

การปรับปรุงกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้เทคนิคซิกม่า :
กรณีศึกษา โรงงานผู้ผลิตและประกอบแผงวงจรรวม

**MOLDING PROCESS IMPROVEMENT USING SIX SIGMA
TECHNIQUE : A CASE STUDY OF INTEGRATED CIRCUIT
ASSEMBLY MANUFACTURING**

ปัญญา ลอนนิล

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ

คณะบริหารธุรกิจ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การปรับปรุงกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้เทคนิคซิกม่า
กรณีศึกษา โรงงานผู้ผลิตและประกอบแผงวงจรรวม

ปัญญา ลอนนิล

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ

คณะบริหารธุรกิจ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2557

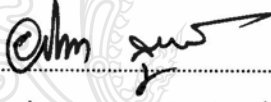
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี


หัวข้อการค้นคว้าอิสระ การปรับปรุงกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้เทคนิคซิกม่า :
กรณีศึกษา โรงงานผู้ผลิตและประกอบแผงวงจรรวม
Molding Process Improvement Using Six Sigma Technique:
A Case Study of Integrated Circuit Assembly Manufacturing

ชื่อ - นามสกุล นายปัญญา ลอนนิต
วิชาเอก การจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดารณี พิมพ์ช่างทอง, D.B.A.
ปีการศึกษา 2557

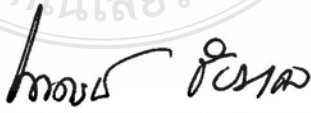
คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ


..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ศุภกร พรหิรัญกุล, คอ.ค.)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์อุทิศดา สุทธิสานนท์, บธ.ม.)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดารณี พิมพ์ช่างทอง, D.B.A.)

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติการค้นคว้าอิสระฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ


..... คณบดีคณะบริหารธุรกิจ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นำถรพี ชัยมงคล, ปร.ค.)

วันที่ 15 เดือน กันยายน พ.ศ. 2558

| | |
|-----------------------|--|
| หัวข้อการค้นคว้าอิสระ | การปรับปรุงกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้เทคนิคซิกส์ ซิกม่า : กรณีศึกษา โรงงานผู้ผลิตและประกอบแผงวงจรรวม |
| ชื่อ-นามสกุล | นายปัญญา ทองนิล |
| วิชาเอก | การจัดการวิศวกรรมธุรกิจ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดารณี พิมพ์ช่างทอง, D.B.A. |
| ปีการศึกษา | 2557 |

บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก คือปัญหาลวดลัม และโมลด์ไม่เต็ม และเพื่อลดอัตราการเกิดของเสียจากปัญหาทั้งสองประเภท ให้ลดลงอย่างน้อยร้อยละ 80 จากจำนวนของเสียในปัจจุบัน โดยการนำวิธีการของซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma) มาประยุกต์ใช้

การนำวิธีการซิกส์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้ในการลดเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการระบุปัญหา ขั้นตอนการวัด ขั้นตอนการวิเคราะห์ ขั้นตอนการปรับปรุง และขั้นตอนการควบคุม ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาลวดลัม และงานโมลด์ไม่เต็ม คือ โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ไม่เหมาะสม และจากการออกแบบการทดลอง จะได้ค่าโมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสม คือ เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 1 Step ที่ 4 และ Step ที่ 5 มีค่าเท่ากับ 1.5 วินาที 5 วินาที และ 7 วินาที ตามลำดับ และระยะทางในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 16 มิลลิเมตร

ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดอัตราการเกิดของเสียจากปัญหาลวดลัม และ งานโมลด์ไม่เต็ม โดยลดลงจาก 4560 PPM และ 6334 PPM ตามลำดับ เหลือ 0 PPM ของปัญหาทั้งสองประเภท คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ และยังสามารถปรับปรุงความสามารถของกระบวนการของปัญหาลวดลัมจาก 0.1 เพิ่มขึ้นเป็น 1.84

คำสำคัญ : ซิกส์ ซิกม่า การปรับปรุงกระบวนการ กระบวนการฉีดพลาสติก

| | |
|----------------------------------|---|
| Independent Study Title | Molding Process Improvement Using Six Sigma Technique: A Case Study of Integrated Circuit Assembly Manufacturing |
| Name-Surname | Mr. Panya Longnil |
| Major Subject | Business Engineering Management |
| Independent Study Advisor | Assistant Professor Daranee Pimchangthong, D.B.A. |
| Academic Year | 2014 |

ABSTRACT

The purposes of this independent study were to use the six sigma technique to analyze factors that affected wire sweep and incomplete fill defects in the molding process, and to reduce the defective rate of both defects at least 80% from the number of current defects.

The six sigma technique, used to reduce wastes in the molding process, was composed of five interconnected phases: Define, Measurement, Analyze, Improvement, and Control. The analysis results found that the significant factors for the wire sweep and incomplete fill defects were improper molding transfer steps. The optimized molding transfer steps were determined by Design of Experiment in the improvement phase. The optimized molding transfer steps were the times of transfer molding in step#1, step#4, and step#5 equal to 1.5 second, 5 second, and 7 second, respectively, and with distance or stroke of transfer molding in step#4 was equal to 16 mm.

Based on evaluation results, the defective rates of wire sweep and incomplete fill were reduced from 4560 PPM and 6334 PPM to 0 PPM or 100% reduction, which was better than the target. In addition, the Process of Capability of wire sweep defect was improved from 0.1 to 1.84.

Keywords: six sigma, process improvement, molding process

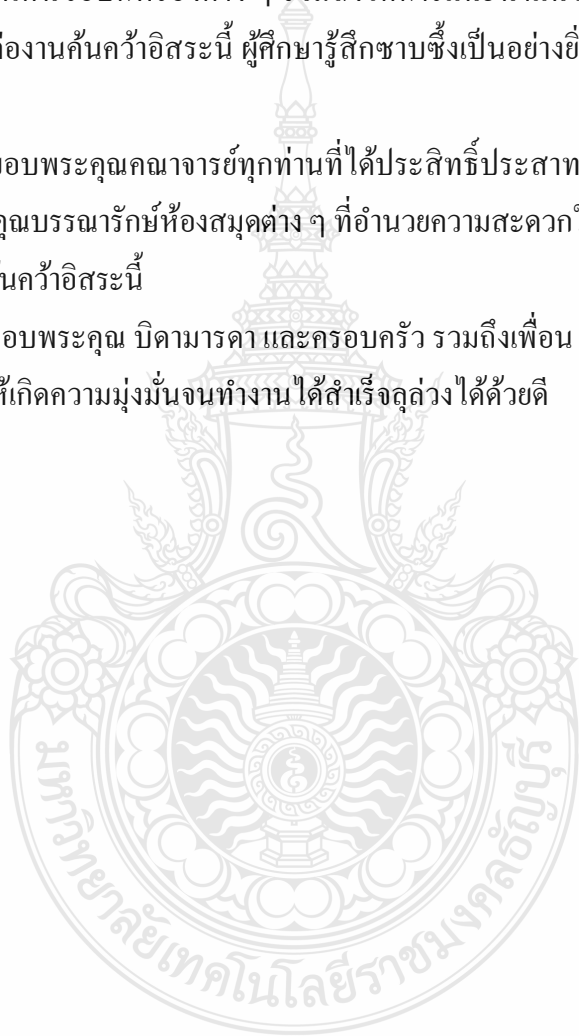
กิตติกรรมประกาศ

งานค้นคว้าอิสระฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คารณิ พิมพ์ช่างทอง ที่ปรึกษางานค้นคว้าอิสระ ดร.ศุภกร พรหิรัญกุล ประธานกรรมการสอบ และรองศาสตราจารย์อภิรดา สุทธิสานนท์ กรรมการสอบ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนวคิด ตรวจสอบและบ่งชี้ให้เห็นข้อบกพร่องต่าง ๆ รวมถึงให้การแนะนำแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข อันเป็นคุณประโยชน์ต่องานค้นคว้าอิสระนี้ ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ จนสำเร็จการศึกษา และขอขอบคุณบรรณารักษ์ห้องสมุดต่าง ๆ ที่อำนวยความสะดวกในการค้นคว้าและคำแนะนำที่มีคุณค่าสำหรับงานค้นคว้าอิสระนี้

ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัว รวมถึงเพื่อน ๆ BEX56 ที่คอยให้กำลังใจ และเป็นแรงผลักดันให้เกิดความมุ่งมั่นในการทำงาน ได้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ปัญญา ทองนิล

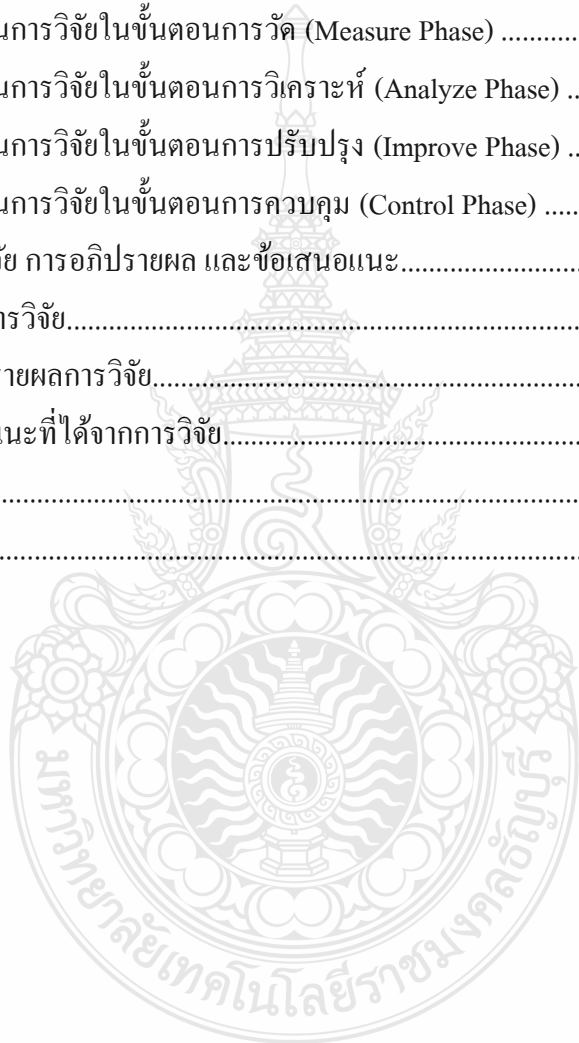


สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | (3) |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | (4) |
| กิตติกรรมประกาศ..... | (5) |
| สารบัญ..... | (6) |
| สารบัญตาราง..... | (8) |
| สารบัญภาพ..... | (9) |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 13 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 13 |
| 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย..... | 14 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... | 14 |
| 1.4 แผนการดำเนินงาน..... | 15 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 15 |
| 1.6 คำจำกัดความในการวิจัย..... | 16 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 17 |
| 2.1 แนวคิดเกี่ยวกับคุณภาพ..... | 17 |
| 2.2 แนวคิดและหลักการของ Six Sigma | 18 |
| 2.3 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ..... | 27 |
| 2.4 ลักษณะกระบวนการผลิตพลาสติกงานประเภทแผงวงจรรวม..... | 29 |
| 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 33 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 35 |
| 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... | 35 |
| 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... | 36 |
| 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... | 37 |
| 3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 37 |
| 3.5 สํารวจสภาพปัจจุบัน..... | 38 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 42 |
| 4.1 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการระบุปัญหา (Define Phase) | 42 |
| 4.2 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวัด (Measure Phase) | 45 |
| 4.3 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase) | 51 |
| 4.4 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) | 60 |
| 4.5 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการควบคุม (Control Phase) | 79 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... | 82 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย..... | 82 |
| 5.2 การอภิปรายผลการวิจัย..... | 85 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย..... | 86 |
| บรรณานุกรม..... | 87 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 88 |



สารบัญตาราง

| | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 1.1 แสดงขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงาน..... | 15 |
| ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบ..... | 25 |
| ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การประเมินโอกาสการเกิดขึ้นของสาเหตุ..... | 26 |
| ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม..... | 26 |
| ตารางที่ 2.4 แสดงค่าของ Cp และ Cpk ต่ำสุดที่แนะนำใช้ในงานอุตสาหกรรม..... | 29 |
| ตารางที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ของโมลด์พารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ในกระบวนการฉีดพลาสติก..... | 32 |
| ตารางที่ 3.1 เครื่องมือใช้ในการวิจัย..... | 36 |
| ตารางที่ 3.2 เกณฑ์ในการยอมรับความผันแปรของระบบการวัด Gage R & R Study..... | 37 |
| ตารางที่ 3.3 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติกของผลิตภัณฑ์ Hx..... | 39 |
| ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ลวดลัมที่ได้จากการวัดชิ้นงานตัวอย่าง..... | 46 |
| ตารางที่ 4.2 แสดงเกณฑ์การยอมรับและผลการวิเคราะห์ Gage R & R Study..... | 47 |
| ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานของข้อบกพร่องโมลด์ไม่เต็ม..... | 48 |
| ตารางที่ 4.4 แสดงเกณฑ์การยอมรับและผลการวิเคราะห์ Attribute Agreement การตรวจสอบ ข้อบกพร่องประเภท โมลด์ไม่เต็ม..... | 49 |
| ตารางที่ 4.5 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติกในช่วงเดือน ส.ค.-ก.ย. 57..... | 50 |
| ตารางที่ 4.6 แสดงตารางการออกแบบการทดลอง..... | 64 |
| ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบจำนวนงานเสีย และค่าลวดลัม..... | 71 |
| ตารางที่ 4.8 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก..... | 77 |
| ตารางที่ 5.1 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาลวดลัม..... | 82 |
| ตารางที่ 5.2 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาโมลด์ไม่เต็ม..... | 83 |

สารบัญภาพ

| | หน้า |
|---|------|
| ภาพที่ 2.1 แสดงแผนภูมิการไหลของกระบวนการ..... | 21 |
| ภาพที่ 2.2 แสดงแผนภาพฮิสโทแกรม..... | 22 |
| ภาพที่ 2.3 แสดงแผนภาพพาเรโต..... | 22 |
| ภาพที่ 2.4 แสดงแผนภูมิแก๊งปลา..... | 23 |
| ภาพที่ 2.5 แสดงแผนภูมิควบคุม..... | 23 |
| ภาพที่ 2.6 แสดงแผนภาพการกระจาย..... | 24 |
| ภาพที่ 2.7 แสดงตัวอย่างแบบฟอร์ม Process FMEA..... | 27 |
| ภาพที่ 2.8 แสดงขั้นตอนกระบวนการผลิตแผงวงจรรวม..... | 29 |
| ภาพที่ 2.9 แสดง Input, process และ Out put ของกระบวนการฉีดพลาสติก..... | 30 |
| ภาพที่ 2.10 แสดงขั้นตอนกระบวนการฉีดพลาสติก..... | 31 |
| ภาพที่ 2.11 แสดงลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดจากการฉีดพลาสติก..... | 33 |
| ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนภายในกระบวนการฉีดพลาสติก..... | 38 |
| ภาพที่ 3.2 แสดง Input และ Output ของกระบวนการฉีดพลาสติก..... | 39 |
| ภาพที่ 3.3 แผนภาพพาเรโตของข้อบกพร่องในกระบวนการฉีดพลาสติก..... | 40 |
| ภาพที่ 3.4 แสดงความสามารถของกระบวนการของค่าลวดลัม ณ ปัจจุบัน..... | 40 |
| ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะของปัญหาลวดลัมและ โมลด์ไม่เต็ม..... | 41 |
| ภาพที่ 4.1 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิตแผงวงจรรวม..... | 42 |
| ภาพที่ 4.2 SIPOC process map ของกระบวนการฉีดพลาสติก..... | 43 |
| ภาพที่ 4.3 แผนภาพพาเรโตของข้อบกพร่องในกระบวนการฉีดพลาสติก..... | 44 |
| ภาพที่ 4.4 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของระบบการวัดค่าลวดลัม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ..... | 46 |
| ภาพที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของระบบการวัดค่าลวดลัม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ..... | 47 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

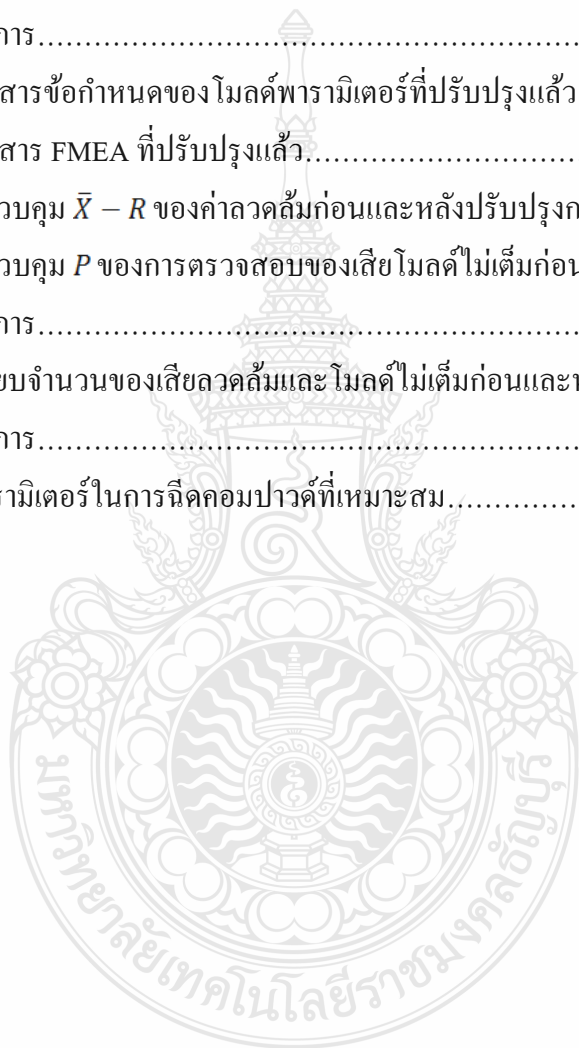
| | |
|---|----|
| ภาพที่ 4.6 แสดงความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน (With Appraisers) และ ประสิทธิภาพความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (Appraiser vs Standard) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95 %..... | 49 |
| ภาพที่ 4.7 แสดงกราฟผลการทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูลการวัดค่าลวดลัม..... | 50 |
| ภาพที่ 4.8 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของลวดลัม..... | 51 |
| ภาพที่ 4.9 แสดงบริเวณที่พบปัญหาลวดลัม..... | 52 |
| ภาพที่ 4.10 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดปัญหาลวดลัม โดยใช้ Why-Why Diagram..... | 53 |
| ภาพที่ 4.11 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุและผลกระทบ (FMEA) ของการเกิดปัญหาลวดลัม..... | 54 |
| ภาพที่ 4.12 แผนภาพพาริตีได้แสดงคะแนน RPN ของการวิเคราะห์หาสาเหตุและผลกระทบของการเกิดปัญหาลวดลัม..... | 55 |
| ภาพที่ 4.13 แสดงบริเวณที่พบปัญหางาน โมลด์ไม่เต็ม..... | 56 |
| ภาพที่ 4.14 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดปัญหางาน โมลด์ไม่เต็ม โดยใช้ Why-Why Diagram..... | 57 |
| ภาพที่ 4.15 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุและผลกระทบ (FMEA) ของการเกิดปัญหางาน โมลด์ไม่เต็ม..... | 58 |
| ภาพที่ 4.16 แผนภาพพาริตีได้แสดงคะแนน RPN ของการวิเคราะห์หาสาเหตุและผลกระทบของการเกิดปัญหางาน โมลด์ไม่เต็ม..... | 59 |
| ภาพที่ 4.17 ข้อมูลคุณสมบัติของคอมปาวด์..... | 61 |
| ภาพที่ 4.18 แสดงตำแหน่งของการเกิดปัญหาลวดลัมและงาน โมลด์ไม่เต็ม..... | 61 |
| ภาพที่ 4.19 แสดงการกำหนดระยะความยาวของคอมปาวด์..... | 62 |
| ภาพที่ 4.20 แสดง Short shot test ระยะการฉีดของคอมปาวด์ที่ stroke 6, 16 และ 19 มิลลิเมตร.... | 62 |
| ภาพที่ 4.21 แสดงการกำหนด Stroke ของโมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์..... | 63 |
| ภาพที่ 4.22 แสดงการปรับค่าโมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์..... | 63 |
| ภาพที่ 4.23 แสดง Leg ในการออกแบบการทดลองปรับค่าพารามิเตอร์..... | 64 |
| ภาพที่ 4.24 Box plot แสดงผลการวัดค่าลวดลัมจากผลการทดลอง L1-L16..... | 65 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| ภาพที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดลวดลัม..... | 66 |
| ภาพที่ 4.26 Main Effect plot ของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดลวดลัม..... | 66 |
| ภาพที่ 4.27 Inter Interaction plot ของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดลวดลัม..... | 67 |
| ภาพที่ 4.28 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาหางาน โมลด์ไม่เต็ม..... | 68 |
| ภาพที่ 4.29 Main Effect plot ของปัจจัยที่มีผลต่อปัญหา โมลด์ไม่เต็ม..... | 68 |
| ภาพที่ 4.30 Interaction plot ของปัจจัยที่มีผลต่อปัญหา โมลด์ไม่เต็ม..... | 69 |
| ภาพที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์การหาค่าพารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสม..... | 70 |
| ภาพที่ 4.32 โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสม..... | 70 |
| ภาพที่ 4.33 เปรียบเทียบลักษณะของปัญหาหางาน โมลด์ไม่เต็มระหว่างโมลด์พารามิเตอร์ใหม่และปัจจุบัน..... | 71 |
| ภาพที่ 4.34 เปรียบเทียบลักษณะของปัญหาลวดลัมระหว่าง โมลด์พารามิเตอร์ใหม่และปัจจุบัน... | 71 |
| ภาพที่ 4.35 เปรียบเทียบผลการทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่าง โมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่..... | 72 |
| ภาพที่ 4.36 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่าง โมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่..... | 73 |
| ภาพที่ 4.37 Box plot แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่าง โมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่..... | 73 |
| ภาพที่ 4.38 Histogram แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่าง โมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่..... | 74 |
| ภาพที่ 4.39 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแปรปรวนของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่าง โมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่..... | 75 |
| ภาพที่ 4.40 เปรียบเทียบความแปรปรวนของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่าง โมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่..... | 75 |
| ภาพที่ 4.41 ความสามารถของกระบวนการของค่าลวดลัม (โมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบัน)..... | 76 |
| ภาพที่ 4.42 ความสามารถของกระบวนการของค่าลวดลัม (โมลด์พารามิเตอร์ใหม่)..... | 76 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| ภาพที่ 4.43 แสดง Yield ของผลิตภัณฑ์ Hx ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ..... | 78 |
| ภาพที่ 4.44 เปรียบเทียบอัตราการเกิดของเสีย (DPPM) ของผลิตภัณฑ์ Hx ก่อนและหลังปรับปรุง กระบวนการ..... | 78 |
| ภาพที่ 4.45 แสดงเอกสารข้อกำหนดของ โมลด์พารามิเตอร์ที่ปรับปรุงแล้ว..... | 79 |
| ภาพที่ 4.46 แสดงเอกสาร FMEA ที่ปรับปรุงแล้ว..... | 80 |
| ภาพที่ 4.47 แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ ของค่าลวดลัมก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ..... | 81 |
| ภาพที่ 4.48 แผนภูมิควบคุม P ของการตรวจสอบของเสีย โมลด์ไม่เต็มก่อนและหลังปรับปรุง กระบวนการ..... | 81 |
| ภาพที่ 5.1 เปรียบเทียบจำนวนของเสียลวดลัมและ โมลด์ไม่เต็มก่อนและหลังปรับปรุง กระบวนการ..... | 83 |
| ภาพที่ 5.2 โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสม..... | 85 |



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกในยุคปัจจุบันเทคโนโลยีต่าง ๆ ได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม รถยนต์ และอื่น ๆ ต่างก็ถูกควบคุมการใช้งานด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์เกือบทั้งสิ้น ซึ่งระบบอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้มีองค์ประกอบหลักก็คือแผงวงจรรวม (Integrate Circuit) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า IC โดย IC เหล่านี้จะถูกออกแบบให้มีความสามารถและหน้าที่การทำงานแตกต่างกันไปตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งตลาดผู้ผลิตแผงวงจรรวม (IC) เป็นตลาดที่มีการแข่งขันค่อนข้างสูงเนื่องจากมีบริษัทผู้ผลิตอยู่ทั่วโลก ซึ่งบริษัทต่าง ๆ ก็มักกลยุทธ์การแข่งขันที่หลากหลายแตกต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็นในด้านของนวัตกรรม คุณภาพสินค้า และด้านราคา เป็นต้น

กลยุทธ์ที่สำคัญและสามารถสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันซึ่งเป็นที่นิยมนำมาปฏิบัติในโรงงานอุตสาหกรรม ก็คือ การปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิต ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับนอกจากจะสามารถเพิ่มคุณภาพให้กับผลิตภัณฑ์ ลดต้นทุนในกระบวนการผลิตจากการเกิดของเสียเช่น ความสูญเสียของวัตถุดิบ ความสูญเสียด้านของเวลา และค่าแรงในการผลิต ยังเป็นการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าอีกทางหนึ่ง ซึ่งถือว่าเป็นการสร้างผลกำไรให้กับบริษัทอย่างยั่งยืน

กรณีศึกษาได้นำเอาตัวอย่างของบริษัทผู้ผลิตและประกอบแผงวงจรรวม (IC) ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญในการนำมาประกอบเป็นวงจรรีเลย์ทรอนิกส์เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบเบรก ระบบส่งจ่ายเชื้อเพลิงรถยนต์ ระบบควบคุมการบินอัตโนมัติ อุปกรณ์สื่อสารและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งในบางลักษณะการใช้งานนั้นมีความเสี่ยงต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้โดยตรงซึ่งต้องไม่เกิดความผิดพลาดระหว่างการใช้งานโดยเด็ดขาด ซึ่งทางบริษัทได้คำนึงถึงความเสี่ยงเหล่านี้จึงให้ความสำคัญกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาเป็นอันดับหนึ่ง อีกทั้งยังสนับสนุนให้มีการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

ปัจจุบันบริษัทได้ขยายสายการผลิตเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าผลิตภัณฑ์ “Hx” ซึ่งยังพบปัญหาที่เกิดจากกระบวนการผลิตสองปัญหาหลักคือ ลวดลัม (wire sweep) และ โมลด์ไม่เต็ม (Incomplete fill) จากข้อมูลในช่วงเดือนสิงหาคม และ กันยายน พบว่า Yield รวมของกระบวนการโมลด์มีค่าเท่ากับ 98.48 % ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดคือ 99.5% โดยจำนวนของเสียที่เกิดจากลวดลัม มีค่าเท่ากับ 4560 DPPM และ โมลด์ไม่เต็ม มีค่าเท่ากับ 6334 DPPM.

หลักการซิกส์ ซิกม่า (Six sigma) เป็นเทคนิคกระบวนการที่ถูกลำนำไปใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพทั้งกระบวนการผลิตและการบริการ ซึ่งลักษณะกระบวนการในการทำซิกส์ซิกมามีการกำหนดเป้าหมายของการดำเนินงานอย่างชัดเจน มุ่งเน้นในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง และลดความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต โดยนำเอาเครื่องมือและเทคนิคในการปรับปรุงคุณภาพ การวัด และการวิเคราะห์ทางสถิติ มาใช้ในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอน ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ตรงประเด็น และสามารถลดความแปรปรวนของกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นกรณีศึกษานี้จะนำเอาหลักการและเทคนิคของซิกส์ ซิกม่า มาใช้เพื่อมุ่งเน้นในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ และการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก คือ ลวดลัมและโมลด์ไม่เต็ม นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนอันเกิดจากของเสียในกระบวนการผลิต

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย ประเภทลวดลัมและ โมลด์ไม่เต็มที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก

1.2.2 เพื่อลดอัตราการเกิดของเสีย ประเภทลวดลัมและ โมลด์ไม่เต็มที่เกิดจากกระบวนการฉีดพลาสติกให้ลดลงอย่างน้อยร้อยละ 80 จากจำนวนของเสียในปัจจุบัน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาและปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการฉีดพลาสติกของผลิตภัณฑ์ Hx โดยกำหนดให้ใช้ลวดทองคำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 ไมครอน (Au wire 25 μ m) ร่วมกับ Molding compound ชนิด CEL8240 และใช้เครื่องโมลด์ DIS รุ่น GP Pro-120-SP

1.3.2 ใช้เทคนิคซิกส์ซิกม่าในการศึกษาและปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ

1.3.3 การชี้วัดความสำเร็จของผลการศึกษาโดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ โดยของเสียประเภทลวดลัมและ โมลด์ไม่เต็ม จะต้องลดลงอย่างน้อยร้อยละ 80 จากจำนวนของเสียในปัจจุบัน

1.3.4 ระยะเวลาในการดำเนินงาน พฤศจิกายน 2557-พฤษภาคม 2558

1.4 แผนการดำเนินงาน

กรณีศึกษานี้ใช้เทคนิคและขั้นตอนของซิกส์ ซิกม่า ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งมีขั้นตอนและมีระยะเวลาในการดำเนินงานตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงาน

| ขั้นตอนการดำเนินงาน | ระยะเวลาดำเนินการ | | | | | | |
|---|-------------------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|
| | พ.ย. 57 | ธ.ค. 57 | ม.ค. 58 | ก.พ. 58 | มี.ค. 58 | เม.ย. 58 | พ.ค. 58 |
| 1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลของปัญหาของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน | ■ | | | | | | |
| 2 การทำ Six Sigma (DMAIC) | | | | | | | |
| 2.1 ระบุปัญหาและเป้าหมายในปรับปรุงกระบวนการผลิต (Define Phase) | | ■ | | | | | |
| 2.2 ศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัดและสมรรถนะของกระบวนการ (Measurement Phase) | | | ■ | | | | |
| 2.3 วิเคราะห์ค้นหาสาเหตุของปัญหา (Analyze Phase) | | | | ■ | | | |
| 2.4 ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการ (Improvement Phase) | | | | | ■ | | |
| 2.5 ติดตามผลการดำเนินงานและควบคุม (Control phase) | | | | | | ■ | ■ |
| 3 สรุปผลการดำเนินงาน | | | | | | | ■ |

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถลดอัตราการเกิดของเสีย ลดต้นทุนในการผลิตที่เกิดจากของเสีย และส่งผลให้บริษัทมีกำไรมากขึ้น

1.5.2 สามารถลดโอกาสที่จะมีของเสียหลุดไปถึงลูกค้าอันส่งผลต่อความเชื่อมั่นต่อผลิตภัณฑ์และบริษัท

1.5.3 สามารถนำไปปรับปรุงและประยุกต์ใช้หลักการซิกส์ซิกม่า รวมถึงการใช้วิธีการทางสถิติมาวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิตอย่างเป็นระบบ

1.6 คำจำกัดความในการวิจัย

| | |
|------------------|--|
| Au wire | : ลวดทองคำที่ใช้ในการเชื่อมงาน |
| Die | : แผงวงจร ทำจากแผ่นซิลิกอนซึ่งผ่านกระบวนการโดปสารกึ่งตัวนำ |
| Leadframe | : แผ่นทองแดงที่ถูกขึ้นรูปตามลักษณะของตัวงานเพื่อใช้ในการติด Die และ เชื่อมลวด |
| Die Attach | : กระบวนการติด Die ลงบน Leadframe |
| Wire bond | : กระบวนการเชื่อมลวดทองคำเพื่อนำไฟฟ้าระหว่าง Die กับงานบน Leadframe |
| Mold | : กระบวนการฉีดพลาสติกเพื่อห่อหุ้มชิ้นงาน |
| Molding compound | : พลาสติกที่ใช้ในการฉีดเพื่อห่อหุ้มชิ้นงาน |
| Wire sweep | : ลวดลัม (อาการของเสียที่เกิดจากกระบวนการฉีดพลาสติก) |
| Incomplete fill | : งาน โมลด์ไม่เต็ม (อาการของเสียที่เกิดจากกระบวนการฉีดพลาสติก) |
| DOE | : การออกแบบการทดลอง (Design of experiment) |
| FMEA | : Failure mold and effect analysis คือ การวิเคราะห์หาสาเหตุและผลกระทบของข้อบกพร่อง โดยพิจารณาจากความรุนแรงของข้อบกพร่อง โอกาสในการเกิด และการตรวจจับข้อบกพร่อง |
| Gage R&R | : ความสามารถของกระบวนการวัด (Gage Repeatability and Reproducibility) |
| PPM | : Part per million (1 ในล้านส่วน) |
| DPPM | : Defect Part per million (จำนวนของเสีย 1 ในล้านส่วน) |
| Cpk | : ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น |
| Ppk | : ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในระยะยาว |

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาค้นคว้า ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิคซิกส์ ซิกม่า เพื่อเป็นแนวทางศึกษาและดำเนินการ โดยมีรายละเอียดตามหัวข้อด้านล่างนี้

- 2.1 แนวคิดเกี่ยวกับคุณภาพ
- 2.2 แนวคิดและหลักการของ ซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma)
- 2.3 การวัดสมรรถนะของกระบวนการ
- 2.4 ลักษณะกระบวนการนิคพลาสติกงานประเภทแผงวงจรรวม
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณภาพและการปรับปรุงคุณภาพ

ศุภชัย นาทะพันธ์ (2551, น.9) นิยามคุณภาพของ ISO 8402 คือ “ลักษณะสำคัญและคุณลักษณะรวมทั้งหมดของสินค้าหรือบริการ ที่สามารถตอบสนองความต้องการหรือความพึงพอใจของลูกค้าได้”

Garvin (1897 อ้างอิงใน Montgomery, Jennings and Pfund, 2011, pp. 3-4) อธิบายเกี่ยวกับมุมมองของคุณภาพ (Dimension of Quality) ไว้ 8 มิติด้วยกันคือ ความสามารถในการใช้งาน ความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ อายุการใช้งาน ความสามารถในการบริการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ ลักษณะพิเศษในการทำงาน, การรับรู้ถึงคุณภาพของสินค้า และความสอดคล้องกับมาตรฐาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ด้านความสามารถในการใช้งาน (Performance) “Will the product do intended job?” โดยปกติลูกค้าจะประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากความสามารถในการใช้งาน ว่าผลิตภัณฑ์นั้นต้องสามารถใช้งานได้ติดตามหน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์

2) ด้านความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ (Reliability) “How often does product fail?” คือ การที่สินค้าทำหน้าที่ได้ดีปกติ ไม่เกิดปัญหาหรือเสียหายจากการใช้งาน ก่อนหมดอายุการใช้งานที่กำหนด หรือก่อนหมดวันรับประกันคุณภาพ

3) ด้านอายุการใช้งาน (Durability) “How long dose the product last?” คือ สินค้ามีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

4) ด้านความสามารถในการให้บริการ (Serviceability) “How easy is it to repair the product?” คือ การที่มองว่าเมื่อผลิตภัณฑ์เกิดการเสียหายหรือต้องการซ่อมบำรุงตามระยะเวลา ผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องสามารถถูกซ่อมแซมได้ง่าย รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่าย

5) ด้านสุนทรียศาสตร์ (Aesthetics) “What dose the product look like?” คือ การมองถึงรูปลักษณ์ภายนอกของผลิตภัณฑ์ เช่น รูปแบบ สี รูปทรง ความสวยงามของผลิตภัณฑ์ ลักษณะจำเพาะที่รับรู้ด้วยการสัมผัส เป็นต้น

6) ด้านลักษณะพิเศษในการทำงาน (Features) “What dose the product do?” โดยปกติลูกค้าจะมองว่าผลิตภัณฑ์จะมีคุณภาพสูงเมื่อมีการเพิ่มลักษณะพิเศษในการทำงานที่เกินกว่าความสามารถพื้นฐานของผลิตภัณฑ์

7) ด้านการรับรู้ถึงคุณภาพของสินค้า (Perceived Quality) “Whai is repolation of company and its product?” คือ การที่ลูกค้าเชื่อถือในชื่อเสียงของบริษัทผู้ผลิตซึ่งส่งผลต่อความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์

8) ด้านความสอดคล้องกับมาตรฐาน (Conformance to Standards) “Is the product make exactly as the designer intened?” หมายถึง ในขั้นตอนการผลิตมีการใช้วัสดุ หรือชิ้นส่วนในการผลิตที่มีความถูกต้องตามข้อกำหนดที่ได้ถูกออกแบบไว้

2.2 แนวคิดและหลักการของ ซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma)

ในปี ค.ศ. 1980, ซิกส์ ซิกม่าได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Motorola ซึ่งทำให้บริษัทมีกำไรและอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็ว จากการลดจำนวนข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต ซึ่งในปัจจุบันหลากหลายบริษัทได้นำซิกส์ ซิกม่า ไปเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต และนอกจากนี้ยังมีผู้นำไปประยุกต์ใช้กับงานประเภทการบริการ และห่วงโซ่อุปทาน เป็นต้น ซึ่งสามารถสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันทางธุรกิจและสร้างผลกำไรให้แก่บริษัทต่าง ๆ อย่างมากมาย

2.2.1 นิยามของ ซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma)

อาร์ คาวานาช, อาร์ นิแมน, และ พี เพนเด, (2548, น.2) อธิบายว่า คำว่า ซิกส์ ซิกม่าอ้างอิงจากเป้าหมายในการลดของเสียให้เข้าใกล้ศูนย์ ซิกส์ ซิกม่า คือ ตัวอักษรกรีก σ ในทางสถิติใช้เป็นตัวแทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน บอกให้ทราบถึงความแปรปรวนภายในของกลุ่มประชากร ซึ่งส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากก็หมายถึงมีความแปรปรวนมาก ในมุมมองของสถิตินั้น ซิกส์ ซิกม่า คือการลด

ความแปรปรวนเพื่อให้เกิดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด ทำให้สินค้าหรือบริการเกือบทั้งหมดจะมีคุณค่าเท่ากับหรือเหนือกว่าความคาดหวังของลูกค้า

Paul (อ้างถึงใน Kundi, 2005) ได้ให้นิยามของ ซิกส์ ซิกม่า ในเทอมของสถิติหมายถึงการยอมให้มีโอกาสเกิดของเสีย 3.4 DPMO (Defects Per Million Opportunities) หรือมีความแม่นยำในกระบวนการผลิต 99.99966% ซึ่งเกือบจะสมบูรณ์แบบ โดยของเสียนั้นหมายถึงอะไรก็ตามที่เกิดจากข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า

Harry (อ้างถึงใน สิทธิศักดิ์ พงษ์พิติกุล, 2548, น.16) ได้ให้นิยามว่า “ซิกส์ ซิกม่า เป็นวิถีแห่งระบบคุณภาพหลายมิติ ประกอบด้วยรูปแบบที่เป็นมาตรฐาน การจัดการที่เหมาะสม และการตอบสนองกิจการขององค์กร ซึ่งทำให้ลูกค้าและผู้ผลิตได้ผลตอบแทนทั้งสองฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นด้านอรรถประโยชน์ ทรัพยากร และคุณค่าของผลิตภัณฑ์”

โดยสรุปแล้ว ซิกส์ ซิกม่า คือ รูปแบบกระบวนการในการปรับปรุงคุณภาพซึ่งมีการกำหนดเป้าหมายของการดำเนินงานอย่างชัดเจน มุ่งเน้นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ลดความแปรปรวนที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการ และเป็นการสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า โดยนำเอาหลักการทางสถิติมาใช้ในประเมินและวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงความสำคัญของปัญหา ค้นหาสาเหตุและจัดตั้งตอของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

2.2.2 ขั้นตอนในการทำ ซิกส์ ซิกม่า

ขั้นตอนในการทำ ซิกส์ ซิกม่า มีทั้งหมดด้วยกัน 5 ส่วนซึ่งประกอบด้วย Define phase, Measurement phase, Analyze phase, Improvement phase and Control phase ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.2.1 การระบุปัญหาและขอบเขตของการแก้ปัญหา (Define phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดประเด็นปัญหาและขอบเขตของปัญหา โดยระบุถึงปัญหาที่พบในบริษัท (Business case) ลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร (Problem Statement) มีเป้าหมายและขอบเขตในการดำเนินงานมากน้อยเพียงใด จากนั้นจัดทำรายละเอียดของโครงการ (Project Charter) วิเคราะห์และเขียนผังกระบวนการ โดยใช้ SIPOC Analysis เพื่อทำความเข้าใจกับภาพรวมของกระบวนการ หน้าที่สำคัญและปัจจัยของกระบวนการ

2.2.2.2 การวัด (Measurement phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของกระบวนการในปัจจุบัน (Cpk, Ppk) โดยใช้การเปรียบเทียบค่าที่ได้ จากการวัดกับข้อกำหนดของลูกค้า และทำการวิเคราะห์ความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัดด้วยเทคนิค MSA

2.2.2.3 การวิเคราะห์ (Analyze phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวบรวมจากภายในกระบวนการ เพื่อวิเคราะห์ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากปัจจัยใดบ้าง และพิสูจน์ให้ทราบแน่ชัดว่าปัจจัยนั้นเป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาหรือไม่ ซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้ในขั้นตอนนี้ เช่น Histogram, Control chart, Parato diagram, Process flow, Cause and Effect diagram, Hypothesis testing, Anova, Regression Analysis และ Correlation Coefficient เป็นต้น

2.2.2.4 การปรับปรุง (Improvement phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการระดมสมอง เพื่อประมวลทางเลือกในการแก้ไขปัญหา จากนั้นทำทดลองเพื่อหาแนวทางการแก้ไขที่ดีที่สุด โดยเก็บรวบรวมข้อมูลผลการทดลองมาวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของผลที่ได้ และความสามารถของกระบวนการที่เปลี่ยนแปลง หลังจากนั้นนำแนวทางปฏิบัติที่ได้ไปทดลองปฏิบัติจริงในกระบวนการ เครื่องมือที่ใช้ เช่น DOE, Hypothesis testing, Regression Analysis เป็นต้น

2.2.2.5 การควบคุม (Control phase)

เป็นการติดตามผลและกำหนดแนวทางและวิธีการในการควบคุม เพื่อให้การปฏิบัติงานที่ถูกปรับใช้ถูกนำไปใช้อย่างยั่งยืนถาวร มีการกำหนดแผนการสุ่มตรวจและประเมินผลเป็นระยะ โดยเครื่องมือที่ใช้ เช่น Control plan, FMEA และ Standard operating procedure.

2.2.3 คณะทำงานของ ซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma)

ในการทำซิกส์ ซิกม่า ต้องมีการทำงานร่วมกันเป็นทีม และต้องได้รับการสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร ซึ่งจะประกอบด้วย กลุ่มผู้นำหรือคณะกรรมการ แชมป์เปียนและสปอนเซอร์ของโครงการ ผู้นำการปฏิบัติการ มาสเตอร์แบล็คเบลท์ แบล็คเบลท์ สมาชิกทีมงานและผู้รับผิดชอบกระบวนการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.3.1 กลุ่มผู้นำหรือคณะกรรมการ (Leadership Group or Council): ประกอบด้วยกลุ่มผู้บริหาร ที่สนับสนุนทีมงานซิกส์ ซิกม่า โดยจะเป็นผู้วางแผนการดำเนินงานของซิกส์ ซิกม่า

2.2.3.2 แชมป์เปียนและสปอนเซอร์ของโครงการ (Project Sponsor and Champion): คือ ผู้ที่คอยดูแลและประสานระหว่างทีมกับคณะผู้นำ โดยหน้าที่ของแชมป์เปียนและสปอนเซอร์คือการให้แนวทางการปฏิบัติที่ชัดเจนต่อทีมงาน และช่วยเหลือทีมงาน

2.2.3.3 ผู้นำการปฏิบัติการ (Implementation Leader): คือ ผู้ที่สรรหาบุคคลที่มีบทบาทสำคัญในองค์กรเพื่อเข้าร่วมปฏิบัติงาน วางแผนและดำเนินการฝึกอบรม จัดทำเอกสาร ความก้าวหน้า

2.2.3.4 มาสเตอร์แบล็คเบลท์ (Master Black Belt): คือผู้เชี่ยวชาญที่คอยให้คำแนะนำกับผู้รับผิดชอบกระบวนการและทีมงาน ตั้งแต่การใช้เครื่องมือวัดทางสถิติ จนถึงการบริหารการเปลี่ยนแปลง (Change Management) และกลยุทธ์การออกแบบกระบวนการ

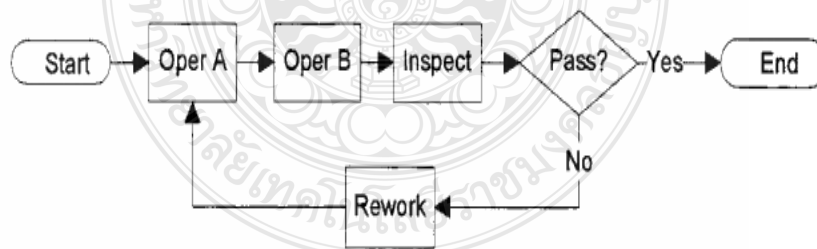
2.2.3.5 ผู้นำทีมหรือแบล็คเบลท์ (Black Belt): คือ ผู้ที่รับผิดชอบเบื้องต้นสำหรับงานประจำวันและผลลัพธ์ของโครงการ มีหน้าที่คล้ายมาสเตอร์แบล็คเบลท์ แต่จะรับผิดชอบเฉพาะทีมงานเดียวเท่านั้น โดยมีหน้าที่ทำการทบทวนแก้ไขและวัตถุประสงค์ของโครงการให้ชัดเจน สนับสนุนสมาชิกของทีมงานในการปฏิบัติงาน ถ่ายทอดวิธีการแก้ปัญหาหรือกระบวนการใหม่และจัดทำเอกสารสรุปผลของโครงการ

2.2.3.6 สมาชิกทีมงาน (Team Member) คือ ผู้ที่เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ บางครั้งสมาชิกของทีมงานต้องใช้เวลาส่วนมากในการทำโครงการ ดังนั้นพวกเขาจึงต้องวางแผนการทำโครงการกับผู้ควบคุมงาน เพื่อไม่ให้มีผลกระทบกับประจำที่ทำอยู่

2.2.3.7 ผู้รับผิดชอบกระบวนการ (Process Owner): คือ ผู้ที่รับผิดชอบกระบวนการที่ต้องการจะปรับปรุง ซึ่งต้องให้ความร่วมมือในการทำโครงการ และรับเอาแนวทางแก้ไขปัญหามาจากทีมงานไปปฏิบัติ

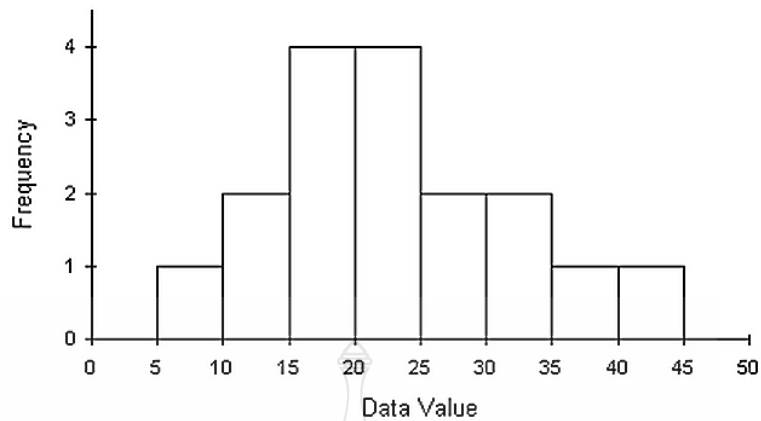
2.2.4 เครื่องมือคุณภาพที่ใช้ในการทำซิกส์ ซิกม่า

2.2.4.1 แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Process flow) ใช้แสดงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ เพื่อให้เข้าใจขั้นตอนในการทำงานอย่างถ่องแท้และสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของกระบวนการ



ภาพที่ 2.1 แสดงแผนภูมิการไหลของกระบวนการ

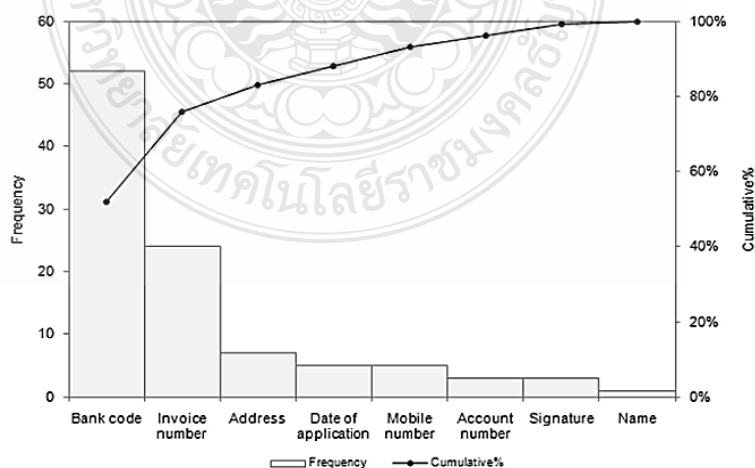
2.2.4.2 ฮิสโทแกรม (Histogram) เป็นแผนภาพแสดงการกระจายตัวของข้อมูล เพื่อใช้ประกอบในการวิเคราะห์ความแปรผันและความสามารถของกระบวนการ



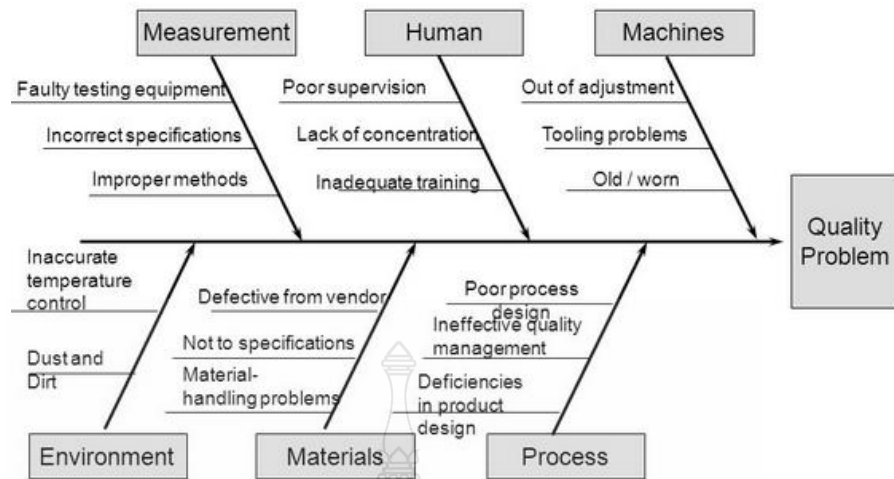
ภาพที่ 2.2 แสดงแผนภาพฮิสโทแกรม

2.2.4.3 แผนภาพพารेटโต (Pareto) เป็นแผนภาพที่ใช้ในการเปรียบเทียบและจัดลำดับความสำคัญของปัญหาหรือของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ เพื่อที่จะใช้ตรวจสอบว่าควรแก้ไขปัญหาคือก่อนหรือหลัง ดังแสดงในภาพที่ 2.3

2.2.4.4 แผนภูมิก้างปลา (Fish-bone Diagram) เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหา จากภาพที่ 2.4 ทางด้านขวาสุด คือ ลักษณะปัญหาที่ต้องการแก้ไข ด้านซ้ายคือสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งสาเหตุหลัก (Main Case) ถูกนำมาใช้วิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการคือ ประเด็นปัญหาที่อาจเกิดจากคน (Man or People) เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ (Machine or Equipment) ขั้นตอนปฏิบัติงาน (Process) กระบวนการวัด (Measurement) วัสดุดิบ (Material) และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Environment)

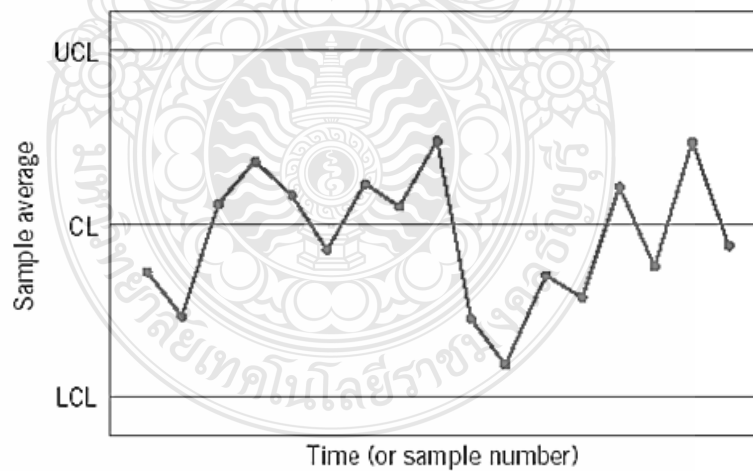


ภาพที่ 2.3 แสดงแผนภาพพารेटโต



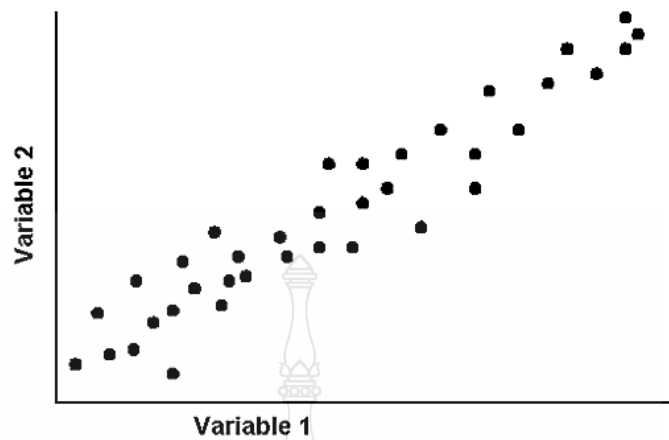
ภาพที่ 2.4 แสดงแผนภูมิกิ่งปลา

2.2.4.5 แผนภูมิควบคุม (Control Chart) เป็นแผนภูมิที่แสดงถึงความผันแปรภายในกระบวนการที่ได้จากข้อมูลการวัดค่าการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบสุ่ม เพื่อตรวจสอบว่าค่าที่วัดได้หรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์อยู่ภายในข้อกำหนด และเพื่อวิเคราะห์กระบวนการผลิตมีความผิดปกติหรือไม่



ภาพที่ 2.5 แสดงแผนภูมิควบคุม

2.2.4.6 แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram) ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวแปร โดยแผนภาพจะแสดงลักษณะการกระจาย ทิศทาง และแนวโน้มของข้อมูล



ภาพที่ 2.6 แสดงแผนภาพการกระจาย

2.2.4.7 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis; FMEA): เป็นเทคนิคที่ใช้ในการค้นหาและจัดสาเหตุของปัญหาทั้งที่เกิดขึ้นแล้วและมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในการออกแบบผลิตภัณฑ์และในกระบวนการผลิต การใช้เทคนิค FMEA ทำให้ผู้ใช้ทราบถึงลักษณะข้อบกพร่องและความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นทั้งในการออกแบบและการผลิต ซึ่ง FMEA เป็นการดำเนินการเชิงป้องกันที่ช่วยไม่ให้ของเสียหลุดไปถึงมือลูกค้า

การทำ FMEA เป็นการทำงานแบบ Cross-function เพื่อให้การวิเคราะห์ปัญหาครอบคลุมครบทุกด้าน ซึ่งขั้นตอนในการทำ FMEA มีดังนี้

- 1) ระบุลักษณะข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นในการออกแบบหรือในกระบวนการผลิต
- 2) ระบุสาเหตุหรือผลกระทบที่เกิดจากข้อบกพร่อง
- 3) ทำการจัดอันดับความเสี่ยงของข้อบกพร่อง (Risk Priority Number: RPN)

เพื่อที่จะกำหนดว่าควรแก้ปัญหาใดก่อนหรือหลัง โดยวิเคราะห์จากความรุนแรง (Severity: S) หรือผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีต่อผู้นำไปใช้งาน โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence: O) ภายในกระบวนการผลิตและวิธีการที่ใช้ในการตรวจจับข้อบกพร่อง (Detection: D) โดยข้อบกพร่องที่ต้องถูกทำการแก้ไขคือข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 ขึ้นไป เมื่อ $RPN = S \times O \times D$ ซึ่งเกณฑ์ในการให้คะแนนความรุนแรง โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง และการตรวจจับข้อบกพร่อง ดังแสดงในภาพที่ 2.1, 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบ

| ผลกระทบจาก ข้อบกพร่อง | ความรุนแรงของผลกระทบ ที่มีต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ | ความรุนแรงของผลกระทบ ที่มีต่อกระบวนการภายใน | คะแนน |
|--|---|--|-------|
| 1. เกิดอันตราย โดยไม่มี การเตือน | มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือขัด ต่อกฎหมายโดยไม่มี การเตือนล่วงหน้า | มีผลต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือ เครื่องจักร)โดยไม่มี การเตือนล่วงหน้า | 10 |
| 2. เกิดอันตราย โดยมีการ เตือน | มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือขัด ต่อกฎหมายโดยมีการเตือนล่วงหน้า | มีผลต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือ เครื่องจักร)โดยมีการเตือนล่วงหน้า | 9 |
| 3. ผลกระทบ สูงมาก | ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากสูญเสีย หน้าที่หลัก | ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจต้องถูกทำลาย หรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงโดยใช้ เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง | 8 |
| 4. ผลกระทบสูง | ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้แต่ระดับของ สมรรถนะลดลงจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจมาก | อาจจะมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบคัดเลือก (sorting) และผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจถูกทำลายหรือส่งเข้าซ่อมแซมที่ แผนกซ่อมบำรุงโดยใช้เวลาระหว่างครึ่งถึง หนึ่งชั่วโมง | 7 |
| 5. ผลกระทบ ปานกลาง | ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ แต่ขาดความ สะดวกสบายและทำให้ลูกค้ามีความไม่พอใจ | ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจถูก ทำลายและไม่ต้องตรวจสอบแบบคัดเลือก (sorting) หรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุง โดยใช้เวลาน้อยกว่าครึ่งชั่วโมง | 6 |
| 6. ผลกระทบต่ำ | ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้ด้วยความ สะดวกสบาย แต่ระดับของสมรรถนะลดลง | ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 100% อาจต้องได้รับการ รีเวิร์ค หรือได้รับการซ่อมแซมนอกสายการ ผลิตที่ฝ่ายผลิต | 5 |
| 7. ผลกระทบ ต่ำมาก | ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจจะมี เสียงดังบ้าง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้ | ผลิตภัณฑ์อาจได้รับการตรวจสอบแบบ คัดเลือก (sorting) โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูก ทำลาย แต่บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจต้อง ได้รับการรีเวิร์ค | 4 |
| 8. ผลกระทบ เล็กน้อย | ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจจะมี เสียงดังบ้าง ลูกค้าประมาณครึ่งหนึ่ง (50%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้ | ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจต้อง ได้รับการรีเวิร์คในสายการผลิตแต่จุด ปฏิบัติงานที่ต้องถูกทำลาย | 3 |
| 9. เกือบไม่มี ผลกระทบ | ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจจะมี เสียงดังบ้าง ลูกค้าส่วนน้อย (ต่ำกว่า 25%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้ | ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจต้อง ได้รับการรีเวิร์คในสายการผลิตโดยไม่มี ผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลาย | 2 |
| 10. ไม่มี ผลกระทบ | ไม่มีผลกระทบที่สังเกตเห็นได้ | อาจไม่ได้รับความสะดวกสบายเล็กน้อย ต่อการปฏิบัติงานหรือตัวพนักงาน หรือไม่มีผลกระทบใด ๆ | 1 |

ที่มา : กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2547, น.113)

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การประเมินโอกาสการเกิดขึ้นของสาเหตุ

| โอกาสการเกิดขึ้นของข้อสาเหตุหนึ่ง ๆ | อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ | | Ppk | คะแนน |
|---|-----------------------------|--|--------|-------|
| | (ppm) | | | |
| 1. สูงมาก: เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ | ≥ 100,000 (หรือ 10%) | | < 0.55 | 10 |
| | 50,000 (หรือ 5%) | | ≥ 0.55 | 9 |
| 2. สูง: เกิดข้อบกพร่องน้อย | 20,000 (หรือ 2%) | | ≥ 0.78 | 8 |
| | 10,000 (หรือ 1%) | | ≥ 0.86 | 7 |
| 3. ปานกลาง: เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว | 5,000 (หรือ 0.5%) | | ≥ 0.94 | 6 |
| | 2,000 (หรือ 0.2%) | | ≥ 1.00 | 5 |
| | 1,000 (หรือ 0.1%) | | ≥ 1.10 | 4 |
| 4. ต่ำ: เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย | 500 | | ≥ 1.20 | 3 |
| | 100 | | ≥ 1.30 | 2 |
| 5. ห่างไกล: เกือบไม่มีโอกาสจะเกิดข้อบกพร่อง | ≤ 10 | | ≥ 1.67 | 1 |

ที่มา : กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2547, น.115)

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม

| การตรวจจับ | กฎเกณฑ์ | ประเภทการ | | | ขอบเขตวิธีการตรวจจับ | คะแนน |
|----------------------|---|-----------|---|---|--|-------|
| | | ตรวจสอบ | | | | |
| | | A | B | C | | |
| 1. เกือบเป็นไปไม่ได้ | ไม่มีระบบการตรวจจับใด ๆ | | | X | ไม่สามารถตรวจจับได้หรือตรวจสอบได้ | 10 |
| 2. ห่างไกลมาก | มีระบบควบคุม แต่ไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้ | | | X | การควบคุมทำได้โดยทางอ้อมหรือเป็นเพียงการสุ่มตรวจเท่านั้น | 9 |
| 3. ห่างไกล | มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้ | | | X | การควบคุมทำได้โดยการตรวจสอบด้วยตาเปล่า (visual inspection) เท่านั้น | 8 |
| 4. ต่ำมาก | มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้ | | | X | การควบคุมทำได้โดยการตรวจสอบด้วยตาเปล่าสองครั้ง (Double visual inspection) เท่านั้น | 7 |
| 5. ต่ำ | มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้ | X | X | | การควบคุมกระทำได้โดยแผนภูมิ SPC | 6 |
| 6. ปานกลาง | มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้ | X | | | มีการควบคุมโดยใช้เครื่องมือวัด วัดชิ้นงานก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน หรือใช้เกจ แบบ Go/No Go ก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน | 5 |

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม (ต่อ)

| การตรวจจับ | กฎเกณฑ์ | ประเภทการตรวจสอบ | | | ขอบเขตวิธีการตรวจจับ | คะแนน |
|----------------|--|------------------|---|---|--|-------|
| | | A | B | C | | |
| | | | | | | |
| 7. ก่อนข้างสูง | มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้ | X | X | | มีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไป หรือใช้เครื่องมือวัดชิ้นงานแรกในขั้นตอนการปรับตั้ง (Set-up) | 4 |
| 8. สูง | มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้ | X | X | | มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงาน หรือมีการตรวจสอบความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปโดยการตรวจสอบเพื่อการยอมรับ | 3 |
| 9. สูงมาก | มีระบบควบคุมและเกือบจะมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้ | X | X | | มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงาน ด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ ชิ้นงานบกพร่องไม่สามารถผ่านไป | 2 |
| 10. สูงมาก | มีระบบควบคุมและมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้ | X | | | ไม่มีโอกาสเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่อง เพราะใช้ Poka-Yoke ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์/กระบวนการ | 1 |

หมายเหตุ: A = การป้องกันความผิดพลาด, B = การใช้อุปกรณ์วัด (Gauging), C = การตรวจสอบโดยอาศัยบุคคล (Manual inspection)

ที่มา : กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2547, น.117)

- 4) กำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหาและติดตามผลปฏิบัติงาน
- 5) ทำการวิเคราะห์ปัญหาอีกครั้งเพื่อดูว่าค่าความเสี่ยง (RPN) ลดลงหรือไม่
- 6) เมื่อได้วิธีการในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาแล้วให้ทำการกำหนดจุดที่ต้องทำการควบคุมในกระบวนการและวิธีการปฏิบัติเพื่อไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้นอีก

| FMEA Process | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------|-----------------------------------|--|--|--|
| Component & Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | Potential Cause(s) of Failure | Current Controls | Recomm'd Action | Response & Target Completion Date | | | |
| | | | | | | | | | |

ภาพที่ 2.7 แสดงตัวอย่างแบบฟอร์ม Process FMEA

2.3 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

ศุภชัย นาทะพันธ์ (2551, น. 200-212) กล่าวว่า “การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process capability Analysis) คือการนำเอาความแปรผันที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโดยธรรมชาติ เปรียบเทียบกับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้คำนวณหาความสามารถของกระบวนการ ซึ่งค่าเฉลี่ยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจะพิจารณาที่ $\pm 3\sigma$ โดยลักษณะข้อมูลต้องเป็นข้อมูลแบบการแจกแจงปกติ มีขีดจำกัดความคลาดเคลื่อนบนโดยธรรมชาติที่ยอมรับได้ (Upper Natural Tolerance Limit: UNTL) และ ขีดจำกัดความคลาดเคลื่อนล่างโดยธรรมชาติที่ยอมรับได้ (Lower Natural Tolerance Limit: LNTL) คือ $UNTL = \mu + 3\sigma$ และ $LNTL = \mu - 3\sigma$ ตามลำดับ เมื่อ μ คือค่าเฉลี่ย และ σ คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ ซึ่งค่าที่ยอมรับได้ สำหรับการแจกแจงแบบปกติจะมีค่าประมาณ 99.73% ของพื้นที่ใต้โค้งทั้งหมด หรือมีค่าของชิ้นงานที่ออกนอกความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ประมาณ 0.27%”

อัตราส่วนความสามารถของกระบวนการ (Process capability ratio: Cp) แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

| | | | |
|-------|---------------------------------|-----|-------------------------|
| เมื่อ | USL (Upper Specification Limit) | คือ | ข้อกำหนดขีดจำกัดบน |
| | LSL (Lower Specification Limit) | คือ | ข้อกำหนดขีดจำกัดล่าง |
| | σ (Standard division) | คือ | ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |

ในกรณีที่ข้อกำหนดมีแค่ขีดจำกัดบนหรือขีดจำกัดล่างเพียงอย่างเดียว จะมีอัตราส่วนความสามารถของกระบวนการ ดังสมการต่อไปนี้

$$Cpu = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$$

$$Cpl = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$$

เมื่อ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตไม่อยู่กึ่งกลางระหว่างขีดจำกัดบนและล่าง ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ จะสามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบ Cpu และ Cpl และเลือกค่าน้อยกว่าเป็นค่าของตัวชี้วัดความสามารถของกระบวนการ ซึ่งเป็นดังสมการดังต่อไปนี้

$$Cpk = \min(Cpu, Cpl)$$

$$= \min\left(\frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}\right)$$

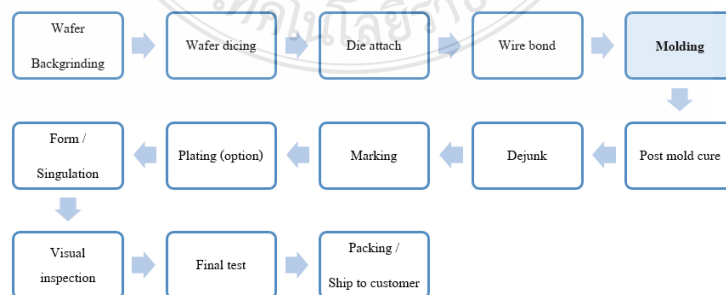
ตารางที่ 2.4 แสดงค่าของ Cp และ Cpk ต่ำสุดที่แนะนำใช้ในงานอุตสาหกรรม

| ลักษณะกระบวนการผลิต | ข้อกำหนดสองด้าน | ข้อกำหนดด้านเดียว |
|--|-----------------|-------------------|
| กระบวนการปัจจุบัน | 1.33 | 1.25 |
| กระบวนการใหม่ | 1.5 | 1.45 |
| กระบวนการปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย | 1.5 | 1.45 |
| กระบวนการปัจจุบันที่เกี่ยวข้องความแข็งแรง | | |
| กระบวนการใหม่ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย | 1.67 | 1.6 |
| กระบวนการใหม่ที่เกี่ยวข้องความแข็งแรง | | |

ที่มา : ศุภชัย นาทะพันธ์ (2551, น.212)

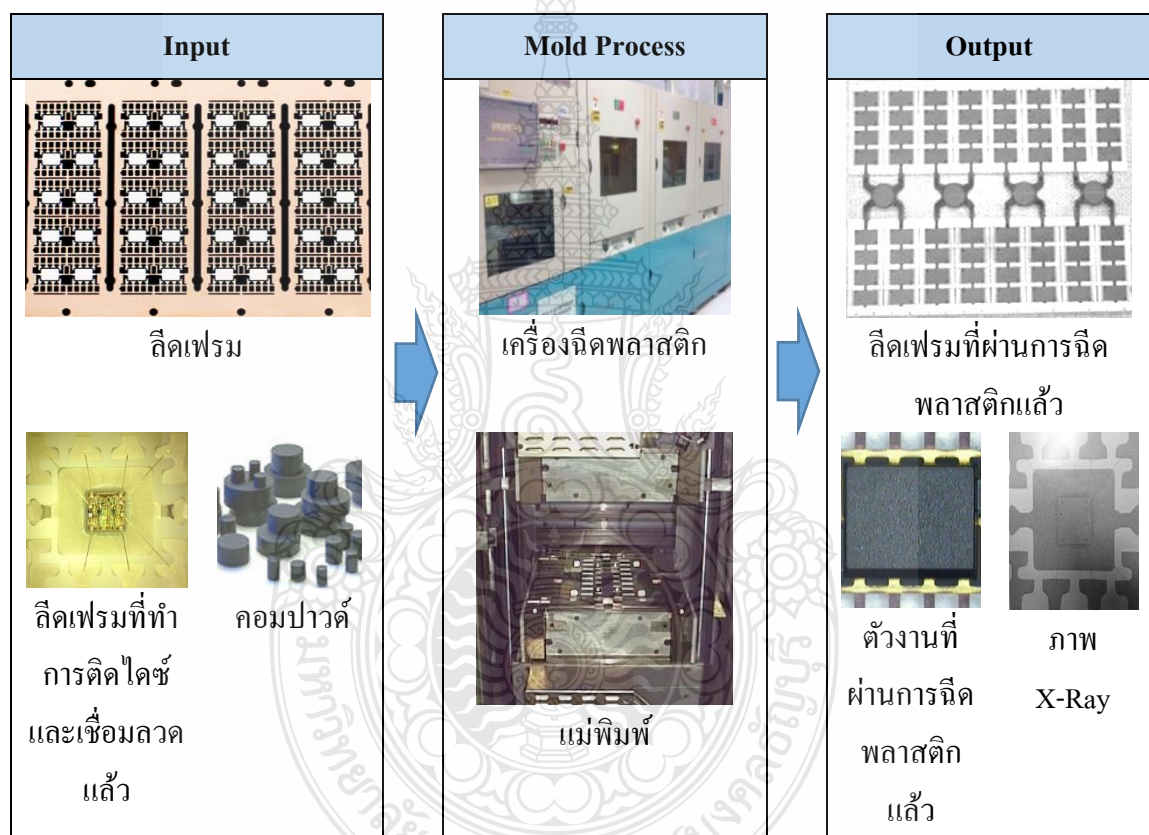
2.4 ลักษณะกระบวนการฉีดพลาสติกงานประเภทแผงวงจรรวม (IC)

กระบวนการในการผลิตแผงวงจรรวมโดยทั่วไปจะมีอยู่ประมาณ 13 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 2.8 ซึ่งในแต่ละขั้นตอนก็จะมี กรรมวิธีการผลิต วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการควบคุมการผลิตที่แตกต่างกัน โดยในที่นี้จะกล่าวถึงกระบวนการฉีดพลาสติกเป็นหลัก



ภาพที่ 2.8 แสดงขั้นตอนกระบวนการผลิตแผงวงจรรวม

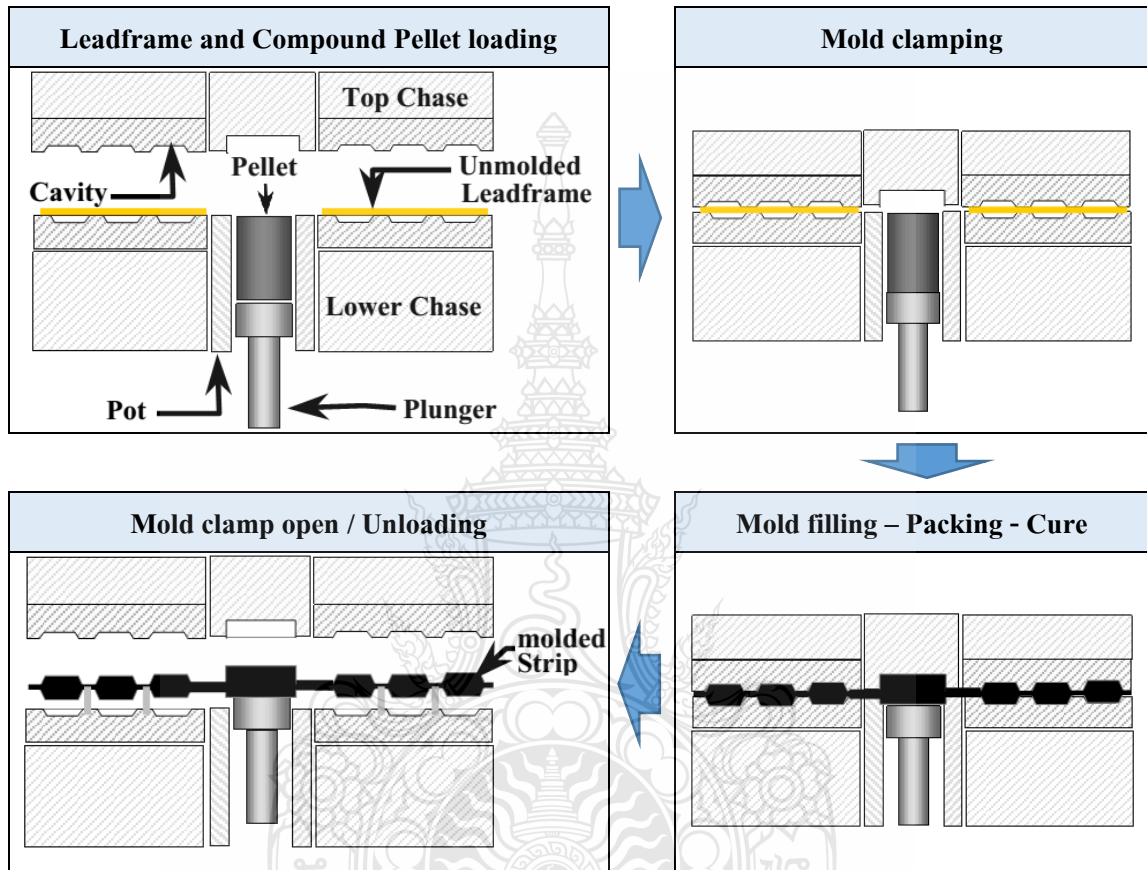
กระบวนการฉีดพลาสติกเป็นกระบวนการหล่อหุ้มตัวงานด้วยพลาสติกที่เรียกว่า Epoxy Molding Compound (EMC) ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า “คอมปาวด์” เพื่อเป็นการปกป้องตัวงานจากสิ่งต่าง ๆ ภายนอก เช่น ความชื้น สารเคมี หรือแรงกระทำทางกายภาพ ที่อาจทำให้ ลายวงจรภายใน (Die) และ เส้นลวด (Wire : เส้นลวดทองที่เชื่อมระหว่างลายวงจรกับขางานเพื่อเป็นตัวนำไฟฟ้า) เกิดการเสียหาย จนทำให้ไม่สามารถนำตัว IC นั้น ไปใช้งานได้ และเพื่อให้เข้าใจกระบวนการฉีดพลาสติกมากขึ้นใน ภาพที่ 2.9 แสดง ลักษณะ Input - Process - Output ของกระบวนการฉีดพลาสติก และภาพที่ 2.10 แสดงขั้นตอนของกระบวนการฉีดพลาสติก



ภาพที่ 2.9 แสดง Input, process และ Out put ของกระบวนการฉีดพลาสติก

ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญซึ่งมีอิทธิพลต่อการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการโมลด์ก็คือ ลักษณะการออกแบบโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ (Package structure) เช่น การออกแบบ Leadframe ขนาดของ Die ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นลวดที่ใช้ ความยาวเส้นลวด และความสูงของเส้นลวดในการบอนด์ เป็นต้น รวมถึงระดับความต้องการด้านความน่าเชื่อถือ

ของผลิตภัณฑ์ (Package reliability requirement) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะถูกนำมาพิจารณาเพื่อการออกแบบแม่พิมพ์ (Mold) และเลือกคุณสมบัติของ Compound ให้สามารถตอบสนองความต้องการทั้งในด้านคุณภาพ และความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 2.10 แสดงขั้นตอนกระบวนการฉีดพลาสติก

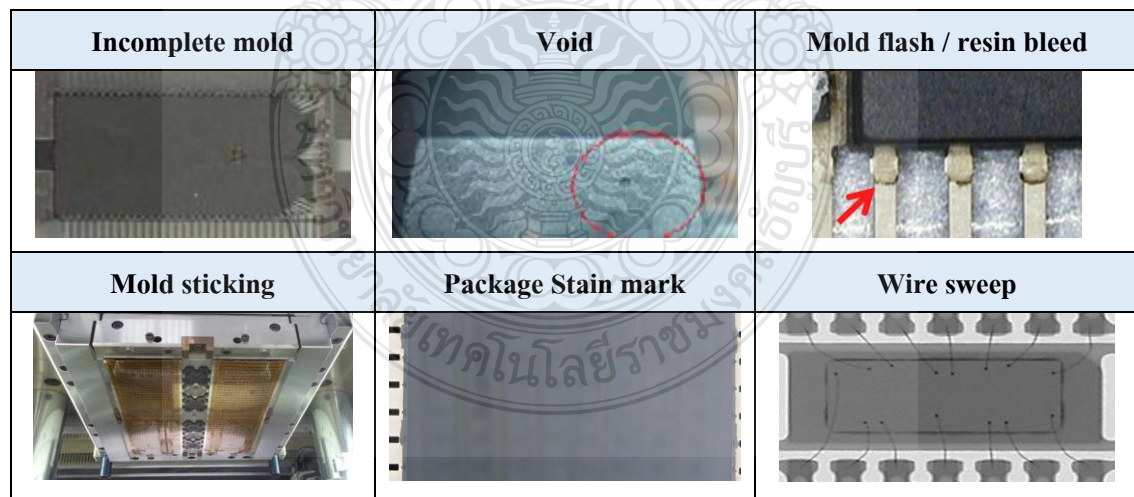
ในด้านกระบวนการ อีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเกิดข้อบกพร่องในการบวนการฉีดพลาสติกก็คือ โมลด์พารามิเตอร์ ซึ่งต้องถูกหาค่าที่เหมาะสมที่สุด และควบคุมเพื่อไม่ให้เกิดข้อบกพร่องหรือเกิดปัญหาระหว่างกระบวนการผลิต ภายใต้เงื่อนไขของ Package Structure, Mold design, compound property ที่ได้ถูกออกแบบไว้แล้ว ซึ่งผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ ของโมลด์พารามิเตอร์ที่มีต่อการเกิดข้อบกพร่องแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ของ โหมดพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น
ในกระบวนการฉีดพลาสติก

| Mold defect | Mold Parameter | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|-------------|------------------|------------|---------------|----------------|-----------|
| | Molding temperature | Clamp force | Packing pressure | Delay time | Transfer time | Transfer Speed | Cure time |
| Incomplete mold | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | |
| Void / Blister / Porosity | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | |
| Mold flash / resin bleed | | Yes | Yes | | | | |
| Mold sticking | Yes | | | | | | Yes |
| Package stain mark | Yes | | | | Yes | Yes | Yes |
| Wire sweep | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | |

หมายเหตุ : ตารางนี้ไม่รวมข้อบกพร่องที่เกิดจากการออกแบบ โหมดสภาพการใช้งานของโพลด์ และข้อบกพร่องที่เกิดจากคุณสมบัติของคอมปาวด์

ลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติกเบื้องต้นแสดงดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 แสดงลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดจากการฉีดพลาสติก

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัลย์พร เหมโสและระพี กาญจนะ (2553) ได้ทำการวิจัยเรื่องการลดของเสียจากกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์โดยการประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำวิธีการ DMAIC มาประยุกต์ใช้ในการลดปัญหาชิ้นงานร้าวให้ลดลงไปอย่างน้อย 30% จากเดิมที่มีอยู่ 60.37% เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายบริษัทในการลดของเสีย ซึ่งพบว่า อุณหภูมิของแม่พิมพ์ จำนวนการอัด-การคายตัวของ Machine และระยะของช่องว่างในการคายก๊าซ ส่งผลต่อปัญหาชิ้นงานร้าวอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเมื่อทำการทดลองจนได้ค่าของอุณหภูมิของแม่พิมพ์ จำนวนการอัด-การคายตัวของ Machine และระยะช่องว่างในการคายก๊าซที่เหมาะสม ได้นำไปปรับใช้ และสามารถลดปัญหาชิ้นงานร้าวจากการขึ้นรูปร้อนของกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์ จาก 40,461 PPM ลดลงเหลือ 17,090 PPM หรือคิดเป็นสัดส่วน 57.76% และสามารถปรับปรุงค่า ความสามารถของกระบวนการ Ppk จากเดิม 1.76 เป็น 2.12

เยาวนาถ ศรีวิชัย และ รุ่งฉัตร ชมภูอินไหว (2554) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การลดข้อบกพร่องบนผืนงานในกระบวนการผลิตลวดตาข่ายโดยใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อลดจำนวนข้อบกพร่องบนผืนงานโดยใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า พบว่า การดำเนินงานโดยการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานและปรับปรุงอุปกรณ์ประกอบการทำงานให้สามารถป้องกันความผิดพลาดที่เกิดขึ้นสามารถลดข้อบกพร่องที่เกิดจากตาข่ายของผืนงานในแนวขวาง กว้างกว่าค่าที่กำหนดไว้ได้ จากเดิมก่อนปรับปรุงมีจุดบกพร่อง 18.68 จุด / 1,000 ตารางเมตร หลังปรับปรุงลดเหลือ 7.81 จุด / 1000 ตารางเมตรคิดเป็น ร้อยละ 58.19

จักริน ยิ้มย่อง (2555) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียโดยใช้หลักการ ซิกซ์ ซิกม่า : กรณีศึกษา บริษัทเลนดัส เทคโนโลยีส์ (ไทย) จำกัด โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและเพื่อลดของเสียประเภทงานยับ โดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า พบว่า การปรับใช้หลักการ ซิกซ์ ซิกม่า ในการแก้ปัญหาสามารถลดของเสียประเภทงานยับได้ 73% และได้ข้อสรุปแนวทางการแก้ปัญหางานยับโดย การเพิ่มจุดตรวจเครื่องจักรในส่วนที่กระทบกับปัญหาด้านคุณภาพ สร้างมาตรฐานเพื่อควบคุมการตรวจสอบการใช้งานอุปกรณ์ในเครื่องจักร และใช้วิธีการวัดที่สามารถวัดผลได้เป็นตัวเลข

พโยม เหลือแก้ว (2555) ได้ทำการวิจัยเรื่องการปรับปรุงกระบวนการเชื่อมลวดโดยใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียที่เกิดจากปัญหาที่บอนด์ไม่ได้ขนาดจาก 2640 DPPM ให้เหลือต่ำกว่า 528 DPPM และปรับปรุงความสามารถของกระบวนการให้มีค่า Cpk หรือ Ppk สูงขึ้นจากเดิมอีกร้อยละ 50 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อขนาดบอนด์ คือ แรง เวลาและกำลังในการเชื่อมลวด ซึ่งหลังจากการทดลองจนได้ค่าของ แรง เวลา และกำลังในการบอนด์ที่เหมาะสมและนำไปปรับใช้ใน

กระบวนการผลิตทำให้สามารถลดของเสียจากเดิม 2640 PPM ลดลงเหลือ 23.10 PPM คิดเป็นร้อยละ 99.21 และยังสามารถเพิ่มความสามารถของกระบวนการผลิตขึ้นเป็น 1.38 คิดเป็นร้อยละ 74.68

สมยศ วงษ์น้อย (2555) ได้ทำการวิจัยเรื่องการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการฉีดพลาสติกด้วยเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า: กรณีศึกษาบริษัท โคยูโย-ไอเค (ประเทศไทย) จำกัด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดอัตราการเกิดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก ให้ลดลงร้อยละ 50 จากของเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน พบว่าสามารถลดปริมาณชิ้นงานเสียจากเดิม 8622 DPPM ลดลงเหลือ 5899 PPM คิดเป็นร้อยละ 68.41 ซึ่งสอดคล้องกับการประกันคุณภาพ สามารถลดความสูญเสียได้และทำให้ต้นทุนการผลิตต่อชิ้นงานลดลงและทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพมากขึ้น



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

กรณีศึกษานี้ นำเอาวิธีการซิกส์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพและลดอัตราการเกิดของของเสียที่เกิดจากการฉีดพลาสติกของผลิตภัณฑ์ “Hx” โดยมุ่งประเด็นไปที่การแก้ปัญหาหาลวดล้มและโมลด์ไม่เต็ม ซึ่งเป็นการลดต้นทุนที่เกิดจากของเสียในการผลิต อีกทั้งเป็นการสร้างความพึงพอใจและความมั่นใจในผลิตภัณฑ์แก่ลูกค้า โดยมีวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

- 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.5 สำนวนสภาพปัจจุบัน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการฉีดพลาสติกด้วยหลักการซิกส์ ซิกม่า มี 5 ขั้นตอนตามหัวข้อด้านล่างนี้

3.1.1 ขั้นตอนระบุปัญหาและขอบเขตของการแก้ปัญหา (Define phase) ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ณ ปัจจุบันและนำเอาข้อมูลปัญหาที่ได้รวบรวมจากกระบวนการผลิต มาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบโดยใช้แผนภาพพารेटอ เพื่อใช้ในการระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข เป้าประสงค์และขอบเขตในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

3.1.2 ขั้นตอนการวัด (Measurement phase) ศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัด เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบการวัด (MSA) ตรวจสอบคุณภาพของงานในกระบวนการผลิตโดยอาศัยหลักการทางสถิติ

3.1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze phase) ทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ เพื่อค้นหาปัจจัยที่น่าจะเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาในกระบวนการผลิต และพิสูจน์ให้เห็นชัดว่าปัจจัยนั้นเป็นสาเหตุที่แท้จริงหรือไม่ โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหา Why-Why Diagram, FMEA และ Pareto chart

3.1.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improvement phase) ทำการระดมสมอง เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา จากนั้นทำการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อหาแนวทางการแก้ไขที่ดีที่สุด และนำไปทดลองปฏิบัติจริงเพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ

3.1.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control phase) ทำการติดตามผลการดำเนินงานและกำหนดแนวทางและวิธีการในการควบคุม กำหนดแผนการสุ่มตรวจและประเมินผลเป็นระยะ ๆ พร้อมทั้งทำการปรับปรุงเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Control plan, FMEA และ Process Specification

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัยตามขั้นตอนการทำซิกส์ ซิกมา ที่ใช้ในกรณีศึกษาที่แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือใช้ในการวิจัย

| ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยใช้หลักการ Six Sigma | เครื่องมือที่ใช้ |
|--|--|
| 1 การระบุปัญหาและขอบเขตของการแก้ปัญหา (Define Phase) | -Process flow -Parato Chart -SIPOC map |
| 2 การวัด (Measurement phase) | -Process capability -Gage R&R -Gage Attribute |
| 3 การวิเคราะห์ (Analyze phase) | -Process Mapping -FMEA -Why-Why Diagram |
| 4 การปรับปรุง (Improve phase) | -DOE -Process capability |
| 5 การควบคุม (Control phase) | -FMEA -Standard operating procedure -Control Chart |

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

กรณีศึกษาเป็นการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก ข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์มีดังนี้

- 3.3.1 ข้อมูล Yield ของผลิตภัณฑ์
- 3.3.2 จำนวนของข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- 3.3.3 ข้อมูลผลการวัดค่าลวดลัม และ โมลด์ไม่เต็ม
- 3.3.4 ข้อมูลใบบันทึกค่า parameter
- 3.3.5 ระยะเวลาการเก็บข้อมูล เริ่มจากเดือนพฤศจิกายน 2557 ถึง พฤษภาคม 2558

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการวิเคราะห์การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการเพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการฉีดพลาสติกซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้มีดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยการเปรียบเทียบ Yield และ จำนวนของเสีย ลวดลัมและ โมลด์ไม่เต็มทั้งก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ

3.4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะของกระบวนการผลิต (process capability) ทั้งก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าตัวชี้วัดความสามารถของกระบวนการ Cpk

3.4.3 การวิเคราะห์ระบบการวัด Gauge R & R ของการวัดค่าลวดลัม โดยค่าความแปรปรวนของระบบการวัดต้องเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์ในการยอมรับความผันแปรของระบบการวัด Gage R & R Study

| ความความผันแปร ของระบบการวัด | เกณฑ์ในการยอมรับความผันแปรของระบบการวัด | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|------------------------|
| | ยอมรับ | ยอมรับแบบมี เงื่อนไข | ไม่สามารถยอมรับ ได้ |
| Contribution | < 3% | 3 - 10% | > 10% |
| Study Variance | < 10% | 10 - 30% | > 30% |
| Tolerance | < 10% | 10 - 30% | > 30% |

3.4.4 การวิเคราะห์ระบบการวัด Attribute Agreement ของการตรวจสอบของเสีย ประเภท โมลด์ไม่เต็ม ค่าประสิทธิผลความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (All Appraisers vs Standard) ในระบบ การวัดต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 90%

3.4.5 ใช้การออกแบบการทดลอง (DOE) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของหาปัจจัยที่มีผลต่อ การเกิดของเสีย ประเภทลวดลัมและ โมลด์ไม่เต็ม เพื่อนำไปหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดและ นำไปใช้ในกระบวนการ

3.5 ตำรวจสภาพปัจจุบัน

3.5.1 ศึกษาขั้นตอนการทำงานและคุณภาพในกระบวนการฉีดพลาสติกของผลิตภัณฑ์ Hx กระบวนการฉีดพลาสติกเป็นการฉีดพลาสติกห่อหุ้มตัวงานเพื่อเป็นการป้องกันการเสียหาย ของแผงวงจรรวมอยู่ภายในและทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน โดยรูปแบบของผลิตภัณฑ์จะแตกต่างกัน ไปตามลักษณะการใช้งาน ขั้นตอนกระบวนการฉีดพลาสติกแสดงดังภาพที่ 3.1 และ 3.2



ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนภายในกระบวนการฉีดพลาสติก

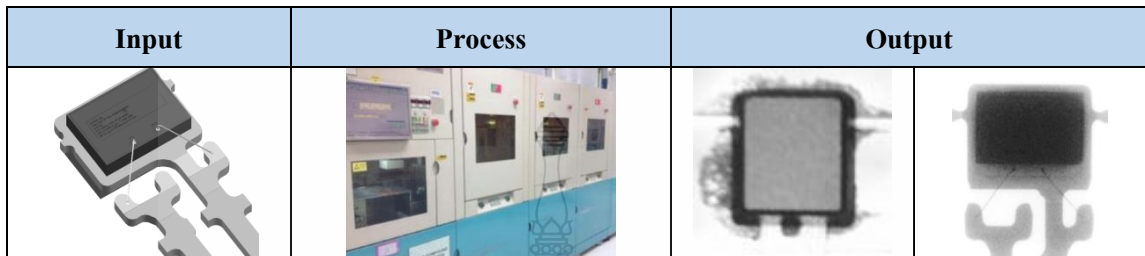
ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนกระบวนการฉีดพลาสติก โดยเริ่มจาก

1) ขั้นตอนการรับงานจากกระบวนการผลิตก่อนหน้าซึ่งจะตรวจสอบความถูกต้องของ เอกสาร จำนวนงานและเบอร์ของภาชนะที่บรรจุงานว่าถูกต้องตรงตามที่เอกสารระบุหรือไม่และ นำไปเก็บไว้ในชั้นวางงานเพื่อรอเข้าสู่กระบวนการฉีดพลาสติก

2) จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการเตรียมงานโดยจะนำงานจากชั้นวางงานไปยังเครื่องฉีด พลาสติกและตรวจสอบเอกสาร จำนวนงานและเบอร์ของภาชนะที่บรรจุงานอีกครั้ง รวมถึงชนิดของ compound ที่ใช้ว่าตรงตามที่ระบุในเอกสารหรือไม่

3) กระบวนการฉีดพลาสติก ดังภาพที่ 3.2 ได้แสดงถึงลักษณะของตัวงานก่อนถูกหุ้มด้วย พลาสติก (Input) เครื่องที่ใช้ในกระบวนการฉีดพลาสติก (Process) และตัวงานที่ถูกฉีดพลาสติกเพื่อ หุ้มตัวงานแล้ว (Output) จากนั้นเมื่อได้ตัวงานที่ถูกหุ้มด้วยพลาสติกแล้ว งานในชื่อทแรกจะถูกนำไป ตรวจสอบคุณภาพได้กล่องกำลังขยายต่ำและเอ็กซ์เรย์เพื่อตรวจสอบอาการลวดลัม

4) ขั้นตอนการตรวจสอบและบันทึกเอกสาร ในขั้นตอนนี้พนักงานจะทำการตรวจสอบจำนวนงานอีกครั้ง และทำการบันทึกจำนวนงาน และเบอร์ภาชนะที่บรรจุงาน ลงในเอกสาร จากนั้นส่งตัวงานไปยังกระบวนการถัดไป



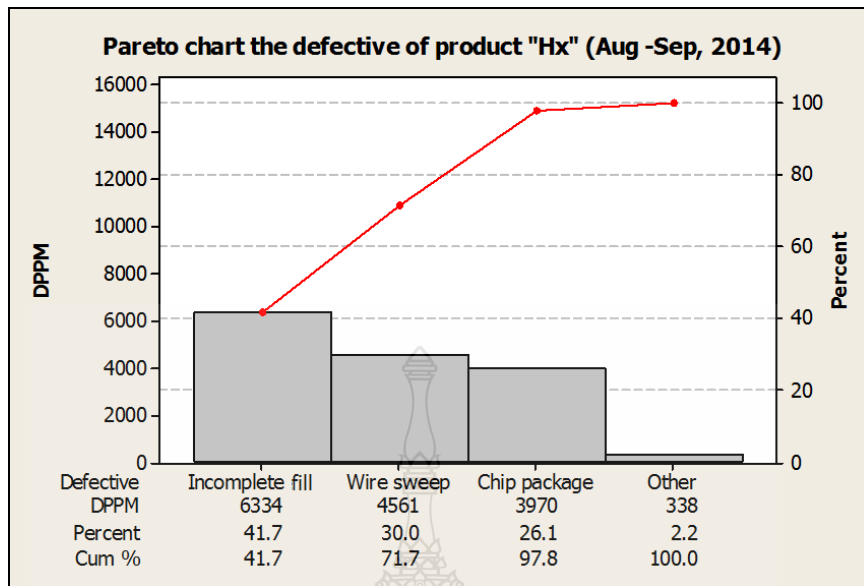
ภาพที่ 3.2 แสดง Input และ Output ของกระบวนการฉีดพลาสติก

3.5.2 ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น ณ ปัจจุบัน

ผลิตภัณฑ์ Hx เป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่งตั้งสายการผลิตใหม่และมีจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติกในช่วงเดือน สิงหาคม 2557 - กันยายน 2557 ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติกของผลิตภัณฑ์ Hx

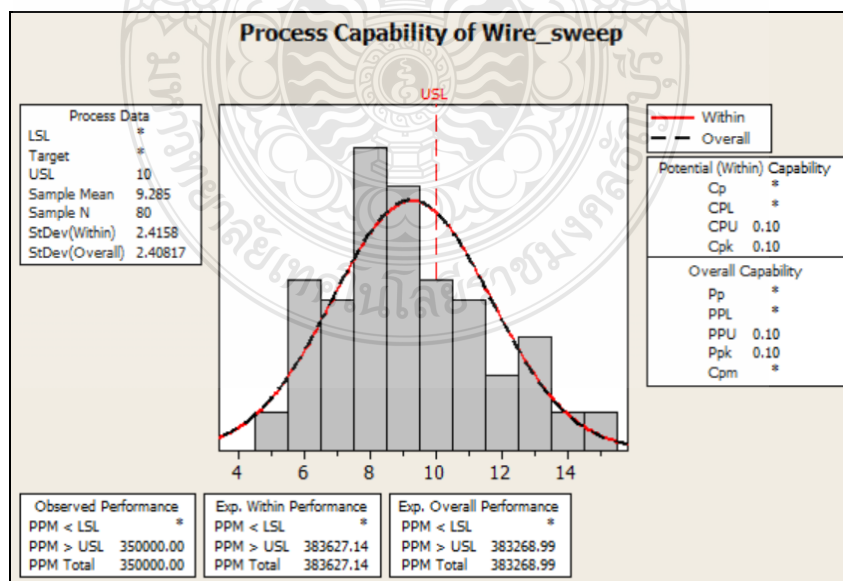
| Month | Pkg Type | Lot No | Qty In | % Wire sweep | | | | Defective | | | |
|---------------------------|----------|---------|--------------|--------------|-------------|-------------|------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
| | | | | Max | Mean | SD | Cpk | Reject | Incomplete fill | Chip package | Lead Damage |
| | | | | | | | | | | | |
| ส.ค.-57 | Hx-54 | ASC1462 | 4000 | 15.4 | 10.38 | 1.97 | - | 31 | 42 | 0 | 4 |
| ก.ย.-57 | Hx-50 | ASC1467 | 640 | 15.3 | 8.55 | 2.57 | - | 7 | 5 | 0 | 0 |
| ก.ย.-57 | Hx-50 | ASC1482 | 4000 | 14.2 | 8.92 | 2.73 | - | 10 | 17 | 0 | 0 |
| ก.ย.-57 | Hx-50 | ASC1483 | 3200 | 13.6 | 9.3 | 2.05 | - | 6 | 11 | 47 | 0 |
| รวม | | | 11840 | 15.4 | 9.28 | 2.41 | 0.1 | 54 | 75 | 47 | 4 |
| Dfective yield (%) | | | | | | | | 0.456 | 0.633 | 0.397 | 0.034 |



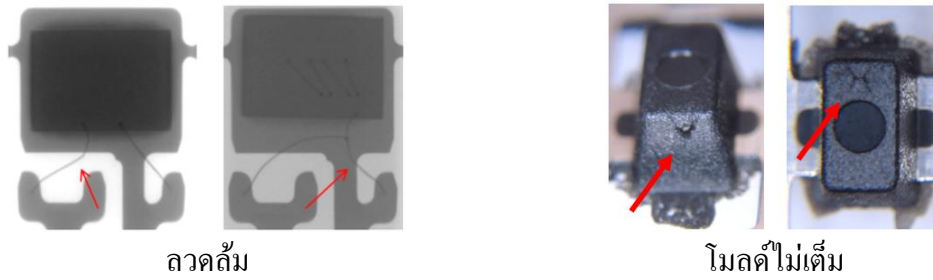
ภาพที่ 3.3 แผนภาพพารโตของข้อบกพร่องในกระบวนการฉีดพลาสติก

จากภาพที่ 3.3 แผนภาพพารโตแสดงให้เห็นว่างานเสียที่เกิดจากการ โมลด์ไม่เต็มมีปริมาณร้อยละ 41.7 ของของเสียทั้งหมด และงานเสียที่เกิดจากลวดลัมมีปริมาณร้อยละ 30 ของงานเสียทั้งหมด ซึ่งปริมาณของเสียทั้งสองชนิดรวมเป็นร้อยละ 71.7 ของงานเสียทั้งหมด

ภาพที่ 3.4 แสดงความสามารถของกระบวนการของค่าลวดลัม พบว่ามีค่า C_{pk} เท่ากับ 0.1 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่กำหนดคือ 1.67



ภาพที่ 3.4 แสดงความสามารถของกระบวนการของค่าลวดลัม ณ ปัจจุบัน

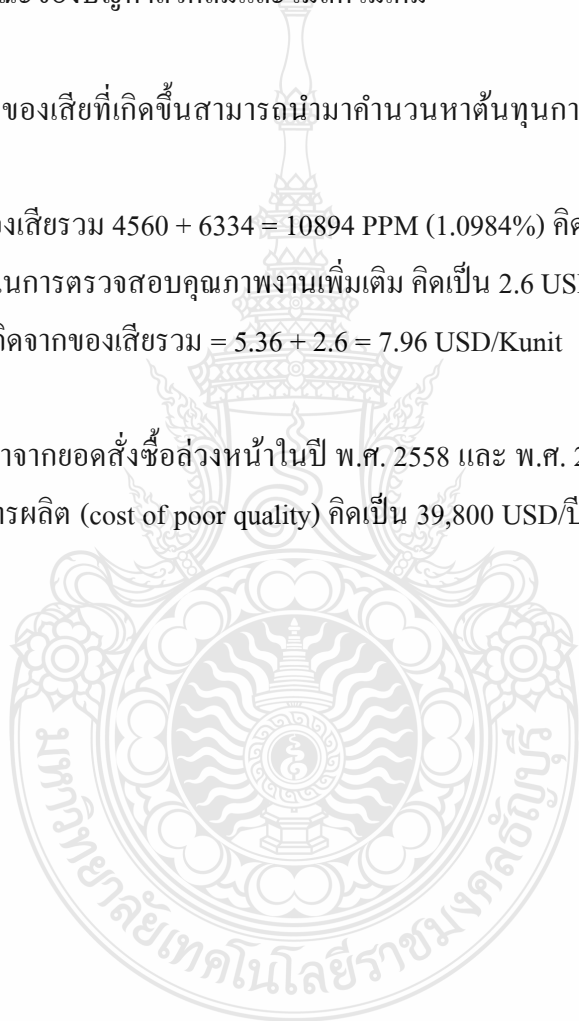


ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะของปัญหาลวดลึ้มและ โมลด์ไม่เต็ม

จากจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นสามารถนำมาคำนวณหาต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการเกิดของเสียได้ดังนี้

- จำนวนของเสียรวม $4560 + 6334 = 10894$ PPM (1.0984%) คิดเป็นเงิน 5.36 USD/Kunit
- ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบคุณภาพงานเพิ่มเติม คิดเป็น 2.6 USD/Kunit
- ต้นทุนที่เกิดจากของเสียรวม $= 5.36 + 2.6 = 7.96$ USD/Kunit

เมื่อพิจารณาจากยอดตั้งซื้อล่วงหน้าในปี พ.ศ. 2558 และ พ.ศ. 2559 จะได้ต้นทุนที่เกิดจากของเสียในกระบวนการผลิต (cost of poor quality) คิดเป็น 39,800 USD/ปี (ในปี 2558) และ 111,440 USD/ปี (ในปี 2559)



บทที่ 4

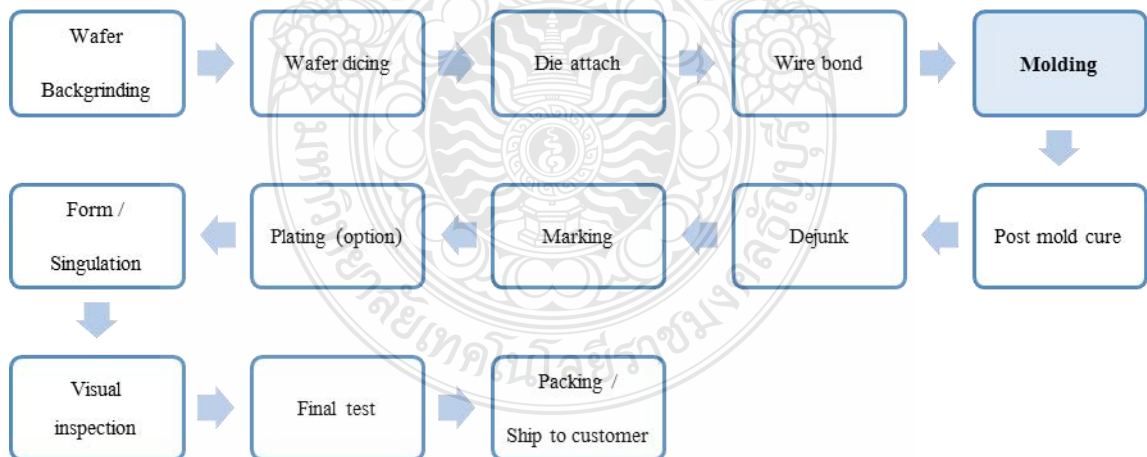
ผลการวิเคราะห์

กรณีศึกษานี้เป็นการศึกษาโดยนำเอาวิธีการซิกส์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการและลดอัตราการเกิดของเสียที่เกิดจากการฉีดพลาสติกของผลิตภัณฑ์ “Hx” ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

- 4.1 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการระบุปัญหา
- 4.2 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวัด
- 4.3 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวิเคราะห์
- 4.4 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการปรับปรุง
- 4.5 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการควบคุม

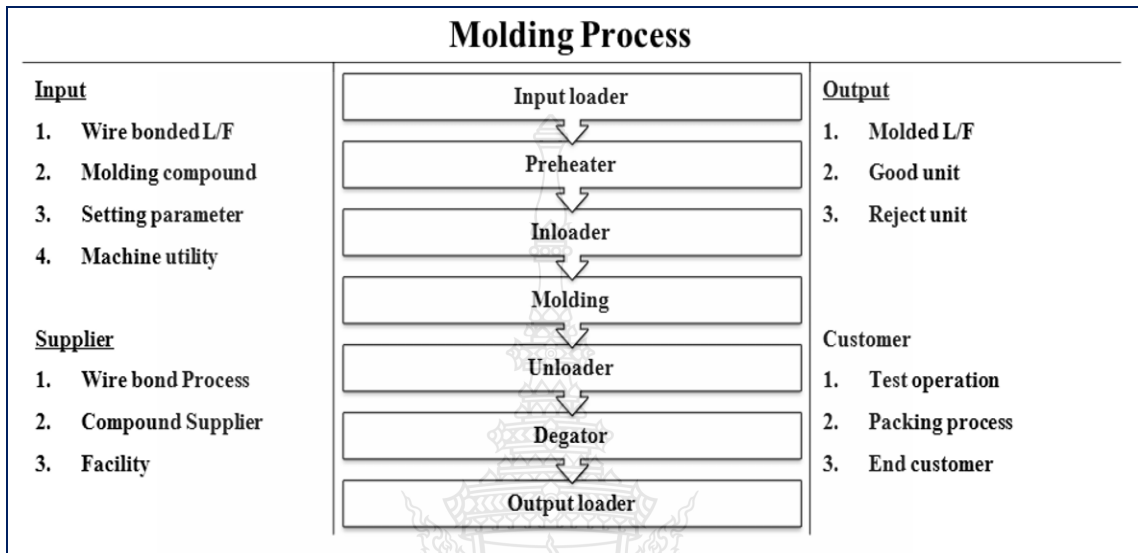
4.1 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการระบุปัญหา (Define Phase)

4.1.1 ศึกษากระบวนการไหลของกระบวนการผลิตแผงวงจรรวม ซึ่งปัญหาที่พบเกิดจากกระบวนการฉีดพลาสติก (Molding) ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิตแผงวงจรรวม

4.1.2 เขียน SIPOC process map ของกระบวนการฉีดพลาสติก (molding process) เพื่อทำความเข้าใจกับภาพรวมของกระบวนการ หน้าที่ ความสำคัญ และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของกระบวนการ ดังแสดงในภาพที่ 4.2



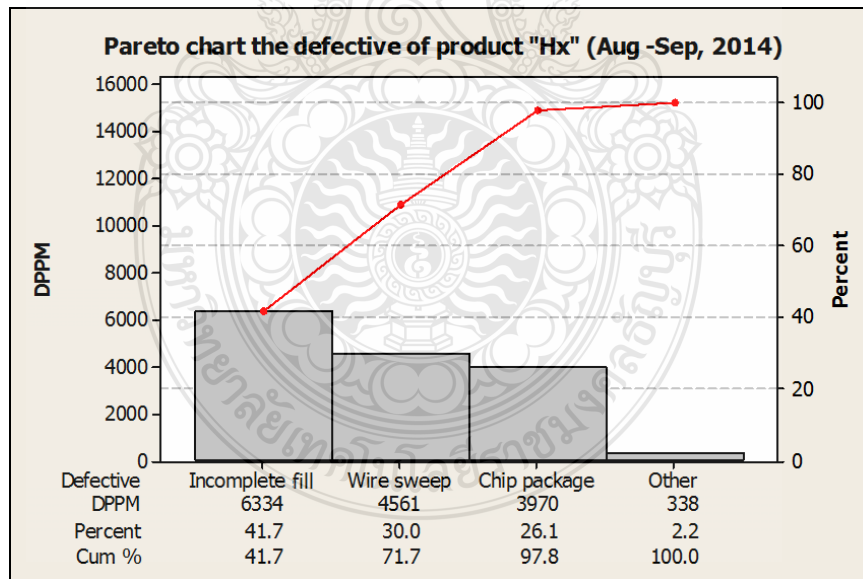
ภาพที่ 4.2 SIPOC process map ของกระบวนการฉีดพลาสติก

- Supplier คือ กระบวนการเชื่อมลวด (wirebond process) ผู้ผลิตคอมปาวด์ (compound supplier)
- Input คือ ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชื่อมลวดแล้ว (wire bonded L/F) คอมปาวด์ (molding compound) และ การปรับตั้งพารามิเตอร์ในการฉีดพลาสติก (setting parameter)
- Process คือ กระบวนการฉีดพลาสติก (Molding process) ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังภาพที่ 4.2
- Output คือ ชิ้นงานที่ผ่านการฉีดพลาสติกแล้ว (molded L/F) ตัวงานดี (good unit) และตัวงานเสียที่เกิดจากการฉีดพลาสติก (Reject unit)
- Customer คือ กระบวนการถัดไปที่ได้รับผลกระทบจากงานเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก ในที่นี้คือ Test operation, Packag process และ End Customer

4.1.3 ปัญหาที่พบในกระบวนการฉีดพลาสติก

จากข้อมูลการเกิดของเสียในช่วงระหว่างเดือนสิงหาคม และกันยายน พ.ศ. 2557 สามารถสร้างเป็นแผนภาพพาเรโตได้ดังภาพที่ 4.3 และจากสถานะของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นโดยใช้ หลักการตั้งคำถาม 3W2H ดังนี้

- What : พบของเสียลวดล้ม และ โมลด์ไม่เต็มในระดับ DPPM ที่สูงเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ของข้อบกพร่องทั้งหมด
- Where : กระบวนการฉีดพลาสติก
- When : เดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2557
- How : ใบบรายงานจากการตรวจสอบคุณภาพ
- How much : ลวดล้ม = 4560 DPPM
 โมลด์ไม่เต็ม = 6334 DPPM
 คิดเป็นเงินที่สูญเสีย = 39,800 USD/ปี (2558)
 และ = 111440 USD/ปี (2559)



ภาพที่ 4.3 แผนภาพพาเรโตของข้อบกพร่องในกระบวนการฉีดพลาสติก

4.1.4 ข้อกำหนดด้านคุณภาพงาน

4.1.4.1 ข้อบกพร่องลวดลึ้ม : กำหนดให้ยอมรับเส้นลวดลึ้มได้ไม่เกิน 10% ของความยาวลวด

4.1.4.2 ข้อบกพร่องงาน โมลด์ไม่เต็ม : ไม่ยอมรับตัวงานที่พบปัญหาทางานโมลด์ไม่เต็มไม่ว่าจะมีขนาดเท่าใดก็ตาม

4.1.5 ผลกระทบจากปัญหาที่เกิดขึ้น

4.1.5.1 บริษัทมีต้นทุนในการผลิตเพิ่มมากขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต อีกทั้งต้องสูญเสียเวลาและกำลังคนในการตรวจสอบคัดแยกงานเสียออก เพื่อไม่ให้หลุดไปถึงมือลูกค้า

4.1.5.2 มีความเสี่ยงที่จะจัดส่งสินค้าได้ล่าช้ากว่าที่กำหนดอันเนื่องมาจากบริษัทต้องเสียเวลาในการตรวจสอบและคัดแยกงานเสียออกก่อนทำการจัดส่ง

4.1.5.2 มีความเสี่ยงที่ของเสียอาจหลุดไปถึงมือของลูกค้า

4.2 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนของการวัด จะทำการศึกษาความแปรปรวนของระบบการวัด และวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน

4.2.1 การศึกษาระบบการวัด

4.2.1.1 การศึกษาระบบการวัด Gauge R & R ของการวัดค่าลวดลึ้ม

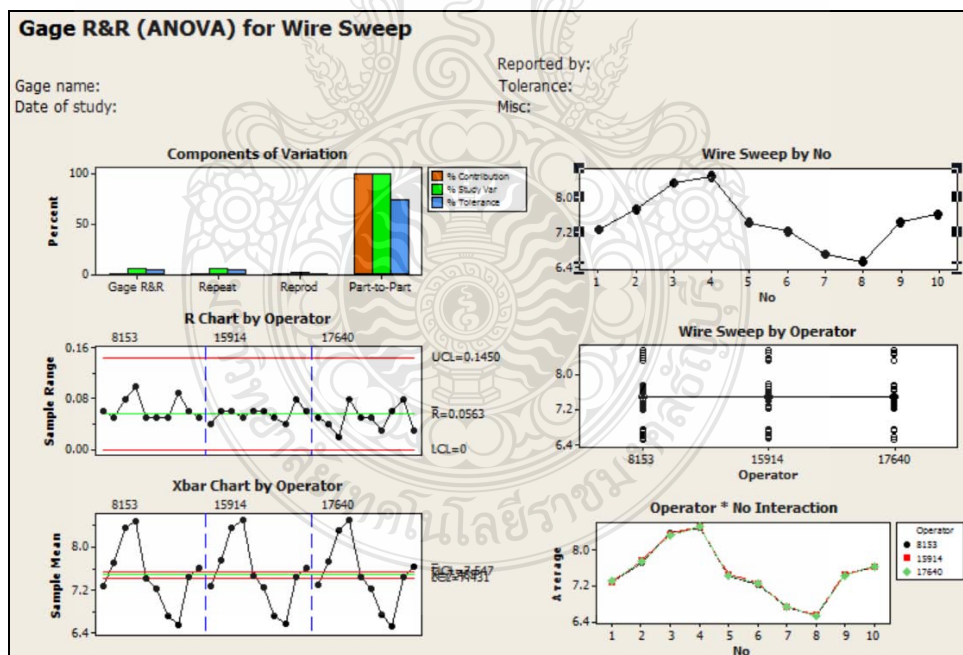
การศึกษาระบบการวัด Gauge R & R เป็นการศึกษาความแม่นยำของระบบการวัดซึ่งจะบอกถึงสาเหตุของความผิดพลาดจากการวัด โดยใช้ผู้วัดหลายคน แต่ใช้เครื่องมือและระบบการวัดเดียวกัน ซึ่งการศึกษานี้เราจะศึกษาความแปรปรวนของการวัดค่าลวดลึ้มด้วยเครื่อง X-Ray โดยจะใช้ผู้วัดจำนวน 3 คน ทำการวัดค่าลวดลึ้มของชิ้นงานตัวอย่าง 10 ชิ้นและวัดซ้ำขึ้นละ 3 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่

4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความคล้มน้ำที่ได้จากการวัดชิ้นงานตัวอย่าง

| ชิ้นงานที่ | ข้อมูลการวัดค่าความคล้มน้ำ (%) | | | | | | | | |
|------------|--------------------------------|------------|------------|---------------|------------|------------|---------------|------------|------------|
| | ผู้วัดคนที่ 1 | | | ผู้วัดคนที่ 2 | | | ผู้วัดคนที่ 3 | | |
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |
| 1 | 7.31 | 7.32 | 7.27 | 7.30 | 7.29 | 7.24 | 7.29 | 7.25 | 7.26 |
| 2 | 7.74 | 7.75 | 7.71 | 7.75 | 7.72 | 7.70 | 7.73 | 7.77 | 7.79 |
| 3 | 8.31 | 8.32 | 8.33 | 8.39 | 8.38 | 8.31 | 8.34 | 8.33 | 8.39 |
| 4 | 8.55 | 8.47 | 8.49 | 8.54 | 8.44 | 8.50 | 8.50 | 8.49 | 8.54 |
| 5 | 7.44 | 7.46 | 7.41 | 7.45 | 7.42 | 7.40 | 7.43 | 7.47 | 7.49 |
| 6 | 7.24 | 7.26 | 7.21 | 7.25 | 7.22 | 7.20 | 7.23 | 7.27 | 7.29 |
| 7 | 6.74 | 6.75 | 6.72 | 6.71 | 6.75 | 6.70 | 6.59 | 6.71 | 6.75 |
| 8 | 6.51 | 6.52 | 6.57 | 6.50 | 6.59 | 6.54 | 6.59 | 6.55 | 6.56 |
| 9 | 7.43 | 7.48 | 7.40 | 7.41 | 7.45 | 7.47 | 7.41 | 7.44 | 7.49 |
| 10 | 7.64 | 7.65 | 7.62 | 7.61 | 7.65 | 7.60 | 7.59 | 7.61 | 7.65 |

จากนั้นนำค่าความคล้มน้ำที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพื่อหาว่าความผิดพลาดจากการวัด ดังแสดงในภาพที่ 4.4 และ 4.5



ภาพที่ 4.4 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของระบบการวัดค่าความคล้มน้ำโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

จากภาพที่ 4.4 เมื่อพิจารณาในส่วนของ Components of Variation พบว่า ค่าความแปรปรวนของระบบการวัดส่วนใหญ่มาจากความแตกต่างระหว่างค่าลวดลัมของชิ้นงาน ดังเห็นได้จาก ค่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนที่มาจากความแตกต่างระหว่างค่าลวดลัมของชิ้นงาน มีค่ามากกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของระบบการวัด

เมื่อพิจารณาในส่วนของ R Chart by operator พบว่าการวัดค่าลวดลัมของพนักงานแต่ละคนอยู่ในการควบคุม

เมื่อพิจารณาในส่วนของ Sample mean พบว่าค่าที่ได้จากการวัดเกือบทั้งหมด อยู่นอกเหนือการควบคุม แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของระบบการวัดเกิดจากค่าลวดลัมของชิ้นงาน

| Gage R&R | | |
|-----------------|----------|----------------------------|
| Source | VarComp | %Contribution (of VarComp) |
| Total Gage R&R | 0.000896 | 0.24 |
| Repeatability | 0.000872 | 0.23 |
| Reproducibility | 0.000024 | 0.01 |
| Operator | 0.000024 | 0.01 |
| Part-To-Part | 0.379642 | 99.76 |
| Total Variation | 0.380538 | 100.00 |

Upper process tolerance limit = 10

| Source | StdDev (SD) | Study Var (6 * SD) | %Study Var (%SV) | %Tolerance (SV/Toler) |
|-----------------|-------------|--------------------|------------------|-----------------------|
| Total Gage R&R | 0.029935 | 0.17961 | 4.85 | 3.58 |
| Repeatability | 0.029525 | 0.17715 | 4.79 | 3.53 |
| Reproducibility | 0.004938 | 0.02963 | 0.80 | 0.59 |
| Operator | 0.004938 | 0.02963 | 0.80 | 0.59 |
| Part-To-Part | 0.616151 | 3.69690 | 99.88 | 73.61 |
| Total Variation | 0.616877 | 3.70126 | 100.00 | 73.70 |

Number of Distinct Categories = 29

ภาพที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของระบบการวัดค่าลวดลัม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ตารางที่ 4.2 แสดงเกณฑ์การยอมรับและผลการวิเคราะห์ Gage R & R Study

| ความความผันแปรของระบบการวัด | เกณฑ์ในการยอมรับความผันแปรของระบบการวัด | | | ผลการวิเคราะห์ | |
|-----------------------------|---|---------------------|--------------------|----------------|--------|
| | ยอมรับ | ยอมรับแบบมีเงื่อนไข | ไม่สามารถยอมรับได้ | | |
| 1. Contribution | < 3% | 3 - 10% | > 10% | 0.24% | ยอมรับ |
| 2. Study Variance | < 10% | 10 - 30% | > 30% | 4.85% | ยอมรับ |
| 3. Tolerance | < 10% | 10 - 30% | > 30% | 3.58% | ยอมรับ |

ผลการวิเคราะห์ Gage R & R Study ดังภาพที่ 4.5 และ ตารางที่ 4.2 พบว่าผลการวิเคราะห์ค่า Contribution มีค่าเท่ากับ 0.24% หมายความว่า ค่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากการวัดและส่งผลต่อความแปรปรวนโดยรวมของระบบการวัด มีค่าเท่ากับ 0.24% และค่า Study Variance และ Tolerance มีค่าเท่ากับ 4.85% และ 3.58% ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ

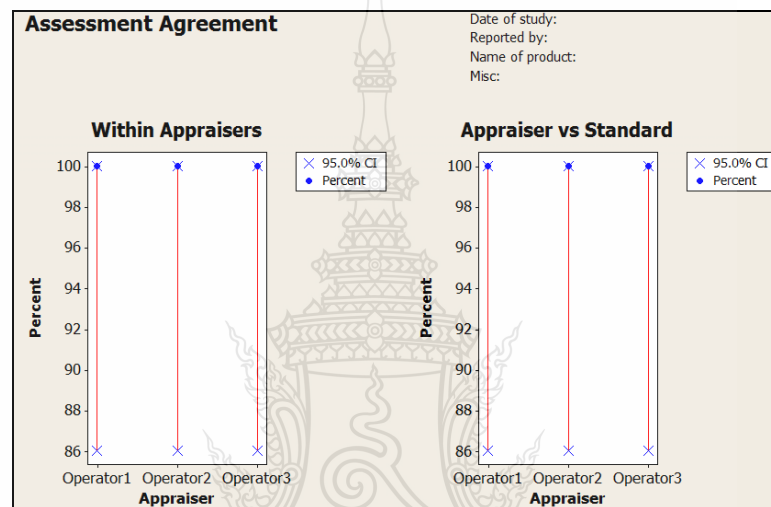
4.2.1.2 การศึกษาระบบการวัด Attribute Agreement ของการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทงาน โมคลี่ไม่เต็ม

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาการวัดในการตรวจสอบชิ้นงานที่มีลักษณะผ่านหรือไม่ผ่าน (Go/No Go) ซึ่งเรียกว่า ข้อมูลแบบนับ (Attribute Data) โดยให้ผู้ทำการทดสอบ 3 คน ทำการตรวจสอบชิ้นงานจำนวน 20 ชิ้น คนละ 2 ครั้ง แบบสุ่ม โดยผู้ทำการทดสอบจะไม่ทราบมาก่อนว่าชิ้นงานชิ้นใด เป็นงาน Good หรือ No Good ซึ่งผลการตรวจสอบแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานของข้อบกพร่อง โมคลี่ไม่เต็ม

| ชิ้นงานที่ | คุณภาพงานที่แท้จริง | ผลการตรวจสอบชิ้นงาน | | | | | |
|------------|---------------------|---------------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|
| | | พนักงานคนที่ 1 | | พนักงานคนที่ 2 | | พนักงานคนที่ 3 | |
| | | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 |
| 1 | G | G | G | G | G | G | G |
| 2 | G | G | G | G | G | G | G |
| 3 | G | G | G | G | G | G | G |
| 4 | NG | NG | NG | NG | NG | NG | NG |
| 5 | NG | NG | NG | NG | NG | NG | NG |
| 6 | G | G | G | G | G | G | G |
| 7 | G | G | G | G | G | G | G |
| 8 | NG | NG | NG | NG | NG | NG | NG |
| 9 | NG | NG | NG | NG | NG | NG | NG |
| 10 | G | G | G | G | G | G | G |
| 11 | G | G | G | G | G | G | G |
| 12 | NG | NG | NG | NG | NG | NG | NG |
| 13 | NG | NG | NG | NG | NG | NG | NG |
| 14 | NG | NG | NG | NG | NG | NG | NG |
| 15 | G | G | G | G | G | G | G |
| 16 | G | G | G | G | G | G | G |
| 17 | NG | NG | NG | NG | NG | NG | NG |
| 18 | G | G | G | G | G | G | G |
| 19 | NG | NG | NG | NG | NG | NG | NG |
| 20 | NG | NG | NG | NG | NG | NG | NG |

จากผลการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานของข้อบกพร่องโมลด์ไม่เต็มในตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ Attribute Agreement พบว่า ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน (Within Appraisers) ความไม่เอนเอียงของพนักงานแต่ละคน (Each Appraisers VS Standard) ประสิทธิภาพความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (Between Appraisers) และประสิทธิภาพความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (All Appraisers VS Standard) มีค่าเท่ากับ 100% ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ ดังภาพที่ 4.6 และตารางที่ 4.4



ภาพที่ 4.6 แสดงความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน (With Appraisers) และ ประสิทธิภาพความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (Appraiser vs Standard) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.4 แสดงเกณฑ์การยอมรับและผลการวิเคราะห์ Attribute Agreement การตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทโมลด์ไม่เต็ม

| ตัวชี้วัด | เกณฑ์การยอมรับ | พนักงานคนที่ 1 | พนักงานคนที่ 2 | พนักงานคนที่ 3 |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1. ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน (Within Appraisers) | 90 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| 2. ความไม่เอนเอียงของพนักงานแต่ละคน (Each Appraisers VS Standard) | 90 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| 3. ประสิทธิภาพความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (Between Appraisers) | 90 % | | 100 % | |
| 4. ประสิทธิภาพความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (All Appraisers VS Standard) | 90 % | | 100 % | |

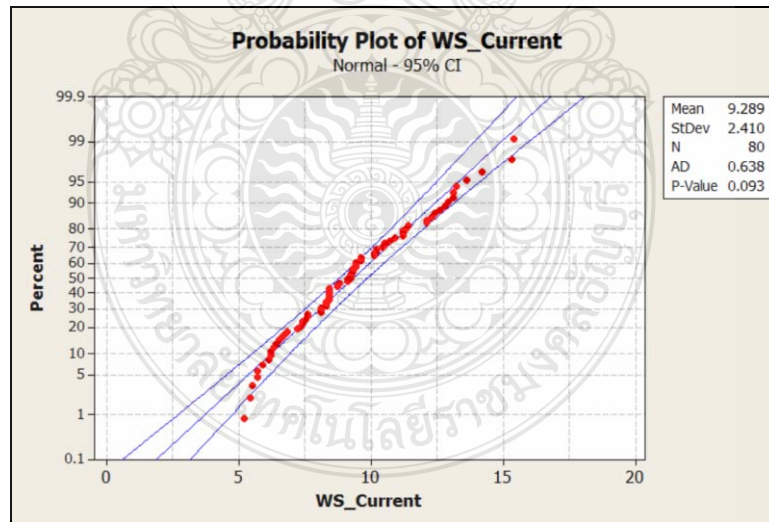
4.2.1.2 การศึกษาความสามารถของกระบวนการ (Process capability)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของของเสียประเภทลวดลัด ในการศึกษานี้ ได้ทำการเก็บค่าลวดลัดจากงานทั้งหมดจำนวน 4 ล็อต ล็อตละ 20 ข้อมูล ตามตารางที่ 4.5 รวมทั้งหมด 80 ข้อมูล

ตารางที่ 4.5 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติกในช่วงเดือน ส.ค.-ก.ย. 57

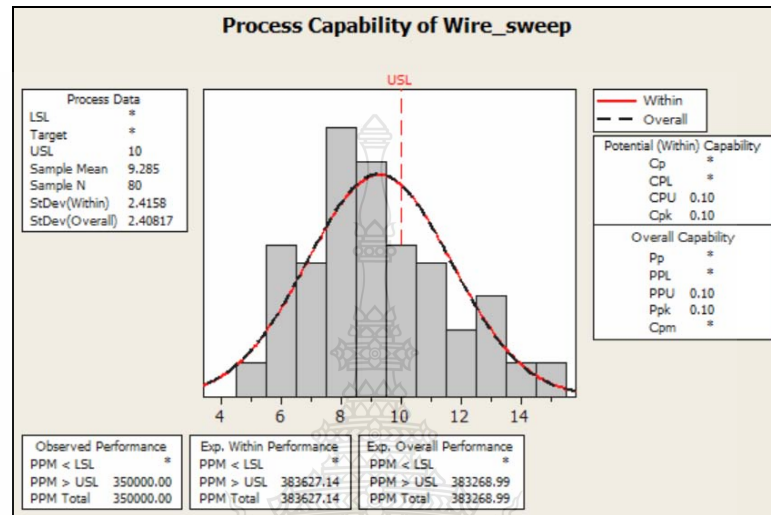
| Month | Pkg Type | Lot No | Qty In | Defective | | | | | | | |
|---------|----------|---------|--------|--------------|-------|------|-----|--------|-----------------|--------------|-------------|
| | | | | % Wire sweep | | | | | Incomplete fill | Chip package | Lead Damage |
| | | | | Max | Mean | SD | Cpk | Reject | | | |
| ส.ค.-57 | Hx-54 | ASC1462 | 4000 | 15.4 | 10.38 | 1.97 | - | 31 | 42 | 0 | 4 |
| ก.ย.-57 | Hx-50 | ASC1467 | 640 | 15.3 | 8.55 | 2.57 | - | 7 | 5 | 0 | 0 |
| ก.ย.-57 | Hx-50 | ASC1482 | 4000 | 14.2 | 8.92 | 2.73 | - | 10 | 17 | 0 | 0 |
| ก.ย.-57 | Hx-50 | ASC1483 | 3200 | 13.6 | 9.3 | 2.05 | - | 6 | 11 | 47 | 0 |
| รวม | | | 11840 | 15.4 | 9.28 | 2.41 | 0.1 | 54 | 75 | 47 | 4 |

จากนั้นทำการทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูล และพบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.093 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้นข้อมูลการวัดค่าลวดลัดที่ได้จึงถือว่าเป็นข้อมูลที่มีความแจกแจงแบบปกติ ดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 แสดงกราฟผลการทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูลการวัดค่าลวดลัด

ทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการดังแสดงในภาพที่ 4.8 และพบว่าค่า Cpk มีค่าเท่ากับ 0.1 ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานของกระบวนการผลิต ซึ่งโดยปกติแล้วค่า Cpk สำหรับกระบวนการใหม่ควรมีค่ามากกว่า 1.67 ขึ้นไป



ภาพที่ 4.8 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของลวดลัด

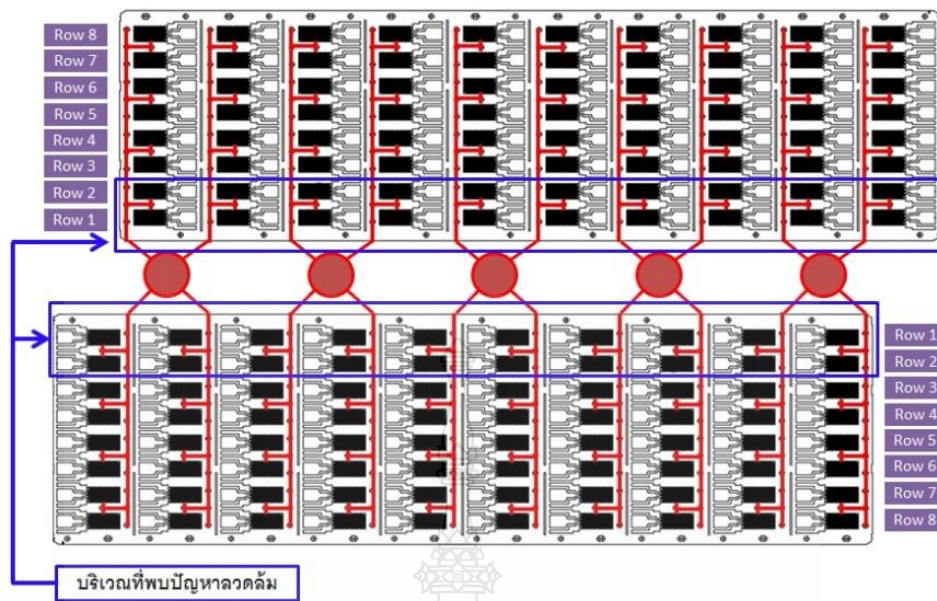
4.3 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการค้นหาคำอธิบายที่นำจะมีผลต่อการเกิดปัญหาลวดลัด และโมลด์ไม่เต็ม โดยการใช้การระดมสมอง ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วย Why-Why Diagram และประยุกต์ใช้ FMEA เพื่อทำการประเมินความเสี่ยง ของประเด็นสาเหตุของปัญหา เพื่อให้ทราบถึงลำดับความสำคัญของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดปัญหา (Risk Priority Nummber หรือ RPN) จากนั้นทำการเลือกสาเหตุของปัญหาที่มีค่า RPN สูงสุดและรองลงมา มาทำการพิสูจน์ว่าสาเหตุใดเป็นสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง

4.3.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดปัญหาลวดลัด

4.3.1.1 ตรวจสอบหาบริเวณที่เกิดปัญหาลวดลัด

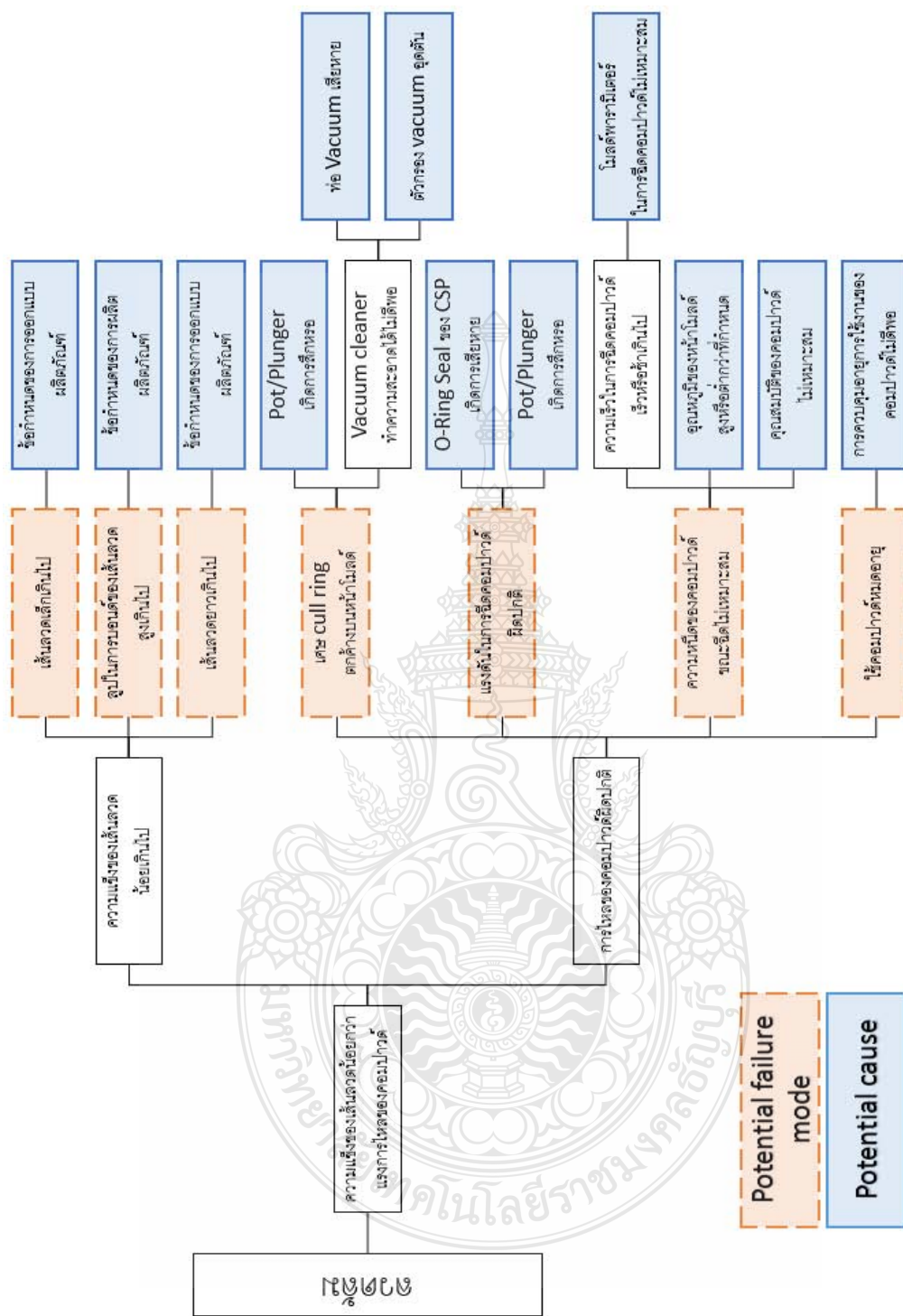
จากข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนในการวัด พบว่า ตำแหน่งที่มักจะเกิดปัญหาลวดลัดคือ บริเวณแถวที่ 1 และ 2 ของลีดเฟรม หรือบริเวณทางเข้าของคอมปาวด์ ดังแสดงในภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 แสดงบริเวณที่พบปัญหาคล้ม

4.3.1.2 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้ Why-Why Diagram

ในขั้นตอนนี้จะทำการระดมสมองเพื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ซึ่งจะแสดงออกมาในรูปแบบของ Why-Why Diagram โดยจะได้ลักษณะอาการที่ส่งผลต่อการเกิดของปัญหา (Potential Failure Mode) และ สาเหตุของปัญหา (Potential Cause) ดังแสดงในภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดปัญหาลวดลึ้มโดยใช้ Why-Why Diagram

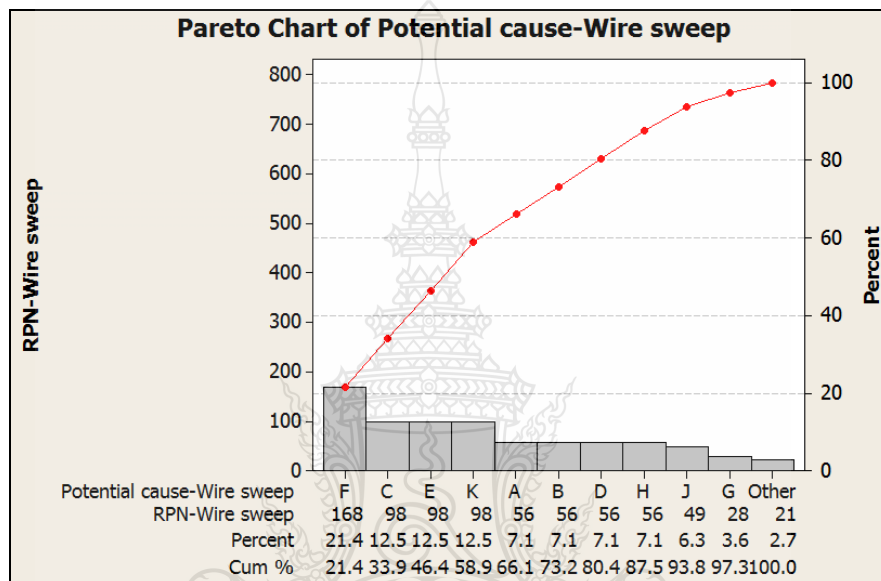
4.3.1.3 ประยุกต์ใช้ FMEA

ในขั้นตอนนี้จะนำ FMEA มาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินหาลำดับความสำคัญของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดปัญหา (Risk Priority Number: RPN) ของแต่ละสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาลวดลึ้ม ดังแสดงในภาพที่ 4.11

| Key process input | Potential failure mode | Potential failure effect(s) | S E V | Potential cause (s) | O C C | Current control | D E T | R P N |
|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--|--|-----------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|
| Machine | เศษ cull ring ตกค้างบนหน้าไมลด์ | Wire sweep | 7 | Pot/Plunger เกิดการสึกหรอ | 1 | เปลี่ยนทุกๆ 100,000 shot | 7 | 56 |
| | | | 7 | ท่อ Vacuum เสียหาย | 1 | ตรวจเช็คโดย PM 1 ครั้ง / เดือน | 7 | 56 |
| | | | 7 | ตัวกรอง Vacuum อุดตัน | 2 | ตรวจเช็คโดย PM 1 ครั้ง / เดือน | 7 | 98 |
| | แรงดันในการฉีดคอมปาวด์ผิดปกติ | Wire sweep | 7 | Pot/Plunger เกิดการสึกหรอ | 1 | เปลี่ยนทุกๆ 100,000 shot | 7 | 56 |
| | | | 7 | O-Ring Seal ของ CSP เกิดการเสียหาย | 2 | ตรวจเช็คโดย PM 1 ครั้ง / เดือน | 7 | 98 |
| | ความหนืดของคอมปาวด์ขณะฉีดไม่เหมาะสม | Wire sweep | 7 | ไมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ไม่เหมาะสม | 3 | ตรวจเช็คโดย QA 1 ครั้ง / วัน | 8 | 168 |
| 7 | | | อุณหภูมิของหน้าไมลด์สูงหรือต่ำกว่าที่กำหนด | 2 | เครื่องจะร้องเตือนและหยุดการทำงาน | 2 | 28 | |
| MAN | ใช้คอมปาวด์อายุ | Wire sweep | 7 | การควบคุมอายุการใช้งานของคอมปาวด์ไม่ดีพอ | 1 | ตรวจเช็คโดย QA 1 ครั้ง / วัน | 8 | 56 |
| Material | ความหนืดของคอมปาวด์ขณะฉีดไม่เหมาะสม | Wire sweep | 7 | คุณสมบัติของคอมปาวด์ไม่เหมาะสม | 1 | IQA ตรวจสอบ C of C ทุกๆ lot | 2 | 21 |
| | เส้นลวดเล็กเกินไป | Wire sweep | 7 | ข้อกำหนดของการออกแบบผลิตภัณฑ์ | 1 | N/A | 7 | 49 |
| | เส้นลวดยาวเกินไป | Wire sweep | 7 | ข้อกำหนดของการออกแบบผลิตภัณฑ์ | 1 | N/A | 7 | 49 |
| | รูปในการบอนด์ของเส้นลวดสูงเกินไป | Wire sweep | 7 | ข้อกำหนดของการผลิตผลิตภัณฑ์ | 2 | QA สุ่มตรวจ 1 ครั้ง / สัปดาห์ | 7 | 98 |

ภาพที่ 4.11 แสดงการวิเคราะห์ห้าสาเหตุและผลกระทบ (FMEA) ของการเกิดปัญหาลวดลึ้ม

จากการประเมินความเสี่ยงโดยใช้ FMEA ตามภาพที่ 4.11 พบว่าสาเหตุของปัญหาที่มีค่า RPN สูงสุด เท่ากับ 168 คือ “โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ไม่เหมาะสม” และสาเหตุที่รองลงมามีค่า RPN เท่ากับ 98 คือ “ตัวกรอง Vacuum อุดตัน”, “O-Ring Seal ของ CSP เกิดการเสียหาย” และ “ข้อกำหนดของการผลิตผลิตภัณฑ์” ซึ่งลำดับของค่า RPN ของแต่ละสาเหตุสามารถแสดงเป็นแผนภาพพารेटโต้ ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 แผนภาพพารेटโต้แสดงคะแนน RPN ของการวิเคราะห์หาสาเหตุและผลกระทบของการเกิดปัญหาลวดลัด

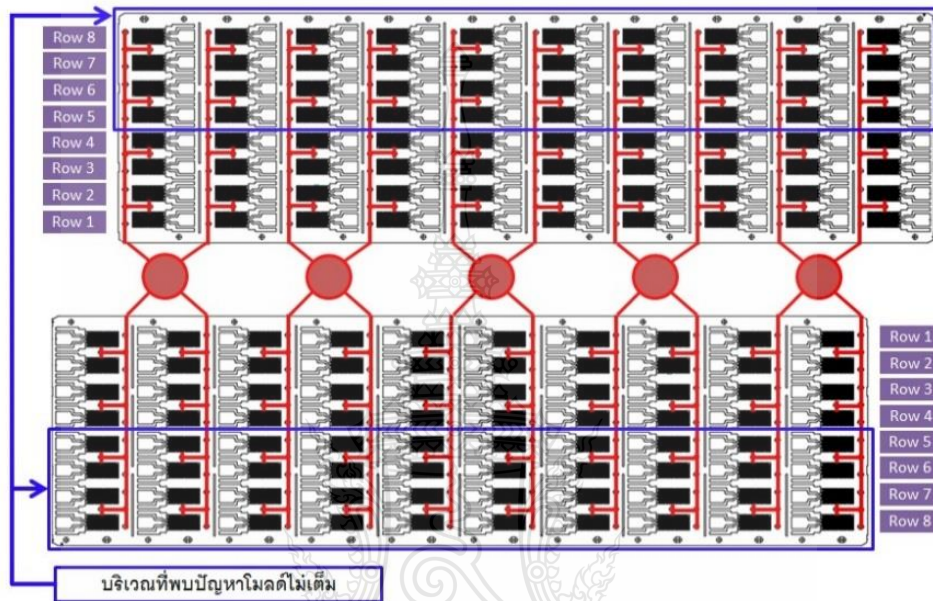
หมายเหตุ

- | | |
|--|--|
| A : Pot/Plunger เกิดการสึกหรอ | G : อุณหภูมิของหน้าโมลด์สูงหรือต่ำกว่าที่กำหนด |
| B : ท่อ Vacuum เสียหาย | H : การควบคุมอายุการใช้งานของคอมปาวด์ไม่ดีพอ |
| C : ตัวกรอง Vacuum อุดตัน | I : คุณสมบัติของคอมปาวด์ไม่เหมาะสม |
| D : Pot/Plunger เกิดการสึกหรอ | J : ข้อกำหนดของการออกแบบผลิตภัณฑ์ |
| E : O-Ring Seal ของ CSP เกิดการเสียหาย | K : ข้อกำหนดของการผลิตผลิตภัณฑ์ |
| F : โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ไม่เหมาะสม | |

4.3.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดปัญหาโมลด์ไม่เต็ม

4.3.2.1 ตรวจสอบหาบริเวณที่เกิดปัญหาโมลด์ไม่เต็ม

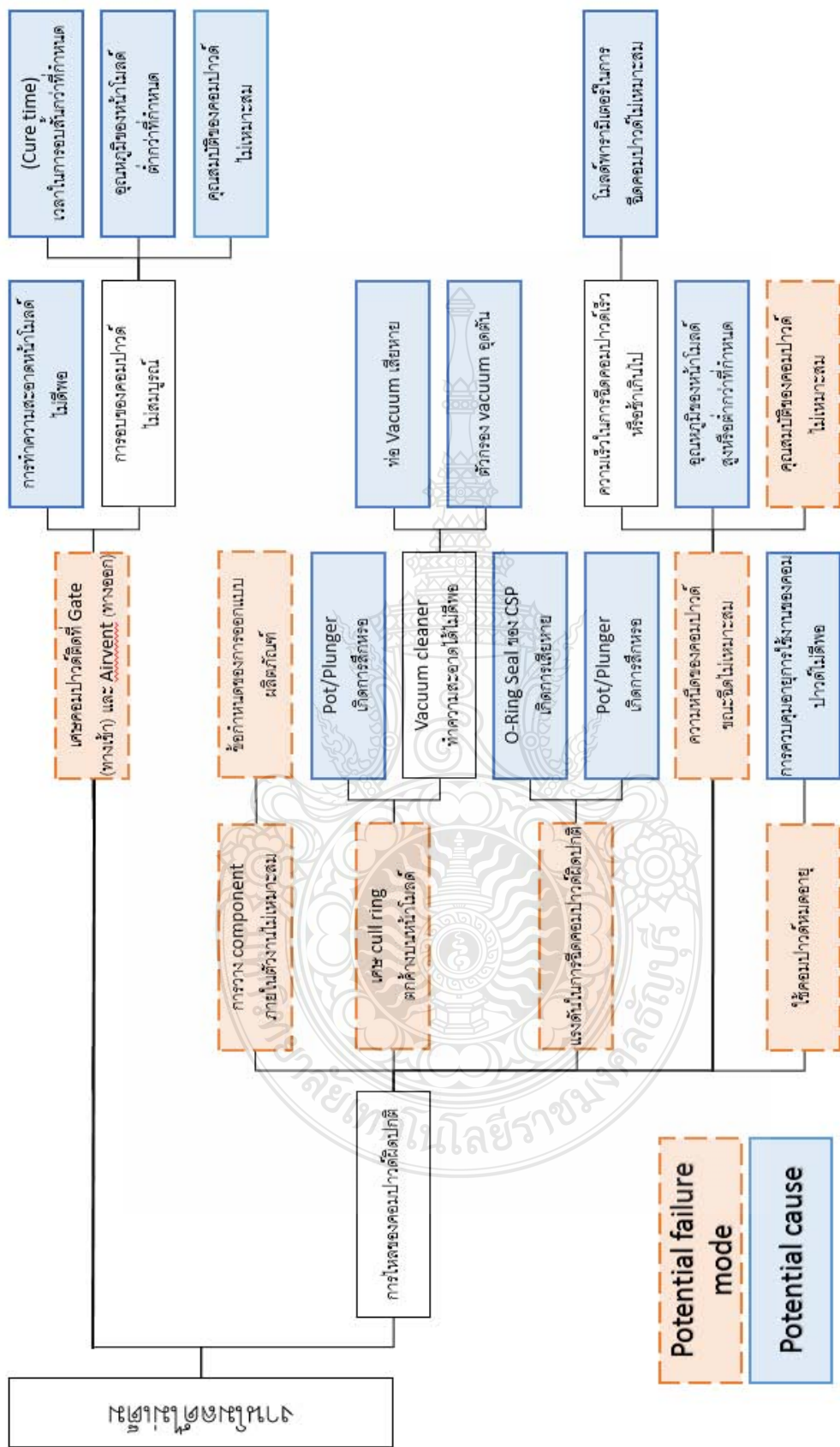
จากข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนในการวัด พบว่าตำแหน่งที่เกิดปัญหาทางาน โมลด์ไม่เต็มจะเกิดแบบสุ่มในบริเวณแถวที่ 5-8 ของลีดเฟรม ดังแสดงในภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 แสดงบริเวณที่พบปัญหาโมลด์ไม่เต็ม

4.3.2.2 วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้ Why-Why Diagram

ในขั้นตอนนี้จะใช้การระดมสมองเพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ซึ่งจะแสดงออกมาในรูปแบบของ Why-Why Diagram โดยจะได้ลักษณะอาการที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดของปัญหา และสาเหตุของปัญหา ดังแสดงในภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดปัญหาโมลด์ไม่เต็มโดยใช้ Why-Why Diagram

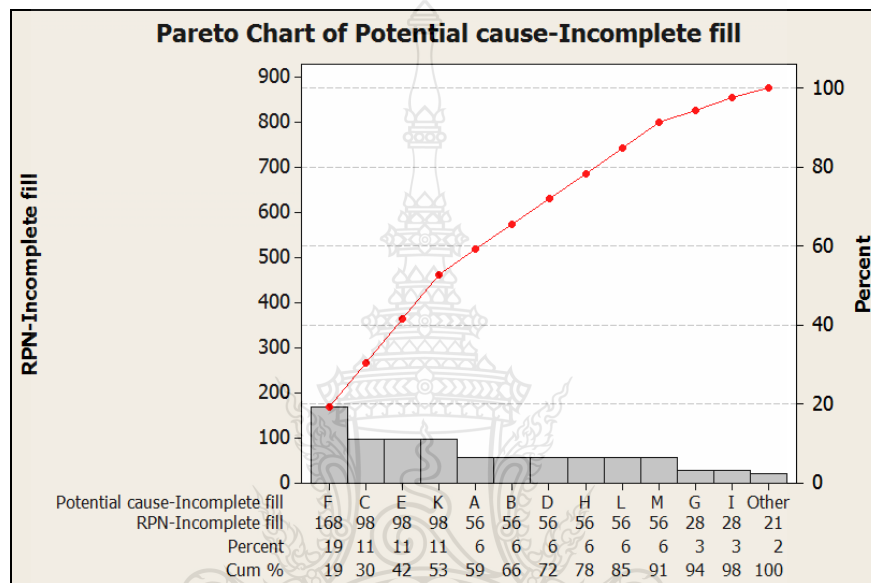
4.3.2.3 ประยุกต์ใช้ FMEA

ในขั้นตอนนี้จะนำ FMEA มาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินหาลำดับความสำคัญของสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดปัญหา (Risk Priority Number: RPN) ของแต่ละสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหางานโมลด์ไม่เต็ม ดังแสดงในภาพที่ 4.15

| Key process input | Potential failure mode | Potential failure effect(s) | S E V | Potential cause (s) | O C C | Current control | D E T | R P N |
|------------------------------------|--|-----------------------------|--|--|-----------------------------------|--|-------------|-------------|
| Machine | เศษ cull ring ตกค้างบนหน้าโมลด์ | Incomplete mold | 7 | Pot/Plunger เกิดการสึกหรอ | 1 | เปลี่ยนทุกๆ 100,000 shot | 7 | 56 |
| | | | 7 | ท่อ Vacuum เสียหาย | 1 | ตรวจเช็คโดย PM 1 ครั้ง / เดือน | 7 | 56 |
| | | | 7 | ตัวกรอง Vacuum อุดตัน | 2 | ตรวจเช็คโดย PM 1 ครั้ง / เดือน | 7 | 98 |
| | แรงดันในการฉีดคอมปาวด์ฉีดปกติ | Incomplete mold | 7 | Pot/Plunger เกิดการสึกหรอ | 1 | เปลี่ยนทุกๆ 100,000 shot | 7 | 56 |
| | | | 7 | O-Ring Seal ของ CSP เกิดการเสียหาย | 2 | ตรวจเช็คโดย PM 1 ครั้ง / เดือน | 7 | 98 |
| | ความหนืดของคอมปาวด์ขณะฉีดไม่เหมาะสม | Incomplete mold | 7 | โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ไม่เหมาะสม | 3 | ตรวจเช็คโดย QA 1 ครั้ง / วัน | 8 | 168 |
| 7 | | | อุณหภูมิของหน้าโมลด์สูงหรือต่ำกว่าที่กำหนด | 2 | เครื่องจะร้องเตือนและหยุดการทำงาน | 2 | 28 | |
| เศษคอมปาวด์ติดที่ Gate และ Airvent | Incomplete mold | 7 | เวลาในการอบคอมปาวด์สั้นกว่าที่กำหนด | 1 | ตรวจเช็คโดย QA 1 ครั้ง / วัน | 8 | 56 | |
| | | 7 | อุณหภูมิของหน้าโมลด์ต่ำกว่าที่กำหนด | 2 | เครื่องจะร้องเตือนและหยุดการทำงาน | 2 | 28 | |
| Material | ความหนืดของคอมปาวด์ขณะฉีดไม่เหมาะสม | Incomplete mold | 7 | คุณสมบัติของคอมปาวด์ไม่เหมาะสม | 1 | IQA ตรวจสอบ C of C ทุกๆ lot | 2 | 21 |
| | เศษคอมปาวด์ติดที่ Gate และ Airvent | Incomplete mold | 7 | คุณสมบัติของคอมปาวด์ไม่เหมาะสม | 1 | IQA ตรวจสอบ C of C ทุกๆ lot | 2 | 21 |
| | การวาง component ภายในตัวงานไม่เหมาะสม | Incomplete mold | 7 | เป็นข้อกำหนดของการออกแบบผลิตภัณฑ์ | 2 | N/A | 7 | 98 |
| MAN | เศษคอมปาวด์ติดที่ Gate และ Airvent | Incomplete mold | 7 | การทำความสะอาดหน้าโมลด์ไม่ดีพอ | 1 | ตรวจสอบก่อนเริ่มงาน ทุกๆ ครั้งโดยพนักงาน | 8 | 56 |
| | ใช้คอมปาวด์หมดอายุ | Incomplete mold | 7 | การควบคุมอายุการใช้งานของคอมปาวด์ไม่ดีพอ | 1 | ตรวจเช็คโดย QA 1 ครั้ง / วัน | 8 | 56 |

ภาพที่ 4.15 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุและผลกระทบ (FMEA) ของการเกิดปัญหาโมลด์ไม่เต็ม

จากการประเมินความเสี่ยงโดยใช้ FMEA ตามภาพที่ 4.15 พบว่าสาเหตุของปัญหาที่มีค่า RPN สูงสุด เท่ากับ 168 คือ “โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ไม่เหมาะสม” และสาเหตุที่รองลงมามีค่า RPN เท่ากับ 98 คือ คือ “ตัวกรอง Vacuum อุดตัน”, “O-Ring Seal ของ CSP เกิดการเสียหาย” และ “ข้อกำหนดของการออกแบบผลิตภัณฑ์” ซึ่งลำดับของค่า RPN ของแต่ละสาเหตุสามารถแสดงเป็นแผนภาพพาร์โต ดังภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 แผนภาพพาร์โตได้แสดงคะแนน RPN ของการวิเคราะห์หาสาเหตุและผลกระทบของการเกิดปัญหาโมลด์ไม่เต็ม

หมายเหตุ

- | | |
|--|--|
| A : Pot/Plunger เกิดการสึกหรอ | H : เวลาในการอบคอมปาวด์สั้นกว่าที่กำหนด |
| B : ท่อ Vacuum เสียหาย | I : อุณหภูมิของหน้าโมลด์ต่ำกว่าที่กำหนด |
| C : ตัวกรอง Vacuum อุดตัน | J : คุณสมบัติของคอมปาวด์ไม่เหมาะสม |
| D : Pot/Plunger เกิดการสึกหรอ | K : ข้อกำหนดของการออกแบบผลิตภัณฑ์ |
| E : O-Ring Seal ของ CSP เกิดการเสียหาย | L : การทำความสะอาดหน้าโมลด์ไม่ดีพอ |
| F : โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ไม่เหมาะสม | M : การควบคุมอายุการใช้งานของคอมปาวด์ไม่ดีพอ |
| G : อุณหภูมิของหน้าโมลด์สูงหรือต่ำกว่าที่กำหนด | |

จากผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดปัญหาลวดลิ่มและโมลด์ไม่เต็ม สาเหตุของปัญหาทั้งสองมีค่า RPN สูงสุด เท่ากับ 168 คือ “โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ไม่เหมาะสม” ซึ่งจะดำเนินการในเฟสถัดไป โดยใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment หรือ DOE) ทำการพิสูจน์ว่าสาเหตุของปัญหาทั้งสองที่แท้จริงหรือไม่ และทำการปรับปรุงแก้ไข

4.4 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ พบว่าสาเหตุของการเกิดปัญหาลวดลิ่ม และงานโมลด์ไม่เต็ม คือ “โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ไม่เหมาะสม” ซึ่งในขั้นตอนการปรับปรุงนี้ จะใช้การออกแบบการทดลอง (DOE) ช่วยในการหาปัจจัยที่มีผลต่อ การเกิดปัญหาลวดลิ่มและงานโมลด์ไม่เต็ม และทำการหาค่าโมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสม เพื่อลดปัญหาลวดลิ่มและ โมลด์ไม่เต็ม โดยแบ่งขั้นตอนหาในการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ

- ศึกษาความสามารถในการไหลของคอมปาวด์
- กำหนดระยะ Stroke ของการฉีดคอมปาวด์
- ทำการออกแบบการทดลอง
- ปรับใช้และตรวจสอบคุณภาพ

4.4.1 ศึกษาความสามารถในการไหลของคอมปาวด์

จากภาพที่ 4.17 แสดงคุณสมบัติของคอมปาวด์ซึ่งได้รับจากผู้ผลิตและสามารถนำมาใช้อ้างอิงในการปรับค่าพารามิเตอร์เบื้องต้น โดยความสามารถในการไหลของคอมปาวด์จะพิจารณาจาก Filler type, Filler cut size, spiral flow และ Gelation time (GT) ซึ่งจากข้อมูลที่ได้พบว่า Filler type เป็นแบบ Spherical, Filler cut size เท่ากับ 75 ไมครอน และ spiral flow เท่ากับ 130 เซนติเมตร ถือว่าคอมปาวด์ชนิดนี้มีความสามารถในการไหลที่ดีและสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ Hx แต่ว่า ค่า Gelation time มีค่าเท่ากับ 15 วินาที ซึ่งถือว่าค่อนข้างน้อย ดังนั้นช่วงเวลาที่ใช้ในการฉีดคอมปาวด์ควรอยู่ในช่วงประมาณ 15 วินาที หากมากกว่านี้คอมปาวด์จะมีความหนืดสูงเกินไปและอาจมีผลต่อคุณภาพของตัวงาน แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ขึ้นอยู่กับผลการทดลอง

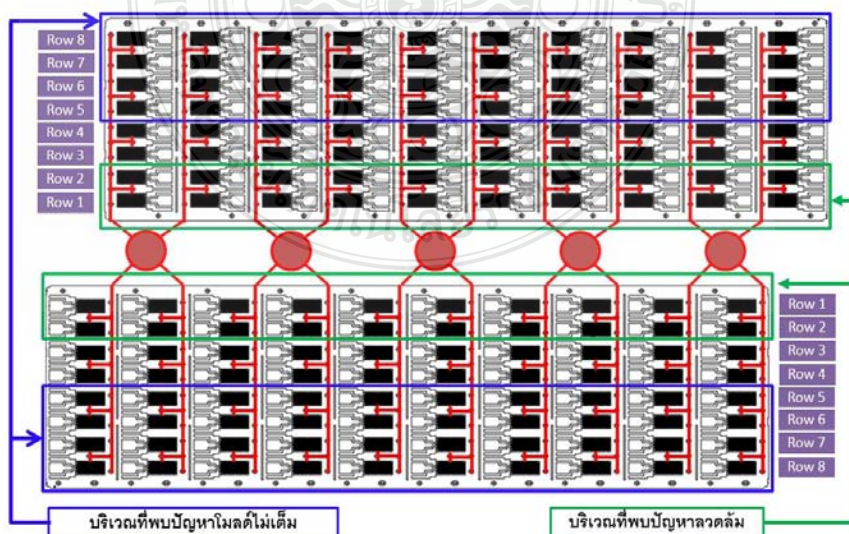
| Molding Compound Properties | | CEL8240HF |
|-----------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Resin type | | MAR+BPH+low molecular weight |
| Hardner type | | Low water absortion (LWA) |
| Filler content | [%] | 85.0 |
| Filler Type | Spherical / Angular | 100.0 |
| Filler cut size | um | 75 |
| Filler size average | um | 20 |
| Glass Transition Temperature (Tg) | [°C] | 130 |
| CTE 1 (a1) | [ppm/°C] [mm/m°C] | 11 |
| CTE 2 (a2) | [ppm/°C] [mm/m°C] | 45 |
| Spiral flow | [cm] | 130 |
| Geltime | [sec] | 15 |

ภาพที่ 4.17 ข้อมูลคุณสมบัติของคอมปาวด์

4.4.2 กำหนดระยะ Stroke ของการฉีดคอมปาวด์

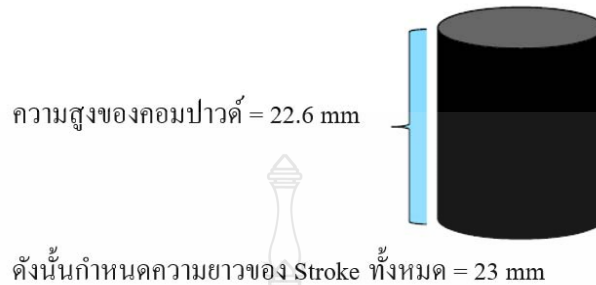
ในขั้นตอนนี้จะทำการทดสอบที่เรียกว่า “Short shot test” เพื่อให้ทราบถึงระยะของคอมปาวด์ที่ถูกฉีดเข้าไป ณ ตำแหน่งที่พบปัญหาว่ามีระยะเท่าไร และนำมาใช้เป็นตัวเริ่มต้นในการทำ DOE เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อไป

จากภาพที่ 4.9 และ 4.13 ซึ่งแสดงตำแหน่งของการเกิดลวดลัมและงาน โมลด์ไม่เต็ม พบว่าบริเวณที่พบปัญหาเกิดลวดลัมคือบริเวณด้านต้นของ compound flow และ บริเวณที่พบปัญหางาน โมลด์ไม่เต็ม คือ บริเวณด้านท้ายของ compound flow และเมื่อมารวมกันจะได้นำตำแหน่งการเกิดของปัญหาทั้งสองดังภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 แสดงตำแหน่งของการเกิดปัญหาลวดลัมและงาน โมลด์ไม่เต็ม

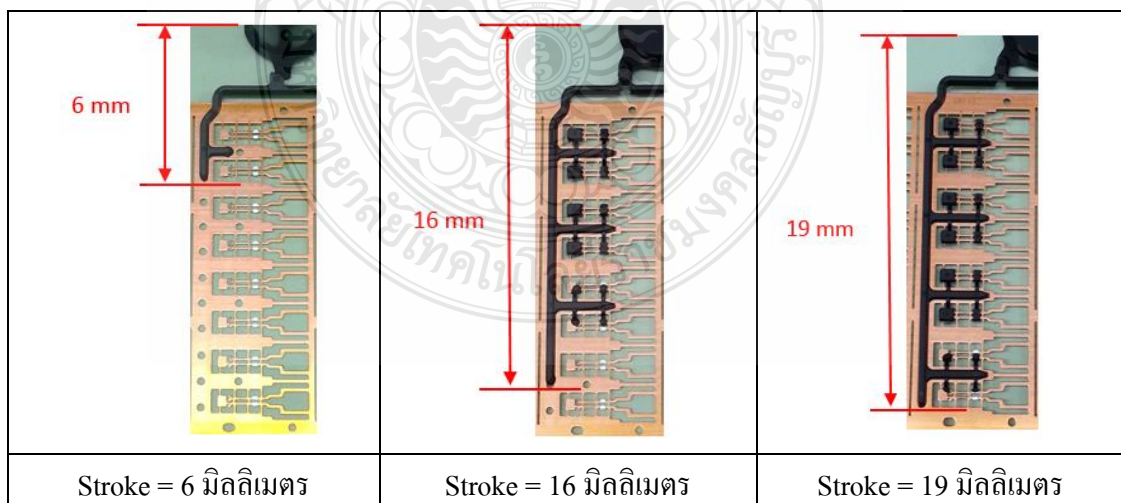
4.4.2.1 กำหนดความยาวรวมของระยะ Stroke ทั้งหมดของการฉีดคอมปาวด์
 ความยาวรวมของระยะ Stroke ทั้งหมดของการฉีดคอมปาวด์ จะอ้างอิงจากความยาว
 ของก้อนคอมปาวด์ที่ใช้ ซึ่งในที่นี้จะกำหนดให้ มีค่าเท่ากับ 23 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 แสดงการกำหนดระยะความยาวของคอมปาวด์

4.4.2.2 ทำการทดสอบ Short shot test

ในขั้นตอนนี้จะทำการทดลองฉีดคอมปาวด์ ในระยะ Stroke ที่แตกต่างกัน โดยจะ
 เลือกพิจารณาระยะของคอมปาวด์ที่หยุดก่อนจะถูกฉีดเข้าไปในตัวงาน หรือฉีดเข้าไปแต่ยังไม่เต็มตัว
 งาน ณ ตำแหน่งที่พบปัญหาลวดลัมและงานโมลด์ไม่เต็ม ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า ระยะของการฉีด
 คอมปาวด์ที่หยุด ณ ตำแหน่งที่พบปัญหาลวดลัม มีค่าเท่ากับ 6 มิลลิเมตรและระยะของคอมปาวด์ที่ฉีด
 เข้าไปแต่ยังไม่เต็มตัวงาน ณ ตำแหน่งที่พบปัญหางานโมลด์ไม่เต็ม มีค่าเท่ากับ 16 และ 19 มิลลิเมตร ดัง
 แสดงในภาพที่ 4.20



ภาพที่ 4.20 แสดง Short shot test ระยะการฉีดของคอมปาวด์ที่ stroke 6, 16 และ 19 มิลลิเมตร

จากภาพที่ 4.19 และการทดสอบการหาระยะ Stroke ของคอมปาวด์ ณ บริเวณตำแหน่งที่พบปัญหา ดังภาพที่ 4.20 ทำให้สามารถกำหนด Stroke ในการฉีดคอมปาวด์ในเบื้องต้นได้ดังภาพที่ 4.21

- Stroke = 6 มิลลิเมตร (บริเวณที่พบปัญหาหลอดลัม)
- Stroke = 16 - 19 มิลลิเมตร (บริเวณที่พบปัญหาหางานโมลด์ไม่เต็ม)
- Stroke = 23 มิลลิเมตร (ความยาวของ Stroke ทั้งหมด กำหนดตามความยาวของก้อนคอมปาวด์ที่ใช้)

| Transfer step profile | Total stroke = 23 mm | | | | | | |
|-----------------------|----------------------|---|---|---------|----|----|----|
| Step | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Stroke (mm) | 0 | 0 | 6 | 16 - 19 | 23 | 23 | 23 |

หมายเหตุ : Step ที่ 1 และ 2 เป็น Step ที่ใช้ในการ Pre-heat compound ซึ่งระยะในการฉีด compound จะเริ่มตั้งแต่ Step ที่ 3 เป็นต้นไป

ภาพที่ 4.21 แสดงการกำหนด Stroke ของโมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์

4.4.3 ทำการออกแบบการทดลอง (DOE: Design of experiment)

ในขั้นตอนนี้จะทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหา และ หาค่าโมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสม โดยในการหาค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นจะอ้างอิงจากคุณสมบัติในการไหลของคอมปาวด์ดังภาพที่ 4.17 และการกำหนดระยะ Stroke ในภาพที่ 4.21 สามารถกำหนดช่วงของการปรับค่าพารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่จะทำการทดลองได้ดังภาพที่ 4.22

| Transfer step profile | Total stroke = 23 mm | | | | | | |
|-----------------------|----------------------|---|---|---------|-----|----|----|
| Step | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Time (sec) | 0-2.5 | 0 | 1 | 3-5 | 5-7 | 0 | 0 |
| Stroke (mm) | 0 | 0 | 6 | 16 - 19 | 23 | 23 | 23 |

ภาพที่ 4.22 แสดงการปรับค่าโมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์

จากภาพที่ 4.22 จะทดลองปรับ เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ว่าหากคอมปาวด์ได้รับความร้อนชั่วขณะ (Pre-heat) ซึ่งมีผลต่อความหนืดของคอมปาวด์ จะส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องหรือไม่ และจะกำหนดให้ step ที่ 3 มีค่าเวลาในการฉีดคอมปาวด์เท่ากับ 1 วินาที คงที่ และระยะทางในการฉีดคอมปาวด์เท่ากับ 6 มิลลิเมตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้คอมปาวด์

ไหลอย่างรวดเร็วจนมาถึงระยะ 6 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะที่คอมปาวด์ไหลจนเกือบจะเข้าไปในตัวงานเข้าไปในตัวงานของแถวที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่พบปัญหาลวดลัด จากนั้นจะทดลองปรับค่าเวลาและระยะในการฉีดคอมปาวด์ ของ Step ที่ 4 และเวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 5 เพื่อวิเคราะห์ว่ามีผลต่อการเกิดลวดลัดและงานโมลด์ไม่เต็ม หรือไม่ อย่างไร โดยการออกแบบการทดลองได้แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงตารางการออกแบบการทดลอง

| Factor | Level | | | |
|--|--------|------|----|-----|
| | Low | High | | |
| เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 1 | (T_S1) | Sec | 0 | 2.5 |
| เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 | (T_S4) | Sec | 3 | 5 |
| เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 5 | (T_S5) | Sec | 5 | 7 |
| ระยะทางในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 | (S_S4) | mm | 16 | 19 |

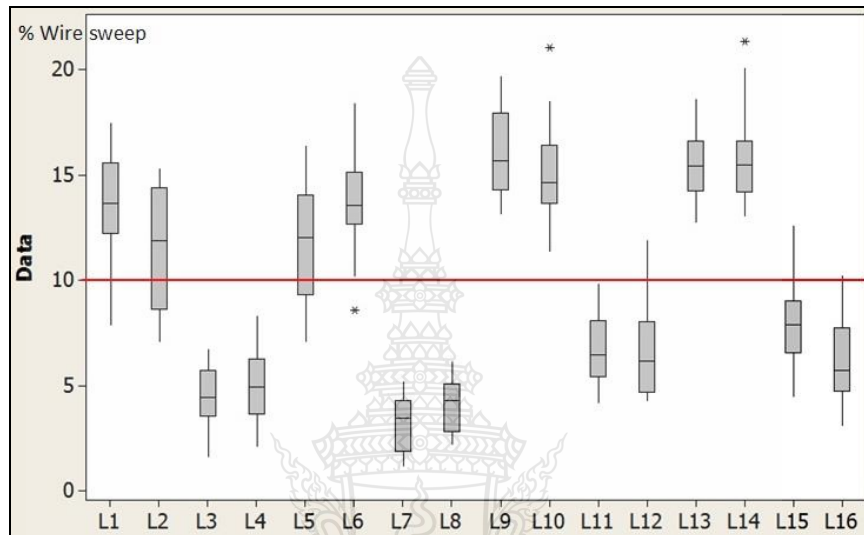
จากตารางที่ 4.4 ใช้การออกแบบการทดลอง แบบ 2^k full factorial โดยมี 4 factor, 2 level ซึ่งจะได้จำนวน Leg ในการทดลองทั้งหมด 16 Run ($2^4 = 16$) ดังภาพที่ 4.23

| StdOrder | RunOrder | T_S1 | T_S4 | T_S5 | S_S4 |
|----------|----------|------|------|------|------|
| 9 | 1 | 0.0 | 3 | 5 | 19 |
| 5 | 2 | 0.0 | 3 | 7 | 16 |
| 7 | 3 | 0.0 | 5 | 7 | 16 |
| 3 | 4 | 0.0 | 5 | 5 | 16 |
| 10 | 5 | 1.5 | 3 | 5 | 19 |
| 2 | 6 | 1.5 | 3 | 5 | 16 |
| 12 | 7 | 1.5 | 5 | 5 | 19 |
| 15 | 8 | 0.0 | 5 | 7 | 19 |
| 16 | 9 | 1.5 | 5 | 7 | 19 |
| 11 | 10 | 0.0 | 5 | 5 | 19 |
| 4 | 11 | 1.5 | 5 | 5 | 16 |
| 1 | 12 | 0.0 | 3 | 5 | 16 |
| 6 | 13 | 1.5 | 3 | 7 | 16 |
| 14 | 14 | 1.5 | 3 | 7 | 19 |
| 13 | 15 | 0.0 | 3 | 7 | 19 |
| 8 | 16 | 1.5 | 5 | 7 | 16 |

ภาพที่ 4.23 แสดง Leg ในการออกแบบการทดลองปรับค่าพารามิเตอร์

4.4.3.1 ผลการวิเคราะห์การหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาลวดลัด

หลังจากการทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ดังภาพที่ 4.23 จะได้ผลการวัดค่าลวดลัดของ ทั้ง 16 Run ดังแสดงในภาพที่ 4.24 ซึ่งพบว่า Run ที่มีค่าลวดลัดไม่เกินสเปคกำหนดที่ 10% คือ L3, L4, L7, L8 และ L11



ภาพที่ 4.24 Box plot แสดงผลการวัดค่าลวดลัดจากผลการทดลอง L1-L16

จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาลวดลัดอย่างมีนัยสำคัญ คือ เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 (T_S4) และระยะทางในการฉีดคอมปาวด์ของ พารามิเตอร์ Step ที่ 4 (S_S4) ซึ่งมีค่า P-Value น้อยกว่าค่า 0.05 ดังแสดงในภาพที่ 4.25

จากภาพที่ 4.25 จะได้สมการความสัมพันธ์ $[Y = f(x)]$ ของลวดลัดดังนี้

$$Y_{(\text{wire sweep})} = 9.872 - 4.308(T_S4) + 1.415(S_S4)$$

Response Surface Regression: Ws-Mean versus T_S1, T_S4, T_S5, S_S4

The analysis was done using coded units.

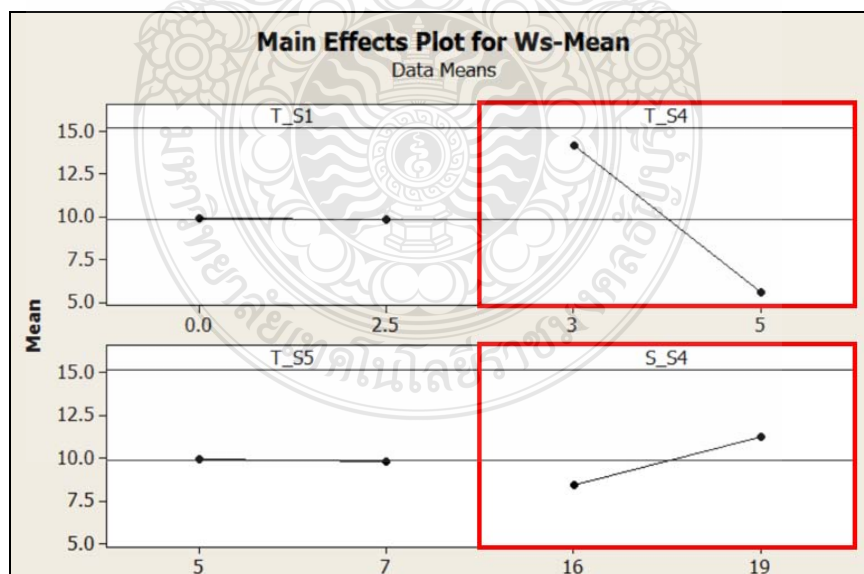
Estimated Regression Coefficients for Ws-Mean

| Term | Coef | SE Coef | T | P |
|-----------|----------|---------|---------|-------|
| Constant | 9.87219 | 0.2508 | 39.355 | 0.000 |
| T_S1 | -0.04719 | 0.2508 | -0.188 | 0.858 |
| T_S4 | -4.30844 | 0.2508 | -17.176 | 0.000 |
| T_S5 | -0.05781 | 0.2508 | -0.230 | 0.827 |
| S_S4 | 1.41531 | 0.2508 | 5.642 | 0.002 |
| T_S1*T_S4 | -0.03406 | 0.2508 | -0.136 | 0.897 |
| T_S1*T_S5 | 0.23781 | 0.2508 | 0.948 | 0.387 |
| T_S1*S_S4 | -0.23656 | 0.2508 | -0.943 | 0.389 |
| T_S4*T_S5 | -0.11719 | 0.2508 | -0.467 | 0.660 |
| T_S4*S_S4 | -0.02656 | 0.2508 | -0.106 | 0.920 |
| T_S5*S_S4 | 0.15281 | 0.2508 | 0.609 | 0.569 |

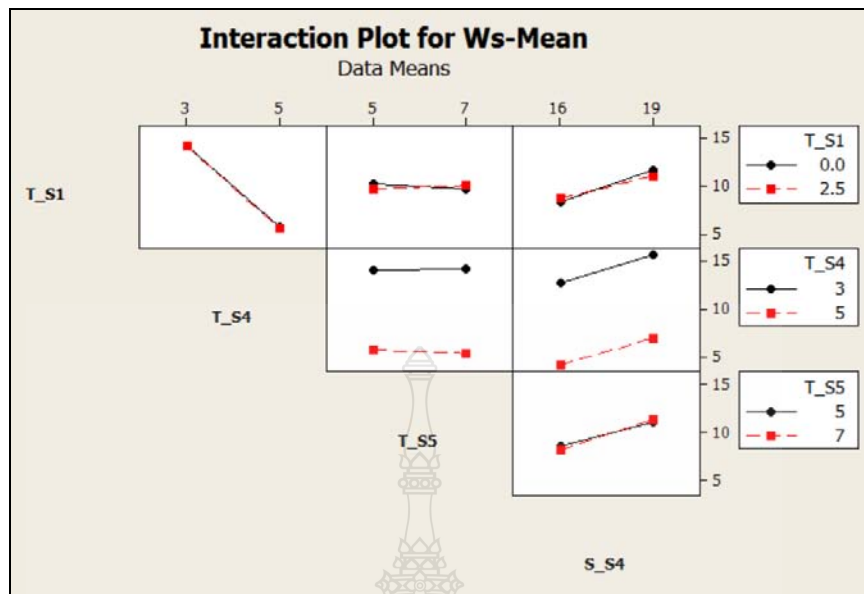
S = 1.00339 PRESS = 51.5475
R-Sq = 98.50% R-Sq(pred) = 84.69% R-Sq(adj) = 95.51%

ภาพที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดลวดล้ม

ภาพที่ 4.26 แสดงเส้นกราฟปัจจัยหลัก (Main Effect plot) ที่มีผลต่อการเกิดลวดล้ม พบว่า เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 (T_S4) และระยะทางในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 (S_S4) มีผลต่อการเกิดลวดล้ม โดย T_S4 = 5 วินาที และ S_S4 = 16 mm เป็นค่าที่ส่งผลให้เกิดปัญหาลวดล้มน้อยที่สุด



ภาพที่ 4.26 Main Effect plot ของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดลวดล้ม



ภาพที่ 4.27 Interaction plot ของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดลวดล้ม

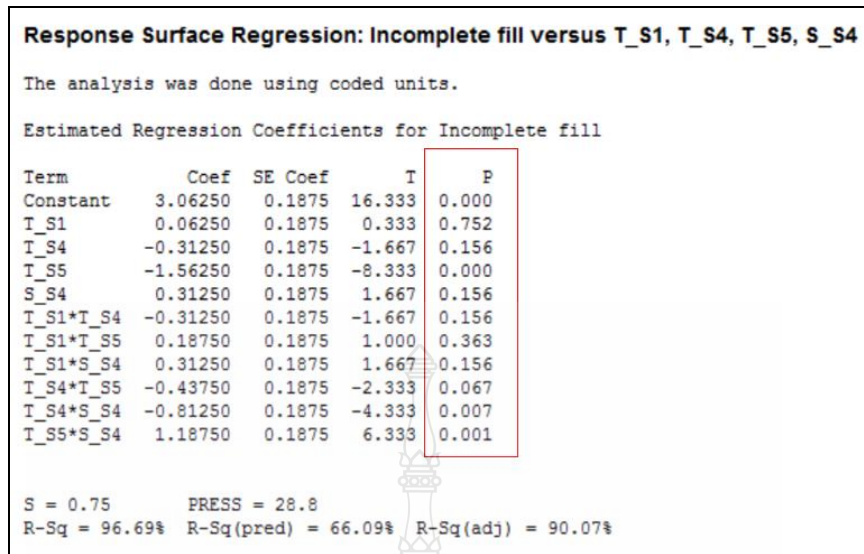
จากภาพที่ 4.27 แสดงเส้นกราฟปฏิสัมพันธ์ (Interaction plot) ระหว่างปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิดลวดล้ม พบว่าไม่มีปัจจัยหลักใด ๆ ที่ปฏิสัมพันธ์กันแล้วมีผลต่อการเกิดลวดล้ม

4.4.3.2 ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาลวดล้ม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติรูปที่ พบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิดปัญหางานโมลด์ไม่เต็มอย่างมีนัยสำคัญ คือ Time, Step#5 (T_S5) ซึ่งมีค่า P-Value น้อยกว่าค่า 0.05 และปัจจัยร่วมที่มีผลต่อการเกิดปัญหางานโมลด์ไม่เต็มอย่างมีนัยสำคัญ คือ [T_S4*S_S4] และ [T_S5*S_S4] ดังแสดงภาพที่ 4.28

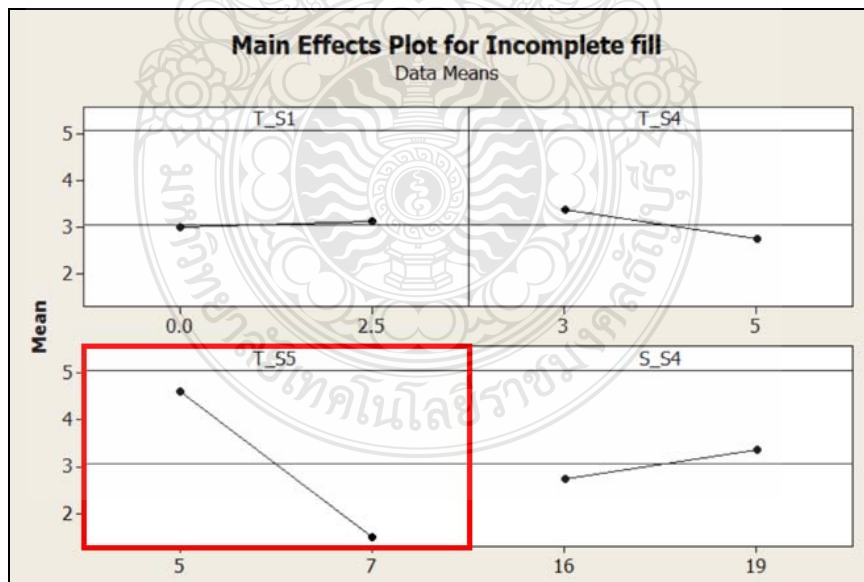
จากภาพที่ 4.28 จะได้สมการความสัมพันธ์ [Y =f(x)] ของโมลด์ไม่เต็มดังนี้

$$Y_{(\text{Incomplete fill})} = 3.062 - 0.312(T_S4) - 1.562(T_S5) + 0.312(S_S4) - 0.812(T_S4*S_S4) + 1.187(T_S5*S_S4)$$

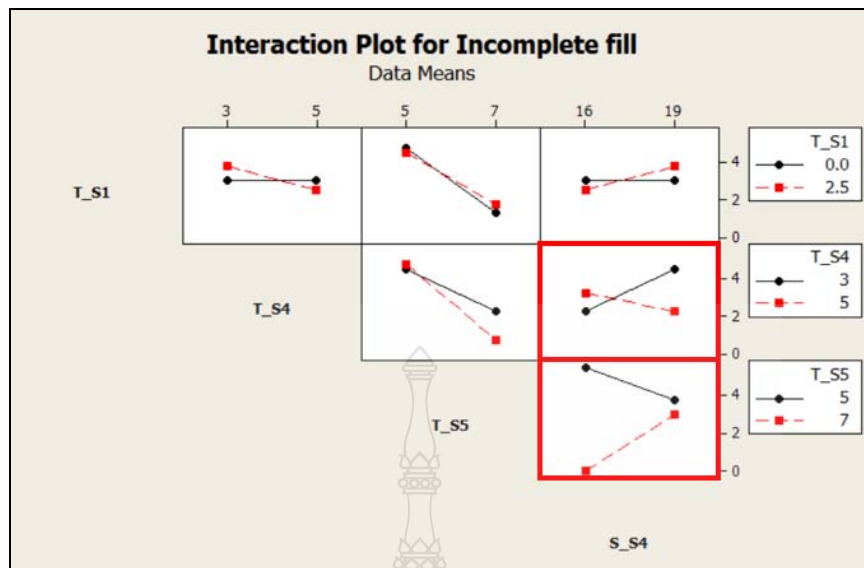


ภาพที่ 4.28 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหางาน โมลด์ไม่เต็ม

ภาพที่ 4.29 แสดงเส้นกราฟปัจจัยหลัก ที่มีผลต่อการเกิดปัญหาโมลด์ไม่เต็ม พบว่า เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 5 (T_S5) มีผลต่อการเกิดปัญหาโมลด์ไม่เต็ม โดย T_S5 = 7 วินาที เป็นค่าที่ส่งผลให้เกิดปัญหาโมลด์ไม่เต็มน้อยที่สุด



ภาพที่ 4.29 Main Effect plot ของปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาโมลด์ไม่เต็ม

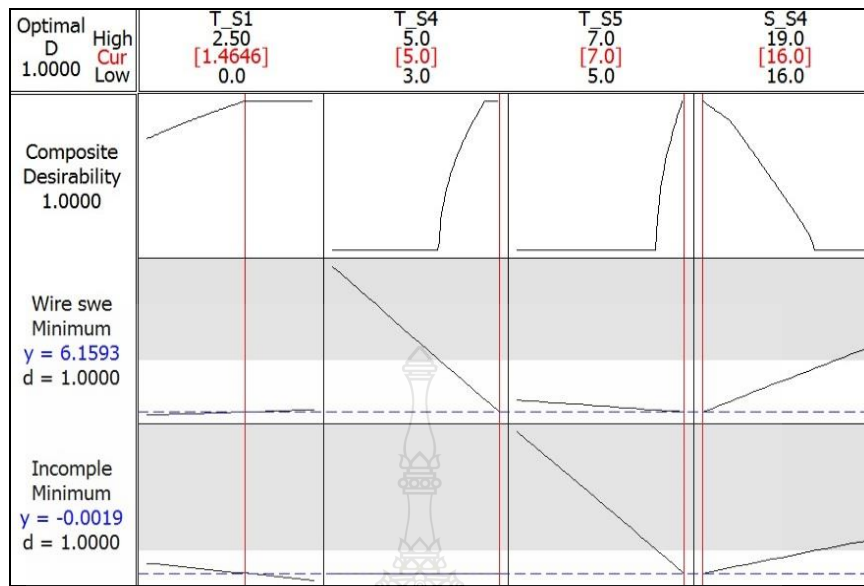


ภาพที่ 4.30 Interaction plot ของปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาโมลด์ไม่เต็ม

จากภาพที่ 4.30 แสดงเส้นกราฟปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิดปัญหาโมลด์ไม่เต็ม พบว่าเวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 ปฏิสัมพันธ์กับ ระยะทางในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 [T_S4*S_S4] มีผลร่วมทำให้เกิดปัญหาโมลด์ไม่เต็ม และเวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 5 ปฏิสัมพันธ์กับระยะทางในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 [T_S5*S_S4] มีผลร่วมทำให้เกิดปัญหาโมลด์ไม่เต็มเช่นกัน

4.4.3.3 การวิเคราะห์การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ จะได้ค่าพารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสม และสามารถลดการเกิดปัญหาลวดลิ่ม และ โมลด์ไม่เต็ม ดังแสดงในภาพที่ 4.31



ภาพที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์การหาค่าพารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสม

จากภาพที่ 4.31 ค่าพารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสมดังนี้

- เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 1 (T_S1) = 1.46 วินาที
- เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 (T_S4) = 5 วินาที
- เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 5 (T_S5) = 7 วินาที
- ระยะทางในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 (S_S4) = 16 มิลลิเมตร

ซึ่งจะได้โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่จะนำไปใช้ในการผลิตงาน แสดงดังภาพที่

4.32

| Transfer step profile | Total stroke = 23 mm | | | | | | |
|-----------------------|----------------------|---|---|----|----|----|----|
| Step | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Time (sec) | 1.5 | 0 | 1 | 5 | 7 | 0 | 0 |
| Stroke (mm) | 0 | 0 | 6 | 16 | 23 | 23 | 23 |
| Speed (mm/sec) | 0 | 0 | 6 | 2 | 1 | 0 | 0 |

หมายเหตุ : Time, Step#1 บัดจาก 1.46 เป็น 1.5 เนื่องจากโปรแกรมไม่สามารถใส่ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

ภาพที่ 4.32 โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสม

4.4.3.4 ทดลองซ้ำแล้วเปรียบเทียบผลการทดลอง

หลังจากได้ค่าพารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสมที่สุดแล้ว จากนั้นทำการทดลองซ้ำตามพารามิเตอร์ในภาพที่ 4.32 เพื่อทำการเปรียบเทียบ ค่าลวดลึ้มและจำนวนของเสียของงานโมลด์ไม่เต็มกับพารามิเตอร์เดิม ซึ่งไม่พบของเสียทั้งสองประเภทในการทดลองซ้ำด้วยโมลด์พารามิเตอร์ใหม่และจากการเปรียบเทียบข้อมูลค่าลวดลึ้ม พบว่าค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 1.84 ดังแสดงในภาพที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบจำนวนงานเสีย และค่าลวดลึ้ม

| Lot Detail | Qty In | Defective | | | | | | | |
|---|-----------|--------------|------|------|------|--------|--------------------|-----------------|----------------|
| | | % Wire sweep | | | | Reject | Incomplete fill | Chip package | Lead Damage |
| | | Max | Mean | SD | Cpk | | | | |
| 1. จำนวนงานรวมที่ผลิตในช่วงเดือน ส.ค.-ก.ย. 57 | 11840 | 15.4 | 9.28 | 2.41 | 0.1 | 54 | 75 | 47 | 4 |
| 2. งานทดลอง new parameter | 1600 | 6.3 | 3.46 | 1.14 | 1.84 | 0 | 0 | 0 | 0 |



โมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบัน

โมลด์พารามิเตอร์ใหม่

ภาพที่ 4.33 เปรียบเทียบลักษณะของปัญหางาน โมลด์ไม่เต็มระหว่างโมลด์พารามิเตอร์ใหม่และปัจจุบัน

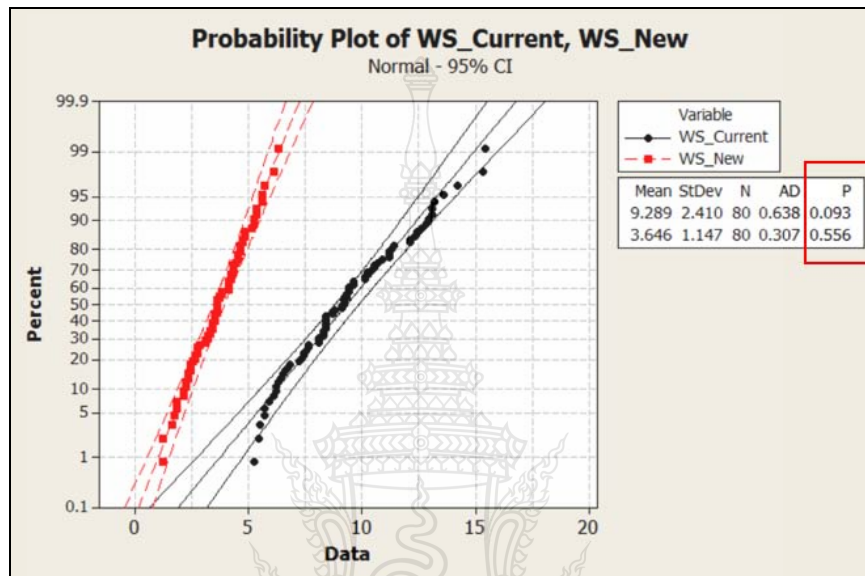


โมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบัน

โมลด์พารามิเตอร์ใหม่

ภาพที่ 4.34 เปรียบเทียบลักษณะของปัญหาลวดลึ้มระหว่างโมลด์พารามิเตอร์ใหม่และปัจจุบัน

ทำการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมของงานที่ใช้โมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่ พบว่าข้อมูลค่าลวดลัมที่วัดได้ทั้งสองมีการแจกแจงแบบปกติเนื่องจากมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 โดยข้อมูลลวดลัมโมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันมีค่าเท่ากับ P-Value เท่ากับ 0.093 และข้อมูลลวดลัมโมลด์พารามิเตอร์ใหม่มีค่า P-Value เท่ากับ 0.556 ดังแสดงในภาพที่ 4.35



ภาพที่ 4.35 เปรียบเทียบผลการทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่างโมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่

ทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่างโมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่ โดยใช้ 2-Sample t-test ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

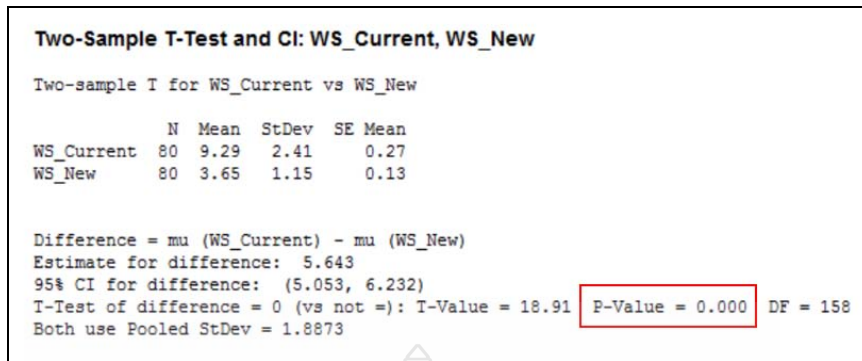
H_0 : ข้อมูลลวดลัมของโมลด์พารามิเตอร์เก่า แตกต่างกับ

ข้อมูลลวดลัมของโมลด์พารามิเตอร์ใหม่

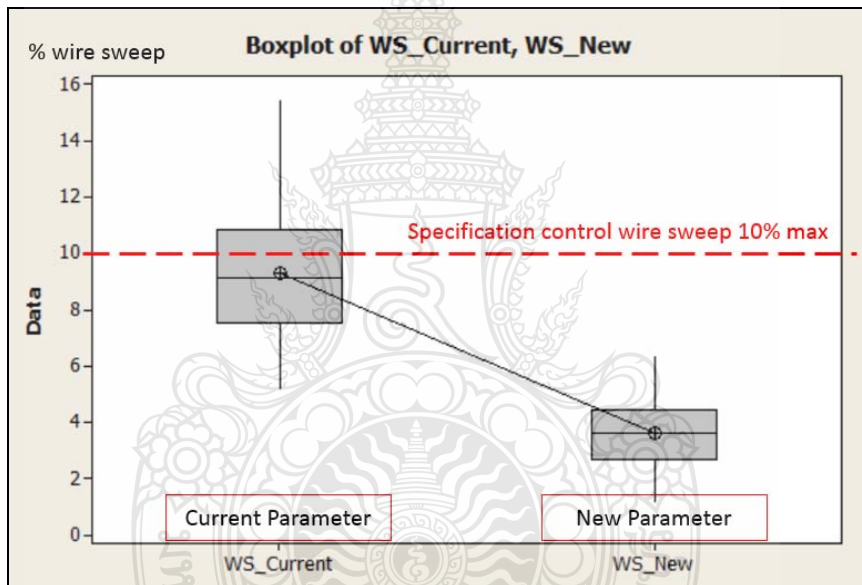
H_1 : ข้อมูลลวดลัมของโมลด์พารามิเตอร์เก่า ไม่แตกต่างกับ

ข้อมูลลวดลัมของโมลด์พารามิเตอร์ใหม่

ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลลวดลัมของโมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 4.36

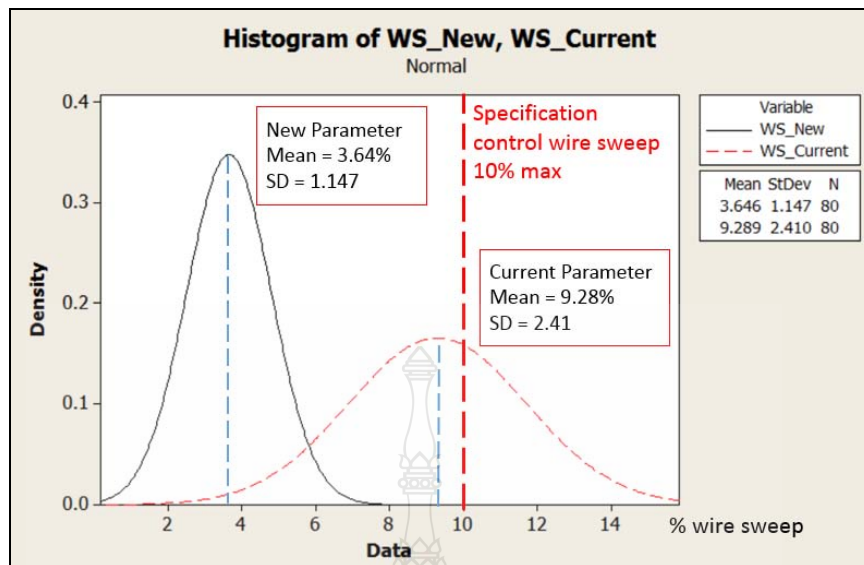


ภาพที่ 4.36 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่างโมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่



ภาพที่ 4.37 Box plot แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่างโมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่

จากภาพที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่างโมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่ด้วย Box plot พบว่าข้อมูลค่าลวดลัมของโมลด์พารามิเตอร์ใหม่จะมีค่าอยู่ในข้อกำหนด คือ ต่ำกว่า 10% โดยข้อมูลเกาะกลุ่มกันและมีค่าน้อยกว่าค่าลวดลัมของโมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบัน



ภาพที่ 4.38 Histogram แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่างโมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่

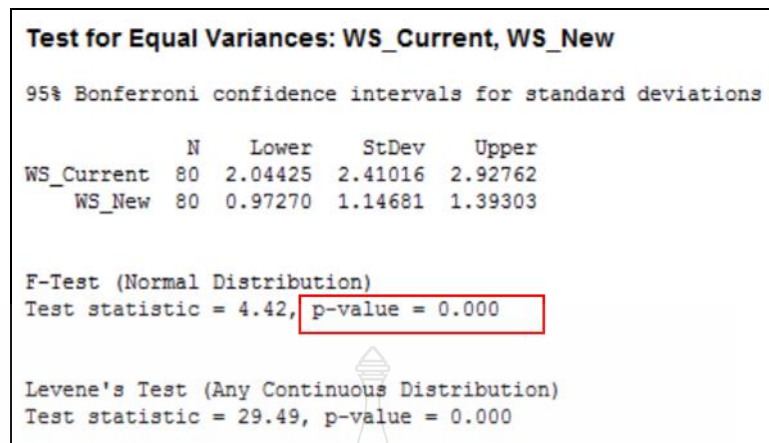
จากภาพที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่างโมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่ด้วย Histogram พบว่าข้อมูลค่าลวดลัมของโมลด์พารามิเตอร์ใหม่จะมีค่าอยู่ภายในข้อกำหนดคือต่ำกว่า 10% มีค่า Mean ของลวดลัม อยู่ที่ 3.6% และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.147 ซึ่งน้อยกว่าของโมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบัน คือ 9.28% และ 2.41 ตามลำดับ

ทดสอบสมมุติฐานเปรียบเทียบความแปรปรวนของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมระหว่างโมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่โดยใช้ F-test ซึ่งมีสมมุติฐานดังนี้

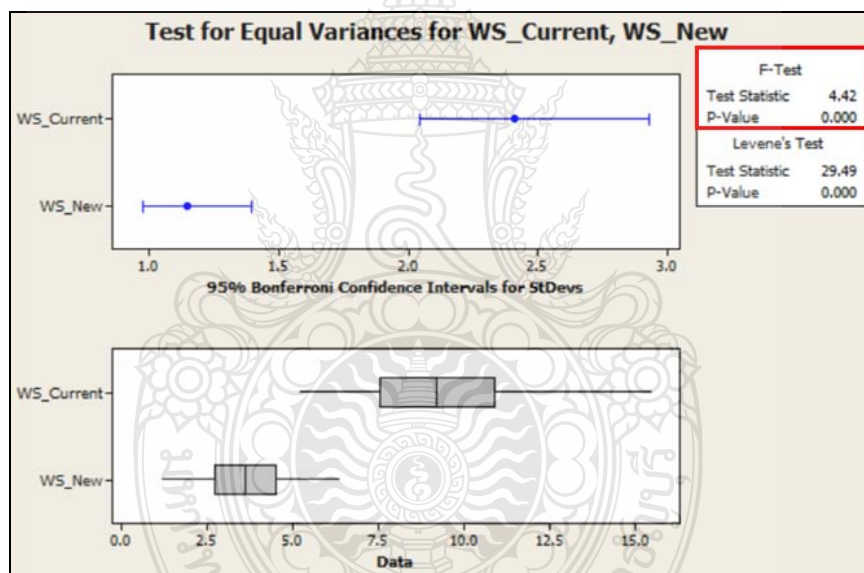
H_0 : ความแปรปรวนของข้อมูลลวดลัมจากโมลด์พารามิเตอร์เก่า แตกต่าง
กับความแปรปรวนของข้อมูลลวดลัมจากโมลด์พารามิเตอร์ใหม่

H_1 : ความแปรปรวนของข้อมูลลวดลัมจากโมลด์พารามิเตอร์เก่า ไม่แตกต่าง
กับความแปรปรวนของข้อมูลลวดลัมจากโมลด์พารามิเตอร์ใหม่

ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนของข้อมูลการวัดค่าลวดลัมของโมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 4.39 และข้อมูลการวัดค่าลวดลัมของโมลด์พารามิเตอร์ใหม่มีค่าความแปรปรวนน้อยกว่า ดังแสดงในภาพที่ 4.40

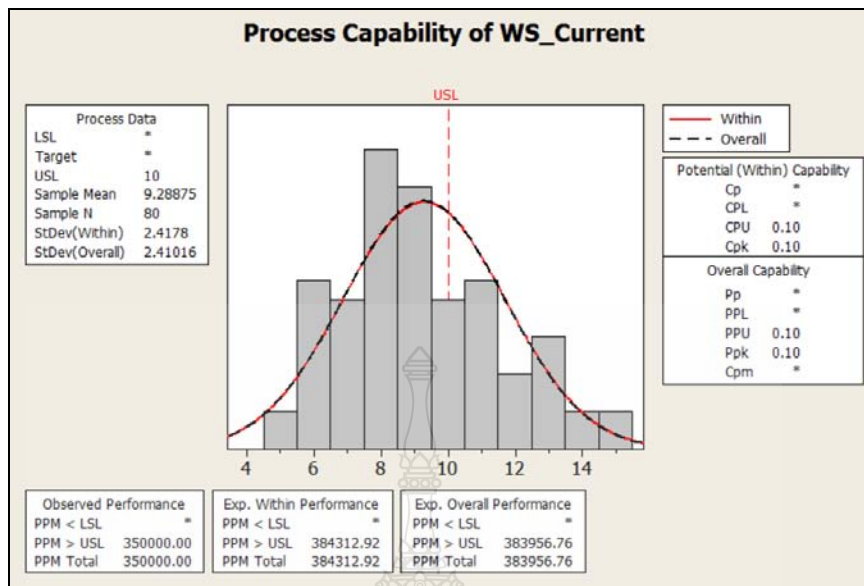


ภาพที่ 4.39 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแปรปรวนแปรของข้อมูลการวัดค่าคลด้มระหว่าง โมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่

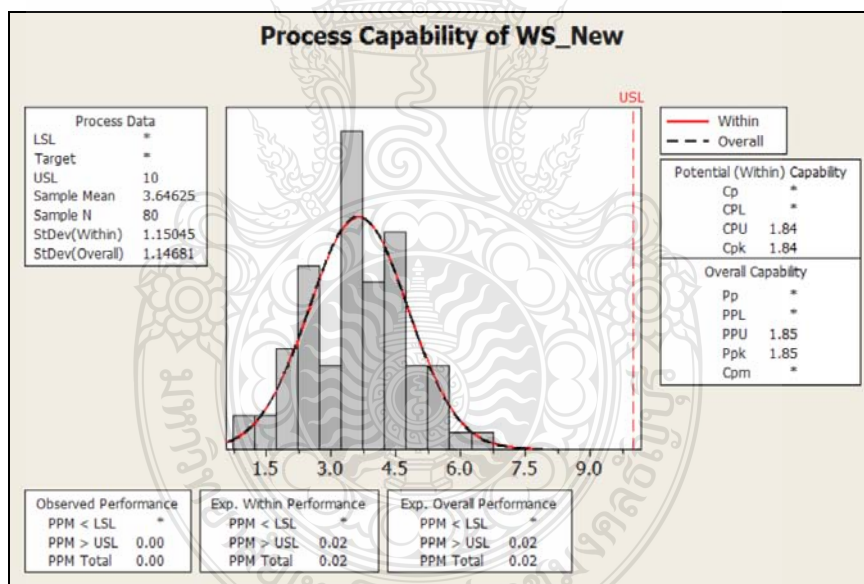


ภาพที่ 4.40 เปรียบเทียบความแปรปรวนแปรของข้อมูลการวัดค่าคลด้มระหว่าง โมลด์พารามิเตอร์ ปัจจุบันและใหม่

ภาพที่ 4.41 และ 4.42 เปรียบเทียบค่าความสามารถของกระบวนการของข้อมูลการวัดค่า คลด้มระหว่าง โมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบันและใหม่ พบว่าค่าความสามารถของกระบวนการ โมลด์ พารามิเตอร์ปัจจุบัน มีค่าเท่ากับ 0.1 และค่าความสามารถของกระบวนการของ โมลด์พารามิเตอร์ใหม่ มีเพิ่มขึ้นค่าเท่ากับ 1.84 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 1.67



ภาพที่ 4.41 ความสามารถของกระบวนการของค่าลวดลัม (โมลด์พารามิเตอร์ปัจจุบัน)



ภาพที่ 4.42 ความสามารถของกระบวนการของค่าลวดลัม (โมลด์พารามิเตอร์ใหม่)

4.4.4 ปรับใช้และตรวจสอบคุณภาพ

ในขั้นตอนนี้จะนำพารามิเตอร์ที่ได้ไปปรับใช้ ตรวจสอบคุณภาพและบันทึกจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ โดยในตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลการเกิดของเสียก่อนปรับปรุงกระบวนการ คือ ช่วงเดือนสิงหาคมและกันยายน 2557 เปรียบเทียบกับข้อมูลการเกิดของเสียหลังปรับปรุง

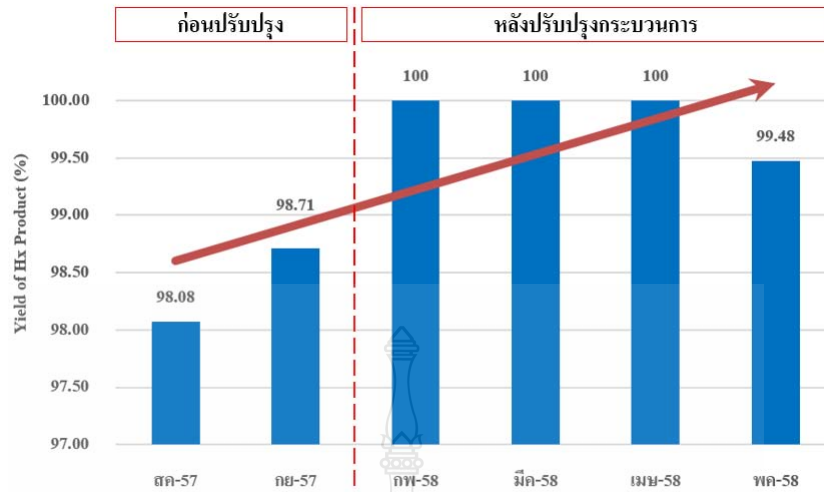
กระบวนการโดยเริ่มบันทึกผลตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2528 จนถึง พฤษภาคม 2528 ผลปรากฏว่า ไม่พบของเสียที่เกิดจากปัญหาลวดลัม และ โมลด์ไม่เต็มหลังปรับปรุงกระบวนการ ในด้านของค่าลวดลัมที่วัดได้ต่ำกว่าข้อกำหนด คือ 10% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณได้ก็ลดลงต่ำกว่าก่อนปรับปรุงกระบวนการ

ตารางที่ 4.8 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก

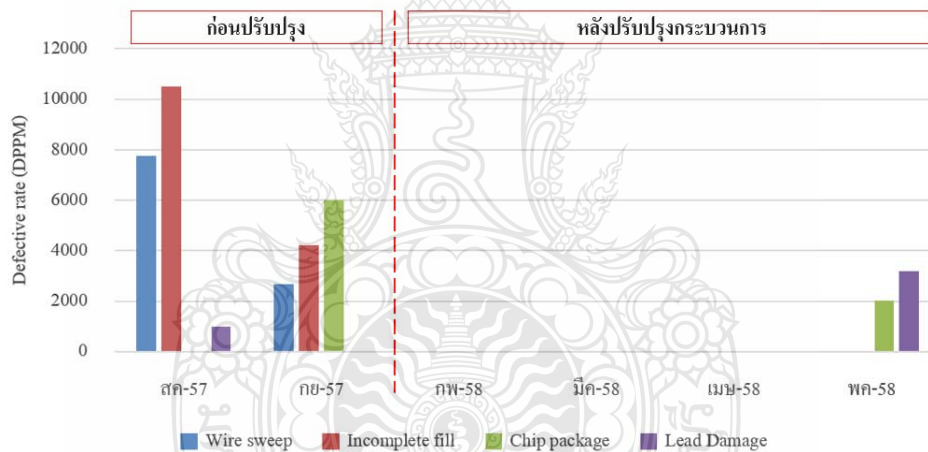
| Month | Pkg Type | Lot No | Qty In | Defective | | | | | | |
|----------|-------------|-----------|-----------|--------------|-------|------|--------|--------------------|-----------------|----------------|
| | | | | % Wire sweep | | | Reject | Incomplete fill | Chip package | Lead Damage |
| | | | | Max | Mean | SD | | | | |
| ศค-57 | Hx-54 | ASC1462 | 4000 | 15.4 | 10.38 | 1.97 | 31 | 42 | 0 | 4 |
| กย-57 | Hx-50 | ASC1467 | 640 | 15.3 | 8.55 | 2.57 | 7 | 5 | 0 | 0 |
| กย-57 | Hx-50 | ASC1482 | 4000 | 14.2 | 8.92 | 2.73 | 9 | 17 | 0 | 0 |
| ก.ย.-57 | Hx-50 | ASC1483 | 3200 | 13.6 | 9.3 | 2.05 | 5 | 11 | 47 | 0 |
| ก.พ.-58 | Hx-50 | ASC1507 | 6500 | 4.2 | 3.44 | 0.58 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| มี.ค.-58 | Hx-50 | ASC1509-1 | 8000 | 3.5 | 2.92 | 0.37 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| มี.ค.-58 | Hx-50 | ASC1509-2 | 3400 | 4.1 | 3.36 | 0.56 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| มี.ค.-58 | Hx-50 | ASC1510-1 | 8000 | 3.5 | 2.8 | 0.62 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| มี.ค.-58 | Hx-50 | ASC1510-2 | 7000 | 3.3 | 2.88 | 0.41 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| เม.ย.-58 | Hx-60 | ASC1550 | 2000 | 4.5 | 3.38 | 0.79 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| พ.ค.-58 | Hx-54 | ASC1566 | 5000 | 3.3 | 2.9 | 0.34 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| พ.ค.-58 | Hx-54 | ASC1567 | 2200 | 4.4 | 3.54 | 0.82 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| พ.ค.-58 | Hx-54 | ASC1568 | 2625 | 4.9 | 3.78 | 0.93 | 0 | 0 | 51 | 0 |
| พ.ค.-58 | Hx-54 | ASC1576 | 5250 | 5.2 | 3.44 | 1.09 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| พ.ค.-58 | Hx-54 | ASC1577 | 2500 | 4.7 | 3.54 | 0.96 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| พ.ค.-58 | Hx-54 | ASC1581 | 5000 | 5.4 | 4.12 | 1.12 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| พ.ค.-58 | Hx-54 | ASC1582 | 2500 | 4.3 | 3.4 | 0.94 | 0 | 0 | 0 | 0 |

หมายเหตุ : เดือน ตค-พย, 57 ไม่มีการผลิตงาน, : เดือน ธค 57 ถึง มีค, 58 ส่ง Mold ไปแก้ไขที่ต่างประเทศ

ภาพที่ 4.43 แสดง Yield ของผลิตภัณฑ์ Hx ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งหลังปรับปรุงกระบวนการ Yield ของผลิตภัณฑ์ Hx มีแนวโน้มที่สูงขึ้น โดยในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน Yield ของผลิตภัณฑ์ Hx มีค่าเท่ากับ 100% และ เดือนพฤษภาคมพบปัญหา Chip package และ Lead Damage จึงทำให้ Yield ของผลิตภัณฑ์ Hx ลดลงเท่ากับ 99.48% แต่ไม่ได้เป็นผลมาจากการปรับใช้โมลด์พารามิเตอร์ใหม่



ภาพที่ 4.43 แสดง Yield ของผลิตภัณฑ์ Hx ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ



ภาพที่ 4.44 เปรียบเทียบอัตราการเกิดของเสีย (DPPM) ของผลิตภัณฑ์ Hx ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ

จากภาพที่ 4.44 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเกิดของเสีย (DPPM) ของผลิตภัณฑ์ Hx ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งหลังปรับปรุงกระบวนการไม่พบของเสียประเภทลวดล้มและโมลต์ไม่เต็ม

4.5 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

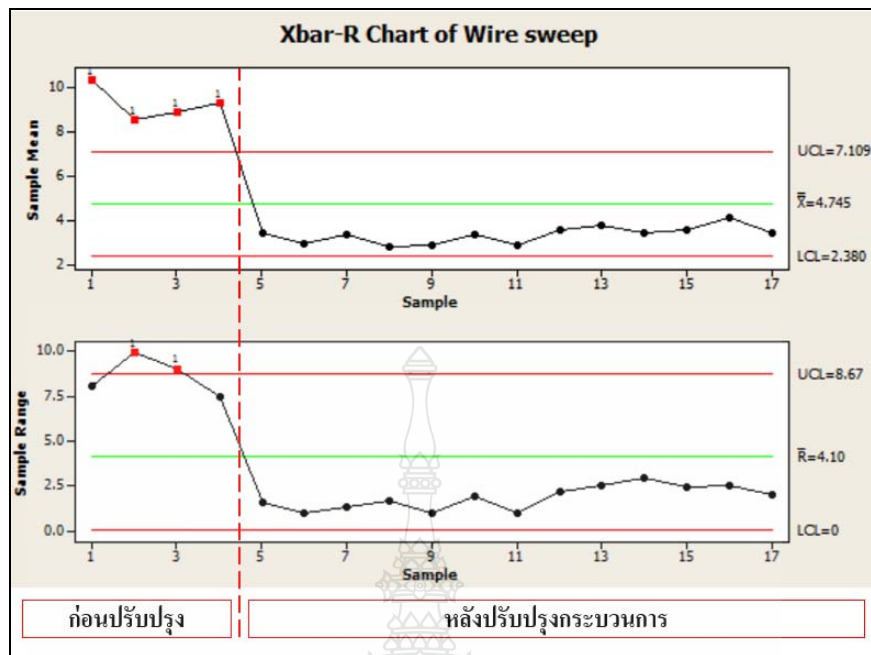
ในขั้นตอนนี้จะเป็นการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหา ลวดล้ม และ โมลด์ไม่เต็ม ก็คือ โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ ซึ่งได้ถูกปรับปรุงไม่ให้เกิดปัญหาดังกล่าว เพื่อเป็นการรักษา ระดับของคุณภาพและป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นอีก จึงต้องทำการปรับปรุงในส่วนของเอกสารและ ข้อกำหนดเพื่อให้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน โดยจะทำการปรับปรุงเอกสารในส่วนของข้อกำหนด ของโมลด์พารามิเตอร์(ภาพที่ 4.45) และ FMEA (ภาพที่ 4.46) เพื่อให้พนักงานและช่างเทคนิคสามารถ ตรวจสอบและปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ให้เป็นไปตามข้อกำหนด และทำการบันทึกลงใน Log Sheet นอกจากนี้ในส่วนของข้อบกพร่องลวดล้ม จะใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ (ภาพที่ 4.47) ในการตรวจสอบ ความแปรปรวนของกระบวนการ และใช้แผนภูมิควบคุม P (ภาพที่ 4.48) ในการตรวจสอบของเสีย ประเภท โมลด์ไม่เต็ม ซึ่งพบว่าค่าลวดล้มและจำนวนของเสียโมลด์ไม่เต็มอยู่ในการควบคุม

| | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|-------|-------|
| | | STATION INSTRUCTION DOCUMENT | | SPEC. NO. : #JZV-FZ-S04-MD01 | | | |
| STATION INSTRUCTION DOCUMENT | | | | | | | |
| SID # Hx_PRO_CEL8240 | | | | | | | |
| M/C TYPE | GP-Pro SP | | | | | | |
| PKG | Hx (All) | | | | | | |
| Receipt name | Hx-PRO-CEL8240 | | | | | | |
| Compound | CEL8240 Size : 14 x 5.0 g | | | | | | |
| Machine Set Value Monitor | | | | | | | |
| | Setting | Lower | Upper | Unit | | | |
| 1. L/F Expansion time | 0-10 | - | - | Sec | | | |
| 2. L/F pre-heat time | 30 | - | - | Sec | | | |
| 3. Preheater (at controller) | 150 | 140 | 160 | °C | | | |
| 4. Upper Mold Temp | 180 | 177 | 183 | °C | | | |
| 5. Lower Mold Temp | 180 | 177 | 183 | °C | | | |
| 6. Soft Clamp Pressure | 3 | 1 | 5 | Ton | | | |
| 7. Clamp Force | 90 | 80 | 100 | Ton | | | |
| 8. Plunger Press | 60 | 50 | 70 | kg/cm ² | | | |
| 9. Transfer Time | 13 | 11 | 15 | Sec | | | |
| 10. Cure Time (Molding) | 60 | - | - | Sec | | | |
| 11. WorkAir Blow time | 0-10 | - | - | Sec | | | |
| 12. Cleaning shot counter | 500 | - | - | Shots | | | |
| 13. L/F Jumping Protect Time | 0-10 | - | - | Sec | | | |
| 14. Compound preheat time | 1.5 | 0 | 2.5 | Sec | | | |
| Transfer Step Control | | | | | | | |
| Step | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Time | 1.50 | 0.00 | 1.00 | 5.00 | 7.00 | 0.00 | 0.00 |
| Stroke | 0.00 | 2.00 | 6.00 | 16.00 | 23.00 | 23.00 | 23.00 |
| Speed | 0.00 | 0.00 | 6.00 | 2.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| PGR | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |

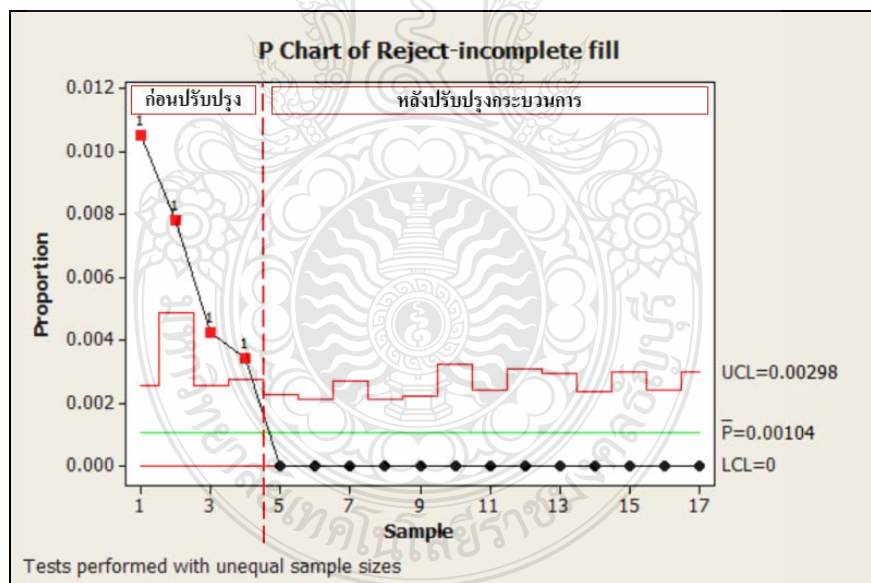
ภาพที่ 4.45 แสดงเอกสารข้อกำหนดของโมลด์พารามิเตอร์ที่ปรับปรุงแล้ว

| TITLE : DFMEA-APB INNOVATION- Sensor | | FORM : A DATE : 2009-01-19 | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--------------------------------|-----|----|----|---|---------------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|
| FMEA SPEC NO. : JZV-FZ-890-60xx | | SPEC : JZV-FZ-894-3042 | | | | | | | | | | | |
| REV. : - | | DATE : 3/13/2015 | | | | | | | | | | | |
| PREPARED BY : Chayathorn S. | | APPROVED BY : Bodin K. | | | | | | | | | | | |
| CORE TEAM MEMBER : Ekapong, Panya, Jakke, Watcharapol, Phairoj, | | PRODUCT TYPE : Hx | | | | | | | | | | | |
| | | FMEA ORIGINAL DATE : 5/6/2014 | | | | | | | | | | | |
| Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | SEV | OC | DC | CC | Current Design Controls | Error Proofing Level | Recommended Action (s) | Error Proofing Level | Responsibility | Target Completion Date | Action Results |
| Requirements | | | | | | | | | | | | | |
| Molding (GP mold-pro) | Incomplete fill, Void | Low yield, reliability fail | 8 | 3 | 3 | 3 | Buy-off process & inspection training | x | Optimize mold parameter | x | Panya / Inovation | W/W 1450 | optimize transfer step profile |
| | Wire sweep | Low yield, reliability fail | 8 | 3 | 3 | Buy-off process & inspection training | Buy-off process & inspection training | x | Optimize mold parameter | x | Panya / Inovation | W/W 1450 | optimize transfer step profile |
| Deflashing | Flash at lead | Low yield, reliability fail | 6 | 4 | 4 | Optimize para | Supplier deflash process | x | | | | | |
| | | | | | | | FAI, Incoming inspection | | | | | | |
| Laser Mark | Illegible mark position | Low yield | 6 | 4 | 4 | Optimize para, fire-tuning before release | Cannot read 2D | x | | | | | |

ภาพที่ 4.46 แสดงเอกสาร FMEA ที่ปรับปรุงแล้ว



ภาพที่ 4.47 แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ ของค่าลวดลัดก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ



ภาพที่ 4.48 แผนภูมิควบคุม P ของการตรวจสอบของเสียโมลด์ไม่เต็มก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในสภาวะปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตแผงวงจรรวมมีการแข่งขันค่อนข้างสูงทั้งในด้านราคา และคุณภาพ การปรับปรุงและลดของเสียในกระบวนการผลิตจึงเป็นกลยุทธ์ที่ถูกนำมาใช้เพื่อลดต้นทุนที่เกิดจากของเสียในกระบวนการและเป็นการเพิ่มคุณภาพให้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งกรณีศึกษานี้ได้ศึกษาการลดอัตราการเกิดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก คือ ลวดลัมและ โมลด์ไม่เต็ม โดยนำเอาวิธีการซิกส์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ

- เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย ประเภทลวดลัมและ โมลด์ไม่เต็มที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก

- เพื่อลดอัตราการเกิดของเสีย ประเภทลวดลัมและ โมลด์ไม่เต็มที่เกิดจากกระบวนการฉีดพลาสติกให้ลดลงอย่างน้อยร้อยละ 80 จากจำนวนของเสียในปัจจุบัน

5.1.1 สรุปผลการศึกษาและวิจัย

5.1.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาลวดลัมและ โมลด์ไม่เต็ม อย่างมีนัยสำคัญ คือ พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ไม่เหมาะสม ซึ่งแบ่งออกเป็นพารามิเตอร์ส่วนที่มีผลต่อการเกิดปัญหาลวดลัมและงาน โมลด์ไม่เต็ม ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และ 5.2

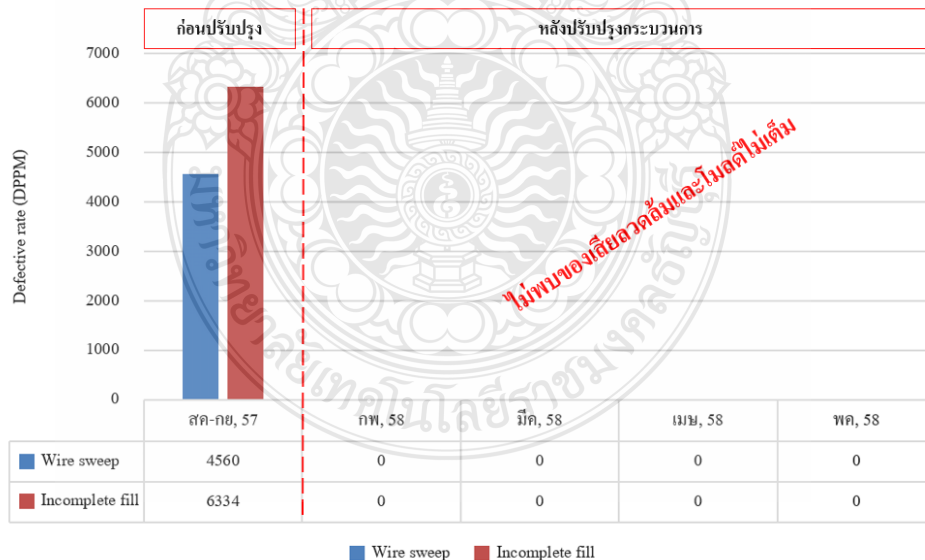
ตารางที่ 5.1 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาลวดลัม

| Main effect | Interaction effect | คำอธิบาย |
|-------------|--------------------|--|
| 1. T_S4 | - | เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 |
| 2. S_S4 | - | ระยะทางในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 |

ตารางที่ 5.2 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาโมลด์ไม่เต็ม

| Main effect | Interaction effect | คำอธิบาย |
|-------------|--------------------|---|
| 1. T_S5 | - | เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 5 |
| - | 1. [T_S4]*[S_S4] | เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 ปฏิสัมพันธ์กับ ระยะทางในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 |
| - | 2. [T_T5]*[S_S4] | เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 5 ปฏิสัมพันธ์กับ ระยะทางในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 |

5.1.1.2 จากการหาค่าโมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสมและนำไปปรับใช้ ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่า หลังจากนำโมลด์พารามิเตอร์ใหม่ไปปรับใช้ สามารถทำให้ปัญหาลวดล้ม ซึ่งมีจำนวนของเสีย 4560 DPPM และงาน โมลด์ไม่เต็ม ซึ่งมีจำนวนของเสีย 6334 DPPM ลดลงเหลือ 0 DPPM หรือ ลดลงร้อยละ 100 ของจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น ณ ปัจจุบัน ซึ่งมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ ดังแสดงในภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 เปรียบเทียบจำนวนของเสียลวดล้มและ โมลด์ไม่เต็มก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ

5.1.1.3 สามารถลดต้นทุนที่เกิดจากของเสียในกระบวนการผลิต (cost of poor quality) คิดเป็น 39,800 USD/ปี (ในปี พ.ศ. 2558) และ 111,440 USD/ปี (ในปี พ.ศ. 2559)

5.1.2 สรุปผลการดำเนินการวิจัย

จากการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่าในการลดการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต สามารถสรุปผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

5.1.2.1 สรุปการดำเนินงานการวิจัยในขั้นตอนการระบุปัญหา

จากข้อมูลพบว่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติกที่มีค่า DPPM สูงสุด 2 อันดับแรก คือ ลวดลัม (wire sweep) และ โมลด์ไม่เต็ม (Incomplete fill) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4560 DPPM และ 6334 DPPM ตามลำดับ ส่งผลให้เสียเวลาในการตรวจสอบ คัดแยกของเสียและส่งงานให้ลูกค้าล่าช้า ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้เลือกสองประเด็นปัญหานี้มาทำการแก้ไข

5.1.2.2 สรุปการดำเนินงานการวิจัยในขั้นตอนการวัด

จากการศึกษาระบบการวัด Gage R&R และ Gage Attribute พบว่าค่าความแปรปรวนแปรของระบบการวัดทั้งสองผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด และความสามารถของกระบวนการฉีดพลาสติกในส่วนของลวดลัม มีค่า Cpk เท่ากับ 0.1 น้อยกว่าค่าที่กำหนดคือ 1.67

5.1.2.3 สรุปการดำเนินงานการวิจัยในขั้นตอนการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์ โดยใช้ Why-Why Diagram และประยุกต์ใช้ FMEA ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุการเกิดของปัญหา พบว่าสาเหตุของการเกิดปัญหาลวดลัมและงานโมลด์ไม่เต็ม ที่มีค่า RPN สูงสุด เท่ากับ 168 คือ “โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ไม่เหมาะสม” จึงทำการเลือกประเด็นปัญหานี้มาทำการทดสอบและปรับปรุงในขั้นตอนของการปรับปรุง

5.1.2.4 สรุปการดำเนินงานการวิจัยในขั้นตอนการปรับปรุง

จากการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าโมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสม จะได้ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาทั้งสองประเภทอย่างมีนัยสำคัญดังแสดงในตารางที่ 5.1 และ 5.2 จากนั้นนำไปปรับใช้ พบว่าสามารถลดการเกิดของเสียลวดลัม และ โมลด์ไม่เต็ม ลงเหลือ 0 DPPM จาก 4560 DPPM และ 6334 DPPM ตามลำดับ ซึ่งโมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสมแสดงในภาพที่ 5.2

| Transfer step profile | Total stroke = 23 mm | | | | | | |
|-----------------------|----------------------|---|---|----|----|----|----|
| Step | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Time (sec) | 1.5 | 0 | 1 | 5 | 7 | 0 | 0 |
| Stroke (mm) | 0 | 0 | 6 | 16 | 23 | 23 | 23 |
| Speed (mm/sec) | 0 | 0 | 6 | 2 | 1 | 0 | 0 |

ภาพที่ 5.2 โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสม

5.1.2.5 สรุปการดำเนินงานการวิจัยในขั้นตอนการควบคุม

ทำการปรับปรุงเอกสารข้อกำหนดในการใช้โมลด์พารามิเตอร์ และ FMEA เพื่อให้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานของพนักงานและช่างเทคนิคในการตรวจสอบและปรับตั้งค่าโมลด์พารามิเตอร์และตรวจติดตามคุณภาพงาน โดยใช้ Control Chart

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย

จากการนำวิธีการซิกส์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในการลดของเสียของกระบวนการฉีดพลาสติก ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาลวดล้มและโมลด์ไม่เต็มอย่างมีนัยสำคัญ คือ โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ไม่เหมาะสม และจากการออกแบบการทดลอง (DOE) จะได้ค่าโมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสม คือ เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 1 เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 และเวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 5 มีค่าเท่ากับ 1.5, 5 และ 7 วินาที ตามลำดับ และระยะทางในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 16 มิลลิเมตร

จากผลการทดลองพบว่าสามารถลดอัตราการเกิดของเสียจากปัญหาลวดล้ม และโมลด์ไม่เต็ม โดยลดลงจาก 4560 DPPM และ 6334 DPPM ลงเหลือ 0 DPPM คิดเป็น ร้อยละ 100 ซึ่งมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ สามารถปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ของปัญหาลวดล้มจาก 0.1 เพิ่มขึ้นเป็น 1.84 และสามารถลดต้นทุนที่เกิดจากของเสียในกระบวนการผลิต (cost of poor quality) คิดเป็น 39,800 USD/ปี (ในปี พ.ศ. 2558) และ 111,440 USD/ปี (ในปี พ.ศ. 2559) แสดงให้เห็นว่าการใช้ซิกส์ ซิกมาในการปรับปรุงกระบวนการฉีดพลาสติกเป็นวิธีการที่มีประสิทธิผลซึ่งสอดคล้องกับงานของสมยศ วงศ์น้อย (2555) และพโยม เหลือแก้ว (2555)

5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้ซิกส์ ซิกม่ากับผลิตภัณฑ์ใหม่ และเป็นการแก้ปัญหาในเชิงเทคนิค ซึ่งค่อนข้างซับซ้อน จึงทำให้เห็นว่าในขั้นตอนการวิเคราะห์การระดมสมองจากทีมผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านและข้อมูลลักษณะการเกิดของปัญหาเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะจะทำให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ครอบคลุมทุกด้าน ตรงประเด็น ทำให้สามารถวางแผนการทดลองที่มีประสิทธิภาพ และส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการทดลองสั้นลง

ผลิตภัณฑ์ Hx ยังทำการผลิตภายใต้การควบคุมของวิศวกร เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ดังนั้นยังคงต้องทำการตรวจสอบและเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในระยะแรก หลังจากที่ผลิตภัณฑ์ถูกถ่ายโอนให้ฝ่ายผลิตเป็นผู้ทำการผลิตงาน เพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่เกิดปัญหาขึ้นอีกในอนาคต



บรรณานุกรม

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2547). การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ. กรุงเทพมหานคร:
เทคนิคอล แอป โพรซ เคนันเซลลิ่ง แอนด์ เทรนนิง จำกัด.
- จักริน ยิ้มย่อง. (2555). การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า.
กรณีศึกษา บริษัท เส้นด้ายเทคโนโลยีส์ (ไทย) จำกัด. (การค้นคว้าอิสระ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).
- ณัฐพันธุ์ เขจรนันท์ และคณะ. (2548). คู่มือปฏิบัติ Six Sigma เพื่อสร้างความเป็นเลิศในองค์กร
(พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพมหานคร: เอ็กซ์เปอร์เนท จำกัด.
- พโยม เหลือแก้ว. (2555). การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวดโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า.
(การค้นคว้าอิสระปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).
- เขาวานภู ศรีวิชัย และ รุ่งฉัตร ชมภูอินไหว. (2554). การลดข้อบกพร่องบนพื้นงานในกระบวนการ
ผลิตลวดดาบโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า. วิศวกรรมสาร มช, 38(4), 373-383.
- วัลย์พร เหมโส และ ระพี กาญจนะ. (2553). การลดของเสียจากกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์โดย
การประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลธัญบุรี).
- ศุภชัย นาทะพันธ์. (2551). การควบคุมคุณภาพ Quality Control. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น
จำกัด (มหาชน).
- สมยศ วงษ์น้อย. (2555). การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการฉีดพลาสติกด้วยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า:
กรณีศึกษาบริษัทโคยูโย-โอเค (ประเทศไทย) จำกัด. (การค้นคว้าอิสระ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).
- สิทธิศักดิ์ พุกขะปิติกุล. (2548). การพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดด ด้วยวิธี Six Sigma
(พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: ศ.ส.ท.
- อาร์ คาวานาช, อาร์ นีแมน, และ พี เพนเด. (2548). เส้นทางสู่ Six Sigma. กรุงเทพมหานคร:
พิมพ์ที่ออป จำกัด.
- Kundi, O. H. K. (2005). A Study of Six Sigma Implementation and Critical Success Factors.
Pakistan 9th International Convention on Quality Improvement, Karachi: Pakistan.
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Pfund, M. E. (2011). **Managing, Controlling, and
Improving Quality**. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, Inc.

ประวัติผู้เขียน

| | |
|----------------------|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นายปัญญา ลองนิต |
| การศึกษา | ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า-ไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2545 |
| ประสบการณ์ในการทำงาน | วิศวกร บริษัท เซอร์คิทีอิเล็กทรอนิกส์อินครัสตรีส์ (มหาชน) จำกัด พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2554 วิศวกร บริษัท ฮานาเซมิคอนดักเตอร์ (อยุธยา) จำกัด พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2557 |
| อาชีพปัจจุบัน | วิศวกรอาวุโส |
| สถานที่ทำงาน | บริษัท เอ็นเอ็กซ์พี แมนูแฟคเจอร์ริง (ไทยแลนด์) จำกัด 303 หมู่ 3 ถนนแจ้งวัฒนะ เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210 |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | 42/1 หมู่ 4 ตำบลบึงขัง อำเภोधัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12130 |

