิ้นงาน สามารถส่งผลทำให้เกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกจากการปรับตั้งค่าความเร็วจำนวน 2 ครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติก โดยทางทีมช่างเทคนิคได้ออกแบบการทดลองด้วยการเพิ่มความเร็วในการขึ้นรูปเพิ่มขึ้นอีก 1 เท่า จากที่ใช้อยู่ในปัจจุบันคือ 0.652 sec. เพิ่มเป็น 1.221 sec. ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองเวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วกับการเกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก

Angle_Body (°)	Part cycle time (Sec)	Picture Cycle time	Input (Pcs.)	Output (Pcs.)	Polyimide Crack Defect (Pcs.)	% Reject
73	0.652		12,432	12,406	26	0.21%
73	1.221		12,432	12,404	28	0.23%

หมายเหตุ : ความเร็วในการขึ้นรูปชิ้นงานของแม่พิมพ์ในปัจจุบันคือ 0.652 sec.

ผลที่ได้จากการทดลองตารางที่ 4.10 การทดสอบโดยมีความเร็วในการขึ้นรูปชิ้นงานของแม่พิมพ์ที่ 0.652 sec. และ ความเร็วของแม่พิมพ์ในการขึ้นรูปชิ้นงานที่ 1.221 sec. ทำให้เกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงเลือกทำการทดลองเปรียบเทียบความเร็วของแม่พิมพ์ ในการขึ้นรูปชิ้นงาน โดยตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

$$H_0: P_1 \leq P_2$$

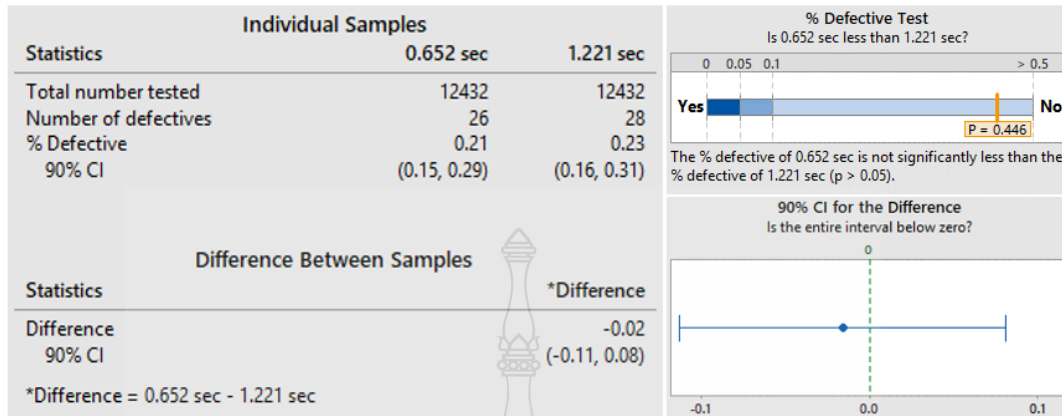
$$H_1: P_1 > P_2$$

P_1 : อัตราการแตกบนส่วนพลาสติก เมื่อความเร็วในการขึ้นรูปชิ้นงานของแม่พิมพ์ที่ช่วง 0.652 sec.

P_2 : อัตราการแตกบนส่วนพลาสติก เมื่อความเร็วในการขึ้นรูปชิ้นงานของแม่พิมพ์ที่ช่วง 1.221 sec.

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab 18 ได้ผลดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของช่วงความเร็วในการขึ้นรูปชิ้นงานของแม่พิมพ์



ผลที่ได้จากการทดลองค่า P-Value มาทำการเปรียบเทียบหาค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 เมื่อค่า P-Value มีค่ามากกว่า ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า P-Value < 0.05 หมายถึง ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

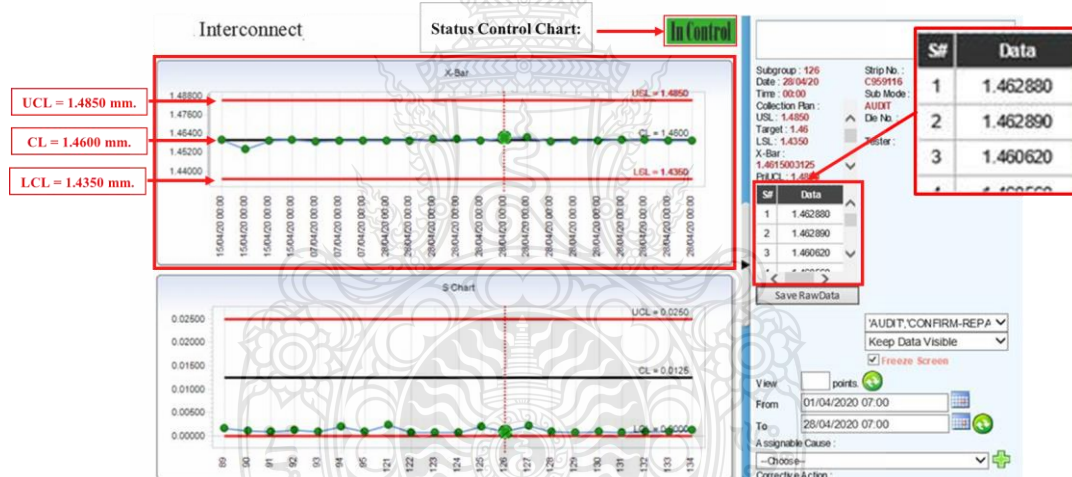
ค่า P-Value > 0.05 หมายถึง ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่า P-Value เท่ากับ 0.446 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 นั้นสามารถสรุปได้ว่าไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐานอัตราการเกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกเมื่อทำการควบคุมความเร็วของแม่พิมพ์ในการขึ้นรูปชิ้นงานในช่วง 0.652 sec. อัตราการเกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกมากกว่าเมื่อเทียบกับการควบคุมความเร็วของแม่พิมพ์ในการขึ้นรูปชิ้นงานในช่วง 1.221 sec. ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

*หมายเหตุ: ด้วยความเร็วเมื่อทำการควบคุมความเร็วของแม่พิมพ์ในการขึ้นรูปชิ้นงานมีผลต่อ UPH (Unit Per Hours) การส่งมอบชิ้นงานให้ลูกค้าไม่ได้ตามกำหนดหรือเกิดความล่าช้าขึ้นในกระบวนการผลิต จึงไม่สามารถออกแบบการทดลองโดยการลดความเร็วจากที่ใช้อยู่เดิมได้

4.5.5 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องในเรื่องวัสดุมีความหนาเกินที่กำหนด (thickness material more than limit)

ขั้นตอนนี้คือการทดสอบเพื่อหาความหนาของวัสดุ ว่ามีความผกผัน ในแต่ละ lot ของงานที่รับเข้ามา หากวัสดุมีความหนาเกินจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้จะส่งผลต่อการขึ้นรูปของชิ้นส่วน เนื่องจากแม่พิมพ์มีการกำหนดระยะในการขึ้นรูปชิ้นส่วน หากตัวงานที่มีความหนาเกินเกณฑ์ที่กำหนดเข้าไปในแม่พิมพ์จะเกิดการกดทับจากแม่พิมพ์และก่อให้เกิดการแตกบนส่วนพลาสติก และในการตรวจสอบนี้ได้รับความร่วมมือจากทางทีม IQA (Incoming material Quality Audit) ได้แบ่งปันข้อมูลการตรวจสอบความหนาวัสดุโดยการวัดและควบคุมคุณภาพวัสดุที่รับเข้ามา โดยทางทีม IQA จะทำการตรวจสอบวัสดุที่รับเข้ามาด้วยวิธีการสุ่มวัดงานในแต่ละ lot ตามเกณฑ์การควบคุมมาตรฐานความหนาของวัสดุอยู่ที่ 1.4600 ± 0.0250 mm. เมื่อทำการตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว จะนำผลที่ได้บันทึกลงไปในระบบและจะรายงานออกมาในแผนภูมิ ดังรูปที่ 4.23



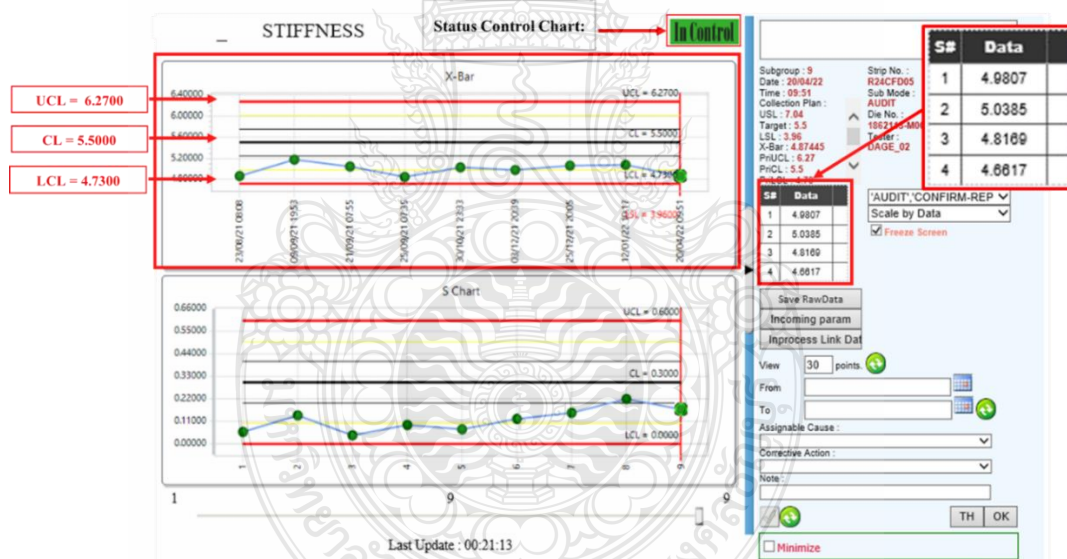
รูปที่ 4.23 แผนภูมิควบคุมควบคุมคุณภาพความหนาวัสดุที่รับเข้ามา

จากรูปที่ 4.23 แผนภูมิควบคุมคุณภาพความหนาวัสดุที่รับเข้ามา และสามารถทำให้เราทราบได้ว่าวัสดุที่รับเข้ามาอยู่ในค่าความหนาวัสดุตามเกณฑ์ที่ควบคุมคือ 1.4600 ± 0.0250 mm. ผลจากการวัดความหนาของวัสดุจะวิ่งอยู่เส้น CL = 1.4600 mm. (Control Limit) ตามเกณฑ์ข้อตกลงที่ได้กำหนด เนื่องจากไม่มีความผันแปรใดๆ จากความหนาของวัสดุ ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่า ความหนาของวัสดุที่เข้ามาสามารถก่อให้เกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกได้ เนื่องจากผลจากการวัดความหนาของวัสดุตรงตามเกณฑ์ข้อตกลงที่ได้กำหนด

4.5.6 ผลการวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของวัสดุต่ำ (Material flexibility is low)

ขั้นตอนนี้คือการทดสอบความยืดหยุ่นของวัสดุ ว่าความผกผัน ในแต่ละ lot ของงานที่รับเข้ามา หากวัสดุมียืดหยุ่นเกินจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้จะส่งผลกระทบต่อ การขึ้นรูปของชิ้นส่วนเนื่องจากการขึ้นรูปชิ้นส่วน หากค่าความยืดหยุ่นของวัสดุเกินเกณฑ์ที่กำหนด เข้าไปในแม่พิมพ์จะเกิดการความหน่วงไม่ใหตัวหลังจากการกดขึ้นรูปของแม่พิมพ์และก่อให้เกิดการแตกบนส่วนพลาสติก และทดลองนี้ได้รับความร่วมมือจากทางทีม Metrology team ได้แบ่งปันข้อมูลการตรวจสอบความยืดหยุ่นของวัสดุ โดยการวัดและควบคุมคุณภาพวัสดุที่รับเข้ามา

โดยทางทีม Metrology จะทำการตรวจสอบวัสดุที่รับเข้ามาด้วยวิธีการสุ่มวัดงานในแต่ละ lot ตามเกณฑ์การควบคุมมาตรฐานความหนาของวัสดุอยู่ที่ 5.5000 ± 0.7700 kef. เมื่อทำการตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว จะนำผลที่ได้บันทึกลงไปในระบบและจะรายงานออกมาในแผนภูมิ ดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 แผนภูมิควบคุมควบคุมคุณภาพความยืดหยุ่นของวัสดุที่รับเข้ามา

จากรูปที่ 4.24 แผนภูมิควบคุมคุณภาพความยืดหยุ่นของวัสดุที่รับเข้ามา และสามารถทำให้เราทราบได้ว่าวัสดุที่รับเข้ามาอยู่ในค่าความยืดหยุ่นของวัสดุตามเกณฑ์ที่ควบคุมคือ 5.5 ± 0.77 kef. ผลจากการวัดความหนาของวัสดุจะวิ่งอยู่เส้น LCL = 4.73 kef. (Lower Control Limit) ตามเกณฑ์ข้อตกลงที่ได้กำหนด เนื่องจากไม่มีความผันแปรใดๆ จากความยืดหยุ่นของวัสดุที่เข้ามา จึงไม่สามารถสรุปคือ ความยืดหยุ่นของวัสดุที่เข้ามาสามารถก่อให้เกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกได้ เนื่องจากผลจากการวัดความยืดหยุ่นของวัสดุตรงตามเกณฑ์ข้อตกลงที่ได้กำหนด

4.5.7 ผลการวิเคราะห์เวลาป้อนชิ้นส่วนใช้ความเร็วสูงเกินไป (Feed part timing too high speed)

จากการขึ้นรูปชิ้นจะมีเรื่องความเร็วในการป้อนชิ้นงานเข้าสู่แม่พิมพ์ (Cycle Time Feeding) เข้ามาเป็นปัจจัย เนื่องจากการใช้ความเร็วที่เครื่องจักรสูงเกินไปในป้อนแถบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดอลินเตอร์คอนเนกเข้าสู่แม่พิมพ์ เพราะการใช้ความเร็วที่สูงเกินไปอาจทำให้เกิดการแตกของส่วนพลาสติกขึ้นได้

ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาจะมุ่งเน้นไปในเรื่องของเครื่องจักร ในด้านการควบคุมความเร็วในการป้อนแถบชิ้นงานเข้าสู่แม่พิมพ์ เพื่อที่จะศึกษาว่าความเร็วในการป้อนแถบชิ้นงานเข้าสู่แม่พิมพ์ สามารถส่งผลทำให้เกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกจากการปรับตั้งค่าความเร็ว จำนวน 2 ครั้ง จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติก โดยทางทีมช่างเทคนิค ได้ออกแบบการทดลองด้วยการเพิ่มความเร็วในการขึ้นรูปเพิ่มขึ้นอีก 1 Sec. จากที่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันคือ 32.767 sec. เพิ่มเป็น 33.544 sec. แต่ไม่สามารถเพิ่มได้มากกว่านี้ได้เนื่องจากจะส่งผลให้แม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นงานผิดตำแหน่ง ผลที่ได้จากการทดลองตามตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองเวลาป้อนแถบชิ้นส่วนใช้ความเร็วกับการเกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก

Angle_Body (°)	Strip cycle time	Input (Pcs.)	Output (Pcs.)	Polyiminde Crack Defect (Pcs.)	% Reject
73	32.767	12,432	12,406	26	0.21%
73	33.544	12,432	12,404	28	0.23%

หมายเหตุ : ความเร็วในการขึ้นรูปชิ้นงานของแม่พิมพ์ในปัจจุบันคือ 32.767 sec.

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.12 การทดสอบความความเร็วในการขึ้นรูปชิ้นงานของแม่พิมพ์ที่ 32.767 sec. และ ความเร็วของแม่พิมพ์ที่ ในการขึ้นรูปชิ้นงาน 33.544 sec. ทำให้เกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงเลือกทำการทดลองเปรียบเทียบความเร็วของแม่พิมพ์ในการขึ้นรูปชิ้นงาน โดยตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

$$H_0: P_1 \leq P_2$$

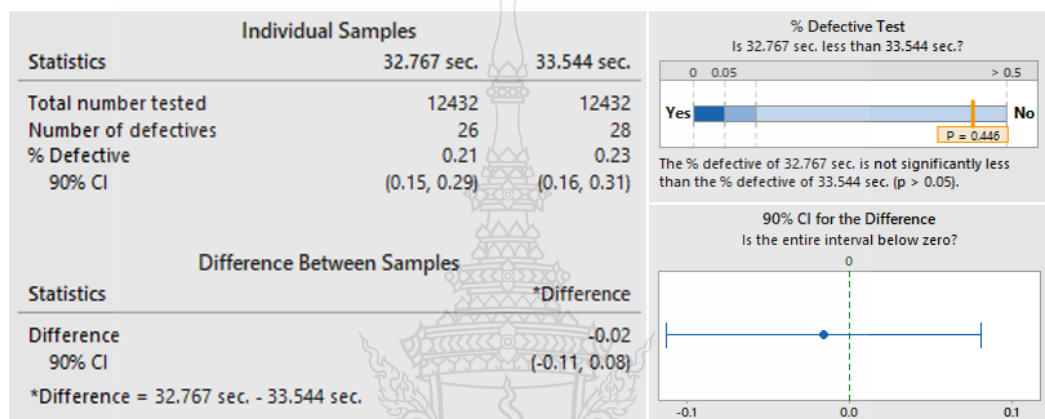
$$H_1: P_1 > P_2$$

P_1 : อัตราการแตกบนส่วนพลาสติก เมื่อความเร็วในการป้อนแถบขึ้นงานเข้าสู่แม่พิมพ์ ที่ช่วง 32.767 sec.

P_2 : อัตราการแตกบนส่วนพลาสติก เมื่อความเร็วในการป้อนแถบขึ้นงานเข้าสู่แม่พิมพ์ ที่ช่วง 33.544 sec.

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Minitab 18 ได้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของช่วงความเร็วในการป้อนแถบขึ้นงานเข้าสู่แม่พิมพ์



ผลจากการทดสอบที่ได้ค่า P-Value มาทำการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยทดสอบสมมติฐาน (α) ที่ระดับ 0.05 ค่า P-Value มีค่ามากกว่า ซึ่งเกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ค่า P-Value < 0.05 หมายถึง ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Accept H_1)

ค่า P-Value > 0.05 หมายถึง ไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่า P-Value เท่ากับ 0.446 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 นั้นจึงไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธสมมติฐานอัตราการเกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกเมื่อทำการควบคุมความเร็วของแม่พิมพ์ในการขึ้นรูปชิ้นงานที่ช่วง 33.544 sec. อัตราการเกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกมากกว่าเมื่อเทียบกับการควบคุมความเร็วของแม่พิมพ์ที่ในการขึ้นรูปชิ้นงานช่วง 32.767 sec. ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

จึงสรุปการทดสอบสมมติฐานของข้อบกพร่อง 6 ปัจจัย จากการวิเคราะห์พิสูจน์ว่าปัจจัยใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหารอยแตกของส่วนพลาสติกจากการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โมเดลอินเตอร์คอนเนก จะมีค่า RPN-Score จากค่ามากไปน้อยแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานของข้อบกพร่องทั้ง 6 ปัจจัย

ลำดับ	สาเหตุ	RPN-Score	สมมติฐาน		ผลสมมติฐาน
1	Used degree forming is high (องศาการขึ้นรูปที่ใช้อยู่ในระดับสูง)	384	$H_0: P_1 \leq P_2$ $H_1: P_1 > P_2$	P_1 และ P_2 คูใน หน้าที่ 91	ปฏิเสธ H_0
2	Punch radius of the die is less (รัศมีฟันของแม่พิมพ์น้อย)	320	$H_0: P_1 \leq P_2$ $H_1: P_1 > P_2$	P_1 และ P_2 คูใน หน้าที่ 93	ปฏิเสธ H_0
3	Use forming time too high speed (เวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วสูงเกินไป)	192	$H_0: P_1 \leq P_2$ $H_1: P_1 > P_2$	P_1 และ P_2 คูใน หน้าที่ 95	ยอมรับ H_0
4	Thickness material more than limit (วัสดุมีความหนาเกินที่กำหนด)	160	$H_0: P_1 \leq P_2$ $H_1: P_1 > P_2$	เนื่องจากมี Control chart คู ในหน้าที่ 97	ยอมรับ H_0
5	Material flexibility is low (ความยืดหยุ่นของวัสดุต่ำ)	160	$H_0: P_1 \leq P_2$ $H_1: P_1 > P_2$	เนื่องจากมี Control chart คู ในหน้าที่ 98	ยอมรับ H_0
6	Feed part timing too high speed (เวลาป้อนชิ้นส่วนใช้ความเร็วสูงเกินไป)	160	$H_0: P_1 \leq P_2$ $H_1: P_1 > P_2$	P_1 และ P_2 คูใน หน้าที่ 99	ยอมรับ H_0

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัย 6 ปัจจัย ตามตารางที่ 4.14 ทำให้เรารู้ถึงข้อบกพร่องที่ต้องการทำการปรับปรุงคือ องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วน และ รัศมีฟันของแม่พิมพ์ ผู้ทำการวิจัยจะต้องทำการปรับปรุงทั้ง 2 ข้อบกพร่อง

4.6 ผลการปรับปรุง (Improve Phase)

4.6.1 การออกแบบการทดลองแบบ 2^k Full Factorial

เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่จะทำให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองของที่ดีที่สุด เพื่อหาตัวแปรตอบสนองของกระบวนการกับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ (Key Process Output Variables : KPOV)

ผลวิเคราะห์จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนมีปัจจัยที่ต้องปรับปรุงกลั่นกรองปัจจัย (Screening Factor) คือ 1. องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วน 2. รัศมีฟันของแม่พิมพ์ โดยค่าปัจจัยที่เหมาะสมดังนั้นผู้ทำการวิจัยและทีมงานจึงกำหนดระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมโดยใช้การทดลองแบบ 2^k Full Factorial

ตารางที่ 4.15 คุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้าในแบบการทดลอง

Factor	KPIV		Unit
	Current	New	
Angle_Body	78°	73°	(°) Degree
Die_Radius	0.076	0.102	mm.

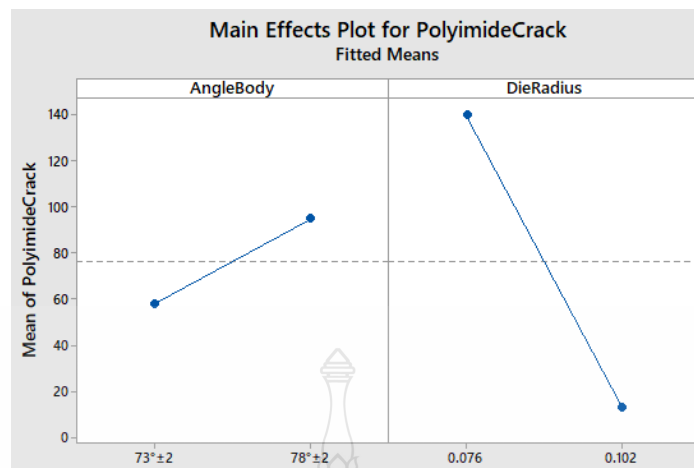
จากตารางที่ 4.15 เป็นปัจจัยป้อนเข้าในแบบการทดลองโดยมี 2 ปัจจัย โดยที่ 2 จะกำหนดค่าการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง เนื่องจากต้องการทราบสาเหตุที่ชัดเจนปัจจัย มีระดับการทดลอง 2 ระดับ โดยการใช้การทดลองแบบ 2^k ดังนั้น จึงเลือกทดลองแบบ 2^k ได้แบบการทดลอง 8 รอบ โดยผลจากการทดลองจะถูกแสดงตามตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองแบบ 2^k Full Factorial

Stdorder	RunOrder	PtType	Block	AngleBody (°)	DieRadius (mm.)	Input (pcs.)	Output (Pcs.)	PI-C Defect (Pcs.)
1	1	1	1	73°	0.076	12,432	12,320	112
2	7	1	1	73°	0.102	12,432	12,425	7
3	4	1	1	78°	0.076	12,432	12,262	170
4	2	1	1	78°	0.102	12,432	12,415	17
5	8	1	1	73°	0.076	12,432	12,327	105
6	3	1	1	73°	0.102	12,432	12,424	8
7	6	1	1	78°	0.076	12,432	12,260	172
8	5	1	1	78°	0.102	12,432	12,412	20

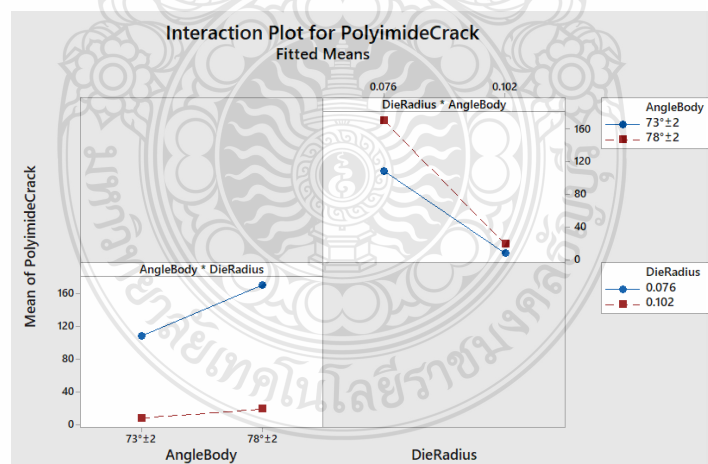
จากตารางที่ 4.16 โดยผลการทดลองข้างต้นจะนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมของแต่ละปัจจัย โดยใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการวิเคราะห์ [รายละเอียดดังภาคผนวก ค] ซึ่งการทดลอง 8 การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรตอบสนองของกระบวนการกับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการนั้นๆ

การทดลองแบบ 2^k Full Factorial เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของสาเหตุหลักแสดงได้ดังรูป 4.25



รูปที่ 4.25 ผลกระทบหลักของปัจจัยเดียว

จากกราฟรูปที่ 4.25 เป็นการทดลองการปรับตั้งค่าที่ต่ำที่สุดไปสู่ค่าที่สูงที่สุด ซึ่งมีโอกาสเกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกรูปชิ้นส่วน โดยแปลงค่าองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วน (Angle Body) จาก 78° มาเป็น 73° จะทำให้เกิดปัญหาการเกิดรอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติก น้อยลง และในส่วนของรัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ (Die Radius) เปลี่ยนแปลงจาก 0.076 mm. เพิ่มขึ้นเป็น 0.102 mm. จะทำให้เกิดปัญหาการเกิดรอยแตกบนส่วนพลาสติก น้อยลง



รูปที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแต่ละตัว

จากกราฟรูปที่ 4.26 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วน (Angle Body) กับ รัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ (Die Radius) จะพบว่า องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ 73° และ รัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์

0.102 mm. ทำให้เกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกหลังการขึ้นรูปขึ้นส่วน น้อยลง สรุปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง องศาการขึ้นรูปขึ้นส่วน กับ รัศมีพunchของแม่พิมพ์ ไม่มี Interaction ต่อกัน

4.6.2 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

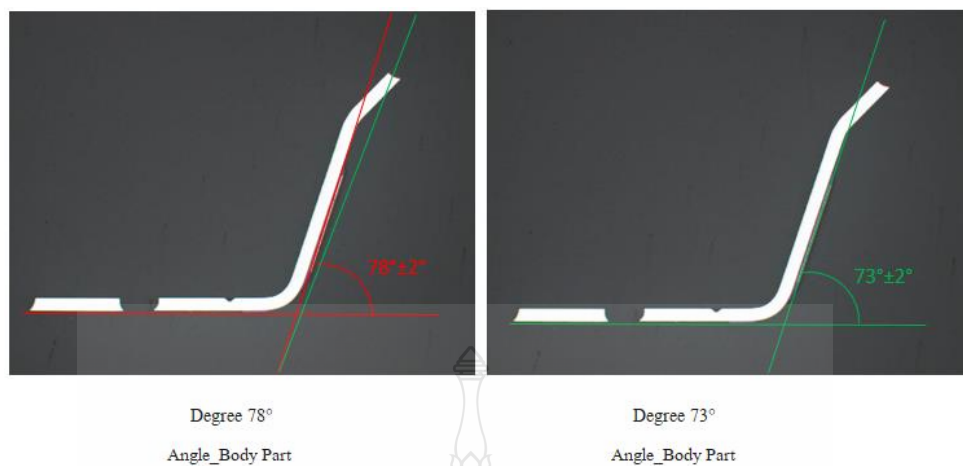
แนวทางการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่มีความสำคัญเพื่อที่จะปรับปรุงกระบวนการ ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหา

กระบวนการผลิต	สาเหตุของปัญหา	แนวทางการปรับปรุง	จุดมุ่งหมาย	พิสูจน์ชี้แจง ชี้แจง
1. ขั้นตอนของแม่พิมพ์ ทำการขึ้นรูป ผลิตภัณฑ์ (forming parts)	1.1 องศาการขึ้นรูปที่ อยู่ในระดับสูง (Use degree forming is high)	- ปรับลดองศาการขึ้นรูป ขึ้นส่วนให้น้อยลงโดยการ ควบคุมองศาการขึ้นรูป ขึ้นส่วนจาก 78° มาเป็น 73° - เพิ่มความถี่ในการสลับ องศาการขึ้นรูปขึ้นส่วนจาก 2lot/1 time เป็นการสลับ 1 lot/ 1time	- เพื่อแก้ไขปัญหาการเพิ่มขึ้น ขององศาการขึ้นรูปขึ้นส่วน เมื่อชั่วโมงการทำงานเพิ่มขึ้น	- ทดสอบอัตราการเกิด ปัญหารอยแตกร้าวบน ส่วนพลาสติกหลังการ ขึ้นรูปขึ้นส่วน อิเล็กทรอนิกส์
	1.2 รัศมีของพunch แม่พิมพ์น้อย (Punch radius of the die is less)	- ออกแบบรัศมีของพunch แม่พิมพ์ให้มีความใหญ่ขึ้น เป็น 0.102 mm. - กำหนดการตรวจสอบ สภาพของพunch เมื่อชั่วโมง การทำงาน 4 lot/ 1 time	- เพื่อรัศมีส่วนโค้งของ ชิ้นงานและลดแรงดึงฉีก เวรส่วนพลาสติก	- ทดสอบการเกิดปัญหา รอยร้าวบนส่วน พลาสติกหลังการขึ้นรูป ขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

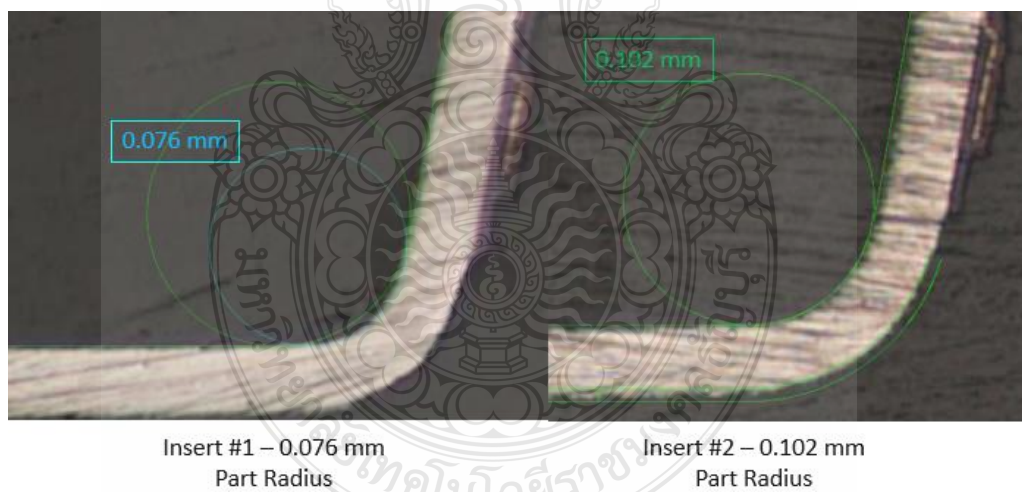
จากตารางการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงตารางที่ 4.17 สามารถอธิบายความสัมพันธ์กับแนวทางได้ดังนี้

4.6.2.1 นำเสนอวิธีการปรับปรุงการควบคุมองศาการขึ้นรูปขึ้นส่วน (Degree of Forming part) โดยเปรียบเทียบระหว่างการปรับปรุงในขั้นตอนหลังการขึ้นรูปขึ้นงาน รายละเอียดดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 องศาการขึ้นรูปขึ้นส่วนก่อนและหลังการปรับปรุง

4.6.2.1 นำเสนอวิธีการปรับปรุงรัศมีพunchของแม่พิมพ์ขึ้นรูปขึ้นส่วน (Punch Radius of the Die) โดยเปรียบเทียบระหว่างการปรับปรุงในขั้นตอนหลังการขึ้นรูปขึ้นงาน รายละเอียดดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 รัศมีขึ้นรูปขึ้นส่วนก่อนและหลังการปรับปรุง

4.7 ผลการควบคุม (Control Phase)

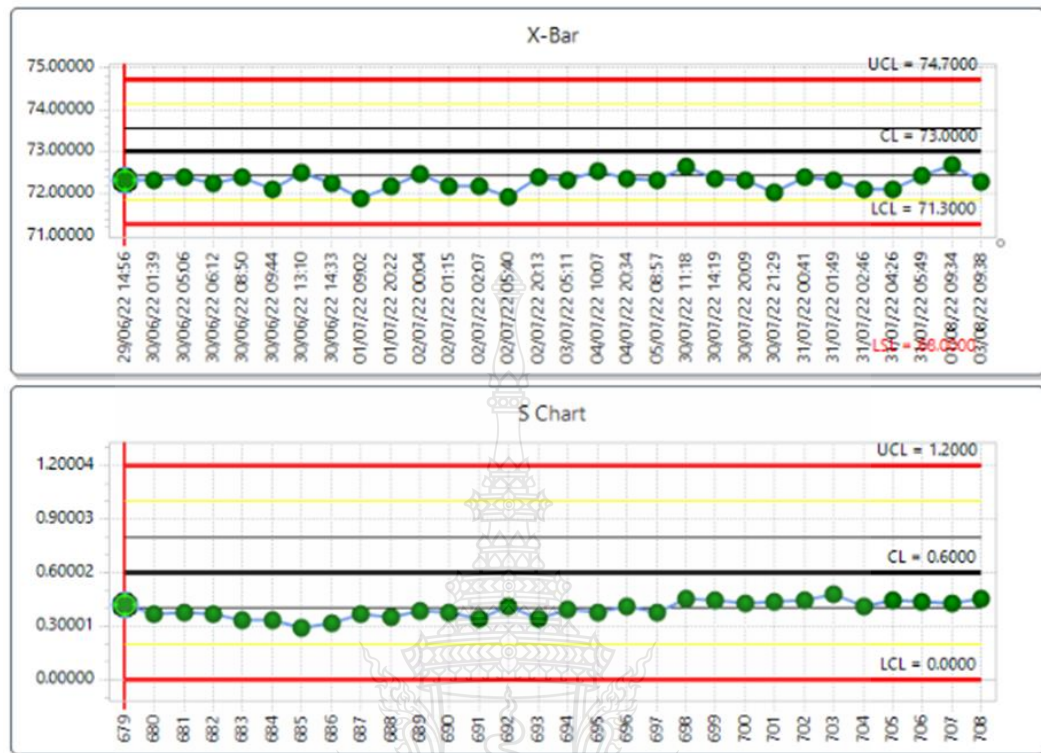
เป็นขั้นตอนเก็บผลจากการควบคุม ผลที่ได้จะมีความแตกต่างกัน การควบคุมระบบการทำงาน เพื่อจะไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำอีก เป็นการตรวจสอบปัญหาและติดตามอย่างต่อเนื่องเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงความผิดปกติของกระบวนการเนื่องจากการปรับทั้งตัวแปรภายนอกและภายในโดยได้ทำการออกแบบและทดลองจัดสร้างระบบเอกสารการปฏิบัติงานในการควบคุมคุณภาพดังนี้

4.7.1 องค์การขึ้นรูปชิ้นส่วนไม่เป็นไปตามการควบคุม

ในการควบคุมนั้นจะเป็นหน้าที่ของช่างเทคนิคฝ่ายเครื่องมือและแม่พิมพ์ เป็นผู้รับพารามิเตอร์ของเครื่องทุกครั้งที่เริ่มต้นกระบวนการผลิตโมเดลอินเตอร์คอนเนกเพื่อให้องค์การขึ้นรูปชิ้นส่วนในช่องที่กำหนด ($73^{\circ}\pm 2^{\circ}$) และทำการขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างเพื่อส่งวัดองค์การขึ้นรูปหลังปรับพารามิเตอร์ โดยผู้ที่ทำหน้าที่วัดของชิ้นงานที่ขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว คือพนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ โดยใช้เครื่องวัดองค์การขึ้นรูป เมื่อพนักงานวัดองค์การขึ้นรูปเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะบันทึกผลและส่งเข้าไปในระบบหลัก เพื่อให้ช่างเทคนิคสามารถตรวจสอบผลการวัดได้ การป้องกันคือพนักงานจะต้องทำการสุ่มงานจำนวน 2 แถบ (Strips) ในช่วงการเริ่มต้นดำเนินงานหลังจากขึ้น Lot งานใหม่ในทุกๆ Lot งานที่ดำเนินการผลิต เพื่อส่งวัดค่าองค์การขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และช่างฝ่ายเครื่องมือและแม่พิมพ์จะคอยเฝ้าดูรายงานผลการวัดองค์การขึ้นรูป หากพบว่าค่าที่วัดได้ออกนอกช่วงการควบคุมฝ่ายเครื่องมือและแม่พิมพ์จะทำการหยุดเครื่องจักร และทำการปรับพารามิเตอร์ให้เข้าสู่สภาวะปกติจึงจะทำการขึ้นรูปชิ้นงานใหม่จำนวน 2 แถบ (Strip) ไปส่งวัดเพื่อยืนยันค่าพารามิเตอร์องค์การขึ้นรูปหลังปรับ และเมื่อผลการวัดเข้าสู่การควบคุมเบื้องต้นก็จะสามารถเริ่มดำเนินการเครื่องจักรได้ตามปกติ

เนื่องจากค่าองค์การขึ้นรูปชิ้นส่วนเป็นข้อมูลเชิงแปรผัน (Variable Data) ซึ่งจะใช้แผนภูมิ

$\bar{X}-R$ Chart โดยพิจารณาจากเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของค่าองค์การขึ้นรูปชิ้นส่วนที่บ่งชี้ถึงสภาพหลังจากที่อยู่ในการควบคุมจากการวัดองค์การขึ้นรูปชิ้นส่วนในทุกๆ ตอนต้นที่เริ่มดำเนินการทำงานของแต่ละ Lot งาน เป็นเวลา 1 สัปดาห์ สามารถอธิบายเป็นกราฟแผนภูมิรายงานควบคุมเชิงผันแปรของผลการวัด ดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ -R Chart สำหรับค่าองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

จากรูปที่ 4.29 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ -R Chart สำหรับค่าองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนพบว่าค่าองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อยู่ในช่วงค่าเฉลี่ย (Mean) ที่ควบคุม ก็คือจะอยู่ในช่วงของค่าการควบคุมองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ทีมงานทำการควบคุมคือ 73° ซึ่งจะไม่ส่งผลต่อการเกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกหลังการขึ้นรูปชิ้นส่วนเพิ่มขึ้น

4.7.2 รัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นส่วน

รัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ได้ทำการออกแบบนั้นจะต้องอยู่ในค่าที่กำหนดการออกแบบไว้ และการตรวจสอบจะต้องผ่าน โดยการวัดขนาดของพันซ์เทียบกับฟิล์มเกจ (Film Gage) จะต้องได้ขนาดที่กำหนดไว้ คือ 0.004" หรือ 0.102 mm. ดังรูปที่ 4.30 โดยการตรวจสอบเป็นหน้าที่ช่างเทคนิคฝ่ายเครื่องมือและแม่พิมพ์ จะทำการถอดแม่พิมพ์ไปตรวจสอบในทุกๆ การดำเนินงาน 4 Lot / 1 ครั้ง ก่อนจะนำแม่พิมพ์มาดำเนินการผลิตต่อ หากพบว่าผลการตรวจสอบนั้นไม่ผ่านจะทำการเปลี่ยนหรือส่งคืนผู้ขายเพื่อทำการซ่อมแซม



Punch #2 – 0.004" Radius
(0.102 mm)

รูปที่ 4.30 รูปภาพการตรวจสอบขนาดรัศมีพื้นผิวของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นส่วน

4.7.3 ผลการเก็บข้อมูลหลังทำการควบคุมข้อบกพร่อง

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ คือ เพื่อลดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกหลังการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก หลังจากดำเนินการแก้ไขปัญหาด้วยเทคนิคซิกม่า แล้วผู้วิจัยทำการนำเสนอผลการเก็บข้อมูลใหม่หลังการปรับปรุงตั้งแต่ เดือน มิถุนายน 2564 ถึง เดือน มกราคม 2565 โดยดำเนินการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการเกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกหลังการขึ้นรูปชิ้นส่วน ทั้งก่อนและหลังจากทำการปรับปรุงรวมถึงทำการควบคุมปัจจัยต่างๆ สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.18



ตารางที่ 4.18 ปัญหาหลัก 5 อันดับในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์

คอนเนก (Interconnect) เดือน กุมภาพันธ์ 2564 ถึง เดือน มกราคม 2565

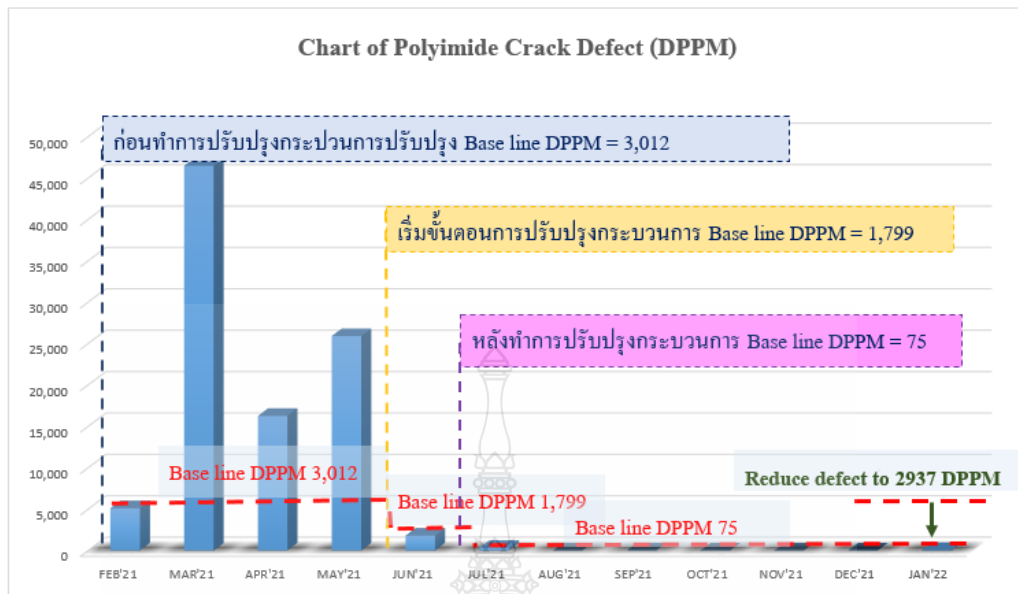
Date	ก.พ.64	มี.ค.64	เม.ย.64	พ.ค.64	มิ.ย.64	ก.ค.64	ส.ค.64	ก.ย.64	ต.ค.64	พ.ย.64	ธ.ค.64	ม.ค.65
Input	204,528	23,194	92,997	127,627	3,912,734	10,462,155	5,301,537	10,314,615	8,950,959	3,227,504	2,417,709	4,148,743
Output	199,099	22,052	88,609	122,980	3,438,187	10,436,452	5,287,930	10,300,901	8,941,781	3,217,674	2,416,012	4,141,675
Defect	5,429	1,142	4,388	4,647	21,403	25,673	13,607	13,717	9,178	9,830	1,697	7,068
Overall Defective	2.65%	4.92%	4.72%	3.64%	0.60%	0.29%	0.17%	0.12%	0.11%	0.33%	0.07%	0.14%
%Yield	97.35%	95.08%	95.28%	96.36%	99.41%	99.71%	99.53%	99.88%	99.89%	99.67%	99.93%	99.83%
TSA Yield	99.99%	99.98%	99.98%	99.99%	99.97%	99.98%	100.00%	100.00%	100.00%	99.95%	100.00%	99.95%
FL Yield	97.35%	95.10%	95.30%	96.37%	99.43%	99.73%	99.54%	99.88%	99.90%	99.69%	99.93%	99.92%
DPPM	26544	49237	47184	36411	5470	2454	1639	1330	1025	3046	702	1704

Defect name	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM	DPPM
Polyimide Cracks	5109	46478	16259	25896	1590	308	2	5	12	1	6	41
Gold Plating Scratch	890	949	237	251	3	1	1	3	0	1	2	0
AOI Reject	606	0	6452	2954	1183	754	1093	779	509	413	163	618
Bend – Main body	176	388	9549	1152	231	43	22	63	15	8	43	47
Scratch	93	819	11	55	4	1	0	0	0	0	1	0
Contamination	68	259	323	235	82	360	17	5	7	1	0	4

Defect name	ก.พ.64	มี.ค.64	เม.ย.64	พ.ค.64	มิ.ย.64	ก.ค.64	ส.ค.64	ก.ย.64	ต.ค.64	พ.ย.64	ธ.ค.64	ม.ค.65
Polyimide Cracks	1045	1078	1512	3305	6223	3226	19	51	103	4	14	171
Gold Plating Scratch	182	22	22	32	13	15	5	43	4	3	4	1
AOI Reject	124	0	600	377	4628	7893	9073	8040	4554	1332	393	2563
Bend – Main body	36	9	888	147	903	452	180	647	136	25	103	193
Scratch	19	19	1	7	16	6	2	5	1	0	2	0
Contamination	14	6	30	30	319	3767	141	49	61	3	1	15
Total Defect	1,420	1,134	3,053	3,898	12,102	15,359	9,420	8,835	4,859	1,367	517	2,943

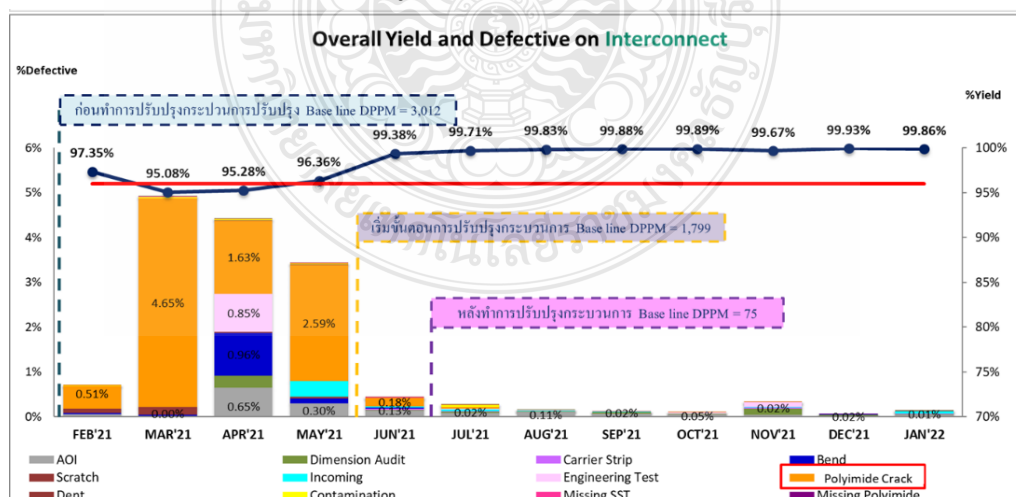
จากตารางที่ 4.18 เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติจากปัญหาการเกิดรอยแตกร้าวบนพลาสติก (Polyimide Crack) ก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ 2564 ถึง เดือน พฤษภาคม 2564 ค่าเฉลี่ย อยู่ที่ 3,012 DPPM และทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้อยู่ที่ 96.92% ซึ่งผลการปรับปรุงปัญหาสามารถดำเนินงานแก้ไขแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกจะเป็นการวิเคราะห์ปัญหาและช่วงกำลังปรับปรุงในช่วงเดือน มิถุนายน 2564 ถึง เดือน กรกฎาคม 2564 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,799 DPPM ทำให้ผลผลิตตรงคุณภาพได้ถึง 99.38% และทำการควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาช่วง เดือน สิงหาคม 2564 ถึง ปลายเดือน มกราคม 2565 พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 75 DPPM

ทำให้ผลผลิตที่มีคุณภาพถึง 99.83% ปัญหาการเกิดรอยแตร้าวบนส่วนของพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ลดลงได้ตามเป้าหมายที่กำหนด และสามารถแสดงเป็นกราฟแนวโน้มของการเกิดปัญหาการเกิดรอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ระหว่างการปรับปรุงดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 แนวโน้มการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วนก่อนและหลังปรับปรุง

จากรูปที่ 4.31 ก่อนดำเนินการแก้ไขปัญหในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ 2564 ถึง เดือน พฤษภาคม 2564 ค่าเฉลี่ย อยู่ที่ 3,012 DPPM ผลการดำเนินงานปรับปรุงและแก้ไขปัญหแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกจะเป็นการวิเคราะห์ปัญหาระหว่างปรับปรุงในช่วงเดือน มิถุนายน 2564 ถึง เดือน กรกฎาคม 2564 ค่าเฉลี่ยที่ 1,799 DPPM ควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาและช่วงผลหลังการทำการใน เดือน สิงหาคม 2564 ถึง ปลายเดือน มกราคม 2565 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 75 DPPM ซึ่งสามารถลดปัญหาการเกิดรอยแตกบนส่วนของพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ลงได้ตามที่กำหนด



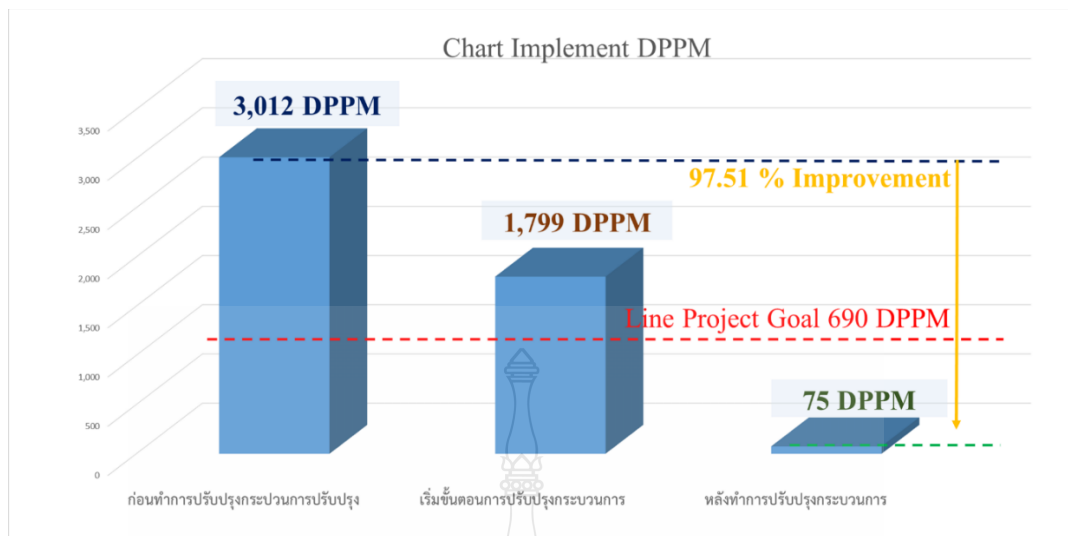
รูปที่ 4.32 ผลผลิตที่ยอมรับได้จากการขึ้นรูปชิ้นส่วนก่อนและหลังปรับปรุง

จากรูปที่ 4.32 ก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ 2564 ถึง เดือน พฤษภาคม 2564 พบว่ามีค่าเฉลี่ยผลิตที่ได้คุณภาพอยู่ที่ 96.92% การปรับปรุงและดำเนินงานแก้ไข ปัญหาสามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกจะเป็นการวิเคราะห์ปัญหาและช่วงกำลังปรับปรุงในช่วง เดือน มิถุนายน 2564 ถึง เดือน กรกฎาคม 2564 พบว่างานที่มีคุณภาพถึง 99.38% และช่วงที่สองคือ ผลหลังทำการควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาเดือน สิงหาคม 2564 ถึง ปลายเดือน มกราคม 2565 พบว่าทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้ถึง 99.83% ซึ่งสามารถลดปัญหาการเกิดรอยแต้ร้าวบน ส่วนของ พลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ลงได้ตามเป้าหมายที่วางเอาไว้

ผลจากการเก็บข้อมูลพบว่าผลการปรับปรุง แนวโน้มของปัญหาการแตกบนส่วน พลาสติกการขึ้นรูปขึ้นส่วนลดลงมาอย่างสม่ำเสมอ นั้นแสดงว่าผู้ทำการวิจัยควบคุมปัญหาการแตกบน ส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก ของกระบวนการ และ ปรับปรุงคุณภาพบรรจุจุดประสงค์อย่างที่ได้ตั้งเป้าเอาไว้

4.8 บทสรุปการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานวิจัยในบทที่ 4 เป็นการแสดงผลวิจัยในการดำเนินงานแก้ไขปัญหาดู โดย แนวทางซิกซ์ ซิกม่า ด้วยกัน 5 ขั้นตอนหลัก คือ การกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น (Define Phase) ขั้นตอน การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase) การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase) และการควบคุมตัวแปรต่างๆ (Control Phase) ซึ่งผลจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหตามขั้นตอนดังกล่าวสามารถที่จะลดปัญหาการแตกบนส่วน พลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วนจากเดิมอยู่ที่ 3,012 DPPM ลดลงเหลือ 75 DPPM และทำให้ได้ผลผลิตที่ ยอมรับได้เพิ่มขึ้นจากเดิมอยู่ที่ 96.92% เพิ่มขึ้นถึง 99.38% ซึ่งทำให้บรรลุเป้าหมายที่ได้วางไว้ข้างต้น สำหรับรายละเอียดผลการวิจัยจะทำการสรุปเป็นรายละเอียดในบทที่ 5 ซึ่งเป็นการสรุปการวิจัยทั้งหมด แยกตามขั้นตอนโดยกล่าวถึงข้อเสนอแนะในการปรับปรุง



รูปที่ 4.33 สรุปผลการดำเนินงานหลังแก้ไข

จากรูปที่ 4.33 พบว่าจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหตามรายละเอียดข้างต้น สามารถทำให้เกิด
 ปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วนลดลงจากเดิมถึง 97.51% ซึ่งมากกว่าที่ได้
 ตั้งเป้าหมายไว้คือ 70.43%

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้เป็นกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก ของโรงงานตัวอย่าง โดยทำการศึกษาปัญหาในเรื่องของการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ของโมเดลอินเตอร์คอนเนก โดยนำเอาเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยการปรับปรุงกระบวนการผลิต ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการระบุปัญหา (Define Phase) ขั้นตอนการวัดผล (Analyze Phase) ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) และขั้นตอนการควบคุม (Control Phase) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามแนวทางทั้ง 5 ขั้นตอนนี้ซึ่งสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

5.1.1 ขั้นตอนการระบุ จะต้องวิเคราะห์ปัญหาที่มีผลกระทบต่อองค์กรในด้านของธุรกิจเป็นสำคัญ ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพโดยตรง ปัญหาตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า โดยปัญหาปรับปรุงแก้ไขคือปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ของโมเดลอินเตอร์คอนเนก

5.1.2 ขั้นตอนการวัด ซึ่งผลที่ได้จากกระบวนการวัดด้วยการตรวจสอบด้วยสายตาของพนักงานอยู่ในเกณฑ์ที่ดี หลังจากนั้นได้มีการระดมสมองเพื่อจัดทำแผนภาพก้างปลาเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา ในขั้นตอนนี้ได้ทำการวิเคราะห์ถึงกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเป็นพื้นฐานในการค้นหาปัญหา เพื่อทำการวิเคราะห์ระบบและขั้นตอนการวัดของพนักงานตรวจสอบชิ้นงานเพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องและถูกต้องแม่นยำในการตรวจสอบชิ้นงานเสียด้วยอาการ การแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วน รวมถึงการวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะของข้อบกพร่องซึ่งจะเป็นการกำหนดปัจจัยเพื่อที่จะนำไปศึกษาต่อในด้านของการวิเคราะห์ได้แก่องศาการขึ้นรูปที่ใช้อยู่ในระดับสูง (Used degree forming is high) รัศมีพื้นที่ของแม่พิมพ์น้อย (Punch radius of the die is less) เวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วสูงเกินไป (Use forming time too high speed) วัสดุมีความหนาเกินที่กำหนด (thickness material more than limit) ความยืดหยุ่นของวัสดุต่ำ (Material flexibility is low) เวลาป้อนชิ้นส่วนใช้ความเร็วสูงเกินไป (Feed part timing too high speed)

5.1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ ผลการทดสอบสมมติฐานจึงสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วน คือ องศาการขึ้นรูปขึ้นส่วนสูง และ รัศมีพินช์ของแม่พิมพ์น้อย ในส่วนนี้จะนำปัจจัยที่ได้จากขั้นตอนการวัดทั้ง 6 ปัจจัยมาเพื่อทดสอบสมมติฐานที่มีผลต่อการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วน โดยลำดับการศึกษานั้นเป็นการมาพิจารณาข้อบกพร่องโดยเปรียบเทียบการทดลองผล คือ สัดส่วนการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วน ที่พนักงานสามารถตรวจจับขึ้นงานได้ จากนั้นนำผลจากการทดลองของจากปัจจัยมาทำการทดสอบสมมติฐานโดยนำเอาวิธี 2 Proportions เพื่อทดสอบความแตกต่างของแต่ละปัจจัยระหว่างการปรับปรุงเพื่อดูว่ามีความแตกต่างของ

5.1.4 ขั้นตอนการปรับปรุง เป็นทดลองเพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมโดยใช้แนวทางการทดลองแบบ 2^k Full Factorial และผลการทดลองที่ได้จากการทดลอง 2^k Full Factorial พบว่าค่าองศาการขึ้นรูปขึ้นส่วน (Angle Body) ควบคุมที่ 73° และค่ารัศมีพินช์ของแม่พิมพ์ (Die Radius) เพิ่มขึ้นเป็น 0.102 mm. ได้นำมาเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทดลอง มาทำการปรับปรุงโดยยังไม่ทราบค่าปัจจัยที่เหมาะสมนั้นจึงทำการทดลองซ้ำโดยการกำหนดระดับของแต่ละปัจจัย และออกแบบการ เป็นค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดและสามารถลดการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วนลงได้

5.1.5 ขั้นตอนการควบคุม จัดทำขั้นตอนนี้มีการควบคุมใน 2 ส่วนคือ องศาการขึ้นรูปขึ้นส่วน (Angle Body) ของเครื่องและ รัศมีพินช์ของแม่พิมพ์ (Die Radius) ส่วนของการควบคุมองศาการขึ้นรูปให้อยู่ในช่วงที่ควบคุม จะต้องเพิ่มความถี่ในการตรวจเช็คค่าหลังทำการปรับปรุง

5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน

ปัญหาการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วนโดยประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ซิกม่า มาช่วยแก้ไข ในกระบวนการขึ้นรูปขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก จะเห็นได้ว่าเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วนโดยเฉลี่ย 3,012 DPPM ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยแผนภาพก้างปลา การระดมสมอง และการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วนคือ ค่าองศาการขึ้นรูปขึ้นส่วน (Angle Body) และค่ารัศมีพินช์ของแม่พิมพ์ (Die Radius) จากการออกแบบการวิเคราะห์และทดลองด้วยการตัดสินใจจากแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญที่ 5% จะพบว่า คือ ค่าองศาการขึ้นรูปขึ้นส่วน และค่ารัศมีพินช์ของแม่พิมพ์ ส่งผลต่อการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วน อย่างมีนัยสำคัญ และจากการปรับจากการปรับปรุงด้วยการออกแบบการทดลอง 2^k Full Factorial เพื่อทำการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสม เมื่อทำการทดลอง 2^k Full Factorial

พบว่าการปรับตั้งค่าที่เหมาะสมของ องศาการขึ้นรูปขึ้นส่วน และ รัศมีพื้นซ์ของแม่พิมพ์ ที่เหมาะสมอยู่ที่ องศาการขึ้นรูปขึ้นส่วนควบคุมที่ 73° และ ค่ารัศมีพื้นซ์ของแม่พิมพ์เพิ่มขึ้นเป็น 0.102 mm. ทำให้เกิด ปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วนลดน้อยลงถึง 97.51% คือ 75 DPPM และทำให้ เพิ่มผลผลิตที่สามารถยอมรับได้ถึง 99.83% ของกระบวนการผลิตทั้งหมด

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะนำงานวิจัยนี้ไปปฏิบัติ

เพื่อเป็นแนวทางให้กับทุกท่านที่จะนำงานวิจัยนี้ไปเป็นแนวทางเพื่อปฏิบัติ การทำงานวิจัยนี้ได้ พบกับปัญหาและอุปสรรคหลายอย่างด้วยกัน จึงจะข้อสรุปเป็นข้อเสนอแนะ และปรับปรุงกระบวนการ ผลิตของท่านต่อไปดังต่อไปนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับพัฒนาต่อ ณ โรงงานตัวอย่าง

ท่านที่จะนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนานั้นหรือนำงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้กับโมเดลอื่นๆ เพื่อ เป็นแนวทางในการศึกษากระบวนการผลิตเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องและปรับปรุงกระบวนการได้ ตาม แนวคิดจากเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปขึ้นส่วนต่างกันหรือไม่ รวมถึงการเก็บ ข้อมูลทางสถิติเพิ่มเติมว่า ผลิตรัศมีไหน มีอัตราการเกิดปัญหาไปในทิศทางใด แต่จำเป็นต้อง ทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับเงื่อนไขความแตกต่างของผลิตรัศมีจากลูกค้าแต่ละราย วัตถุประสงค์ก็ เพื่อที่จะทำให้ผู้ที่ทำการวิจัยเข้าถึงวิธีการแก้ปัญหาและหลักการวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มาก ยิ่งขึ้น เพราะวิธีการแบบสำเร็จรูปส่วนใหญ่ นั้นมักจะแตกต่างกับหน้างานจริง เนื่องจากในโรงงาน กรณีศึกษา มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ ให้กับวิศวกรแต่ละฝ่ายตามผลิตรัศมีเฉพาะลูกค้าแต่ละราย สิ่งที่จะต้องศึกษาและพิจารณาหากต้องเข้าไปแก้ปัญหาในผลิตรัศมีที่เราไม่เคยรับผิดชอบ มาก่อน คือ การออกแบบพื้นซ์ขึ้นรูปขึ้นส่วนตัวงาน (Punch of the Die Design) และผลลัพธ์ที่ได้ต่างกัน อย่างไร สังเกตรูปแบบลักษณะผลิตรัศมี (Design) มีความเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ การจัดการ กระบวนการกับกระบวนการผลิต (Process Setup) จะสามารถทำให้ผู้ที่ทำการศึกษากลับมา การ ต่อไป มีแนวทางในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้างต่อไป

เนื่องจากเมื่อเริ่มทำการผลิต ผลิตภัณฑ์ไปแล้ว การปรับปรุงคุณภาพการผลิตย่อมจะเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในการศึกษาค้างต่อไป เนื่องจากการทดลองโดยส่วนใหญ่จะต้องนำชิ้นงานมาเพื่อทำการทดลองอาจมีผลกระทบต่อต้นทุน หากมีการนำเอาเทคนิคซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในช่วงผลิตภัณฑ์ที่จะมาทำการวิจัยและเพื่อศึกษาผลิตภัณฑ์ที่เข้ามาใหม่ (New Product) ก็จะช่วยส่งผลให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หากผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตมาอย่างยาวนานการที่จะเข้าไปแก้ไขปรับปรุงจะทำได้ยาก และอาจต้องแจ้งให้ลูกค้าทราบเรื่องของการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับเงื่อนไขของผลิตภัณฑ์ เพื่อขออนุมัติจากทางลูกค้า

หลังการปรับปรุงใหม่อีกครั้ง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตมีราคาค่อนข้างสูง การปรับปรุงแก้ไขในบางขั้นตอนสามารถทำได้ยาก ประกอบกับผลหลังจากทำการปรับปรุงทำให้ได้มาซึ่งผลผลิตที่สามารถยอมรับได้สูงขึ้นตามที่โรงงานกรณีศึกษาพึงพอใจ ที่มีคะแนน RPN-Score สูงๆ ที่ยังไม่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงปัญหา ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรทำการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบเพื่อพิจารณาข้อบกพร่องอื่นๆ ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analyze) ดังที่กล่าวมาต่อไป



บรรณานุกรม

- [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 Non-manufacturing with Traditional Application of Six Sigma,” *Journal of Quality Engineer*, 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**, McGraHill, New York,pp. 235-342.
- [6] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, **ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างาน คิวซีเซอร์เคิล (QC Circle)** สมาคม ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),กรุงเทพฯ,2541,หน้า 3-315.
- [7] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ**, 1, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),กรุงเทพฯ,2544,หน้า 1-180.
- [8] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, **การวิเคราะห์ระบบการวัด**, 2, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2543, หน้า 1-140.
- [9] ธนากร เกียรติบรรลือ, **FMEA การวิเคราะห์ความล้มเหลวในกระบวนการผลิต**, วารสาร Industrial Technology Review. ฉบับวันที่ 73 กรกฎาคม 2543. หน้า 101-105.
- [10] วิชาญ ทองไพวรรณ, **การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนา แม่พิมพ์ขึ้นรูปแก้วที่ใช้บนโต๊ะอาหาร**, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขา วิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรญาณบุรี 2554.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [11] ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์ และสมจิตร ลาภโนนเขวา การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ โดย เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า,การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 24-26 ตุลาคม 2550.
- [12] พีรเดช สุวิทยารักษ์, การลดปริมาณปริมาณการใช้สารเคมีพีเอฟ 5060 ในการเคลือบผิวของ เครื่องซีเวกซ์ในการผลิตชุดแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ของผลิตภัณฑ์แอนเตอร์ไพรส์ โดยอาศัยหลักแนวทางซิกซ์ ซิกม่า, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544,หน้า 7-130.
- [13] จรัสพงศ์ รักการ, กระประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่าในการปรับปรุงคุณภาพการเคลือบสีสำหรับ อุตสาหกรรมรถยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543.
- [14] นพณรงค์ ศิริเสถียร, การปรับปรุงคุณภาพผิวของผลิตภัณฑ์กระเบรยนต์โดยอาศัยแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบ การผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543, หน้า 2-73.
- [15] ปารเมศ ชูติมา และ นวลพรรณ ใจงาม, “การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทไฟฟ้าสถิตในสาย ประกอบ ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้วิธีทางซิกซ์ ซิกม่า”, วิศวกรรมสาร 53, 8 ส.ค. 2543.
- [16] มาร์ติน อัครลาภสกุล, การใช้กรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดปัญหาสีเป็นหลุมที่แผนกพ่น สีใน อุตสาหกรรมรถยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมระบบการ- ผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543, หน้า 1-86

บรรณานุกรม (ต่อ)

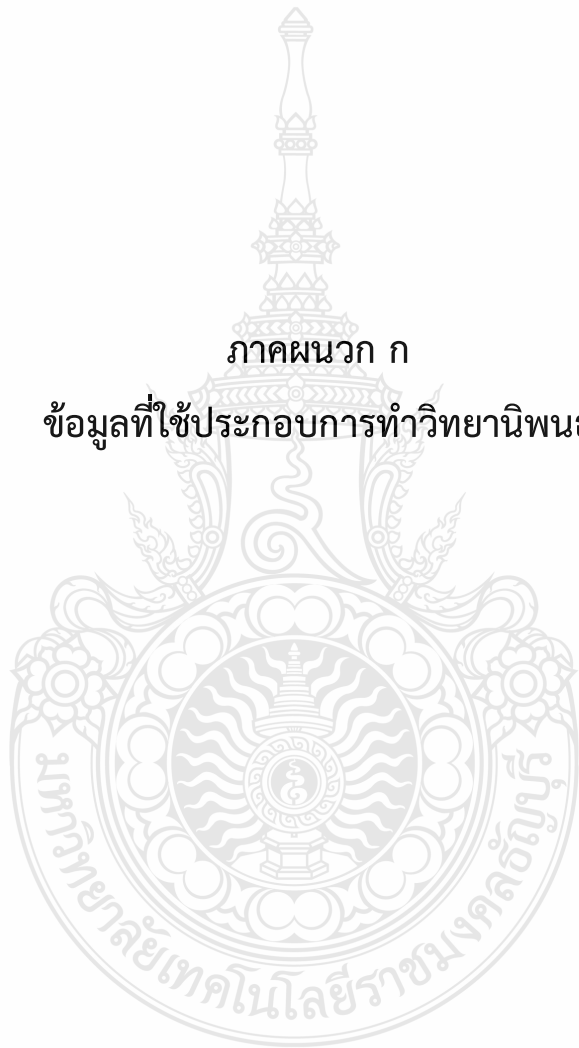
- [17] รุ่งโรจน์ อักษรสร, การปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องด้วย Six Sigma ในอุตสาหกรรมผลิตแม่พิมพ์ฉีด พลาสติก, รายงานโครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2542, หน้า 1-71.
- [18] วุฒิชัย เจริญยิ่งวัฒนา, การใช้กรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่าเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพงานพ่นสี, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2546.
- [19] อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว, การลดของเสียจากกระบวนการผลิตกระป๋องโดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- [20] ประภาพร เนาวบุตร, การประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่าในงานผลิตอุปกรณ์ใยแก้วนำแสง (กรณีศึกษา: การลดจำนวนวัตถุดิบเสียเนื่องจากค่าความสูญเสียทางแสงสูงเกินกำหนด), วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 2546.
- [21] วิเชียร แก้วณะศรี, การลดของเสียในอุตสาหกรรมทอสดตาข่ายโดยใช้เครื่องมือคุณภาพและวงจรดีเอ็มเอไอซีของเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [22] ชาย เสนาหาญ, การประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดของเสียจากการเสียดสีที่ก่อให้เกิดความ สั่นสะเทือน ในกระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์ (กรณีศึกษา : กระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์ ของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์), วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรม อุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2553.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [23] สุชุมาล เจริญทอง, การลดปัญหาการไม่มีกันชนหน้าในการประกอบรถยนต์, วิทยานิพนธ์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรม
อุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,
2545.
- [24] ญัฐนารี แก้วยัง, การปรับปรุงค่าซีสกอร์ความสูงของแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์โมเดล 10K.7.
รถยนต์, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี, 2546.
- [25] วสันต์ พุกผาสุข, การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม โดยประยุกต์ใช้วิธีซิกซ์ ซิกม่า
(กรณีศึกษา: อุตสาหการในอุตสาหกรรมชุบโครเมียม), วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอม
เกล้าพระนครเหนือ, 2549.
- [26] อรรถพล เฉลิมพลประภา, การปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยใช้เทคนิคสีนและซิกซ์ ซิกม่าใน
โรงงาน อุตสาหการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่, 2547.
- [27] มนัสวี ตันเจริญ, การลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการคายประจุไฟฟ้าสถิตที่กระบวนการคอม
แพค, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการระบบการ
ผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545.
- [28] จีระพงษ์ บุญสมปอง, การลดปัญหาทวมสโตน คอมโพเน้นท์ที่ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า
(กรณีศึกษา: กระบวนการประกอบแผงวงจรชนิดอ่อน, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2554.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์



Product: Interconnect model

Number of Sample 16 Pcs.

Replicate 3 Time

Number of Operator 2 Person

ตารางที่ ก-1 ข้อมูล GR&R Measurement Machine Degree of Angle Bode part

Sample	EN.746793			EN.10246		
	Trial#1	Trial#2	Trial#3	Trial#1	Trial#2	Trial#3
1	71.9285	71.9107	71.9301	71.7981	71.8916	71.9208
2	71.7766	71.6101	71.711	71.911	71.8119	71.6341
3	71.8126	71.7724	71.7513	71.7183	71.7847	71.838
4	71.7523	71.8639	71.758	71.8676	71.8763	71.8392
5	72.238	72.189	72.2248	72.2616	72.2032	72.2262
6	71.828	71.9034	71.842	71.8875	71.8768	71.8864
7	72.246	72.2308	72.0222	72.2654	72.1919	72.1414
8	72.0491	72.0422	72.1261	72.114	72.1116	72.0907
9	72.3708	72.3546	72.3903	72.4234	72.4214	72.2992
10	72.2525	72.237	72.2142	72.1201	72.3098	72.1179
11	72.1698	72.208	72.2262	72.2323	72.2305	72.3011
12	72.256	72.2686	72.1622	72.2487	72.2777	72.2741
13	72.2881	72.342	72.1777	72.3253	72.1747	72.3694
14	71.8267	71.7455	72.0142	71.6193	71.6495	72.0259
15	72.4716	72.4432	72.7928	72.4739	72.6515	72.3777
16	71.6896	71.6901	71.5978	71.6582	71.6952	71.7872
Min	71.6896	71.6101	71.5978	71.6193	71.6495	71.6341
Max	72.4716	72.4432	72.7928	72.4739	72.6515	72.3777
Stdev	0.2544157	0.2659303	0.2992381	0.2778871	0.2834561	0.2308133
Averg	72.059763	72.050719	72.058806	72.057794	72.072394	72.070581

Product: Interconnect model

Number of Sample 30 Pcs.

Defect: Polyimide Crack

Number of Operator 3 Person

ตารางที่ ก-2 แสดงผลการศึกษา GR&R ของพนักงานตรวจสอบชิ้นงานเพื่อตรวจจับงานเสีย

Sample part		Operator#1		Operator#2		Operator#3	
S/N	Master	1	2	1	2	1	2
1	A	A	A	A	A	A	A
2	R	R	R	R	R	R	R
3	A	A	A	A	A	A	A
4	R	R	R	R	R	R	R
5	R	R	R	R	R	R	R
6	A	A	A	A	A	A	A
7	R	R	R	R	R	R	R
8	R	R	R	R	R	R	R
9	A	A	A	A	A	A	A
10	R	R	R	R	R	R	R
11	R	R	R	R	R	R	R
12	A	A	A	A	A	A	A
13	R	R	R	R	R	R	R
14	A	A	A	A	A	A	A
15	R	R	R	R	R	R	R
16	A	A	A	A	A	A	A
17	R	R	R	R	R	R	R
18	A	A	A	A	A	A	A
19	R	R	R	R	R	R	R
20	A	A	A	A	A	A	A
21	R	R	R	R	R	R	R
22	A	A	A	A	A	A	A
23	R	R	R	R	R	R	R
24	R	R	R	R	R	R	R
25	A	A	A	A	A	A	A
26	A	A	A	A	A	A	A
27	R	R	R	R	R	R	R
28	A	A	A	A	A	A	A
29	A	A	A	A	A	A	A
30	A	A	A	A	A	A	A

สัญลักษณ์

A == Accept

R == Reject

ตารางที่ ก. 3 องค์การขึ้นรูปชิ้นงานที่ทำการควบคุมปัญหาการเกิดการแตกของส่วนพลาสติก
ที่ 68°

Model	Date	strip no.	NGLE_BOD	Actual Angle_Body	sample forming	Defect	Rate PI-d
		1			296	2	0.68%
		2			296	0	0.00%
		3			296	0	0.00%
		4			296	1	0.34%
		5			296	0	0.00%
		6			296	2	0.68%
		7			296	0	0.00%
		8			296	0	0.00%
		9			296	1	0.34%
		10			296	0	0.00%
		11			296	2	0.68%
		12			296	0	0.00%
		13			296	0	0.00%
		14			296	1	0.34%
		15			296	0	0.00%
		16			296	0	0.00%
		17			296	2	0.68%
		18			296	0	0.00%
		19			296	1	0.34%
		20			296	0	0.00%
interconne	18-Jun-21	21	68°	68.0188°	296	2	0.68%
		22			296	0	0.00%
		23			296	0	0.00%
		24			296	1	0.34%
		25			296	0	0.00%
		26			296	0	0.00%
		27			296	0	0.00%
		28			296	2	0.68%
		29			296	1	0.34%
		30			296	0	0.00%
		31			296	2	0.68%
		32			296	1	0.34%
		33			296	0	0.00%
		34			296	1	0.34%
		35			296	0	0.00%
		36			296	2	0.68%
		37			296	0	0.00%
		38			296	0	0.00%
		39			296	1	0.34%
		40			296	0	0.00%
		41			296	0	0.00%
		42			296	2	0.68%
Total		42 strip			12432	27	9.12%

ตารางที่ ก. 4 องค์การขึ้นรูปชิ้นงานที่ทำการควบคุมปัญหาการเกิดการแตกของส่วนพลาสติก
ที่ 73°

Model	Date	strip no.	ANGLE_BODY	Actual Angle_Body	sample forming	Defect	Rate PI-d
interconner 18-Jun-21		1	73° 73.5513°		296	0	0.00%
		2			296	0	0.00%
		3			296	1	0.34%
		4			296	1	0.34%
		5			296	0	0.00%
		6			296	0	0.00%
		7			296	0	0.00%
		8			296	0	0.00%
		9			296	2	0.68%
		10			296	2	0.68%
		11			296	0	0.00%
		12			296	0	0.00%
		13			296	2	0.68%
		14			296	0	0.00%
		15			296	0	0.00%
		16			296	1	0.34%
		17			296	1	0.34%
		18			296	0	0.00%
		19			296	2	0.68%
		20			296	2	0.68%
		21			296	0	0.00%
		22			296	0	0.00%
		23			296	1	0.34%
		24			296	1	0.34%
		25			296	0	0.00%
		26			296	0	0.00%
		27			296	2	0.68%
		28			296	0	0.00%
		29			296	0	0.00%
		30			296	0	0.00%
		31			296	2	0.68%
		32			296	2	0.68%
		33			296	1	0.34%
		34			296	1	0.34%
		35			296	2	0.68%
		36			296	0	0.00%
		37			296	0	0.00%
		38			296	0	0.00%
		39			296	2	0.68%
		40			296	0	0.00%
		41			296	0	0.00%
		42			296	2	0.68%
Total		42 strip			12432	30	10.14%

ตารางที่ ก. 4 องค์การขึ้นรูปชิ้นงานที่ทำการควบคุมปัญหาการเกิดการแตกของส่วนพลาสติก
ที่ 78°

Model	Date	strip no.	ANGLE_BODY	Actual Angle_Body	sample forming	Defect	Rate PI-d
interconner 18-Jun-21		1			296	1	0.34%
		2			296	1	0.34%
		3			296	2	0.68%
		4			296	2	0.68%
		5			296	3	1.01%
		6			296	2	0.68%
		7			296	1	0.34%
		8			296	0	0.00%
		9			296	0	0.00%
		10			296	0	0.00%
		11			296	2	0.68%
		12			296	1	0.34%
		13			296	2	0.68%
		14			296	2	0.68%
		15			296	0	0.00%
		16			296	2	0.68%
		17			296	3	1.01%
		18			296	1	0.34%
		19			296	1	0.34%
		20			296	2	0.68%
		21			296	0	0.00%
		22	78°	78.2653°	296	0	0.00%
		23			296	1	0.34%
		24			296	2	0.68%
		25			296	2	0.68%
		26			296	3	1.01%
		27			296	2	0.68%
		28			296	1	0.34%
		29			296	0	0.00%
		30			296	0	0.00%
		31			296	3	1.01%
		32			296	0	0.00%
		33			296	1	0.34%
		34			296	2	0.68%
		35			296	0	0.00%
		36			296	5	1.69%
		37			296	2	0.68%
		38			296	1	0.34%
		39			296	0	0.00%
		40			296	0	0.00%
		41			296	2	0.68%
		42			296	1	0.34%
Total		42 strip			12432	57	19.26%

ตารางที่ ก 5 ผลการทดลองรัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์กับการเกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก
ที่ 0.076 mm.

Model	Date	strip no.	NGLE_BOD	Radius punch	sample forming	Defect	Rate PI-d
Interconnect	18-Jun-21	1	78°	0.076 mm.	296	0	0.00%
		2			296	0	0.00%
		3			296	1	0.34%
		4			296	1	0.34%
		5			296	0	0.00%
		6			296	0	0.00%
		7			296	0	0.00%
		8			296	1	0.34%
		9			296	2	0.68%
		10			296	2	0.68%
		11			296	0	0.00%
		12			296	0	0.00%
		13			296	1	0.34%
		14			296	0	0.00%
		15			296	0	0.00%
		16			296	1	0.34%
		17			296	1	0.34%
		18			296	0	0.00%
		19			296	1	0.34%
		20			296	2	0.68%
		21			296	0	0.00%
		22			296	0	0.00%
		23			296	1	0.34%
		24			296	1	0.34%
		25			296	0	0.00%
		26			296	0	0.00%
		27			296	2	0.68%
		28			296	0	0.00%
		29			296	0	0.00%
		30			296	0	0.00%
		31			296	2	0.68%
		32			296	2	0.68%
		33			296	1	0.34%
		34			296	1	0.34%
		35			296	2	0.68%
		36			296	0	0.00%
		37			296	0	0.00%
		38			296	0	0.00%
		39			296	1	0.34%
		40			296	0	0.00%
		41			296	0	0.00%
		42			296	2	0.68%
Total		42 strip			12432	28	9.46%

ตารางที่ ก 6 ผลการทดลองรัศมีพื้นผิวของแม่พิมพ์กับการเกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก
ที่ 0.102 mm.

Model	Date	strip no.	ANGLE_BODY	Radius punch	sample forming	Defect	Rate PI-d
		1			296	0	0.00%
		2			296	0	0.00%
		3			296	1	0.34%
		4			296	1	0.34%
		5			296	0	0.00%
		6			296	0	0.00%
		7			296	0	0.00%
		8			296	1	0.34%
		9			296	2	0.68%
		10			296	2	0.68%
		11			296	0	0.00%
		12			296	0	0.00%
		13			296	1	0.34%
		14			296	0	0.00%
		15			296	0	0.00%
		16			296	1	0.34%
		17			296	1	0.34%
		18			296	0	0.00%
		19			296	1	0.34%
		20			296	2	0.68%
interconner	18-Jun-21	21	73°	0.102mm.	296	0	0.00%
		22			296	0	0.00%
		23			296	1	0.34%
		24			296	1	0.34%
		25			296	0	0.00%
		26			296	0	0.00%
		27			296	2	0.68%
		28			296	0	0.00%
		29			296	0	0.00%
		30			296	0	0.00%
		31			296	2	0.68%
		32			296	2	0.68%
		33			296	1	0.34%
		34			296	1	0.34%
		35			296	2	0.68%
		36			296	0	0.00%
		37			296	0	0.00%
		38			296	0	0.00%
		39			296	1	0.34%
		40			296	0	0.00%
		41			296	0	0.00%
		42			296	2	0.68%
Total			42 strip		12432	28	9.46%

ตารางที่ ก 7 ผลการทดลองเวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วกับการเกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก
ที่ 0.652 sec.

Model	Date	strip no.	ANGLE_BODY	Radius punch	sample forming	Defect	Rate PI-d
		1			296	0	0.00%
		2			296	0	0.00%
		3			296	1	0.34%
		4			296	1	0.34%
		5			296	0	0.00%
		6			296	0	0.00%
		7			296	0	0.00%
		8			296	1	0.34%
		9			296	2	0.68%
		10			296	2	0.68%
		11			296	0	0.00%
		12			296	0	0.00%
		13			296	1	0.34%
		14			296	0	0.00%
		15			296	0	0.00%
		16			296	1	0.34%
		17			296	1	0.34%
		18			296	0	0.00%
		19			296	1	0.34%
		20			296	2	0.68%
interconne	23/18/2021	21	73°	0.662mm.	296	0	0.00%
		22			296	0	0.00%
		23			296	1	0.34%
		24			296	1	0.34%
		25			296	0	0.00%
		26			296	0	0.00%
		27			296	2	0.68%
		28			296	0	0.00%
		29			296	0	0.00%
		30			296	0	0.00%
		31			296	2	0.68%
		32			296	2	0.68%
		33			296	1	0.34%
		34			296	1	0.34%
		35			296	2	0.68%
		36			296	0	0.00%
		37			296	0	0.00%
		38			296	0	0.00%
		39			296	1	0.34%
		40			296	0	0.00%
		41			296	0	0.00%
		42			296	2	0.68%
Total		42 strip			12432	28	9.46%

ตารางที่ ก 8 ผลการทดลองเวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วกับการเกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก
ที่ 1.221 sec.

Model	Date	strip no.	ANGLE_BODY	Radius punch	sample forming	Defect	Rate PI-d
		1			296	1	0.34%
		2			296	0	0.00%
		3			296	1	0.34%
		4			296	0	0.00%
		5			296	0	0.00%
		6			296	1	0.34%
		7			296	0	0.00%
		8			296	1	0.34%
		9			296	1	0.34%
		10			296	1	0.34%
		11			296	0	0.00%
		12			296	0	0.00%
		13			296	1	0.34%
		14			296	0	0.00%
		15			296	0	0.00%
		16			296	1	0.34%
		17			296	1	0.34%
		18			296	0	0.00%
		19			296	1	0.34%
		20			296	0	0.00%
interconner	23/18/2021	21	73°	1.1221mm	296	1	0.34%
		22			296	0	0.00%
		23			296	1	0.34%
		24			296	1	0.34%
		25			296	0	0.00%
		26			296	0	0.00%
		27			296	2	0.68%
		28			296	1	0.34%
		29			296	1	0.34%
		30			296	0	0.00%
		31			296	0	0.00%
		32			296	2	0.68%
		33			296	1	0.34%
		34			296	1	0.34%
		35			296	2	0.68%
		36			296	0	0.00%
		37			296	1	0.34%
		38			296	0	0.00%
		39			296	1	0.34%
		40			296	0	0.00%
		41			296	0	0.00%
		42			296	1	0.34%
Total			42 strip		12432	26	8.78%

ตารางที่ ก 9 ผลการทดลองเวลาป้อนแถบขึ้นส่วนใช้ความเร็วกับการเกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก ที่ 32.767 sec.

Model	Date	strip no.	ANGLE_BODY	Strip cycle time	sample forming	Defect	Rate PI-d
		1			296	1	0.34%
		2			296	0	0.00%
		3			296	1	0.34%
		4			296	0	0.00%
		5			296	0	0.00%
		6			296	1	0.34%
		7			296	0	0.00%
		8			296	1	0.34%
		9			296	1	0.34%
		10			296	1	0.34%
		11			296	0	0.00%
		12			296	0	0.00%
		13			296	1	0.34%
		14			296	0	0.00%
		15			296	0	0.00%
		16			296	1	0.34%
		17			296	1	0.34%
		18			296	0	0.00%
		19			296	1	0.34%
		20			296	0	0.00%
iterconnect3/18/202		21	73°	32.767 sec.	296	1	0.34%
		22			296	0	0.00%
		23			296	1	0.34%
		24			296	1	0.34%
		25			296	0	0.00%
		26			296	0	0.00%
		27			296	2	0.68%
		28			296	1	0.34%
		29			296	1	0.34%
		30			296	0	0.00%
		31			296	0	0.00%
		32			296	2	0.68%
		33			296	1	0.34%
		34			296	1	0.34%
		35			296	2	0.68%
		36			296	0	0.00%
		37			296	1	0.34%
		38			296	0	0.00%
		39			296	1	0.34%
		40			296	0	0.00%
		41			296	0	0.00%
		42			296	1	0.34%
Total			42 strip		12432	26	8.78%

ตารางที่ ก 10 ผลการทดลองเวลาป้อนแถบขึ้นส่วนใช้ความเร็วกับการเกิดปัญหาการแตกของ
ส่วนพลาสติกที่ 33.544 sec.

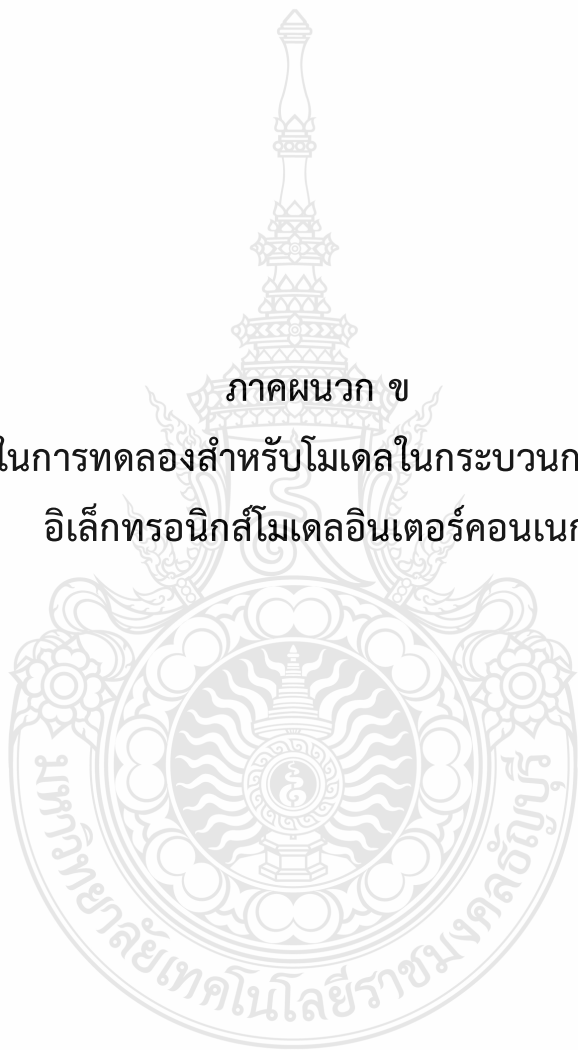
Model	Date	strip no.	ANGLE_BODY	Strip cycle time	sample forming	Defect	Rate PI-d
		1			296	0	0.00%
		2			296	0	0.00%
		3			296	1	0.34%
		4			296	1	0.34%
		5			296	0	0.00%
		6			296	0	0.00%
		7			296	0	0.00%
		8			296	1	0.34%
		9			296	2	0.68%
		10			296	2	0.68%
		11			296	0	0.00%
		12			296	0	0.00%
		13			296	1	0.34%
		14			296	0	0.00%
		15			296	0	0.00%
		16			296	1	0.34%
		17			296	1	0.34%
		18			296	0	0.00%
		19			296	1	0.34%
		20			296	0	0.00%
interconnec	3/18/202	21	73°	33.544 sec.	296	0	0.00%
		22			296	0	0.00%
		23			296	1	0.34%
		24			296	1	0.34%
		25			296	0	0.00%
		26			296	0	0.00%
		27			296	2	0.68%
		28			296	1	0.34%
		29			296	1	0.34%
		30			296	0	0.00%
		31			296	2	0.68%
		32			296	2	0.68%
		33			296	1	0.34%
		34			296	1	0.34%
		35			296	2	0.68%
		36			296	0	0.00%
		37			296	0	0.00%
		38			296	0	0.00%
		39			296	1	0.34%
		40			296	0	0.00%
		41			296	0	0.00%
		42			296	2	0.68%
Total			42 strip		12432	28	9.46%

ตารางที่ ก 11 ผลการทดลองแบบ 2^k Full Factorial

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	AngleBody (°) Degree	DieRadius (mm.)	Input (Pcs.)	Output (Pcs.)	PI-C Defect (Pcs.)
1	1	1	1	73°	0.076	12,432	12,320	112
2	7	1	1	73°	0.102	12,432	12,425	7
3	4	1	1	78°	0.076	12,432	12,262	170
4	2	1	1	78°	0.102	12,432	12,415	17
5	8	1	1	73°	0.076	12,432	12,327	105
6	3	1	1	73°	0.102	12,432	12,424	8
7	6	1	1	78°	0.076	12,432	12,260	172
8	5	1	1	78°	0.102	12,432	12,412	20



ภาคผนวก ข
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสำหรับโมเดลในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วน
อิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก





รูปที่ ข-1 กล้อง Microscope กำลังขยาย 20X



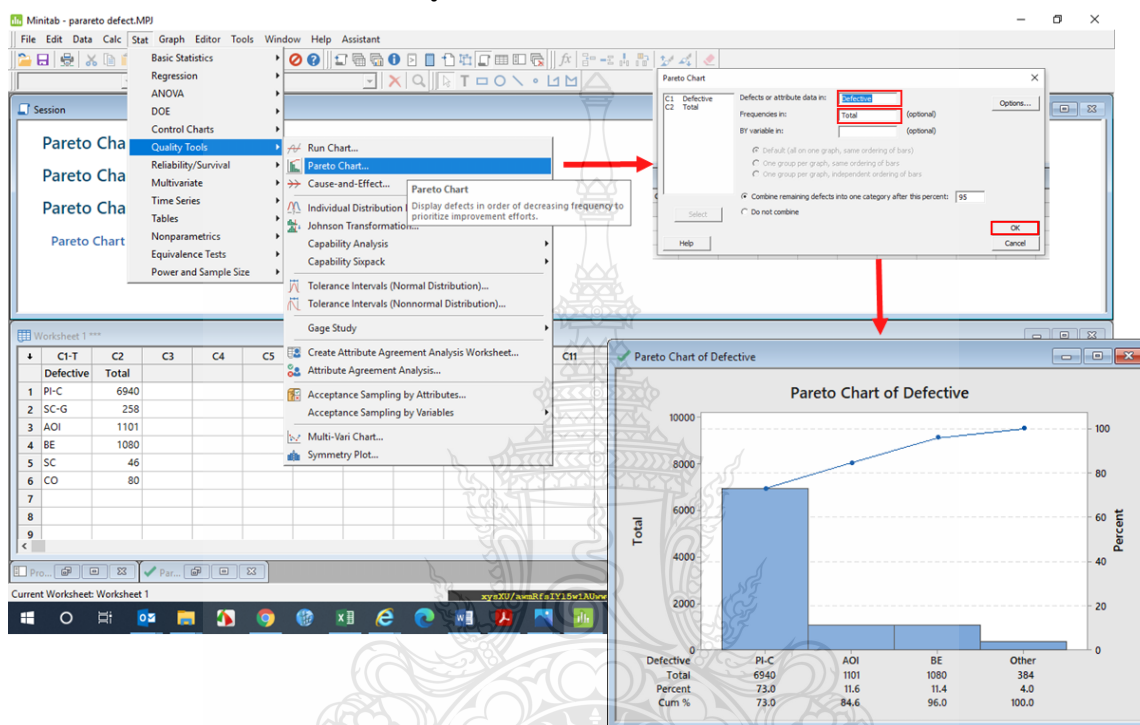
รูปที่ ข-2 เครื่องวัดองค์การขึ้นรูปชิ้นส่วน

ภาคผนวก ค
ขั้นตอนการใช้ Minitab



วิธีการทำการวิเคราะห์พาเรโตจัดลำดับความสำคัญ

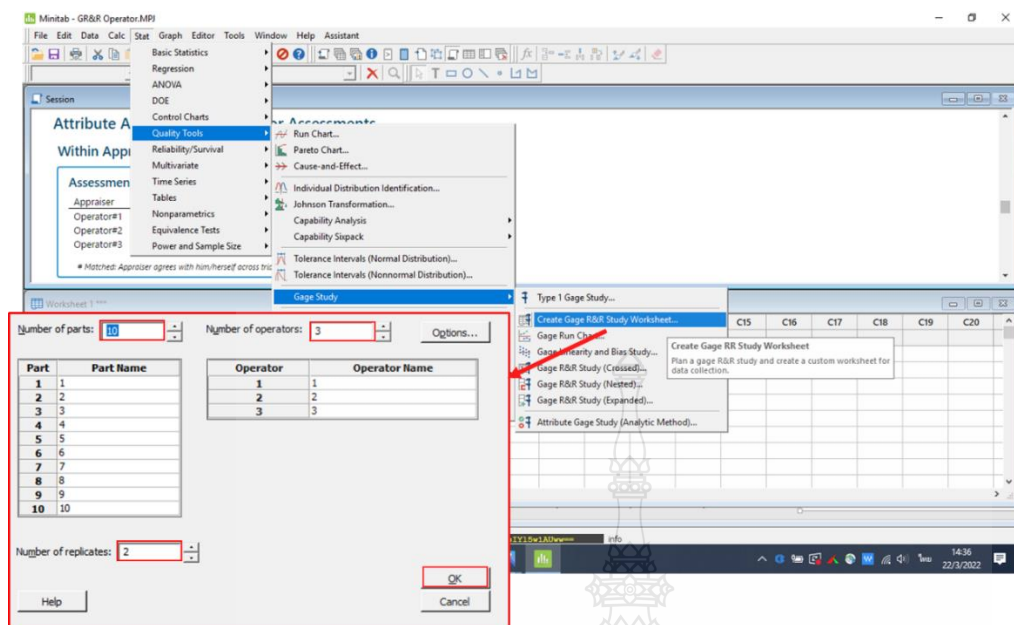
เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab จากนั้นป้อนข้อมูลลงช่อง Worksheet 1 , จากนั้นเลือกเมนู Stat > Quality Tools > Pareto Chart... จากนั้นป้อนข้อมูลตัวแปรที่ต้องการ C1 = Cause, C2 = RPN ลงช่องของเมนู Chart defects table > Label in =Cause, Frequencies in = RPN แล้ว คลิก OK โดยแสดงผลรูปของกราฟ Pareto Chart of Cause แสดงดังรูป ค-1



รูปที่ ค-1 ขั้นตอนและผลของกราฟ Pareto Chart of Defective

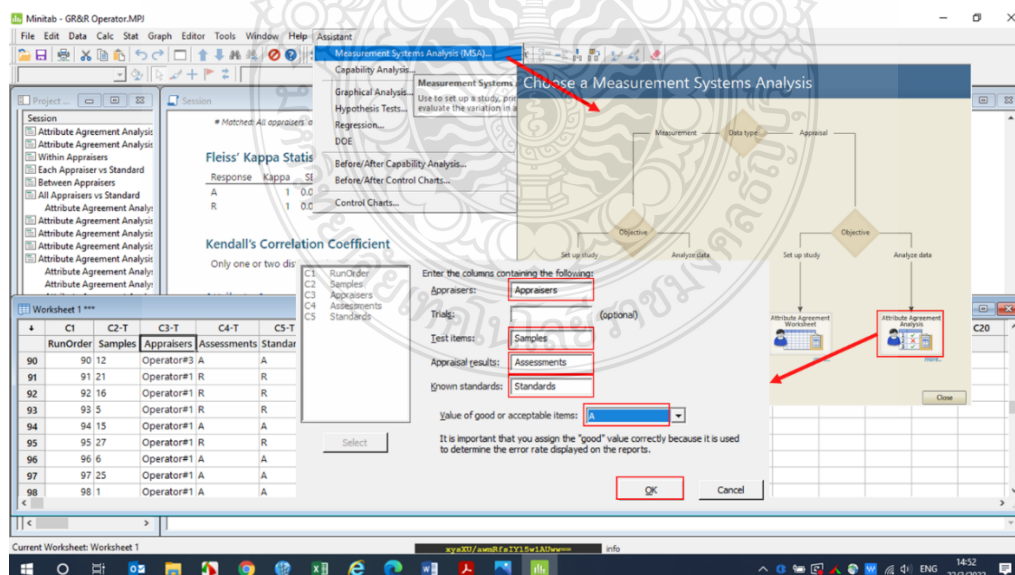
วิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดการตรวจสอบชิ้นงานเสียของพนักงานตรวจสอบโดยใช้สายตา

เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab จากนั้นเลือกเมนู Stat > Quality Tools > Gage Study > Create Gage R&R Study Worksheet จากนั้นกรอกข้อมูลคือ Number of part = 30, Number of Operator = 3, Number of Replicate = 2 แล้วคลิก OK จากนั้นทำการกรอกข้อมูลลงใน Worksheet ตามรูปที่ ค-2

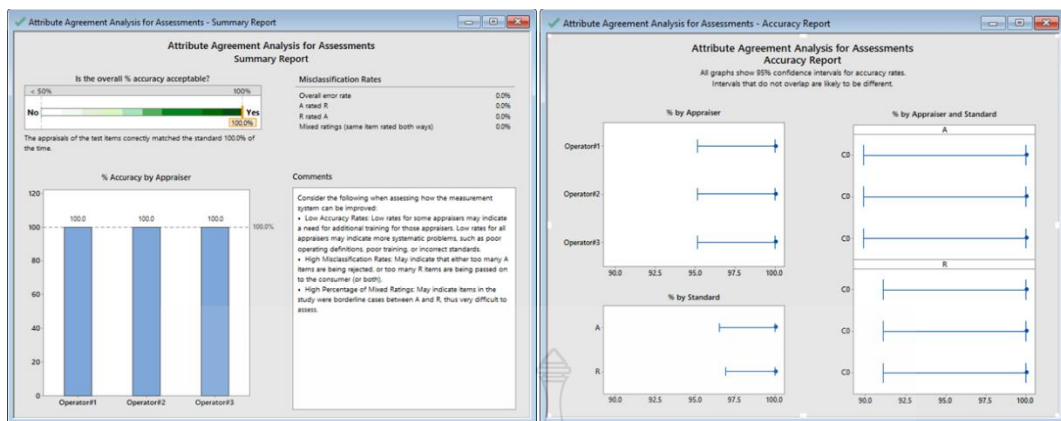


รูปที่ ค-2 ขั้นตอนการ Create Gage R&R Study Worksheet

เมื่อทำการกรอกข้อมูลในช่อง Worksheet แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการคำนวณ GR&R โดยเริ่มต้นเลือกที่ Assistant > Measurement System Analyze > Analyze Data จากนั้นป้อนข้อมูลตัวแปรที่ต้องการ Appraisers = Appraisers , Test Item = Sample , Assessments = Assessments , Known standards = Standards , Value of good or accept = ใส่ตัวแปรของตัวงานดี ในที่นี้ คือ A จากนั้น คลิก OK ดังรูปที่ ค-3



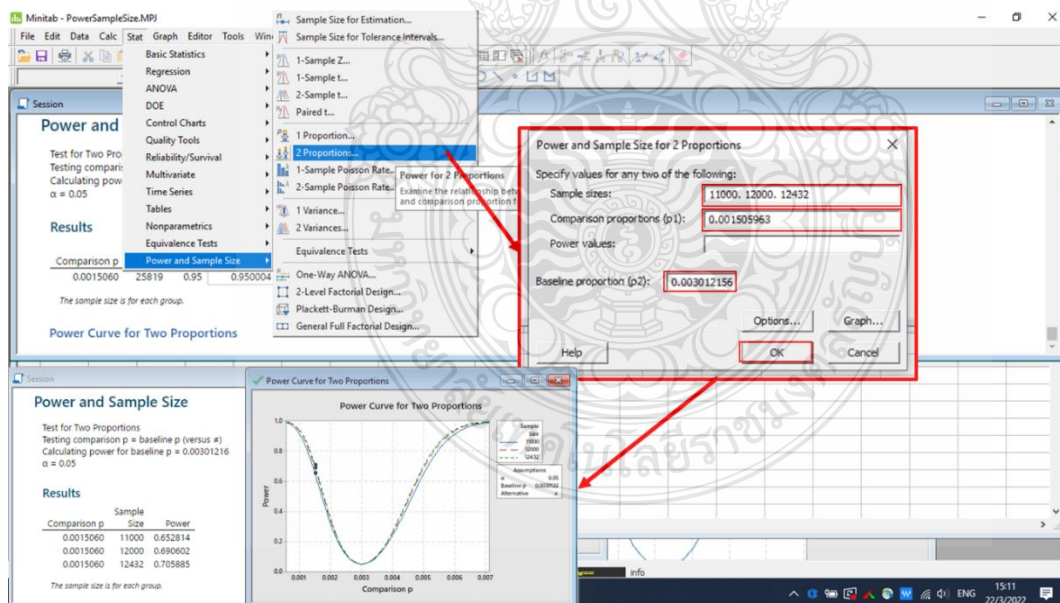
รูปที่ ค-3 ขั้นตอนการทดลอง Gage R&R



รูปที่ ค-4 ผลกราฟ Gage R&R และผลการคำนวณค่าทางสถิติของการวัดผลการตรวจสอบชิ้นงาน
เสียของพนักงานด้วยสายตา

วิธีการทำผลการวิเคราะห์จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง (Power and sample size)

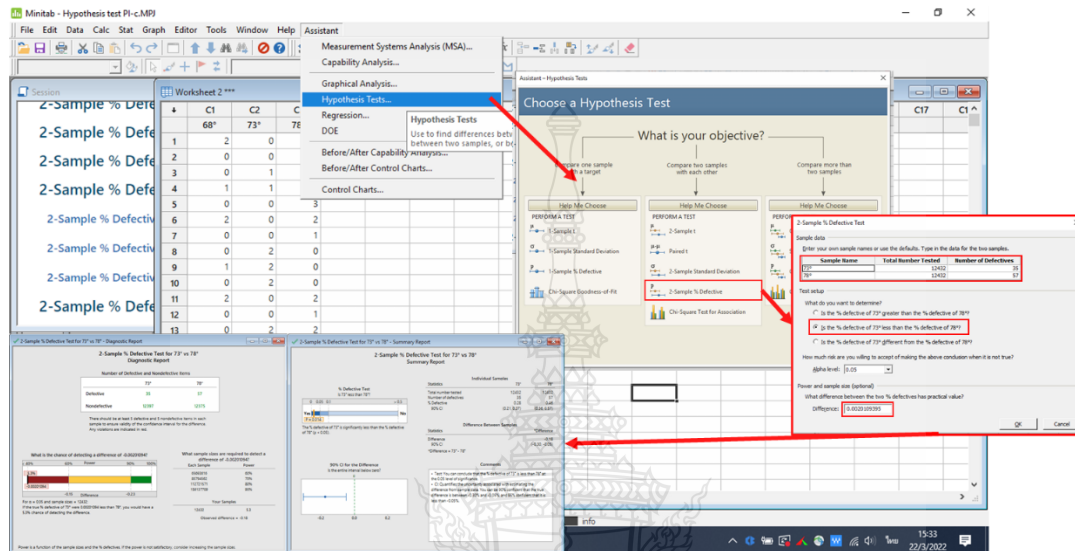
เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab จากนั้นเลือกเมนู Stat > Power and Sample size > 2 Proportions จากนั้นป้อนข้อมูลตัวแปรที่ต้องการตรงช่อง Comparison Proportion 1 = 0.001505963 , Baseline Proportion 2 = 0.03012156 และ ช่องของ Sample = 11000, 12000, 12432 แล้วจากนั้นก็คลิก OK จะแสดงผลตามรูปที่ ค-5



รูปที่ ค-5 ขั้นตอนและผล Power and Sample size

ตัวอย่างวิธีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาโดยใช้วิธี 2 Sample % Defective

เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab เลือกเมนู Stat > Assistant > Hypothesis Test > 2-Sample % Defective จากนั้นป้อนข้อมูลการทดลอง Sample = 73° 78°, Total Number Tested = 12,432, Number of Defectives = 35 57 และคลิกเลือก % Defective of 73° less than % Defectives of 78°, Difference = 0.0020109395 จากนั้นคลิก OK จะได้ผลการทดลองดังรูปที่ ค-6



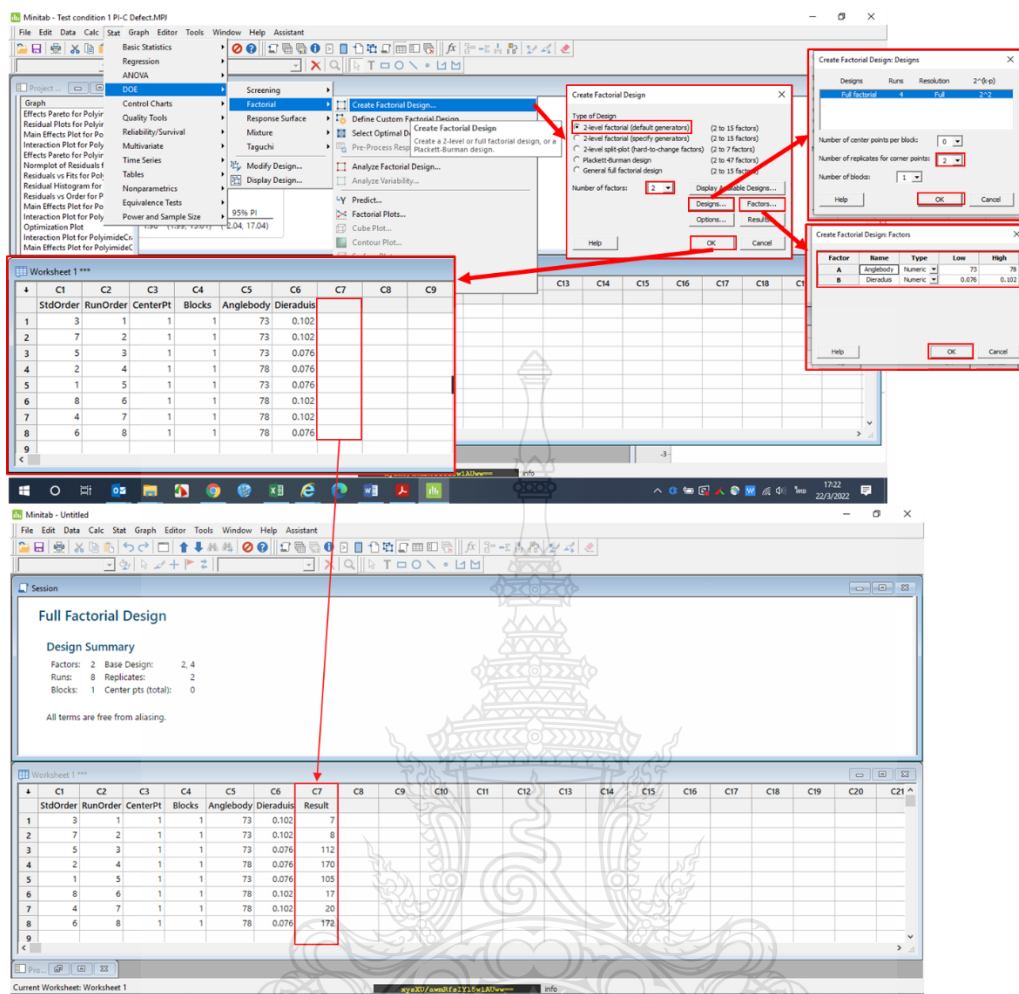
รูปที่ ค-6 ขั้นตอนและผล การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาโดยใช้วิธี 2 Sample % Defective test

วิธีการนำเสนอผลการวิเคราะห์การทดลองค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดลองค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีขั้นตอนดังนี้

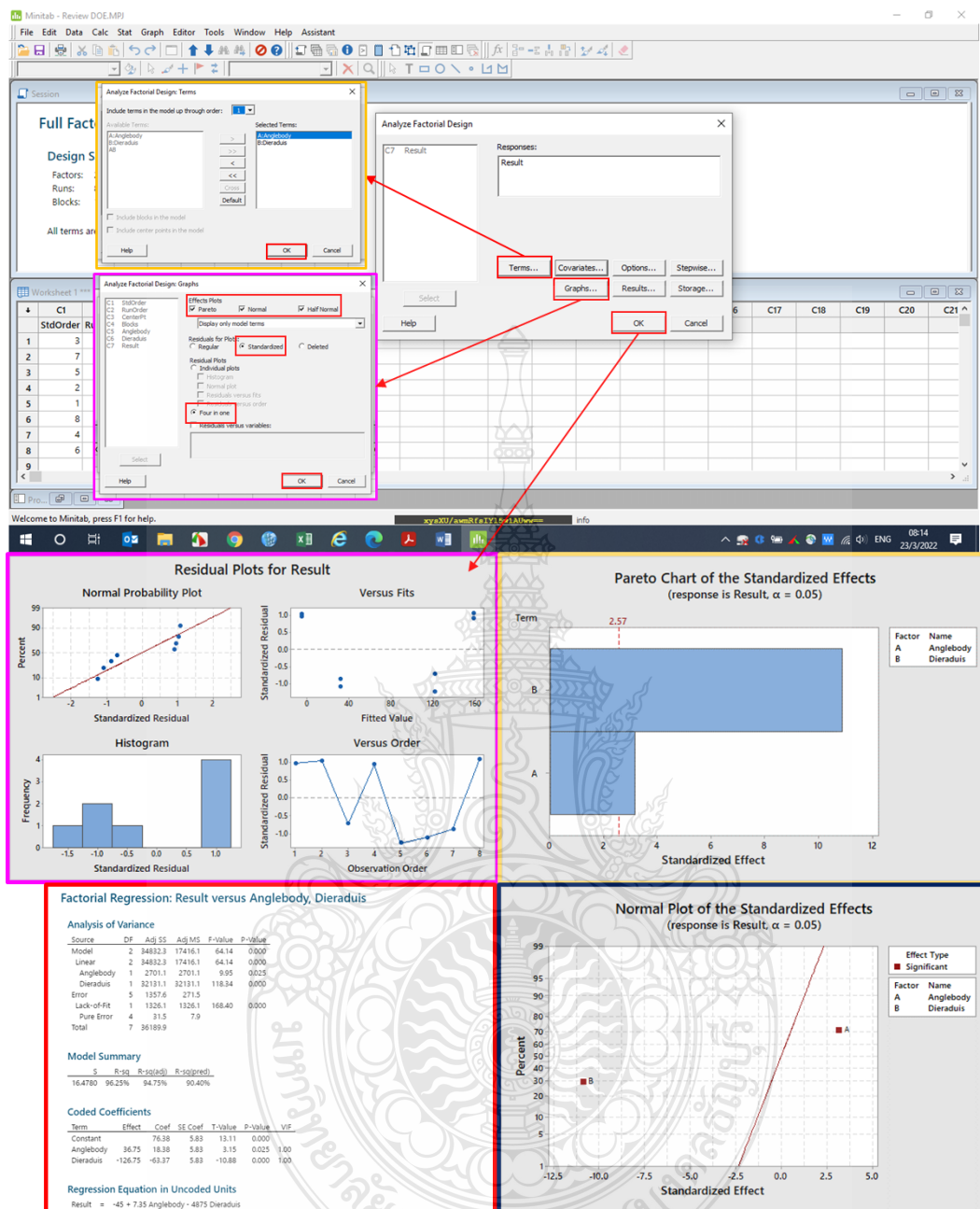
เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab เลือกเมนู Stat > DOE > Factorial > Create Factorial Design.. จากนั้นป้อนข้อมูลตัวแปรที่ต้องการ ลงช่องเมนู 2-Level factorial (default generator) (2 to 15 factors) คลิกเมนูช่อง Number of factors : 2 > Design.. Full factorial, Run 8 Resolution Full, 2**3 > Number of Replicate: 2 > Number of blocks: 1 แล้วคลิก OK

จากนั้นเลือก เมนู Factor ทำการป้อนตัวแปร Factor A : Angle body (Low : 73, High : 78) Factor B : Die radius (Low : 0.076 , High : 0.102) แล้วคลิก OK จากนั้นทำการเลือก คลิก OK อีกครั้ง จะแสดงผลของเงื่อนไขการทดลองและป้อนข้อมูลลงไปตามรูปที่ ค-7



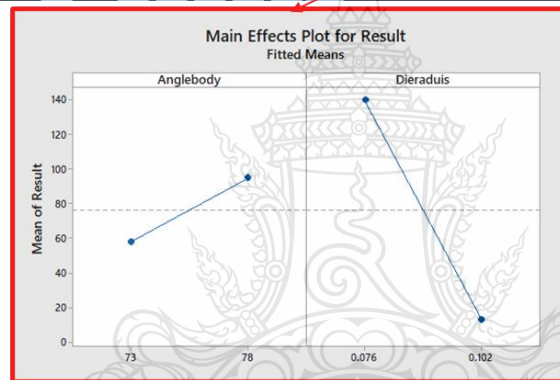
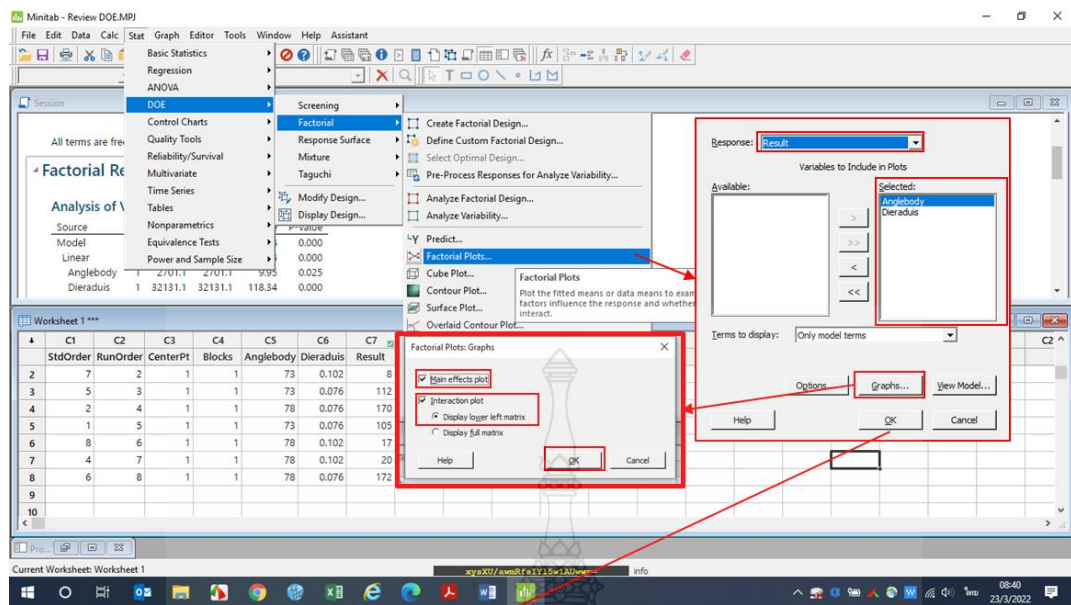
รูปที่ ค-7 ขั้นตอนและการออกแบบการทดลองแบบ Factorial Design

จากนั้นเริ่มวิเคราะห์ผลการทดลองโดย เลือกเมนู Stat > DOE > Analyze Factorial... จากนั้นป้อนข้อมูลเพื่อให้โปรแกรมรู้ว่าตัวแปรไหนคือ Factor และ ผลการทดลอง โดย ช่องเมนู Response : 'Result' แล้วเลือก Term.. จากนั้นป้อนข้อมูลที่ต้องการลงช่องเมนู Select Term : A, B, AB แล้วคลิก OK จากนั้นคลิกเมนู Graphs.. แล้วเลือกคลิกช่องข้อมูลที่ต้องการให้โปรแกรมรายงาน คือ คลิกช่องเมนู Effect Plot : = Normal Half normal, Pareto และ ช่อง Standard เลือก Four in one แล้วคลิก OK จากนั้น คลิก ปุ่ม Result.. และเลือกเมนู Unusual และ Default จากนั้นเลือกคลิกเมนูที่ต้องการ ลงช่อง Select term : A,B,AB แล้วคลิก OK อีกครั้ง จากนั้นโปรแกรมก็จะแสดงผลการคำนวณตามรูปที่ ค-8



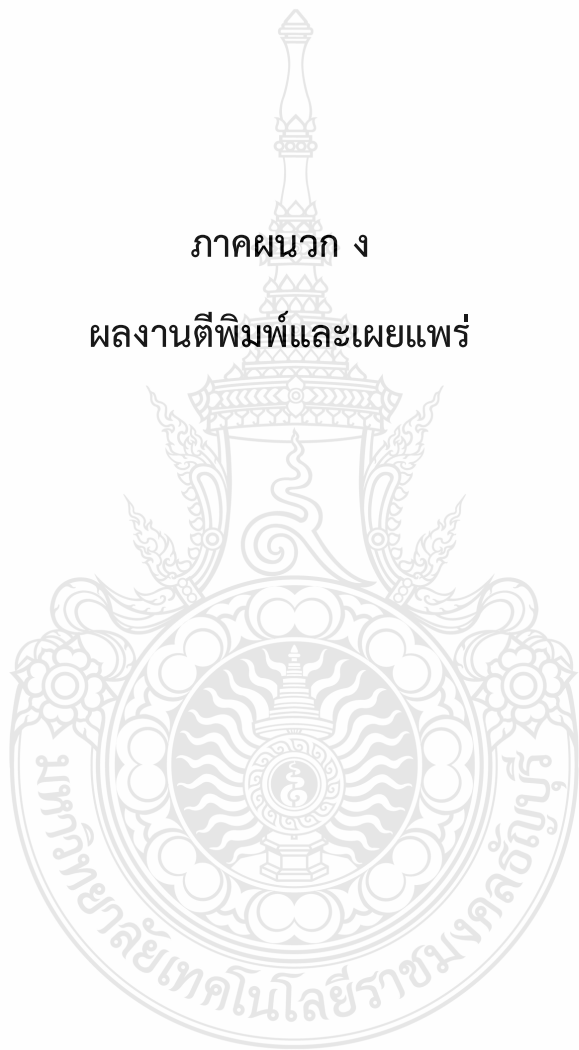
รูปที่ ค-8 ขั้นตอนและผลการคำนวณ Factorial Design โดยโปรแกรม Minitab

จากนั้นเริ่มต้นเลือกเมนู Stat > DOE > Factorial > Factorial Plot... จากนั้นเลือกข้อมูลที่ต้องการที่ช่อง Response : Result , Selected : Angle body, Die radius ต่อมาก็ตั้งค่าข้อมูลที่เราอยากให้โปรแกรมแสดงผลโดยการ คลิก ปุ่ม Graph.. ลงช่อง Main Effect Plot, Interaction Plot แล้วคลิก OK จากนั้น คลิก ปุ่ม OK อีกครั้ง เราจะได้ผลการคำนวณค่า Main Effect Plot มาดังรูปที่ ค-9



รูปที่ ค-9 ขั้นตอนการคำนวณและผลการคำนวณ Factorial Plots

ภาคผนวก ง
ผลงานตีพิมพ์และเผยแพร่





มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

การประชุมวิชาการ ประจำปี 2565 KUSRC Annual Conference 2022

24 สิงหาคม 2565

The 5th National Conference on The Digital Era



หัวข้อการประชุมและการเสนอผลงานวิจัย Area of Research

- นวัตกรรมและเทคโนโลยี (Innovation and Technology)
- วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Sciences and Applied Sciences)
- วิทยาศาสตร์การเดินเรือและเทคโนโลยี (Marine Science and Technology)
- การเงินและบัญชี (Finance and Accounting)
- วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)
- เศรษฐศาสตร์และเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ (Economics and Applied Economics)
- การจัดการ (Management)
- การตลาด (Marketing)
- ธุรกิจระหว่างประเทศ (International Business)
- โลจิสติกส์ (Logistics)
- กิจกรรมให้บริการและท่องเที่ยว (Hospitality and Tourism)

KUSRC Annual Conference 2022 Keynote Speaker

ปาฐกถาพิเศษ
“การเชื่อมโยงวิถีใหม่
ในโลกยุคดิจิทัล”

ศาสตราจารย์ ดร.เบญจชัย ชัยบำรุง
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

การบรรยาย เรื่อง
“กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับ
การเผยแพร่สารสนเทศในยุคดิจิทัล”

คุณบุญเลิศ อรุณพิบูลย์
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

ตรวจสอบรายชื่อผู้ลงทะเบียน

ตรวจสอบสถานะบทความวิจัย

ร่วมส่งผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการ
ประจำปี 2565

CLICK

KUSRC Annual Conference 2022



กำหนดการ

กิจกรรม	วัน / เวลา
เปิดรับบทความวิจัยฉบับเต็ม และชำระเงิน	ตั้งแต่บัดนี้ - 29 กรกฎาคม 2565
พิจารณาบทความวิจัย	20 มิถุนายน - 3 สิงหาคม 2565
วันสุดท้ายของการแจ้งผลการพิจารณาบทความ	10 สิงหาคม 2565
วันสุดท้ายของการส่งบทความวิจัยฉบับสมบูรณ์	15 สิงหาคม 2565
วันจัดประชุม	24 สิงหาคม 2565

บทความวิจัยฉบับเต็ม (Full paper)

ที่ผ่านการพิจารณาและนำเสนอในวันงาน จะถูกรวบรวมและจัดทำเป็น
รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ (Proceedings) และบางส่วนจะถูก
คัดเลือกให้ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI



รูปแบบการนำเสนอ

การนำเสนอผลงานแบบบรรยาย โดยใช้เวลาการนำเสนอบทความ
ไม่เกิน 10 นาที (On-Site)



อัตราค่าลงทะเบียน

ประเภทการเข้าร่วม	ค่าลงทะเบียน
นิสิต / นักศึกษา	1,500 บ.
อาจารย์ / บุคคลทั่วไป	2,500 บ.
ผู้เข้าร่วมฟังการบรรยาย / เสวนา	500 บ.



DOWNLOAD TEMPLATE บทความ

Template

Template



การชำระเงิน
การประชุมวิชาการ ประจำปี 2565

เรื่องเดิม
ประชุมวิชาการ

4

เรื่องเดิม
ประชุมวิชาการ

3

เรื่องเดิม
ประชุมวิชาการ

2

เรื่องเดิม
ประชุมวิชาการ

1

สายด่วน
ประชุมวิชาการ

038-354-580-4 ต่อ 666905

06-4628-1536

conference@src.ku.ac.th

5 สิงหาคม 2565

เรียน นายเจษฎา กิ่งเซ่ง

ในการนี้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ขอแจ้งว่าบทความของท่านได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 ประจำปี 2565 และจะได้ตีพิมพ์ลงในเล่มรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (Proceedings)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุเทน สุปัตติ)
ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม วิทยาเขตศรีราชา
ประธานกรรมการจัดงานประชุมวิชาการฯ



ID029

CERTIFICATE OF ATTENDANCE

THE 5th KASETSART UNIVERSITY SRIRACHA CAMPUS ANNUAL CONFERENCE 2022

Present to

นายชัยภา กิ่งสูง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ

For the paper entitled

Defect Reduction in Electronics Part Forming Process by Six Sigma Technique

24 AUGUST 2022, CHONBURI, THAILAND

Sai Koonjaenak

Asst. Prof. Seri Koonjaenak, Ph.D.

Vice President Kasetsart University

Sriracha Campus



การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า Reducing Defect in Electronics Part Forming Process by Six Sigma Technique

นายเจษฎา กังเซ่ง^{1*} และ ระพี กาญจนะ¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110

E-mail: jassada_k@mail.rmutt.ac.th

Jassada Kungseng^{1*} and Rapee Kanchana¹

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering

Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 39 Moo 1, Klong 6, Khlong Luang Pathum
Thani 12110

*E-mail: jassada_k@mail.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยการประยุกต์เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า จากข้อมูลในอดีตพบว่าโมเดลอินเทอร์เน็ตคอนเนกซึ่งเป็นโมเดลตัวอย่างที่เกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติก(Polyimide) หลังจากการขึ้นรูปคิดเป็นร้อยละ 73.00 ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 3,012 DPPM (Defect Parts Per Million) ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตที่ยอมรับได้อยู่ที่ร้อยละ 96.92 ของงานที่ผลิตทั้งหมด วิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการระบุปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกในขั้นตอนของการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัดและประเมินความสามารถของกระบวนการรวมทั้งวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้วจึงทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองและการออกแบบใหม่ จากนั้นทำการควบคุมกระบวนการให้สามารถดำรงไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง ผลการปรับปรุงพบว่าสามารถลดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกหลังจากการขึ้นรูปจาก 3,012 DPPM ลงเหลือ 75 DPPM คิดเป็นร้อยละการปรับปรุงเท่ากับ 97.51 ทำให้ได้ผลผลิตที่ยอมรับได้ถึงร้อยละ 99.38 ของงานทั้งหมด ส่งผลให้สามารถลดงานเสียในกระบวนการผลิตและเพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้ามากขึ้น

คำหลัก ลดของเสีย กระบวนการขึ้นรูป ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า



Abstract

This research aims to reduce waste in the forming process of electronic components by applying the six-sigma technique. According to historical data, interconnect model which is a sample model showed that the polyimide cracks defective problem occurred up to 73.00% which equaled to 3,012 DPPM (Defect Parts Per Million) with acceptable part output (yield) at 96.92% of all manufactured work. The research methodology consisted of 5 steps, starting with method and finding out the cause of the cracking problem on the plastic part in the process of forming the electronic components. Then the measurement system analysis and the process capability analysis, as well as the root cause analysis were used. When the root causes were identified, the design of experiment (DOE) and redesign technique were later used in the improvement phase. Then, process control was assigned for maintaining the result of improvement. The results showed that it could reduce the cracking problem of plastic part after forming from 3,012 DPPM down to 75 DPPM, the improvement percentage is 97.51% DPPM. This resulted in acceptable productivity of 99.38% of all manufactured work. As a result, it can reduce waste in the production process and increase the customer satisfaction.

Keywords: Defect reduction, forming process, electronics part, six sigma technique



1. บทนำ

ในปี 2559 มูลค่าการส่งออกของประเทศไทยเท่ากับ 7.6 ล้านล้านบาท หรือประมาณ 50% ของ GDP โดยอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีมูลค่าประมาณ 1.2 ล้านล้านบาท หรือประมาณ 16% ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมด ประเทศไทยมีจำนวนบริษัทในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 573 ราย และมีการจ้างงานจำนวนเกือบ 400,000 คน อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์นับเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อประเทศเราพอสมควร โดยตลาดสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ในการส่งออกไปยังประเทศต่าง ๆ อย่างที่หลายคนรู้ ประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์รายใหญ่ของโลก อย่าง Hard Disk Drives รวมทั้งแผงวงจร Integrated Circuit, Microchip ซึ่งถูกนำไปเป็นส่วนประกอบในเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายอย่าง เช่น คอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ก โทรศัพท์ โดยเฉพาะ Hard Disk Drives และแผงวงจร Integrated Circuit เป็นสินค้าที่มีสัดส่วนกว่า 70% ของมูลค่าการส่งออกชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ของไทยก็คือ สินค้าอิเล็กทรอนิกส์ของไทยนั้นเพิ่มขึ้นประมาณ 7% จึงทำให้ความต้องการจากลูกค้านั้นลดลง [1]

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2545 ได้รับการยอมรับในฐานะผู้นำด้านการผลิตชิ้นส่วนสำคัญในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก มีฐานการผลิตอยู่ทั่วโลก ส่วนผลิตภัณฑ์สินค้าและบริการได้แก่ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กต่างๆ ที่ใช้ประกอบเป็น ฮาร์ดดิสก์และสมาร์ทโฟน สินค้าที่ผลิตได้จะส่งไปให้บริษัทลูกค้าในต่างประเทศและบริษัทในกลุ่มฐานการผลิตในประเทศต่างๆ โดยบริษัทมีความมุ่งมั่นในด้านความสำคัญต่อการรักษาคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานและการจัดส่งตามเวลาที่กำหนด

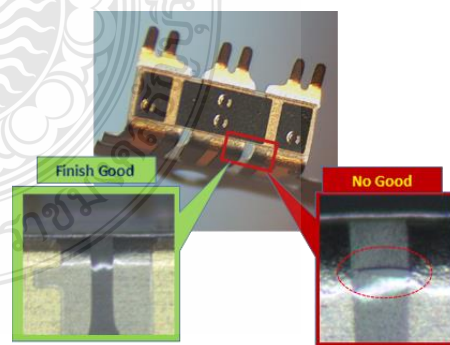
ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษาโมเดลอินเตอร์คอนเนก (Interconnect) ซึ่งมียอดการสั่งซื้อสูงสุดในปี 2564 โดยมุ่งเน้นที่กระบวนการขึ้นรูปตัวงาน (Forming) เป็นสำคัญ จากข้อมูลย้อนหลังในเดือน เดือนกุมภาพันธ์ 2564 ถึง เดือน พฤษภาคม 2564 พบว่าปัญหาหลัก 5 อันดับที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโมเดล Interconnect จะพบปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกหลังจากการขึ้นรูป 1,735

ชิ้น/เดือน คิดเป็นร้อยละ 73.00 ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด หรือมีค่าเท่ากับ 3,012 DPPM ส่งผลให้ผลผลิตที่ยอมรับได้ อยู่ที่ร้อยละ 96.92 ของงานที่ผลิตได้ทั้งหมด ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นลดปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยการประยุกต์ใช้เทคนิค ชิکش ชิคม่าโดยสามารถลดปริมาณของเสียลงอย่างน้อยร้อยละ 73.00

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 องค์ประกอบของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างวงจร (Interconnect)

ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างวงจร (Interconnect) ดังรูปที่ 1 ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นองค์ประกอบอิเล็กทรอนิกส์ขั้นพื้นฐานหรือชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มักจะบรรจุในรูปแบบไม่ต่อเนื่องโดยมีสายต่อหรือแผ่นโลหะที่เชื่อมต่อกันสองแผ่นหรือมากกว่า ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ วัตถุประสงค์เพื่อเชื่อมต่อเข้าด้วยกันโดยปกติแล้วจะเชื่อมต่อกับ แผงวงจรพิมพ์ (PCB) เพื่อสร้าง วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีฟังก์ชันเฉพาะ (เช่น เครื่องขยายเสียง เครื่องรับวิทยุ เครื่องกำเนิดสัญญาณไร้สาย) ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์หลักบางส่วน ได้แก่ ตัวต้านทานตัวเก็บประจุ ทรานซิสเตอร์ ไดโอด



รูปที่ 1 โมเดลอินเตอร์คอนเนก

2.2 เทคนิคชิکش ชิคม่า

Park [2] กล่าวถึงจุดกำเนิดของวิธีการเทคนิค ชิکش ชิคม่าเริ่มขึ้นเมื่อบริษัทโมโตโรล่าได้พัฒนาและสร้างโครงการเพื่อปรับปรุงคุณภาพสินค้าโดย ไมเคิล แฮรี่ (Mikel Harry)



และบ็อบ แกลวิน (Bob Galvin) ในช่วงปี ค.ศ. 1980 บริษัท
โมโตโรล่า ซึ่งอาศัยแนวคิดของการอธิบายกระบวนการด้วย
การศึกษาความแปรปรวนของศาสตราจารย์ W. Edwards
Deming บิดาแห่งการพัฒนาคุณภาพ

ความหมายของซิกซ์ ซิกม่า

Dose [3] ได้กล่าวถึงความหมายของเทคนิค ซิกซ์
ซิกม่า ไว้ three ความหมาย ดังนี้ คือ

1. กลยุทธ์ทางธุรกิจซึ่งทำให้เกิดการได้เปรียบทางการ
แข่งขัน

2. ประสิทธิภาพที่สามารถทำงานได้ด้วย ความผิดพลาด
มากขึ้น ซึ่งจะหมายความว่าสามารถลดข้อผิดพลาดให้
น้อยลงในทุกๆ ด้านจากการผลิตสินค้าเพื่อตอบสนองยอด
การสั่งซื้อเราจะสามารถค้นพบ และลดแหล่งที่มาของความ
แปรปรวนในกระบวนการซึ่งทำให้ระดับ ซิกซ์ ซิกม่า สูงขึ้น
อันหมายถึง การปรับปรุงของความสามารถของกระบวนการ
(Process Capability) โดยมีผลให้ข้อผิดพลาดหรือของเสีย
ไม่เกิดขึ้น

3. เครื่องมือวัดทางสถิติซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์
การบริการ หรือกระบวนการมีคุณภาพเป็นอย่างไร วิธีการ
ของซิกซ์ ซิกม่าจะทำให้เปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์
การบริการ (Service Product)

ขั้นตอนการดำเนินงานตามวิธีการเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า

1. กำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น (Define Phase) ขั้นตอน
การศึกษาความต้องการของลูกค้า และนำความต้องการของ
ลูกค้าที่เป็นปัญหามาจัดระดับความสำคัญและเลือกปัญหามา
ดำเนินการแก้ไข

2. การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure
Phase) ในขั้นตอนนี้จะทำการกำหนดแนวทางในการวัด
ประสิทธิภาพของกระบวนการที่ทำการศึกษาระบวนการ
โดยละเอียด กำหนดปัจจัยที่ได้รับจากกระบวนการหรือตัว
แปรตอบสนองกระบวนการ

3. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)
ขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยที่มีความสำคัญของกระบวนการมาทำ
การวิเคราะห์ผ่านวิธีการทางสถิติเชิงอนุมาน เพื่อค้นหาปัจจัย
ต่างๆ เหล่านี้ มีนัยสำคัญกับปัญหาเพื่อจะนำปัญหามา
ดำเนินการปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป

4. การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)
ขั้นตอนนี้เป็นการออกแบบและทำการทดลองเพื่อหา
ความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างปัจจัยนำเข้าและปัจจัยที่มีผล
อย่างมีนัยสำคัญต่อปัจจัยนำเข้านั้นๆ และหาค่าที่เหมาะสม
ที่สุดของแต่ละปัจจัยเพื่อเพิ่มคุณภาพให้กับกระบวนการ

5. การควบคุมปัจจัยต่างๆ (Control Phase) ขั้นตอนนี้
เป็นการออกแบบวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ และทำการ
ปรับปรุงต่อเนื่อง [4]

จากการค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการบริหาร
คุณภาพด้วยวิธีการเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า พบว่ามีงานวิจัย
จำนวนมากที่นำแนวทางเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่ามาใช้ในการแก้ไข
ปัญหาในกระบวนการผลิต และถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการ
แก้ไขปัญหาในหลากหลายอุตสาหกรรมอย่างเช่น การลดของ
เสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ โดยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า
[4] การลดของเสียจากกระบวนการผลิตผ้าเบรกรถยนต์ โดย
ประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC [6]

3. ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยดำเนินการตามเทคนิค
ของซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาสภาพการทำงานและลักษณะของปัญหา

3.2 การจัดตั้งทีมในการแก้ปัญหา

3.3 ขั้นตอนการกำหนดปัญหา

3.4 ขั้นตอนการวัด

3.4.1 ศึกษาแผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการ

3.4.2 แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของ
ปัญหา

3.4.3 วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเพื่อที่จะกำหนด
ปัจจัยพิจารณา

3.4.4 วิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ

3.4.5 วิเคราะห์ระบบการวัด

3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์

3.5.1 หาขนาดของตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลอง

3.5.2 ทดลอง

3.5.3 ทดสอบสมมติฐาน



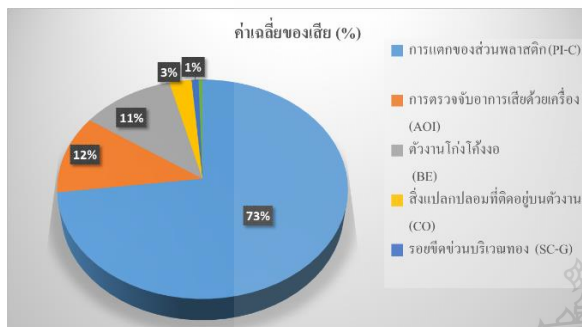
3.6 ขั้นตอนการปรับปรุง

3.7 ขั้นตอนการควบคุม

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลขั้นตอนการกำหนดปัญหา

จากข้อมูลของฝ่ายผลิตย้อนหลังตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2564 ถึง เดือน มิถุนายน 2564 พบว่าปัญหาหลัก 5 อันดับที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก ดังรูปที่ 2



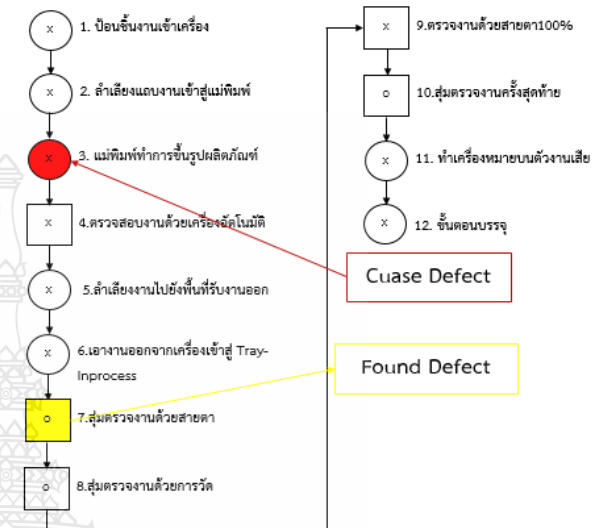
รูปที่ 2 ปัญหาที่พบในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก

จากรูปที่ 2 พบว่าปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกมีสัดส่วนปัญหาหลักที่สุดในปัญหาหลัก 5 อันดับแรกที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดลอินเตอร์คอนเนก โดยพบปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกหลังการขึ้นรูปชิ้นส่วนถึง 73.00% จากปัญหาทั้งหมด

4.2 ผลขั้นตอนการวัด

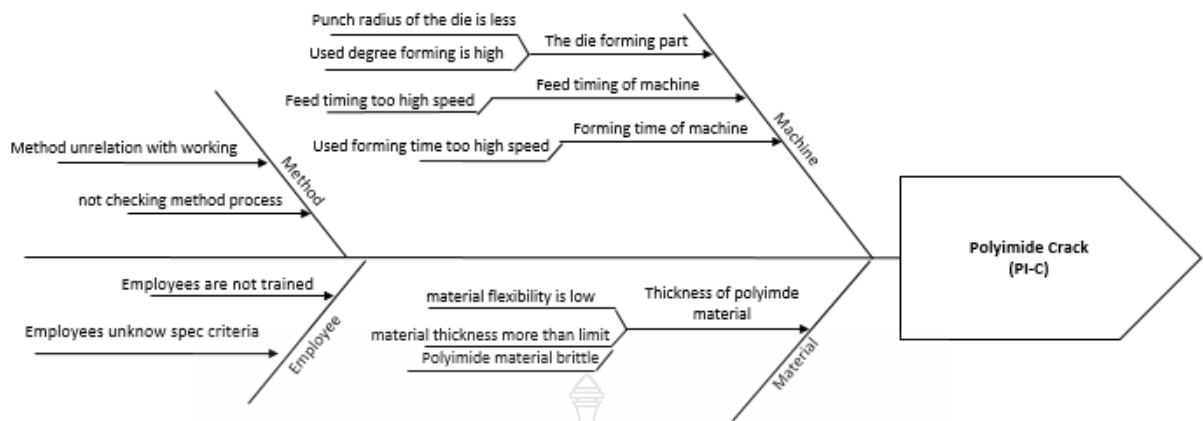
จากการศึกษากระบวนการผลิตทั้งกระบวนการสามารถแสดงขั้นตอนการไหลของกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ตั้งแต่วัตถุดิบรับเข้าผ่านกระบวนการผลิตจนเป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ จากรูปที่ 2 ผลการศึกษากระบวนการผลิตทั้งกระบวนการพบว่าขั้นตอนที่ส่งผลทำให้

เกิดปัญหาการเกิดการแตกของส่วนพลาสติกเกิดขึ้นในขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนของแม่พิมพ์ทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ (Forming part) เป็นขั้นตอนที่สามารถตรวจเจอปัญหาการเกิดรอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติก และขั้นตอนที่ 7 ขั้นตอนการสุ่มตรวจงานด้วยสายตา ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กระบวนการที่จะก่อให้เกิดปัญหารอยแตกร้าวบนส่วนพลาสติก

เมื่อทำการศึกษากระบวนการโดยครบถ้วนทั้งกระบวนการแล้วจึงพอจะทำให้ทราบได้ว่าตัวแปรเข้าที่สำคัญของกระบวนการมีอะไรบ้าง จากนั้นทำการระดมสมองเพื่อทำการหาสาเหตุของปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมดตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 การหาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล

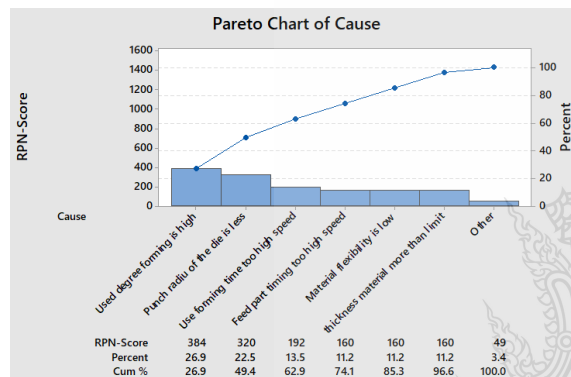
เมื่อทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและจากการระดม วิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) [5] เพื่อสามารถค้นหาสาเหตุที่
สมองแล้ว จะทำการวิเคราะห์ต่อการวิเคราะห์ผลกระทบ
อันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการด้วยการ นำจะมีผลกระทบต่อปัญหามากที่สุด ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

Process	Potential failure mode	Potential failure effect	Severity (Score)	Potential causes	Occurrence (score)	Current control	Detection (score)	RPN
Material	Incoming material	Polyimide Crack defect	8	thickness material more than limit	5	IQA (Incoming Quality Audit), Measurement audit by machine	4	160
Material	Incoming material	Polyimide Crack defect	8	Material flexibility is low	5	IQA (Incoming Quality Audit), Measurement audit by machine	4	160
Material	Incoming material	Polyimide Crack defect	9	Polyimide material brittle	6	IQA (Incoming Quality Audit), Measurement audit by machine	5	270
Machine	De-tap Forming machine	Polyimide Crack defect	8	Use forming time too high speed	6	WI (Working Instruction), Maintain speed limit control	4	192
Machine	De-tap Forming machine	Polyimide Crack defect	8	Feed part timing too high speed	5	WI (Working Instruction), Maintain speed limit control	4	160
Machine	De-tap Forming machine	Polyimide Crack defect	8	Used degree forming is high	8	Drawing	6	384
Machine	De-tap Forming machine	Polyimide Crack defect	8	Punch radius of the die is less	8	Drawing	5	320
Method	Method process	Polyimide Crack defect	7	Method unrelation with working	1	WI (Working Instruction), Cause training for maintain quality	3	21
Method	Method process	Polyimide Crack defect	7	Not checking method process	1	WI (Working Instruction), Cause training for maintain quality	1	7
Employee	Operator machine	Polyimide Crack defect	7	Employee are not trained	1	WI (Working Instruction), Cause training for maintain quality	2	14
Employee	Operator visual	Polyimide Crack defect	7	Employee unknow defect criteria	1	WI (Working Instruction), Cause training for maintain quality	2	14



จากผลการวิเคราะห์ FMEA นำค่า RPN ทั้งหมดมาจัดเรียงลำดับจากมากไปน้อยแล้วทำการคัดเลือกข้อบกพร่องที่สำคัญทั้งหมด 11 ปัจจัย และพิจารณาว่าข้อบกพร่องที่เป็นสาเหตุที่ควรนำมาทำการแก้ไขปัญหาด้วยหลักการพาเรโตตั้งประกอบไปด้วย 6 ปัจจัยข้อบกพร่องที่มีค่า RPN-Score มากกว่า 100 คะแนนดังรูปที่ 5 เนื่องจากมีค่า RPN ที่สูงที่สุดหลังทำการวิเคราะห์



รูปที่ 5 ค่า RPN เรียงตามลำดับตามหลักการพาเรโต

4.3 ผลขั้นตอนการวิเคราะห์ผล (Analyze Phase)

จากขั้นตอนการวัดผล (Measurement Phase) พบว่าสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษา 6 สาเหตุซึ่งประกอบไปด้วย

1. องศาการขึ้นรูปที่ใช้อยู่ในระดับสูง
2. รัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์น้อย
3. เวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วสูงเกินไป
4. วัสดุมีความหนาเกินที่กำหนด
5. ความยืดหยุ่นของวัสดุ
6. เวลาป้อนชิ้นส่วนใช้ความเร็วสูงเกินไป

แนวทางการวิเคราะห์นั้นจะทำการวิเคราะห์ที่ละสาเหตุ โดยใช้วิธีการแบบ 2 Proportion เพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหารอยแตกกราวบนส่วน

พลาสติก ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ได้จะแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบสมมติฐาน

ลำดับ	สาเหตุ	RPN-Score	Hypothesis Test
1	Used degree forming is high (องศาการขึ้นรูปที่ใช้อยู่ในระดับสูง)	384	Significant
2	Punch radius of the die is less (รัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์น้อย)	320	Significant
3	Use forming time too high speed (เวลาขึ้นรูปใช้ความเร็วสูงเกินไป)	192	Insignificant
4	thickness material more than limit (วัสดุความหนาเกินที่กำหนด)	160	Insignificant
5	Material flexibility is low (ความยืดหยุ่นของวัสดุต่ำ)	160	Insignificant
6	Feed part timing too high speed (เวลาป้อนชิ้นส่วนใช้ความเร็วสูงเกินไป)	160	Insignificant

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองวิเคราะห์ความแตกต่างเพื่อกำหนดปัจจัยต่างๆ (Screen Factor) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาและต้องทำการควบคุมคือ 1. องศาการขึ้นรูปขึ้นส่วนที่ใช้อยู่ในระดับสูง 2. รัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์น้อย ขั้นตอนต่อไปจะนำทั้ง 2 ปัจจัยไปทำการปรับปรุง (Improve)

4.4 ผลขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

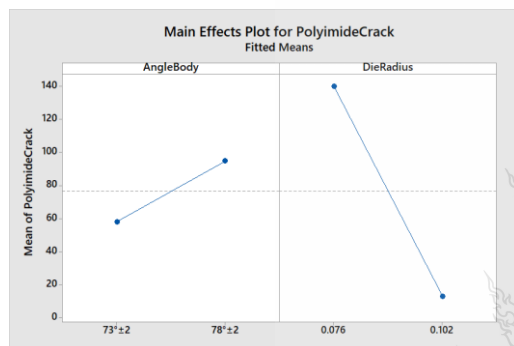
จากการวิเคราะห์จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อกำหนดปัจจัยต่างๆ (Screening Factor) มีปัจจัยที่ต้องปรับปรุงคือ 1. องศาการขึ้นรูปขึ้นส่วน 2. รัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ โดยยังไม่ทราบค่าปัจจัยที่เหมาะสม ดังนั้นผู้ทำการวิจัยและทีมงานจึงกำหนดระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมโดยใช้การทดลองแบบ 2^K Full Factorial โดยกำหนดปัจจัยดังตารางที่ 3 โดยขั้นตอนการทดสอบจะประกอบด้วย 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ และทดสอบซ้ำที่ระดับปัจจัยต่างๆ เป็นจำนวน 2 Replicate จำนวนที่ใช้



ทดสอบทั้งหมดรวม 8 ครั้ง จำนวนงานที่ใช้ 12,432 ตัว/ครั้ง
ตารางที่ 3 แสดงปัจจัยและคุณลักษณะของปัจจัยป้อนเข้า

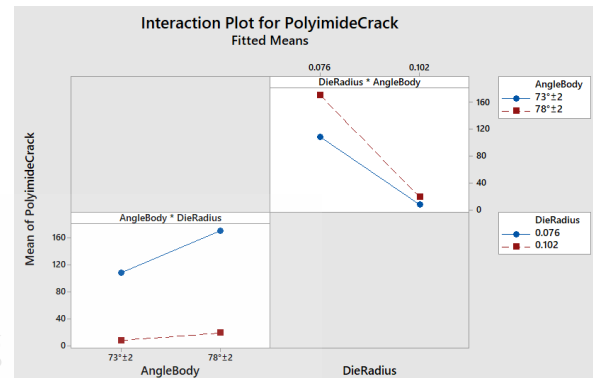
Factor	KPIV		Unit
	Current	New	
Angle_Body	78°	73°	(°) Degree
Die_Radius	0.076	0.102	mm.

ผลการทดลองแบบ 2^k Full Factorial เพื่อวิเคราะห์
ความแปรปรวนของสาเหตุหลักสามารถแสดงได้ในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสาเหตุหลักโดย
กำหนดให้ $n = 12,432$ Pcs.

จากรูปที่ 6 เป็นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
ของสาเหตุหลักแต่ละตัวจากการปรับตั้งค่าที่ต่ำสุดไปสู่ค่าสูง
ที่สุด ซึ่งจะมีแนวโน้มการเกิดปัญหาการแตกบนส่วน
พลาสติก โดยองศาการขึ้นรูปขึ้นส่วน เปลี่ยนแปลงจาก 78°
เป็น 73° จะทำให้เกิดปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก ลด
น้อยลง และในส่วนรัศมีฟันของแม่พิมพ์ เปลี่ยนแปลงจาก
ขนาด 0.076 mm. เพิ่มขึ้นเป็น 0.102 mm. ทำให้เกิด
ปัญหาการแตกของส่วนพลาสติกลดลง ทั้งนี้สรุปได้ว่า
ความสัมพันธ์ระหว่าง องศาการขึ้นรูปขึ้นส่วนและรัศมีฟัน
ของแม่พิมพ์ ไม่มี Interaction ต่อกัน ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแต่ละตัว

4.5 ผลขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

ตัวแปรที่ทำการควบคุมทั้งหมด มี 2 ตัวได้แก่ 1. องศา
การขึ้นรูปขึ้นส่วน 2. รัศมีฟันของแม่พิมพ์

1. องศาการขึ้นรูปขึ้นส่วนไม่ปฏิบัติตามการควบคุม

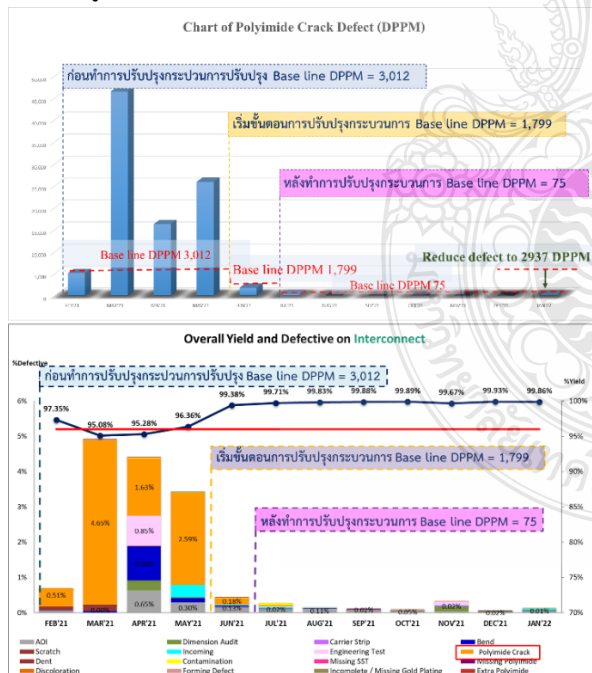
ในการควบคุมนั้นจะเป็นหน้าที่ของช่างเทคนิคฝ่าย
เครื่องมือและแม่พิมพ์ เป็นผู้ปรับพารามิเตอร์ของเครื่องทุก
ครั้งที่เริ่มต้นกระบวนการผลิตโมเดลอินเตอร์คอนเนกเพื่อให้
องศาการขึ้นรูปขึ้นส่วนใช้องศาที่กำหนด (73°) และทำการ
ขึ้นรูปขึ้นงานตัวอย่างเพื่อส่งวัดองศาการขึ้นรูปหลังปรับ
พารามิเตอร์ โดยผู้ที่ทำหน้าที่วัดองศาของชิ้นงานที่ขึ้นรูป
เรียบร้อยแล้ว คือพนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ โดยใช้
เครื่องวัดองศาการขึ้นรูป เมื่อพนักงานวัดองศาการขึ้นรูป
เสร็จเรียบร้อยแล้ว จะบันทึกผลและส่งขึ้นไปบนระบบหลัก
เพื่อให้ช่างเทคนิคสามารถตรวจสอบผลการวัดได้ การเฝ้า
ระวังคือพนักงานจะต้องทำการสุ่มงานจำนวน 2 แถบ
(Strips) ในช่วงการเริ่มต้นดำเนินงานหลังจากขึ้น Lot งาน
ใหม่ในทุกๆ Lot งานที่ดำเนินการผลิต



2. รัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นส่วน

รัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นส่วนที่ได้ทำการออกแบบนั้นจะต้องอยู่ในสเปคที่การออกแบบไว้ และจะต้องผ่านการตรวจสอบ โดยการวัดขนาดของพันซ์เทียบกับฟิล์มเกจ (Film Gage) จะต้องได้ขนาดที่กำหนดไว้ คือ 0.004" หรือ 0.102 mm. โดยการตรวจสอบนั้นจะเป็นหน้าที่ของช่างเทคนิคฝ่ายเครื่องมือและแม่พิมพ์ จะทำการถอดแม่พิมพ์ไปตรวจสอบในทุกๆ การดำเนินงาน 4 Lot / 1 ครั้ง ก่อนจะนำแม่พิมพ์มาดำเนินการผลิตต่อ หากพบว่าผลการตรวจสอบนั้นไม่ผ่านจะทำการเปลี่ยนหรือส่งคืนผู้ขายเพื่อทำการซ่อมแซม

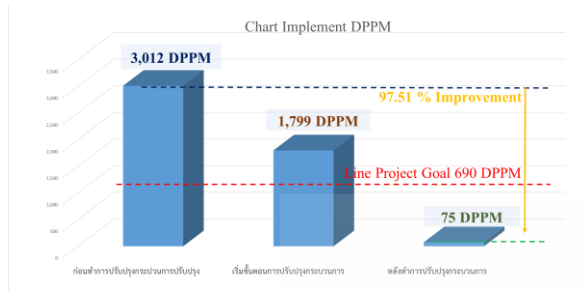
หลังการปรับปรุงและการควบคุมตัวแปรต่างๆ แล้วพบว่า ปัญหาการแตกของส่วนพลาสติก มีแนวโน้มลดลงดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผลจากการดำเนินการหลังปรับปรุงแก้ไข

5. สรุป

จากการประยุกต์ใช้เทคนิค ชิซุชิ ชิมา มาช่วยแก้ไข ปัญหาการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วน ในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โมเดล อินเตอร์คอนเนก พบว่าก่อนการปรับปรุงเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วนโดยเฉลี่ย 3,012 DPPM ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยแผนภาพ ก้างปลา การระดมสมอง และการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วนคือ ค่าองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วน (Angle Body) และค่ารัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ (Die Radius) จากการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญที่ 5% จะพบว่า คือ ค่าองศาการขึ้นรูปชิ้นส่วน และค่ารัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ ส่งผลต่อการเกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วน อย่างมีนัยสำคัญ และจากการปรับจากการปรับปรุงด้วยการออกแบบการทดลอง 2^k Full Factorial เพื่อทำการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสม เมื่อทำการทดลอง 2^k Full Factorial พบว่าการปรับตั้งค่าที่เหมาะสมของ องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วน และรัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์ ที่เหมาะสมอยู่ที่ องศาการขึ้นรูปชิ้นส่วนควบคุมที่ 73° และ ค่ารัศมีพันซ์ของแม่พิมพ์เพิ่มขึ้นเป็น 0.102 mm. ทำให้เกิดปัญหาการแตกบนส่วนพลาสติกของการขึ้นรูปชิ้นส่วนลดน้อยลงถึง 97.51% คือ 75 DPPM และทำให้เพิ่มผลผลิตที่สามารถยอมรับได้ถึง 99.83% ของกระบวนการผลิตทั้งหมดแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 สรุปผลการทดลองในช่วงก่อน-หลังการปรับปรุง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและบริษัทกรณีศึกษาที่เอื้อต่อการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] เศรษฐกิจไทยไตรมาสที่สี่ของปี 2559 ทั้งปี 2559 และแนวโน้มปี 2560, สำนักงานสภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://www.nesdc.go.th/ewt_news.php?nid=6433&filename=index (20 กุมภาพันธ์ 2560).
- [2] S. H. Park, Six Sigma for Quality and Productivity Promotion, 32thed, Japan: The Asian Productivity Organization, 2003.
- [3] R. Does, et al., "Comparing Nonmanufacturing with Traditional Application of Six Sigma," Journal of Quality Engineer, vol., pp. 177-182, 20
- [4] ประเสริฐ ศรีบุญจันทร์ และสมจิตร ลาภโนนเขวา การลดของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ โดยเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า,การประชุมวิชาการย้ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ 24-26 ตุลาคม 2550.

- [5] ธนากร เกียรติบรรลือ, FMEA การวิเคราะห์ความล้มเหลวในกระบวนการผลิต, วารสาร Industrial Technology Review. ฉบับ 73 กรกฎาคม 2543. หน้า 101-105.
- [6] วลัยพร เหมโส และระพี กาญจนะ. 2556. การลดของเสียจากกระบวนการผลิตผ้าเบรกรถยนต์ โดยประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 11 ฉบับที่ 2, หน้า 33 – 45

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายเจษฎา กังเซ่ง
วัน เดือน ปีเกิด	2 มิถุนายน 2534
ที่อยู่	302/299 หมู่ 7 หมู่บ้านยิ่งรวย 9 ตำบลตาเสา อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 10130
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขา วิทยาการคอมพิวเตอร์
ประวัติการทำงาน	ตำแหน่งวิศวกรควบคุมกระบวนการผลิต บริษัท แมกเนคอม์ พรี่ซีชั่น เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน)

