การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม ด้วยหลักการของซิกส์ ซิกม่า : กรณีศึกษา ชิ้นงาน Oil Seal Case

PROCESS IMPROVEMENT FOR ALUMINIUM DIE CASTING BY SIX SIGMA TECHNIQUE: A CASE STUDY OF OIL SEAL CASE

ธเนส เหล่าเขตกิจ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
คณะบริหารธุรกิจ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม ด้วยหลักการของซิกส์ ซิกม่า : กรณีศึกษา ชิ้นงาน Oil Seal Case

ธเนส เหล่าเขตกิจ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
คณะบริหารธุรกิจ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม ด้วยหลักการของซิกส์ ซิกม่า : กรณีศึกษาชิ้นงาน Oil Seal Case Process Improvement for Aluminium Die Casting by Six Sigma Technique: A Case Study of Oil Seal Case
ชื่อ - นามสกุล	นายธเนส เหล่าเขตกิจ
วิชาเอก	การจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ธัญวรัตน์ สุวรรณะ, ปร.ด.
ปีการศึกษา	2558

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

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

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภาพร คูพิมาย, ปร.ด.)

..... กรรมการ
(อาจารย์ธัญวรัตน์ สุวรรณะ, ปร.ด.)

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติการค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะบริหารธุรกิจ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นาถรพี ชัยมงคล, ปร.ด.)
วันที่ 5 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2559

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียมด้วยหลักการของซิกส์ ซิกม่า : กรณีศึกษาชิ้นงาน Oil Seal Case
ชื่อ - นามสกุล	นายธเนส เหล่าเขตกิจ
วิชาเอก	การจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ธัญวรัตน์ สุวรรณะ, ปร.ด.
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม โดยใช้หลักการของซิกส์ ซิกม่า เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย ในกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้น โดยศึกษาการชิ้นงาน Oil Seal Case ศึกษาตั้งแต่กระบวนการฉีดขึ้นรูป ไปจนถึงการตรวจสอบขั้นตอนสุดท้าย ก่อนส่งมอบงานให้ลูกค้า

จากการศึกษาตามขั้นตอนและวิธีการของซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1.ขั้นตอนการนิยามปัญหา 2.ขั้นตอนการวัด 3.ขั้นตอนการวิเคราะห์ 4.ขั้นตอนการปรับปรุง 5.ขั้นตอนการควบคุม พบว่า ของเสียที่เกิดจากปัญหา Pin hole เป็นของเสียที่มีปริมาณมากเป็นอันดับหนึ่ง โดยมีสาเหตุมาจาก การออกแบบแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม และของเสียปัญหา Roundness NG. เป็นของเสียที่มีปริมาณมากเป็นอันดับสอง โดยมีสาเหตุมาจาก Jig จับยึดชิ้นงานสึกหรอ

ผลจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต สามารถลดของเสียปัญหา Pin hole ลงได้ โดยลดลงจาก 10.17% เหลือ 5.57% คิดเป็นร้อยละ 45 และลดของเสียปัญหา Roundness NG. ลงได้ โดยลดลงจาก 1.42% เหลือ 0.02% คิดเป็นร้อยละ 99 และสามารถเพิ่มความสามารถกระบวนการ (Cpk) เพิ่มขึ้นจาก 0.73 เป็น 1.20 ซึ่งยังสามารถใช้แนวคิดและหลักการ ขยายผลการปรับปรุงแก้ไขปัญหากับชิ้นงานอื่นๆ ได้

คำสำคัญ : ซิกส์ ซิกม่า การปรับปรุงกระบวนการผลิต ชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม

Independent Study Title	Process Improvement for Aluminium Die Casting by Six Sigma Technique: A Case Study of Oil Seal Case
Name - Surname	Mr.Thanes Laokhetkij
Major Subject	Business Engineering Management
Independent Study Advisor	Miss Thawarat Suwanna, Ph.D.
Academic Year	2015

ABSTRACT

The objectives of this independent study were to 1) investigate the factors causing excessive wastes in the aluminum die casting production process by implementing the Six Sigma principle, and 2) reduce the wastes during the production process. The Oil Seal Case was selected as the experimental case in order to examine the process from the die casting step, the first step, to the final inspection before handing over the products to the customers.

The way to implement the Six Sigma in the production was classified into 5 steps: 1) Define the problem, 2) Measurement, 3) Analysis, 4) Improvement, and 5) Control. The results revealed that Pinhole was considered as the most problematic parts causing excessive wastes because of the unsuitable mold design, and Roundness NG of the Pinhole was considered as the second problematic cause of wastes resulting from the machining jig erosion.

The outcomes from the production process improvement resulted in the reduction of the Pinhole wastes from 10.17% to 5.57% or 45%, and the reduction of the Roundness NG wastes from 1.42% to 0.02% or 99%. Moreover, the process capability (Cpk) increased from 0.73 to 1.20. In addition, it also revealed that the concept and principle of the Six Sigma could be applied to improve other problematic production circumstances.

Keywords: Six Sigma, production process improvement, aluminum die casting process

กิตติกรรมประกาศ

การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียมด้วยหลักการของซิกส์ ซิกม่า: กรณีศึกษาชิ้นงาน Oil Seal Case สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้ด้วยดี ผู้ศึกษาค้นคว้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศุภกร พรหิรัญกุล ประธานกรรมการสอบ อาจารย์ ผศ.ดร.สุภาพร คูพิมาย กรรมการสอบ และอาจารย์ ดร.ธัญวรัตน์ สุวรรณะ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางการศึกษาค้นคว้า การแก้ปัญหา หลักการค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม อันเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ และสรุปผลการศึกษา ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดในระหว่างการจัดทำ เพื่อให้การค้นคว้าครั้งนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

การค้นคว้าอิสระในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงโดยการได้รับความร่วมมือจากเพื่อนร่วมงาน ที่ช่วยหาข้อมูล ให้คำปรึกษา คำชี้แนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ในการค้นคว้าอิสระเป็นอย่างมาก

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ตลอดจนครูอาจารย์ ผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้กับผู้ศึกษามาตั้งแต่ครั้งในอดีต และขอขอบคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจให้ความเอาใจใส่และให้การสนับสนุนมาโดยตลอด

ธเนส เหล่าเขตกิจ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ..... (5)

สารบัญ..... (6)

สารบัญตาราง..... (8)

สารบัญภาพ..... (9)

บทที่ 1 บทนำ..... 11

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 11

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย..... 12

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 12

1.4 แผนการดำเนินการวิจัย..... 12

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 13

1.6 คำจำกัดความในการวิจัย..... 13

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 14

2.1 แนวคิดการบริหารจัดการแบบซิกส์ ซิกม่า..... 14

2.2 ความหมายของซิกส์ ซิกม่า..... 15

2.3 แนวคิดของซิกส์ ซิกม่า..... 16

2.4 หลักการของซิกส์ ซิกม่า..... 17

2.5 วัตถุประสงค์ของซิกส์ ซิกม่า..... 18

2.6 ขั้นตอนของซิกส์ ซิกม่า..... 20

2.7 ความสูญเปล่า 7 ประการ..... 22

2.8 อลูมิเนียม..... 24

2.9 การฉีดขึ้นรูป (Die Casting)..... 31

2.10 กระบวนการผลิตชิ้นงาน Oil Seal Case..... 32

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 36

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 36

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 37

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 38

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล..... 38

3.5 สำรวจสภาพปัจจุบัน..... 38

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์..... 41

4.1 ขั้นตอนการนิยามปัญหา..... 41

4.2 ขั้นตอนการวัด..... 45

4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์..... 53

4.4 ขั้นตอนการปรับปรุง..... 58

4.5 ขั้นตอนการควบคุม..... 67

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 71

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 71

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย..... 72

5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย..... 72

บรรณานุกรม..... 74

ประวัติผู้เขียน..... 76

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ระดับของซิกม่า (σ) กับ โอกาสในการเกิดของเสีย (Defect)..... 20
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย..... 37
ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Roundness ที่ได้จากการวัดชิ้นงานตัวอย่าง..... 46
ตารางที่ 4.2 แสดงเกณฑ์การยอมรับและผลการวิเคราะห์ Gage R&R Study..... 48
ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน ของเสีย Pin hole..... 50
ตารางที่ 4.4 แสดงเกณฑ์การยอมรับและผลการวิเคราะห์ Attribute Agreement การตรวจสอบ
ของเสีย Pin hole..... 51
ตารางที่ 4.5 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงเดือน มกราคม-กันยายน 2558..... 52
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองผลิตจากแม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่..... 61
ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลอง หลังการแก้ไข..... 63
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองหลังจากการปรับปรุงแก้ไข Jig..... 66

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 แสดงขั้นตอนและระยะเวลาการดำเนินการ..... 12
ภาพที่ 2.1 ความสูญเปล่า 7 ประการ..... 22
ภาพที่ 2.2 แผนภูมิการรวมตัวของอลูมิเนียมกับทองแดงในระบบสมดุล..... 27
ภาพที่ 2.3 แผนภูมิการรวมตัวของอลูมิเนียมกับซิลิคอนในระบบสมดุล..... 28
ภาพที่ 2.4 แผนภูมิการรวมตัวของอลูมิเนียมกับแม็กนีเซียมในระบบสมดุล..... 29
ภาพที่ 2.5 แผนภูมิการรวมตัวของอลูมิเนียมกับสังกะสีในระบบสมดุล..... 30
ภาพที่ 2.6 กระบวนการฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม..... 31
ภาพที่ 2.7 แผนผังการไหล (Process Flow Chart) ของการผลิตชิ้นงาน Oil Seal Case..... 32
ภาพที่ 3.1 รูปชิ้นงาน Oil Seal Case..... 39
ภาพที่ 3.2 ลักษณะการใช้งานในการประกอบกับเครื่องยนต์..... 39
ภาพที่ 3.3 อัตราส่วนของเสียตั้งแต่ มกราคม 2558 ถึง กันยายน 2558..... 40
ภาพที่ 4.1 ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตชิ้นงาน Oil Seal Case..... 41
ภาพที่ 4.2 การไหลของการผลิตชิ้นงาน Oil Seal Case..... 42
ภาพที่ 4.3 SIPOC ของกระบวนการฉีดขึ้นรูป (Casting)..... 43
ภาพที่ 4.4 SIPOC ของกระบวนการกลึงครั้งที่ 2 (M/C #2)..... 44
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของการวัดค่า Roundness ของ Ø 102 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ..... 47
ภาพที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของการวัดค่า Roundness โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ..... 48
ภาพที่ 4.7 แสดงความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน (Within Appraisers) และประสิทธิผลความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (Appraiser VS Standard) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%..... 51
ภาพที่ 4.8 แสดงกราฟผลการทดสอบการแจกแจงข้อมูลของการตรวจสอบ Pin hole..... 52
ภาพที่ 4.9 แสดงกราฟอัตราส่วนของเสีย Pin hole..... 53
ภาพที่ 4.10 บริเวณที่เกิดปัญหา Pin hole..... 54

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.11 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดปัญหา Pin hole โดยใช้ Why-Why Diagram.. 55
ภาพที่ 4.12 แสดงลักษณะของแม่พิมพ์..... 56
ภาพที่ 4.13 แสดงผลจากการวิเคราะห์ด้วย Simulation Software..... 56
ภาพที่ 4.14 แสดงลักษณะปัญหา Roundness NG..... 57
ภาพที่ 4.15 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดปัญหา Ø 102 Roundness NG. โดยใช้ Why-Why Diagram..... 58
ภาพที่ 4.16 แสดงลักษณะของแม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่..... 59
ภาพที่ 4.17 เปรียบเทียบลักษณะของ Runner ก่อน-หลังการแก้ไข..... 59
ภาพที่ 4.18 เปรียบเทียบความหนาของ Runner ก่อน-หลังการแก้ไข..... 60
ภาพที่ 4.19 เปรียบเทียบลักษณะของ Over flow ก่อน-หลังการแก้ไข..... 60
ภาพที่ 4.20 แสดงผลจากการวิเคราะห์แม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่ด้วย Simulation Software..... 61
ภาพที่ 4.21 แสดงอัตราส่วนของเสีย Pin hole จากการทดลองผลิตจากแม่พิมพ์ใหม่..... 62
ภาพที่ 4.22 แสดงภาพการแก้ไขแม่พิมพ์ เพิ่มขนาด Over flow..... 62
ภาพที่ 4.23 แสดงกราฟอัตราส่วนของเสีย Pin hole จากการทดลองผลิตจากแม่พิมพ์ใหม่ หลังการเพิ่มขนาด Over flow..... 63
ภาพที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการ ของปัญหา Pin hole ก่อน-หลังการแก้ไขแม่พิมพ์..... 64
ภาพที่ 4.25 แสดงกราฟความสามารถของกระบวนการ (Cpk) และแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$-R ของของเสีย Roundness NG..... 65
ภาพที่ 4.26 แสดงกราฟความสามารถของกระบวนการของ Roundness หลังการปรับปรุง Jig.. 66
ภาพที่ 4.27 แสดงผลความสามารถกระบวนการของปัญหา Roundness NG. ก่อน-หลังการปรับปรุงแก้ไข Jig..... 67
ภาพที่ 4.28 แสดงเอกสารแบบ (Drawing) ของแม่พิมพ์ Oil Seal Case ที่ปรับปรุงแล้ว..... 68
ภาพที่ 4.29 แผนภูมิควบคุม P ของการตรวจสอบของเสีย Pin hole ก่อน-หลังการปรับปรุง..... 69
ภาพที่ 4.30 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$-R ของการตรวจสอบของเสีย Roundness NG ก่อน-หลังการปรับปรุง..... 70

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิต ถือเป็นเศรษฐกิจส่วนสำคัญ และมีการแข่งขันกันสูง ทั้งด้านความสามารถในการผลิต คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ราคา ความรวดเร็วในการผลิตและบริการ เพราะในกลุ่มอุตสาหกรรม ประเภทนี้มีการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี และมีความต้องการของตลาดเป็นอย่างมาก ทำให้องค์กรต้องปรับปรุงธุรกิจ และเพิ่มความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างต่อเนื่อง

และจากแนวคิดการผลิตและการแข่งขันสมัยใหม่ การที่จะทำให้ได้กำไรมากขึ้น จากการเพิ่มราคาขาย ปัจจุบันไม่สามารถทำได้ หรือจะลดคุณภาพลง เพื่อให้ต้นทุนถูกลงก็ไม่สามารถทำได้ ดังนั้นองค์กรจึงต้องหาทางปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิต เพื่อลดต้นทุน เพื่อลดของเสีย โดยที่ราคาขายไม่เพิ่มขึ้น และระดับคุณภาพของสินค้าและบริการไม่ลดลง จึงจะทำให้องค์กรสามารถแข่งขันกันคู่แข่ง และอยู่รอดในอุตสาหกรรมได้

หนึ่งในวิธีการลดต้นทุนในการผลิตที่นิยมใช้คือ การเปลี่ยนวัสดุหรือวัตถุดิบ ซึ่งปัจจุบันผลิตภัณฑ์ที่ทำจากโลหะได้มีการเปลี่ยนมาใช้อลูมิเนียมในการผลิตแทน เช่นชิ้นส่วนรถยนต์ ชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็คทรอนิคส์ ชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์ และอื่น ๆ อีกมากมาย ด้วยข้อดีของอลูมิเนียมจึงทำให้ปริมาณการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ปริมาณการใช้จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง องค์กรเองก็ต้องหาทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพิ่มเทคโนโลยี เพื่อความได้เปรียบในการแข่งขัน เพราะคู่แข่งก็เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย และวิธีการขึ้นรูปอลูมิเนียมที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายก็คือ การฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม หรือที่เรียกว่า กระบวนการ Die Casting

สำหรับการศึกษาค้นคว้า เรื่อง “การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียมด้วยหลักการของซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma)” เป็นการศึกษาเพื่อนำข้อมูลที่ได้รับ มาเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานและปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต ลดของเสีย ลดต้นทุน ส่งเสริมคุณภาพ เพื่อตอบสนองกับความต้องการของลูกค้า และนำไปสู่ความพึงพอใจสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการทำงาน และระบบการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียมโดยใช้หลักการของซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma)

1.2.2 เพื่อศึกษาสาเหตุที่ให้เกิดการของเสียและแนวทางการแก้ไขป้องกัน

1.2.3 เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดของเสียที่เกิดจากการผลิต โดยจะศึกษาเกี่ยวกับชิ้นงาน Oil Seal Case วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต คือ อลูมิเนียม เกรด ADC12 ศึกษาตั้งแต่กระบวนการฉีดขึ้นรูป ไปจนถึงการตรวจสอบขั้นตอนสุดท้าย ก่อนส่งมอบให้ลูกค้า

1.3.2 ใช้เทคนิคซิกส์ ซิกม่า ในการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการผลิต

1.3.3 ระยะเวลาในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสีย พ.ย. 2558-ก.พ. 2559

1.4 แผนการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียและขั้นตอนการศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 1.1

เดือน / สัปดาห์	พฤศจิกายน 58				ธันวาคม 58				มกราคม 59				กุมภาพันธ์ 59			
ขั้นตอนดำเนินการ	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของกระบวนการ																
2. การทำ Six Sigma																
2.1 Define Phase ระบุปัญหาและเป้าหมายในการปรับปรุง																
2.2 Measurement Phase ศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัดและสมรรถนะของกระบวนการ																
2.3 Analysis Phase วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา																
2.4 Improvement Phase การแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการ																
2.5 Control Phase ติดตามผลการดำเนินการ และควบคุม																
3. จัดทำรายงานสรุปผลการดำเนินการ																

ภาพที่ 1.1 แสดงขั้นตอนและระยะเวลาการดำเนินการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 กระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม มีประสิทธิภาพมากขึ้น ของเสียลดลง และต้นทุนในการผลิตลดลง

1.5.2 เป็นแนวทางในการนำเอาเทคนิคของซิกส์ ซิกม่าไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม และสามารถใช้งานได้จริง

1.6 คำจำกัดความในการวิจัย

คุณภาพ	:	ความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุดและเกิดข้อบกพร่องที่ทำให้ลูกค้าไม่พึงพอใจน้อยที่สุด (Juran Institute)
ของเสีย	:	ชิ้นงานที่ผลิตไม่ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้า
Cpk	:	ค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น
Die Casting	:	การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยการฉีดอลูมิเนียมเข้าไปในแม่พิมพ์ ภายใต้ความดัน 10-210 Mpa. (1,450-30,500 psi)
FMEA	:	การวิเคราะห์หาสาเหตุและผลกระทบของข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น (Failure mold and effect analysis)
Gage R&R	:	การวัดความสามารถของกระบวนการวัด
Leak	:	ลักษณะของชิ้นงานที่มีรูพรุนในเนื้อชิ้นงาน แล้วทำให้เกิดการรั่วไหลของอากาศหรือของเหลว
Over flow	:	รูล้น หรือรูระบายน้ำโลหะส่วนเกินออกจากแม่พิมพ์
Pin hole	:	ลักษณะของชิ้นงานที่มีรูหรือโพรงอากาศอยู่ภายในเนื้องาน
Ppk	:	ค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในระยะยาว
Roundness NG.	:	ลักษณะของชิ้นงานที่มีความกลมเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้
Runner	:	ทางเข้าของน้ำโลหะ ในการไหลเข้าแม่พิมพ์
Six Sigma	:	วิธีการทางสถิติที่เป็นระบบ (Systematic) เพื่อลดความผันแปร (Variation) ในกระบวนการผลิต (Process) และผลิตภัณฑ์ (Product) โดยมุ่งหวังให้คุณภาพเป็นเลิศเพื่อการลดต้นทุนและเพิ่มผลกำไร
SIPOC	:	การวิเคราะห์กระบวนการดำเนินการ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม ด้วยหลักการของซิกส์ ซิกม่าได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากตำรา บทความ วารสาร รวมทั้งผลงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อนำความรู้เหล่านั้นมาใช้เป็นแนวทาง เป็นกรอบแนวคิดสำหรับดำเนินการศึกษาวิจัย โดยจัดกลุ่มรายละเอียดของเนื้อหาดังนี้

2.1 แนวคิดการบริหารจัดการแบบซิกส์ ซิกม่า

ซิกส์ ซิกม่า เป็นปรัชญาการจัดการยอดนิยมในการวางแผน เพื่อพัฒนาคุณภาพ มีบทบาทสำคัญอย่างแท้จริงสำหรับฝ่ายบริหารได้ถูกคิดค้นและทดลองใช้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1979 โดยมิสเตอร์อาร์ท ซันดราย (Mr.Art Sundry) ผู้บริหารของบริษัทโมโตโรล่าโดยมีที่มาจากปรัชญาการบริหารของดร.เดมมิ่ง (Dr.Deming) และดร.จูราน (Dr.Juran) ซึ่งกล่าวถึงการนำกลวิธีทางสถิติ (Statistical techniques) มาใช้และต่อมาในปี ค.ศ. 1981 บริษัทโมโตโรร่าได้ปรับปรุงคุณภาพสินค้าโดยการจัดทำโครงการซิกส์ ซิกม่าจำนวนถึง 10 โครงการภายในระยะเวลา 5 ปีโดยความควบคุมของมิสเตอร์โรเบิร์ทกาล์วิน (Mr.Robert Galvin) ซึ่งเป็น CEO ของโมโตโรร่าในขณะนั้นทำให้บริษัทโมโตโรร่าได้รับรางวัล Malcolm Baldrige National Quality Award ในปี ค.ศ. 1989 เป็นผลให้มีการก่อตั้งสถาบันวิจัยซิกส์ ซิกม่าแห่งโมโตโรร่าขึ้นในปี ค.ศ. 1990 โดยการนำของมิสเตอร์โรเบิร์ทกาล์วิน (Mr. Robert Galvin) และมิสเตอร์มิกเกล แฮร์รี่ (Mr.Mikel Harry) และในทศวรรษที่ 1990 บริษัทยักษ์ใหญ่ในวงการธุรกิจยานยนต์ที่เกือบจะล้มละลาย ได้นำซิกส์ ซิกม่าไปบริหารจัดการ ก็สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้มากกว่า 2000 ล้านดอลล่าร์ หรือบริษัท General Electric (GE) ภายใต้การนำของมิสเตอร์แจ็ค เวล์ช (Mr.Jack Welch) ซึ่งเป็น CEO ที่ได้นำซิกส์ ซิกม่าไปใช้ในการพัฒนาองค์กรเพราะแตกต่างจากวิธีการวางแผนเพื่อพัฒนาคุณภาพแบบก่อน ๆ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1995 และต่อมาในปี ค.ศ. 1997 บริษัทมีรายได้จากการดำเนินงานมากกว่า 300 ล้านดอลล่าร์ และ 600 ล้านดอลล่าร์ ในปีต่อมา บริษัทต่าง ๆ ทั่วโลกได้ให้การยอมรับโดยการนำของระบบซิกส์ ซิกม่าไปใช้อย่างแพร่หลายและประสบผลสำเร็จ เช่นโกดัก โมโตโรร่า แคนอน โซนี่ ฮิตาชิ ฮอนด้า และ 3M เป็นต้น ส่วนในประเทศไทย ได้มีการนำเอาซิกส์ ซิกม่า มาใช้ในการบริหารคุณภาพแล้ว ได้แก่ บริษัทการบินไทยจำกัด (มหาชน) บริษัทซีเกทเทคโนโลยี โรงพยาบาลพญาไทย 2 เป็นต้น (ศุภชัย สุวรรณกนิษฐ, 2549, น. 68)

2.2 ความหมายของซิกส์ ซิกม่า

ความหมายของซิกส์ ซิกม่า ได้มีผู้ให้ทัศนะไว้หลายท่านดังต่อไปนี้

Breyfogle III, Cupello, and Meadows (ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์, 2548, น. 16) ได้ให้ความหมายว่า ซิกส์ ซิกม่า คือส่วนผสมอันกลมกลืนกัน ระหว่างความฉลาดหลาย ๆ ด้านในการบริหารองค์กร โดยการพัฒนากลวิธีทางสถิติ เพื่อใช้เป็นอาวุธขององค์กร เป้าหมายสูงสุดของซิกส์ ซิกม่านี้ได้เน้นไปที่การนำเอาซิกส์ ซิกม่า มาใช้เป็นกลยุทธ์ของกิจการ มากกว่าที่จะเป็นวิธีทางคุณภาพในการควบคุมกระบวนการ

Pande and Holpp (2002, p. 5) ได้ให้ความหมายว่าซิกส์ ซิกม่าจะเป็นข้อตกลงทางด้านการจัดการโดยรวม และเป็นวิธีการที่ชาญฉลาด การมุ่งเน้นที่ลูกค้า การปรับปรุงกระบวนการ และเป็นกฎเกณฑ์ของการวัดผลต่าง ๆ มากกว่าที่ใช้แค่ความรู้สึกว่ามีความสำคัญ

Breyfogle III (2003, p. 3) ได้อธิบายว่า ซิกม่า (σ) เป็นตัวอักษรกรีก หมายถึงความแปรปรวนซึ่งเป็นการวัดที่เจาะจงของเสียต่อหน่วย ระดับคุณภาพของซิกม่าจะเป็นตัวชี้วัดว่า มีของเสียเกิดขึ้นมากน้อยเพียงไรในขณะที่ค่าของซิกม่าที่สูงขึ้น จะแสดงให้เห็นถึงกระบวนการที่มีโอกาสเกิดของเสียได้น้อยที่ระดับคุณภาพ 6 ซิกม่า จะเท่ากับมีปริมาณของเสียที่มีโอกาสเกิดขึ้นเพียง 3.4 ชิ้นต่อการผลิต 1 ล้านชิ้น

Juran Institute (สิทธิศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล, 2546, น. 16) กล่าวว่าซิกส์ ซิกม่าเป็นกลยุทธ์ของฝ่ายบริหาร ในการพัฒนาคุณภาพเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งจะทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุด และลดความสูญเสียที่ทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจเหลือน้อยที่สุด

Harry (สิทธิศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล, 2546, น. 16) ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่าซิกส์ ซิกม่าเป็นวิถีทางแห่งระบบคุณภาพแบบหลายมิติ ประกอบด้วยรูปแบบที่เป็นมาตรฐานการจัดการที่เหมาะสมและการตอบสนองภารกิจขององค์กร ซึ่งทำให้ทั้งลูกค้าและผู้ผลิตได้ผลตอบแทนทั้งสองฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นด้านอรรถประโยชน์ทรัพยากร และคุณค่าของผลิตภัณฑ์

สิทธิศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล (2546, น. 16) ได้สรุปความหมายของซิกส์ ซิกม่า ว่าเป็นกระบวนการบริหารจัดการเพื่อให้เกิดคุณภาพสูงสุด และสามารถตอบสนองต่อวิสัยทัศน์ พันธกิจหรือภารกิจขององค์การได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Chowdhury (2545, น. 27) กล่าวถึงความสำคัญว่าซิกส์ ซิกม่าเป็นปรัชญาทางการบริหารที่มุ่งเน้นลดความผิดพลาดลดความสูญเปล่าและลดการแก้ไขตัวชิ้นงาน

จากความหมายและความสำคัญของซิกส์ ซิกม่า สามารถสรุปและแยกเป็นประเด็นสำคัญได้สองประการคือ

1. ซิกส์ ซิกม่า เป็นระบบการบริหารจัดการ ที่เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงคุณภาพ และประสิทธิผลขององค์กร ซึ่งในการบริหารองค์กรเพื่อพัฒนาคุณภาพนั้น มุ่งเน้นการปรับปรุงกระบวนการ และขีดความสามารถในการทำงาน ให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดลดความผิดพลาดในกระบวนการให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด เพื่อลดต้นทุนการผลิต และการให้ความสำคัญกับความพึงพอใจของลูกค้า โดยอาศัยการวิเคราะห์ และตัดสินใจด้วยข้อมูลจากการประยุกต์กลวิธีทางสถิติ ทำให้ได้ผลที่สามารถวัดได้อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งที่เป็นการวัดประสิทธิผลของกระบวนการ เป็นค่าสถิติหรือเป็นตัวเงิน หรือรายได้ หรือลดรายจ่าย

2. ซิกส์ ซิกม่า ในทางสถิติหมายถึง การเกิดข้อผิดพลาด 3.4 ครั้งในการผลิต 1 ล้านครั้ง ซึ่งข้อผิดพลาดในความหมายนี้ คือ ผลของสิ่งใด ๆ ที่เกิดขึ้น และไม่เป็นไปตามเป้าหมายขององค์กร ทั้งจากการผลิตและการบริการ โดยมุ่งเน้นการตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า เป็นหลักหรือความแปรปรวนซึ่งเป็นการวัดที่เจาะจงของเสียต่อหน่วย ระดับคุณภาพของซิกม่า (σ) จะเป็นตัวชี้วัดของเสียเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด ในขณะที่ระดับของซิกส์ ซิกม่า สูงขึ้น จะแสดงให้เห็นถึงกระบวนการที่มีโอกาสเกิดของเสียได้น้อย

2.3 แนวคิดของซิกส์ ซิกม่า

ศุภชัย สุวรรณกนิษฐ (2549, น. 70-71) ได้สรุปแนวคิดของซิกส์ ซิกม่า นั้น แท้จริงแล้วเป็นภาษาในวิชาสถิติซึ่งสัญลักษณ์ Sigma (σ) ใช้แทนความหมายของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ซึ่งค่าของ σ ยิ่งสูงแสดงว่ามีความแปรปรวนของกระบวนการยิ่งน้อย โดยที่ในระดับ 6 σ นั้นจะยอมรับให้เกิดของเสียได้ที่ปริมาณ 3.4 ชิ้นในการผลิต 1 ล้านชิ้นหรือที่เรียกว่า 3.4 ppm. (Parts per million) ซึ่งหากเป็นไปตามเส้นโค้งการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution curve) จริง ๆ ทางสถิตินั้นที่ระดับ 6 σ จะมีของเสียที่อยู่นอกขอบเขตของการยอมรับเท่ากับ 0.002 ชิ้นต่อ 1 ล้านชิ้นเท่านั้น แต่เหตุผลที่หลักการซิกส์ ซิกม่า ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีการยอมรับของเสียที่ 3.4 ppm. ก็เพราะว่าในขณะที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ความแปรปรวนในบริษัท Motorola นั้น ได้พบว่าไม่มีระบบการผลิตใด ที่จะไม่ถูกรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอก นั่นก็คือ เราไม่สามารถควบคุมปัจจัยภายนอกเพื่อที่จะไม่ให้ส่งผลถึงความเบี่ยงเบนของข้อมูลได้ ซึ่งระบบที่ไม่มีความแปรปรวนเลยจึงเป็นเพียงระบบในอุดมคติ (Idea system) ดังนั้น Motorola จึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่ ในกระบวนการผลิต เพื่อหาความแปรปรวนที่เกิดจากปัจจัยภายนอก อันส่งผลถึงการคลาดเคลื่อนของค่ากึ่งกลาง ซึ่งได้ข้อสรุปจากการวิเคราะห์คือ ค่าเบี่ยงเบนของข้อมูลอันเนื่องจากปัจจัยภายนอก มีค่าอยู่ในช่วง 1.4 - 1.6 เท่าของ σ จึงนำค่าเฉลี่ยคือ 1.5 เท่าของ σ เป็นค่าความเบี่ยงเบนของค่ากึ่งกลาง

ข้อมูลที่ยอมรับได้ นำมาใช้ในทฤษฎีซิกส์ ซิกม่า ซึ่งค่า 3.4 ppm. จึงเป็นค่าความผิดพลาดที่ 4.5 σ ตามหลักสถิตินั่นเอง ซึ่ง Motorola ได้นำหลักการนี้ มาใช้เพื่อตั้งเป็นเป้าหมายในระบบการผลิตของบริษัท และพัฒนาวิธีการต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่เป้าหมายนั้น จนกลายเป็นระบบการจัดการที่มีประสิทธิภาพระบบหนึ่งในปัจจุบัน และเป็นที่รู้จักไปทั่วโลก ซิกส์ ซิกม่า เป็นโปรแกรมทางด้านคุณภาพที่มุ่งให้กระบวนการผลิตหรือการปฏิบัติใด ๆ มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นที่ 3.4 ครั้งต่อการผลิตหรือการปฏิบัติงาน 1 ล้านครั้ง ซึ่งหากดูแล้วคงเห็นว่าเป็นเรื่องที่ดูเข้มงวดมาก และยากต่อการปฏิบัติ และอาจจะเกิดข้อสงสัยขึ้นมาว่าระดับคุณภาพที่สูงถึง 99% นั้น ทำไมยังไม่เพียงพอในกระบวนการผลิต หรือการปฏิบัติงาน เพื่อให้คลายความสงสัย จะแสดงให้เห็นถึงตัวอย่างของข้อผิดพลาดที่เกิดจากระดับคุณภาพที่ 99% บริษัทแห่งหนึ่ง ดำเนินการธุรกิจให้บริการโดยในแต่ละเดือนจะมีลูกค้ามาใช้บริการประมาณ 3,500 รายในการปฏิบัติงานที่ระดับคุณภาพ 99% นั้นจะมีลูกค้าที่เกิดความไม่พึงพอใจในบริการ เมื่อเทียบกับจำนวนที่ลูกค้าพอใจแต่ข้อคิดหนึ่ง ซึ่งควรคำนึงถึงก็คือลูกค้าที่ไม่พึงพอใจในบริการนั้น จะบอกกล่าวไปยังคนอื่น ๆ อีกอย่างน้อย 2-3 ราย ซึ่งคงจะมองเห็นถึงความเสียโอกาสในการขายของบริษัทนี้ได้อย่างมากมาย นี่คือตัวอย่างที่แสดงว่าระดับคุณภาพที่ 99% คงไม่เพียงพอในการปฏิบัติงานในสภาวะแวดล้อมที่มีการแข่งขันอย่างสูง หรืออีกตัวอย่างหนึ่งโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ให้บริการโดยมีลูกค้าเฉลี่ยเดือนละ 10,000 รายหากให้สมมติฐานว่าลูกค้าทุกคนที่เข้ามา จะได้รับยาออกไปดังนั้นที่ระดับการปฏิบัติงานที่คุณภาพ 99% ใน 1 ปี จะมีลูกค้าที่ได้รับยาผิดถึง 1,200 คน คงเป็นเรื่องที่เสี่ยงมากหากโรงพยาบาลนี้ ยังคงปฏิบัติงานด้วยระดับคุณภาพเท่าเดิม

2.4 หลักการของซิกส์ ซิกม่า

Pande (สิทธิศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล, 2546, น. 18-20) ได้กล่าวถึงปรัชญาหรือหลักการสำคัญของกระบวนการพัฒนาคุณภาพแบบซิกส์ ซิกม่าประกอบด้วย

1. การยึดลูกค้าเป็นศูนย์กลาง การบริหารจัดการแบบซิกส์ ซิกม่า พัฒนามาจากการพยายามลดข้อบกพร่องที่ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า การทราบความต้องการและความคาดหวังของลูกค้า จึงเป็นสิ่งที่สำคัญสูงสุดจึงถูกกำหนดให้อยู่ในขั้นตอนแรกของการพัฒนา

2. การบริหารจัดการโดยใช้ข้อมูลข้อเท็จจริง การบริหารจัดการแบบซิกส์ ซิกม่า ยึดมั่นอยู่บนกลวิธีทางสถิติ และการใช้ประโยชน์จากข้อมูลข้อเท็จจริง ขั้นตอนการพัฒนาจึงประกอบด้วยการวัดผล การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การทดสอบสมมุติฐานการสรุปผล และการติดตามผลโดยอาศัยกลวิธีทางสถิติที่เหมาะสม ในการช่วยตัดสินใจจากข้อเท็จจริง ซึ่งหลักการข้อนี้เป็นจุดเด่นที่สุด

3. การมุ่งเน้นกระบวนการ การบริหารจัดการแบบซิกส์ ซิกม่า จะมองทุกอย่างเป็นกระบวนการ มุ่งเน้นการจัดการ และการปรับปรุงกระบวนการ เพื่อให้สามารถสร้างผลงานที่เป็นเลิศ เกิดข้อบกพร่องหรือสูญเสียน้อยที่สุด ประกอบด้วยการวิเคราะห์กระบวนการ การวัดผลกระบวนการ และการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง

4. เน้นการจัดการเชิงรุก การจัดการกับปัญหาแบบซิกส์ ซิกม่า จะเป็นการค้นหาปัญหาหลัก หรือปัญหาเรื้อรังขององค์การ โดยหาสาเหตุที่แท้จริง และกำจัดต้นตอของปัญหา เพื่อสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างถาวร และเป็นการแก้ปัญหาเชิงป้องกันเสมอ

5. เน้นการแก้ไขปัญหาแบบไร้พรมแดน โดยจะยึดปัญหาเป็นตัวตั้ง จากนั้นวิเคราะห์ดูว่าปัญหาดังกล่าวเชื่อมโยงหรือเกี่ยวข้องกับหน่วยงานใดบ้าง ให้หน่วยงานนั้น ๆ เข้ามามีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ซึ่งจะเป็นการจัดการปัญหาแบบคร่อมสายงาน และไร้พรมแดนระหว่างหน่วยต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลงานที่เป็นเลิศของกระบวนการทั้งหมด ขจัดความซ้ำซ้อน และขั้นตอนที่ไม่จำเป็น จึงเป็นการส่งเสริมให้เกิดการทำงานร่วมกันเป็นทีมแบบคร่อมสายงาน ทั่วทั้งองค์การ

6. เน้นภาวะผู้นำและการมีส่วนร่วมของฝ่ายบริหาร ภาวะผู้นำและการมีส่วนร่วมของฝ่ายบริหารจัดการ เป็นความต้องการอย่างยิ่ง เพราะทุกขั้นตอน ตั้งแต่การกำหนดทิศทางเป้าหมายขององค์กร การค้นหาปัญหาหลัก การจัดโครงสร้าง และการมอบหมายความรับผิดชอบการมีส่วนร่วมในฐานะผู้รับผิดชอบ หลักการให้การสนับสนุนปัจจัย และทรัพยากรอย่างเพียงพอ ตลอดจนการควบคุมผลลัพธ์ที่ได้ให้ยั่งยืน

7. การมุ่งเน้นนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์ การสร้างความพึงพอใจสูงสุด การทำให้เหนือความคาดหมายของลูกค้า และการสร้างผลงานที่เป็นเลิศ จำเป็นต้องมีนวัตกรรมหรือความคิดสร้างสรรค์ใหม่ ๆ โดยเฉพาะขั้นตอนการปรับปรุงให้ดีขึ้น หลังจากทราบความต้องการของลูกค้า

8. การมุ่งสู่ความเป็นเลิศไม่เกรงกลัวต่อการเปลี่ยนแปลง และอดทนต่อความล้มเหลว สิ่งที่เป็นจุดเด่นของการบริหารจัดการแบบซิกส์ ซิกม่า คือการพยายามเปรียบเทียบผลงานกับสภาวะที่เกือบไร้ข้อบกพร่อง หรือที่เรียกว่าระดับ 6 σ ดังนั้นหัวใจของการพัฒนา จะต้องมีความมุ่งมั่นในความเป็นเลิศของผลลัพธ์ ซึ่งจะต้องไม่เกรงกลัวต่อการเปลี่ยนแปลง

2.5 วัตถุประสงค์ของซิกส์ ซิกม่า

Pande and Holpp (2002, pp. 25-26) ได้กล่าวว่าจุดประสงค์ที่สำคัญของซิกส์ ซิกม่า มุ่งเน้นในการให้ความสำคัญกับลูกค้าเป็นอันดับแรก มีเป้าหมายที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

1. ปรับปรุงการสร้างความพึงพอใจ (Satisfaction) ให้แก่ลูกค้า

2. การลดรอบเวลา (Cycle time)

3. การลดข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

Pande, Neuman, and Cavanagh (สิทธิศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล, 2546, น. 17) แบ่งกระบวนการซิกส์ ซิกม่า ออกเป็น 3 องค์ประกอบดังนี้

1. การปรับปรุงกระบวนการ (Process improvement) เป็นการค้นหาโอกาสพัฒนาจากกระบวนการที่มีอยู่เดิม เพื่อดูว่ามีปัญหามีความสูญเสีย มีข้อบกพร่องใดบ้าง หรือมีประเด็นใด ที่ยังตอบสนองความต้องการลูกค้าได้ไม่ดี และนำประเด็นเหล่านั้น มาทำการพัฒนาคุณภาพ โดยพยายามค้นหาสาเหตุหรือต้นตอของปัญหา และหาทางขจัดสาเหตุดังกล่าวทิ้งไป เมื่อพัฒนาจนได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการแล้ว ก็หาทางควบคุมผลลัพธ์ให้ดำรงอยู่อย่างถาวร ซึ่งกระบวนการพัฒนาแบบนี้นิยมเรียกว่า การพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดสู่ระดับ 6 σ (Breakthrough six sigma)

2. การออกแบบกระบวนการ (Process design / redesign) ในกรณีที่องค์กรเลือกที่จะออกแบบกระบวนการใหม่ พัฒนาสินค้าใหม่ เพิ่มบริการใหม่ แทนที่จะพยายามปรับปรุงข้อบกพร่องของกระบวนการเดิม หรือคิดว่าการปรับปรุงข้อบกพร่องของกระบวนการเดิมไม่เพียงพอที่จะเอาชนะคู่แข่ง หรือความต้องการของลูกค้า องค์กรสามารถที่จะเลือกพัฒนา ด้วยการออกแบบกระบวนการใหม่ ให้สามารถสร้างความพึงพอใจสูงสุดแก่ลูกค้า และมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด ซึ่งการออกแบบกระบวนการใหม่ให้เกิดคุณภาพสูงสุดนี้ นิยมเรียกว่าการออกแบบเพื่อคุณภาพระดับ 6 σ (Design for six sigma - DFSS)

3. การจัดการกระบวนการ (Process management) กระบวนการซิกส์ ซิกม่า จะไม่สามารถสร้างสรรค์ผลลัพธ์ได้อย่างเต็มที่ และไม่ยั่งยืนหากปราศจากการมีส่วนร่วมของฝ่ายบริหารจัดการ และการจัดการกระบวนการคุณภาพอย่างเหมาะสม หมายถึงการที่ฝ่ายบริหารจัดการ มีการกำหนดทิศทางและกลยุทธ์ขององค์กร การใช้ภาวะผู้นำในการสร้างให้เกิดวัฒนธรรมในการพัฒนาคุณภาพแบบซิกส์ซิกม่า การค้นหาความต้องการของลูกค้า การค้นหาโอกาสพัฒนาที่เป็นปัญหาหลักขององค์กร การวิเคราะห์ และการติดตามผลการพัฒนาคุณภาพ ตลอดจนการพยายามควบคุมผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาให้สามารถดำรงอยู่ได้อย่างยั่งยืนในองค์กร ซึ่งอาจเรียกองค์ประกอบนี้ว่า เป็นภาวะผู้นำเพื่อคุณภาพระดับ 6 σ (Six sigma leadership)

2.6 ขั้นตอนของซิกส์ ซิกม่า

DMAIC ซึ่งย่อมาจาก Define, Measure, Analyze, Improve และ Control เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ ที่เห็นว่ายังเป็นกระบวนการที่ปฏิบัติต่อไปได้ แต่ต้องปรับเปลี่ยนหรือควบคุมตัวแปรบางอย่าง เพื่อให้ผลที่ได้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้าอย่างสม่ำเสมอ

D - Define เป็นขั้นตอนในการกำหนดหัวข้อและขอบเขตของการทำโครงการ ว่าโครงการนี้จะทำการปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงในเรื่องใด ซึ่งจะต้องเริ่มจากการค้นหาลูกค้าที่แท้จริง ของกระบวนการที่จะทำการปรับปรุงเสียก่อน แล้วจึงหาความต้องการของลูกค้าสิ่งที่ทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ หรือสิ่งที่คู่แข่งในธุรกิจเดียวกันสามารถทำได้ เพื่อกำหนดเป็นเป้าหมายของโครงการ นอกจากนี้ จะต้องกำหนดขอบเขตของโครงการ เพื่อให้การทำโครงการมีทิศทาง และขนาดที่เหมาะสมภายในกรอบระยะเวลาที่กำหนด ตลอดจนกำหนดขั้นตอนของกระบวนการที่จะทำการปรับปรุง โดยเขียนในรูปของ Process Map เพื่อให้เกิดความชัดเจนว่าโครงการนี้ จะเข้าไปเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงาน ในขั้นตอนใดบ้าง จะเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ใด และเนื่องจากการทำโครงการ 6 σ แต่ละโครงการ จะต้องมีผู้ร่วมโครงการหรือผู้เกี่ยวข้องหลายคน ซึ่งอาจมาจากต่างหน่วยงาน จึงจำเป็นต้องกำหนดกรอบของโครงการ เพื่อให้เกิดความเข้าใจไปในแนวทางเดียวกัน อันจะส่งผลให้สามารถร่วมมือกันทำงานได้อย่างลุล่วง

M - Measure เป็นขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล เกี่ยวกับผลผลิต และบริการที่ออกมาจากกระบวนการ (Y) โดยเริ่มจากการกำหนดแผนการเก็บข้อมูล รูปแบบวิธีการเก็บข้อมูลให้เหมาะสมกับความต้องการและกระบวนการทำงาน หลังจากนั้นจะนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่กำหนด ว่ามีความใกล้เคียงหรือแตกต่างจากเป้าหมายอย่างไร ซึ่งเป้าหมายก็คือสิ่งที่ลูกค้าต้องการ (Specification) นั่นเอง โดยที่ ซิกส์ ซิกม่า จะถือว่าสิ่งใดก็ตามที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด ถือว่าเป็น Defect และค่า Sigma Level จะสะท้อนให้เห็นถึงโอกาสของการเกิด Defect ต่อล้านครั้ง (ppm) ว่ามีโอกาสมากน้อยเพียงใดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ระดับของซิกม่า (σ) กับ โอกาสในการเกิดของเสีย (Defect)

SIGMA (σ)	DEFECTS PER MILLION OPPORTUNITIES
2	308,537
3	66,807
4	6,210
5	233
6	3.4

จะเห็นได้ว่าที่ Sigma Level = 6 จะมีโอกาสการเกิด Defect เพียง 3.4 ครั้งต่อล้านครั้ง (3.4 ppm.) ซึ่งก็คือนิยามของซิกส์ ซิกม่า นั่นเองทั้งนี้ในโลกธุรกิจโดยทั่วไปจะอยู่ที่ 3 σ หรือมี Defect = 66,807 ครั้งต่อล้านครั้งซิกส์ ซิกม่า จึงมาจากการกำหนดจุดหมายปลายทางของการปรับปรุงองค์กรให้สามารถผลิตสินค้าหรือบริการให้มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุดเพื่อให้เกิดความพึงพอใจของลูกค้าและมาตรฐานของสินค้าหรือบริการนั่นเอง

A - Analyze เป็นกระบวนการ การวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้ผลผลิต (Y) ของกระบวนการที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดซึ่งก็คือตัวสาเหตุของ Defect (Xs) ดังสมการทางคณิตศาสตร์นี้ Y = f(Xs) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าอะไรก็ตามที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดในทาง 6 σ จะถือว่าเป็น Defect (Y) ฉะนั้นในขั้นตอน Analysis จะทำการวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการเกิด Defect และนำมาเรียงลำดับความสำคัญเพื่อหาสาเหตุหลัก,สาเหตุรอง (X1, X2, X3, ...) โดยจะต้องรวบรวมข้อมูลและนำมาประมวลผลในเชิงสถิติอันเป็นจุดเด่นของซิกส์ ซิกม่า ที่การทำงานทุกขั้นตอนต้องมีที่มาและพิสูจน์ได้อย่างชัดเจนไม่ใช้ความเชื่อ ไม่ใช้ความรู้สึกในการตัดสินใจเครื่องมือทางสถิติมีหลากหลายชนิดจึงต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับข้อมูลและกระบวนการทำงานเพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความแม่นยำและเชื่อถือได้

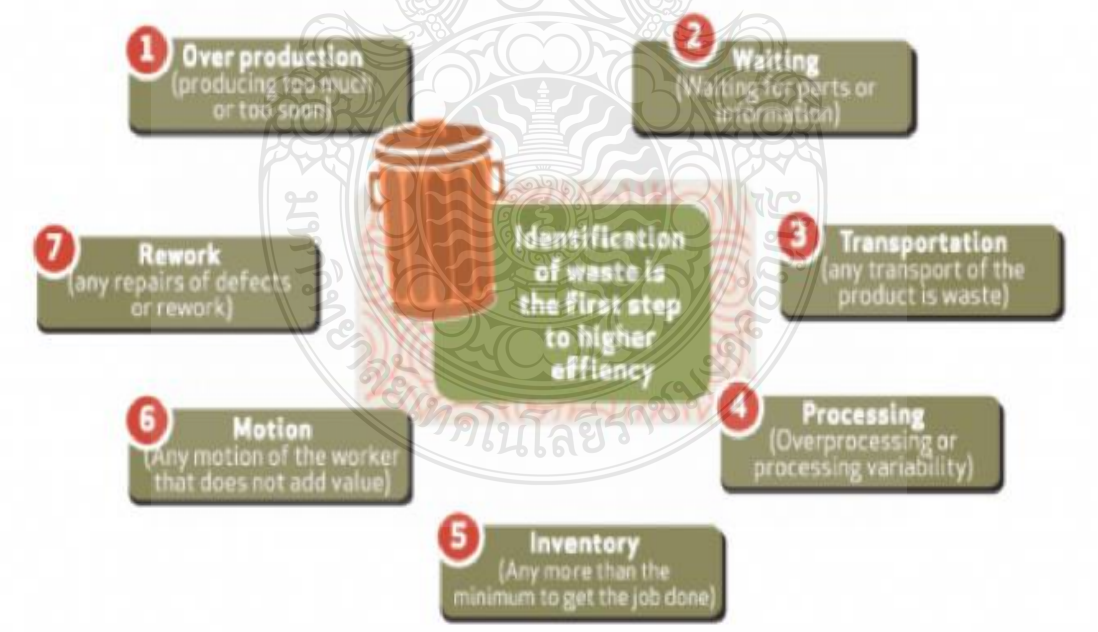
I - Improve เป็นกระบวนการในการปรับปรุงแก้ไข หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุจนทราบถึงสาเหตุหลัก (X1) ที่ทำให้เกิด Defect แล้วในขั้นตอน Improve จะกำหนดแผนงานในการปรับปรุงกระบวนการทำงาน โดยมุ่งเน้นไปที่การกำจัด หรือลดสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหาหลักนั้น ๆ โดยที่ในซิกส์ ซิกม่า จะสามารถประเมินได้ด้วยว่า หากเราสามารถกำจัด X แต่ละตัวออกไป จะส่งผลในการปรับปรุงค่า Y เป็นจำนวนเท่าใด ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในด้านการศึกษาความคุ้มทุน เพราะการเปลี่ยนแปลงบางอย่าง อาจจำเป็นต้องอาศัยการลงทุนเพิ่ม ฉะนั้นเมื่อศึกษาหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการทำงานหลาย ๆ แนวทาง แล้วก็จะนำมาประเมินผลหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุด หรือนำมาเรียงลำดับว่า ควรจะเลือกดำเนินการตามแนวทางใดก่อน-หลัง จึงจะเหมาะสมตามสถานการณ์ตามสภาวการณ์แวดล้อม เช่น งบประมาณที่ใช้ในการปรับปรุง ผลกระทบที่เกิดขึ้น การยอมรับจากผู้ที่เกี่ยวข้อง แล้วจึงเริ่มดำเนินการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ตามแผนที่กำหนดไว้

C - Control เป็นขั้นตอนสุดท้าย ของการทำโครงการซิกส์ ซิกม่า แต่ว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะหลังจากที่ได้มีการปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการทำงาน ในขั้นตอน Improve ไปแล้ว จำเป็นจะต้องวางระบบการควบคุม เพื่อให้ความเปลี่ยนแปลงนั้น ยังคงอยู่ตลอดไป มิฉะนั้นกระบวนการจะค่อย ๆ ปรับกลับไปสู่รูปแบบเดิม อันเนื่องมาจากความเคยชินของผู้ปฏิบัติงาน ในการควบคุมจึงจำเป็นต้องอาศัยทั้งการสร้างให้เกิดการยอมรับ หรือเห็นคุณค่าของ

กระบวนการใหม่ และการติดตามประเมินผลเป็นระยะ ๆ อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังจะต้องวิเคราะห์ความเสี่ยง ที่จะทำให้เกิดสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ และหากการเปลี่ยนแปลงนั้น ได้รับการยอมรับปฏิบัติจนเป็นมาตรฐานแล้ว ก็ควรจะจัดทำหรือปรับปรุงคู่มือการปฏิบัติงาน ให้สอดคล้องกับกระบวนการใหม่ด้วย (Pyzdek, 2003)

2.7 ความสูญเปล่า 7 ประการ

ในกระบวนการผลิตนั้น มีทั้งเรื่องของการเพิ่มคุณค่าให้กับตัวสินค้า และการสร้างความสูญเปล่าอยู่เสมอผู้ผลิตที่ดี ควรมุ่งไปที่การกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นให้น้อยลงมากที่สุด ซึ่งการลดความสูญเปล่านั้น ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งสำหรับการกำจัดกระบวนการที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าได้ โดยความสูญเปล่านั้น ถูกระบุจากระบบ TPS (Toyota Production System) ว่ามีอยู่ 7 ประการ และคาดว่ามีมูลค่าถึง 95% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดในกระบวนการผลิตเลยทีเดียว ตั้งแต่อดีตที่ผ่านมาผู้บริหารของโตโยต้า ถูกตั้งเป้าหมายว่า ความสูญเปล่าทั้งหมดนี้ต้องถูกกำจัดออกไป (100% waste - free) โดยใช้กลยุทธ์ที่ว่า “พัฒนาขีดความสามารถของพนักงาน และการจัดการองค์กร รวมถึงการหลีกเลี่ยงที่จะสร้างความสูญเปล่าให้เกิดขึ้นในกระบวนการด้วย”



ภาพที่ 2.1 ความสูญเปล่า 7 ประการ

ที่มา: www.anvplus.com (2012)

ความสูญเปล่าที่ 1 การผลิตที่มากเกินไป (Waste of Overproduction)

ผู้ผลิตสินค้าต้องการผลิตสินค้าให้มีจำนวนมากพอที่จะขายให้กับลูกค้าได้ และไม่ต้องการที่จะสูญเสียโอกาสในการขายสินค้าเมื่อลูกค้าต้องการทันที การผลิตสินค้าให้มีจำนวนมากเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาเหล่านี้ และสิ่งนี้เองที่เป็นสาเหตุของการผลิตมากเกินไปอีกด้วย

การผลิตที่มากเกินไปนั้น เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บวัตถุดิบ และสินค้าสำเร็จรูปในคลังสินค้า ไม่เพียงเท่านั้นสินค้าระหว่างผลิต (WIP) ก็เป็นอีกหนึ่งปัญหาที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่าย และเป็นอุปสรรคต่อการไหลอย่างต่อเนื่องของงานระหว่างกระบวนการผลิตอีกด้วย ดังนั้นระบบ JIT (just in time) จึงเป็นที่นิยมสำหรับการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการผลิตให้พอดีกับความต้องการของลูกค้า อีกทั้งยังสามารถแก้ปัญหา ในเรื่องปริมาณของเสียที่ผลิตมาจากเครื่องจักร และการบริหารงานไร้ประสิทธิภาพอีกด้วย

ความสูญเปล่าที่ 2 การรอคอย (Waste of Waiting)

การรอคอยจะเกิดขึ้น ก็ต่อเมื่อวัตถุดิบไม่ถูกใช้ในกระบวนการผลิตและถูกเก็บไว้นาน ก่อนจะถูกนำมาใช้ต่อไป อาจเกิดเนื่องจากการไหลของวัตถุดิบในกระบวนการผลิตที่ไม่ดีพอ เกิดขึ้นได้จากการไม่สมดุลย์ของความเร็วการผลิต หรือเกิดความล้าช้าเกินไปในการผลิต (over-long production) ซึ่งเกิดได้จากระยะทางระหว่างกระบวนการผลิตที่ไกลเกินไป การรอคอยจะถูกกำจัดไปได้ด้วยการปรับสมดุลย์ในด้านการผลิตให้มีความเร็วที่ใกล้เคียงกัน ทั้งด้านความสามารถของพนักงานในการผลิต การไหลวัตถุดิบที่ปราศจากอุปสรรค เวลาในการซ่อมเครื่องจักรที่รวดเร็วขึ้น และการเติมเต็มวัตถุดิบในคลังสินค้าได้อย่างพอดี

ความสูญเปล่าที่ 3 การเดินทาง (Waste of Transportation)

ภายในโรงงานนั้นมักมีกิจกรรมที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับตัวสินค้าอยู่มาก การเดินทางเป็นอีกตัวหนึ่งในนั้น ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนย้ายของวัตถุดิบ ทั้งก่อนและระหว่างกระบวนการที่นานเกินไปก็ตาม ซึ่งอาจเกิดจากคลังสินค้าและโรงงานไม่ได้อยู่ใกล้กัน หรือแม้แต่ที่ตั้งของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตที่อยู่ไกลกันมากเกินไป หรือไม่เป็นเส้นตรงที่สั้นที่สุด การจัดวางผังโรงงานที่ดี (Plant layout) เป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยเรื่องนี้ได้

ความสูญเปล่าที่ 4 กระบวนการมากเกินไป (Waste of Processing)

การมีกระบวนการมากเกินความจำเป็น เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ เช่น การจัดกระบวนการใหม่ให้อยู่ใกล้กันมากขึ้นจนกลายเป็นกระบวนการเดียวกัน (Manufacturing cell) เพื่อประโยชน์ในการใช้เครื่องมือร่วมกัน และสามารถช่วยเหลือกันได้เมื่อต้องการ หรือการใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับการทำงานแทนการทำงานที่ไม่ถูกวิธีและใช้เวลานานขึ้น การตรวจสอบที่มากเกินไป หรือมีทุกจุดใน

กระบวนการ นอกจากทำให้เสียเวลาในการส่งมอบแล้ว ยังเป็นการเพิ่มของเสียในโรงงานให้เพิ่มมากขึ้นด้วย สิ่งเหล่านี้สามารถแก้ไขให้เหมาะสมได้ด้วยผังสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping) ซึ่งจะช่วยลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าในโรงงานได้

ความสูญเปล่าที่ 5 สินค้าคงคลังมากเกินไป (Waste of Inventory)

สินค้าคงคลังซึ่งรวมถึงวัตถุดิบในการผลิต วัตถุดิบระหว่างการผลิต และสินค้าสำเร็จรูปนั้น ไม่ควรให้มีมากเกินความจำเป็น หรือมีวัตถุดิบที่ไม่ได้ใช้ในกระบวนการเก็บอยู่ ทำให้พื้นที่ทำงานลดลงโดยไม่เกิดคุณค่าขึ้น โดยเฉพาะวัตถุดิบระหว่างการผลิต (Work in process) ดังนั้น ผู้ผลิตจึงควรวางแผนการผลิต และพยากรณ์การผลิตให้ดี โดยร่วมมือกับลูกค้าและคู่ค้า และการใช้เทคนิค Kanban มาช่วย เพื่อดึงวัตถุดิบมาผลิตอย่างพอดีตามความต้องการ

ความสูญเปล่าที่ 6 การเคลื่อนไหวมากเกินไป (Waste of Motion)

การเคลื่อนไหวที่มากเกินไป ถูกพบเห็นได้ทั่วไปภายในโรงงาน เช่น การเคลื่อนย้ายสิ่งของโดยไม่ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม และการทำงานที่ขาดมาตรฐานการทำงาน ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมือนกันตลอดระยะเวลาการผลิต ซึ่งส่งผลให้คุณภาพของชิ้นงานไม่สม่ำเสมอ เกิดของเสียจำนวนมาก และใช้เวลาในการทำงานมาก และไม่เท่ากันในแต่ละครั้งของการผลิต การใช้ Value Stream Mapping และ 5ส. จะช่วยลดปัญหาเหล่านี้ได้

ความสูญเปล่าที่ 7 ของเสียมากเกินไป (Waste of Defect)

ของเสียซึ่งเกิดจากการผลิตที่ผิดพลาด หรือของได้จากการนำของเสียมาแก้ไขใหม่ (Rework) ก็เป็นค่าใช้จ่ายที่สูงมากสำหรับผู้ผลิต เนื่องจากของเสียเหล่านั้นถูกเพิ่มมูลค่าไปหลายขั้นตอนแล้ว แต่ก็ไม่สามารถนำมาจำหน่ายได้ ทำให้เกิดความสูญเปล่า และของเสียจำนวนมากมักเกิดจากการตรวจสอบที่ผิดพลาดและละเลย ควรให้มีการตรวจสอบมากขึ้นด้วยพนักงานหน้างานเอง และไม่ส่งของเสียไปสู่อีกกระบวนการถัดไป ดังนั้นเมื่อเกิดการผิดพลาดของกระบวนการใด ๆ ก็ตาม ต้องรีบหาสาเหตุ (Problem Solving process) และแก้ไขให้เสร็จสิ้นโดยเร็ว ก่อนที่จะทำการผลิตใหม่ รวมถึงการกระตุ้น ให้พนักงานมีส่วนร่วม และให้รางวัลเพื่อชมเชยในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน (Eaton, 2009)

2.8 อลูมิเนียม

อลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบาและแข็งแรงจึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน โดยในพื้นผิวโลกมีอลูมิเนียมมากกว่าโลหะชนิดอื่น ๆ แต่การผลิตอลูมิเนียมนั้น จะผลิตจากแร่บ็อกไซด์ (Bauxite)

ซึ่งเป็นแร่ที่มีปริมาณอลูมิเนียมสูงมาก ซึ่งเมื่อถลุงแร่ชนิดนี้ จะต้องนำไปแยกด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้าที่เรียกว่า Hall process จะได้อลูมิเนียมที่มีความบริสุทธิ์ถึง 98.00 - 99.99%

อลูมิเนียมมีสีขาวเหมือนเงินเนื้อ เป็นมันวาว ไม่หมองง่าย อาจทำเป็นเส้นลวดขนาดเล็กหรือตีแผ่เป็นแผ่นบางได้ อลูมิเนียมไม่สึกกร่อนง่าย และจะทำปฏิกิริยากับกรด และด่างบางชนิดเท่านั้น เมื่อผสมโลหะบางชนิดลงไปในเนื้ออลูมิเนียม จะได้โลหะผสมซึ่งแข็งแรงทนทานและเหนียวกว่าอลูมิเนียมบริสุทธิ์มาก (Callister, 2548)

2.8.1 คุณลักษณะและคุณสมบัติสำคัญของอลูมิเนียม

1. น้ำหนักเบาประมาณ 1/3 ของเหล็ก
2. ทนการกัดกร่อนในบรรยากาศได้ดี
3. นำไฟฟ้าได้ดี
4. นำความร้อนได้ดี
5. ง่ายต่อการดัดตัดพับโค้งงอ
6. แปรรูปด้วยเครื่องจักรง่าย
7. มีความเหนียวมาก
8. สามารถยืดได้มาก
9. หาซื้อได้ง่ายราคาไม่แพง
10. เป็นโลหะที่ไม่เป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์
11. ทนต่อการกัดกร่อนของกรด - ด่าง
12. เลขอะตอม (Atomic Number) 13
13. น้ำหนักอะตอม 26.97
14. ความหนาแน่นที่ 20°C 2.6989 g/cm³
15. จุดหลอมเหลว 660°C
16. จุดเดือด 2450°C
17. ความร้อนแฝงของการหลอมละลาย 93 Cal/g
18. อัตราการหดตัวจากสภาพหลอมเหลว 6%
19. สัมประสิทธิ์การขยายตัวที่ 20°C 23.8×10-6 mm./°C
20. ความต้านทานจาเพาะที่ 20°C 2.699 micro - ohm.cm
21. ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ 2260 cal/g
22. โครงสร้างผลึกเป็นแบบ FCC

23. Tensile strength 8.9 - 10 kg/mm²

24. Elastic elongation 3 kg/mm²

25. Percent elongation 40 - 45%

26. Hardness 16 - 20 HRB

27. Modulus of elastic 7800 kg/mm²

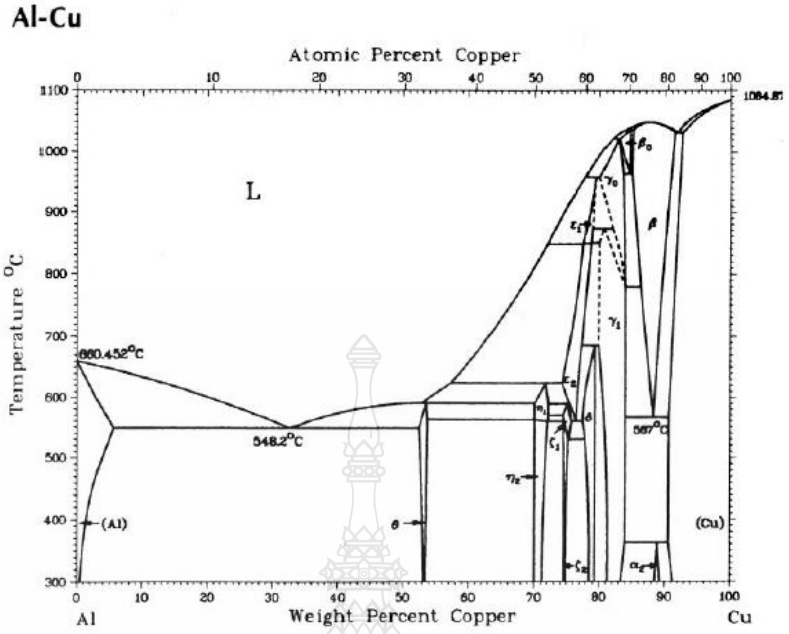
(Callister, 2548)

2.8.2 ธาตุผสมหลักของอลูมิเนียม

อลูมิเนียมผสม (Aluminum alloy) เป็นการรวมตัวในระบบยูเท็คติก (Eutectic) ประกอบด้วยสารประกอบโลหะ (Intermetallic Compounds) หรือธาตุที่มีหลายสภาพ (Phase) เนื่องจากอลูมิเนียมสามารถละลายธาตุผสมได้ในอัตราต่ำ จึงทำให้เกิดธาตุผสมเชิงซ้อนขึ้นมาก อลูมิเนียมผสมบางชนิดอาจมีสภาพทางโลหะหลายชนิดปนกันอยู่ ซึ่งมีส่วนผสมที่ซับซ้อน และมักจะละลายได้ดีที่อุณหภูมิใกล้ ๆ อุณหภูมิยูเท็คติก (Eutectic Temperature) มากกว่าที่อุณหภูมิห้อง อลูมิเนียมผสมบางตัวจึงทำการอบชุบให้แข็งได้คุณสมบัติต่าง ๆ ของอลูมิเนียมผสม จะมีอิทธิพลมาจากธาตุต่างที่ผสมกับอลูมิเนียมนั้นโดยธาตุหลักที่ใช้ผสมกับอลูมิเนียมมีหลายชนิด เช่น ทองแดง ซิลิคอน แม็กนีเซียม สังกะสี โครเมียม แมงกานีส ดีบุก และไทเทเนียม เป็นต้น สำหรับเหล็กที่มีผสมอยู่ด้วยนั้น ให้ถือว่าเป็นสารมลทิน (Impurity) อิทธิพลของธาตุต่าง ๆ ที่มีต่ออลูมิเนียมมีดังต่อไปนี้

อิทธิพลของทองแดง (Cu)

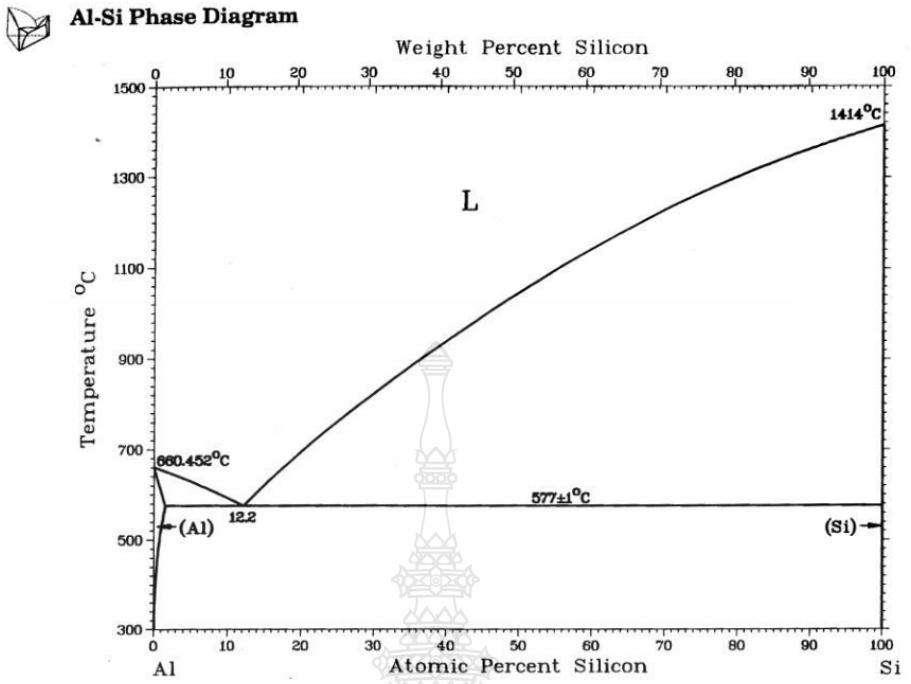
อิทธิพลของทองแดงที่มีต่อโครงสร้างอลูมิเนียมผสม ดังอธิบายได้จากภาพที่ 2.2 ซึ่งเป็นแผนภูมิการรวมตัวของอลูมิเนียม และทองแดงตามแผนภูมิ จะแสดงถึงความสามารถของทองแดงที่ละลายได้ในอลูมิเนียม ทองแดงสามารถละลายแข็ง (Solid Stated) อยู่ในอลูมิเนียมได้ตั้งแต่ 0.5% ที่อุณหภูมิห้อง จนกระทั่งทองแดงละลายแข็งได้สูงสุด 5.56% ที่อุณหภูมิ 548 °C ทองแดงเกิน 5.56% ที่อุณหภูมิห้อง จนถึงอุณหภูมิ 590 °C จะเป็นสารละลายแข็งในสภาพซีต้า (ζ - Phase) มีสูตรทางเคมีว่า CuAl2 (46.5%Al และ 5.35%Cu) ซึ่งมีคุณสมบัติทางกลที่แข็งและเปราะส่วนผสมที่มีทองแดงตั้งแต่ 0.50% ถึง 5.56% อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 660 °C จะมีโครงสร้างในสภาพแคปป้า (K) ซึ่งมีคุณสมบัติทางกลอ่อนและเหนียว คุณสมบัติทางกลของอลูมิเนียมผสม ด้านความแข็งและความแข็งแรงขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของทองแดง ซึ่งถ้ามีเปอร์เซ็นต์ทองแดงมากจะแข็งและแข็งแรงมาก แต่จะเปราะและการยืดตัว (Ductility) จะลดลง โดยทั่วไปแล้วอลูมิเนียมผสมจะมีทองแดงไม่เกิน 12% และที่นิยมใช้กันจะผสมทองแดงอยู่ที่ 2% ถึง 5% จะทำให้มีความเหนียว (Toughness) พอเหมาะ แต่ถ้าต้องการความแข็งและความแข็งแรงสูงขึ้น ก็เพิ่มเปอร์เซ็นต์ทองแดงให้สูงขึ้น



ภาพที่ 2.2 แผนภูมิการรวมตัวของอลูมิเนียมกับทองแดงในระบบสมดุล

อิทธิพลของซิลิคอน (Si)

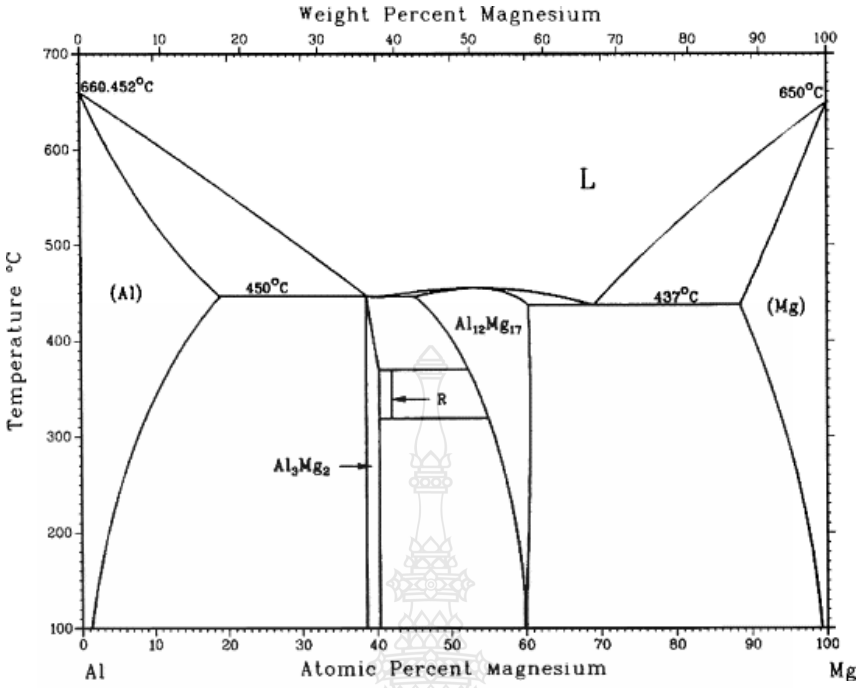
ซิลิคอนที่ผสมอยู่ในอลูมิเนียม ทางการค้ามีผสมอยู่ประมาณ 14% ดังอธิบายได้จากภาพที่ 2.3 ตามภาพ ซิลิคอนสามารถละลายในอลูมิเนียมบริสุทธิ์ได้สูงสุด 1.65% ที่อุณหภูมิ 577°C และที่อุณหภูมิห้อง ละลายได้เพียง 0.05% ซิลิคอนที่ไม่ละลายจะอยู่ในสภาพเบต้า (β - Phase) มีอนุภาค เล็ก ๆ ของซิลิคอนปนอยู่กับอลูมิเนียมกระจายอยู่ทั่วในเนื้ออลูมิเนียมผสมนั้น ซึ่งซิลิคอนนั้นจะมีอิทธิพลมากในการเพิ่มความสามารถในการหล่อหลอม เพิ่มความสามารถในการไหลของน้ำโลหะ ลดการแตกร้าวของการหล่ออลูมิเนียม



ภาพที่ 2.3 แผนภูมิการรวมตัวของอะลูมิเนียมกับซิลิคอนในระบบสมดุล

อิทธิพลของแม็กนีเซียม (Mg)

อิทธิพลของธาตุแม็กนีเซียมในอลูมิเนียมผสม จะมีลักษณะคล้าย ๆ กับธาตุทองแดง แผนภูมิการรวมตัวของอลูมิเนียมกับแม็กนีเซียมในระบบสมดุล ดังแสดงในภาพที่ 2.4 ตามภาพจะเห็นว่าสภาพแอลฟ่า (α - Phase) สามารถละลายแม็กนีเซียมไว้ได้สูงสุด 14.90% ที่อุณหภูมิ 451 °C และที่อุณหภูมิห้อง สภาพแอลฟ่า (α - Phase) สามารถละลายแม็กนีเซียมได้เพียง 2.90% เท่านั้น ถ้ามีแม็กนีเซียมเกิน 14.90% อลูมิเนียมผสมจะมีโครงสร้างในสภาพใหม่ คือสภาพเบต้า (β - Phase) อลูมิเนียมผสมแม็กนีเซียมนี้ สามารถอบชุบให้แข็งด้วยกรรมวิธีบ่มแข็ง (Aging) เหมือนกับอลูมิเนียมผสมทองแดง



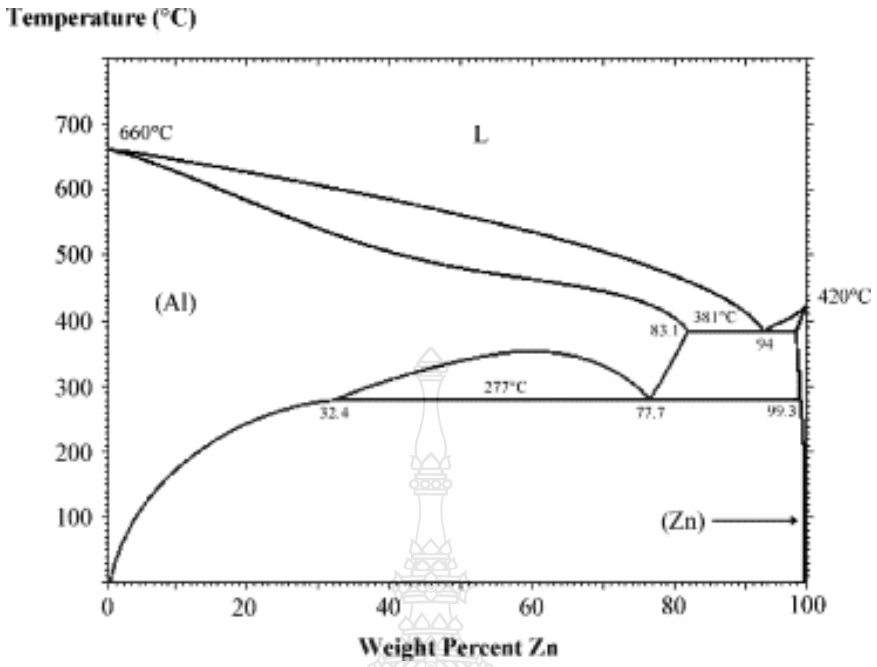
ภาพที่ 2.4 แผนภูมิการรวมตัวของอลูมิเนียมกับแม็กนีเซียมในระบบสมดุล

อิทธิพลของแม็กนีเซียม และ ซิลิคอน (Mg, Si)

ธาตุทั้งสองนี้ถ้ามีอยู่ในอลูมิเนียม จะมีผลอย่างมากต่ออลูมิเนียม เพราะธาตุทั้งสองเมื่อรวมตัวกันแล้ว จะเกิดสารใหม่ขึ้นคือ แม็กนีเซียมซิลิไซด์ (Mg2Si) ซึ่งเป็นสภาพ (Phase) หนึ่งต่างหากไม่เหมือนสภาพเบต้า (β - Phase) ในอะลูมิเนียมผสมแม็กนีเซียม แต่อลูมิเนียมผสมแม็กนีเซียมกับซิลิคอนนี้ สามารถชุบให้แข็งได้ด้วยกรรมวิธีบ่มแข็ง (Aging) เหมือนกับอลูมิเนียมผสมทองแดง ส่วนผสมที่ใช้ได้ผลดี คือมีแม็กนีเซียมประมาณ 0.3% และมีซิลิคอนมากกว่าคือประมาณ 6.0% ถึง 8.0% การเติมซิลิคอน และแม็กนีเซียมลงในอะลูมิเนียม จะช่วยให้คุณสมบัติทางการหล่อหลอมดีขึ้น ไม่ใช่เพื่อให้เกิดสารประกอบแม็กนีเซียมซิลิไซด์ (Mg2Si) แต่ถ้าต้องการอบชุบอลูมิเนียมผสมซิลิคอนให้ได้ ก็จำเป็นจะต้องเติมแม็กนีเซียมลงไปด้วย แต่อลูมิเนียมผสมที่ได้ในสภาพหล่อเสร็จ จะเปราะ แม็กนีเซียมที่มีในอลูมิเนียมประมาณ 0.03% ถึง 0.10% ให้ถือว่าเป็นสารมลทิน (Impurity) คือไม่มีอิทธิพลใด ๆ ต่ออลูมิเนียม

อิทธิพลของสังกะสี (Zn)

สังกะสีนับว่าเป็นธาตุผสมหลักอีกธาตุหนึ่ง ที่ใช้ผสมในอลูมิเนียมผสมบางชนิด สังกะสีมีความสำคัญมาก ที่จะทำให้เกิดผลทางด้านคุณสมบัติทางกลสูงสุด ในสภาพหล่อเสร็จ (As Cast Condition) ดังอธิบายไว้ในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แผนภูมิการรวมตัวของอะลูมิเนียมกับสังกะสีในระบบสมดุล

จากแผนภูมิการรวมตัวของอลูมิเนียมกับสังกะสี จะเห็นว่าสภาพสารละลายแข็งอลูมิเนียม (Solid Stated) สามารถละลายสังกะสีได้สูงสุดถึง 82.8% ที่อุณหภูมิ 382°C และอุณหภูมิ 100°C อลูมิเนียมสามารถละลายสังกะสีได้ประมาณ 4.5% ซึ่งในทางปฏิบัติ นิยมเติมสังกะสีในอลูมิเนียมไม่เกิน 7.5% อลูมิเนียมผสมสังกะสีอบชุบไม่ได้ แต่นิยมใช้ในสภาพหล่อเสร็จ (As Cast Condition) หล่อแบบทราย (Sand Casting) และแบบหล่อถาวร (Permanent Mold) แต่ไม่นิยมหล่อโดยวิธีแม่พิมพ์ (Die Casting)

อิทธิพลของธาตุมลทิน (Impurity)

ธาตุมลทินที่ปนเข้าไปในอลูมิเนียมผสม ในงานหล่อจะมีอิทธิพลอย่างมาก ต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของชิ้นงานปกติ คุณลักษณะสองประการที่ธาตุมลทินทำให้เกิดความเสียหายเป็นอย่างมากกับชิ้นงานหล่อคือการยืดตัว (Ductility) หรือความเหนียว (Toughness) และความต้านทานการผุกร่อน อย่างไรก็ดี คุณสมบัติด้านอื่นก็อาจมีผลกระทบบ้าง อีกประการหนึ่งที่จะพบบ่อย ๆ ก็ คือความยากลำบากที่จะบอกว่าธาตุใดเป็นธาตุผสม (เจือ) และธาตุใดเป็นธาตุมลทินโดยธาตุที่มักจะเป็นธาตุมลทินมีดังนี้

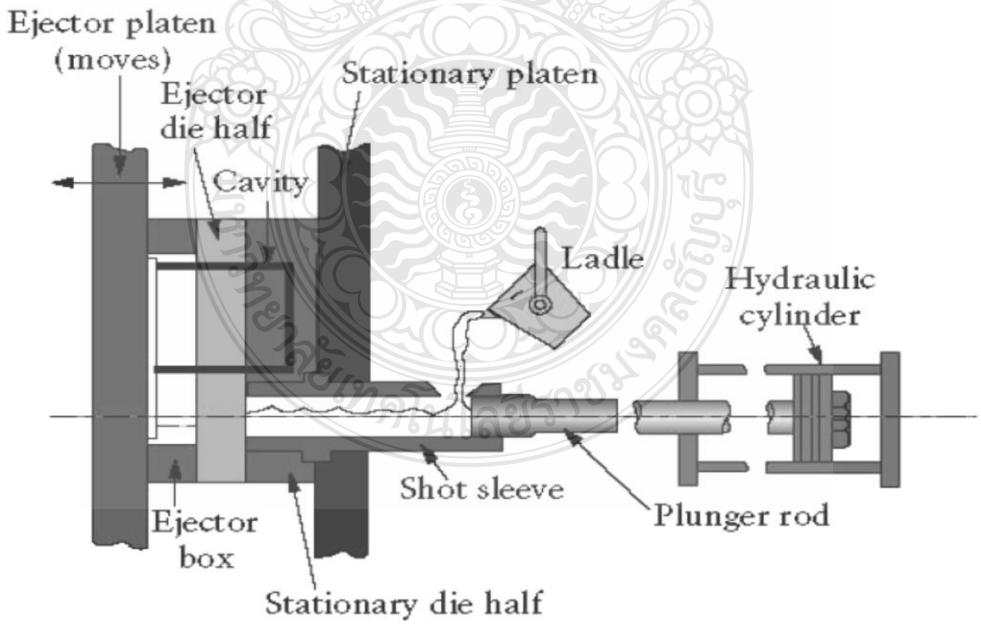
ซิลิคอน (Si): นับได้ว่าเป็นธาตุมลทินในอลูมิเนียมผสมหล่อทุกชนิด และยอมให้มีอยู่ได้ตั้งหลายเปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเติมรวมกับแม็กนีเซียม จะเกิดการเปราะขึ้นจึงมีได้ไม่เกิน 0.2% ถึง 0.3%

เหล็ก (Fe): จำนวน 0.8% ถึง 2.0% ถือว่าเป็นธาตุมลทินทั้งหมด ทั้งนี้เพราะน้ำอลูมิเนียมสามารถละลายเอาเหล็กจากเตาหลอม (ซึ่งเป็นเบ้าเหล็ก) หรือจากเหล็กกวนน้ำอลูมิเนียมหรืออื่น ๆ โดยเหล็กจะไปรวมตัวอยู่ในรูปของเหล็กผสมอลูมิเนียม และเหล็กผสมอลูมิเนียมผสมซิลิคอนเป็นสภาพ (Phase) ฝังอยู่ในโครงสร้าง ทำให้อลูมิเนียมเปราะและเกิดการผุกร่อน ถ้ามีเหล็กอยู่มากเกินไปจะทำอันตรายให้กับเม็ดเกรนในสภาพหล่อเสร็จ (As Cast Condition) คือทำให้ได้เม็ดเกรนหยาบ

สังกะสี (Zn): สังกะสีที่ผสมอยู่ใน Al-Zn-Mg alloy จะช่วยเพิ่มคุณสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน แต่หากเป็นสังกะสีที่ผสมอยู่ในฐานของสารมลทินแล้ว จะทำให้คุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติทนการกัดกร่อนลดต่ำลง ธาตุมลทินตัวอื่น ๆได้แก่ ไทเทเนียม ตะกั่ว ดีบุก พลวง อาซินิค และแคดเมี่ยม เป็นต้น ปริมาณที่มีปะปนอยู่ในอลูมิเนียมซึ่งนับว่าเป็นธาตุมลทินของแต่ละธาตุปกติจะมีไม่เกิน 0.05% - 0.10% (Callister, 2548)

2.9 การฉีดขึ้นรูป (Die Casting)

เป็นวิธีการหล่อที่ใช้ความดันสูงในการอัดน้ำโลหะเข้าสู่แม่พิมพ์ โดยน้ำโลหะจะได้จากการนำเอาวัตถุดิบที่เป็นโลหะ เช่น เหล็ก อลูมิเนียม เป็นต้น ไปเข้าเตาหลอมเพื่อหลอมละลายโลหะให้กลายเป็นน้ำโลหะ จากนั้นนำน้ำโลหะเทเข้าสู่แม่พิมพ์ โดยผ่านทางรูทางเข้าของแม่พิมพ์



ภาพที่ 2.6 กระบวนการฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม
ที่มา: เชาวลิต ลิ้มมณีวิจิตร (2553)

รูทางเข้าของแม่พิมพ์ จะต้องออกแบบให้อยู่ในลักษณะที่ทำให้น้ำโลหะวิ่งเข้าแม่พิมพ์ได้สะดวก จากนั้นอัดแรงดันสูงเข้าไปที่แม่พิมพ์ ให้น้ำโลหะกระจายตัวอยู่ในแม่พิมพ์ ทิ้งให้น้ำโลหะแข็งตัวแล้วจึงทำการแกะชิ้นงานออกจากแบบ

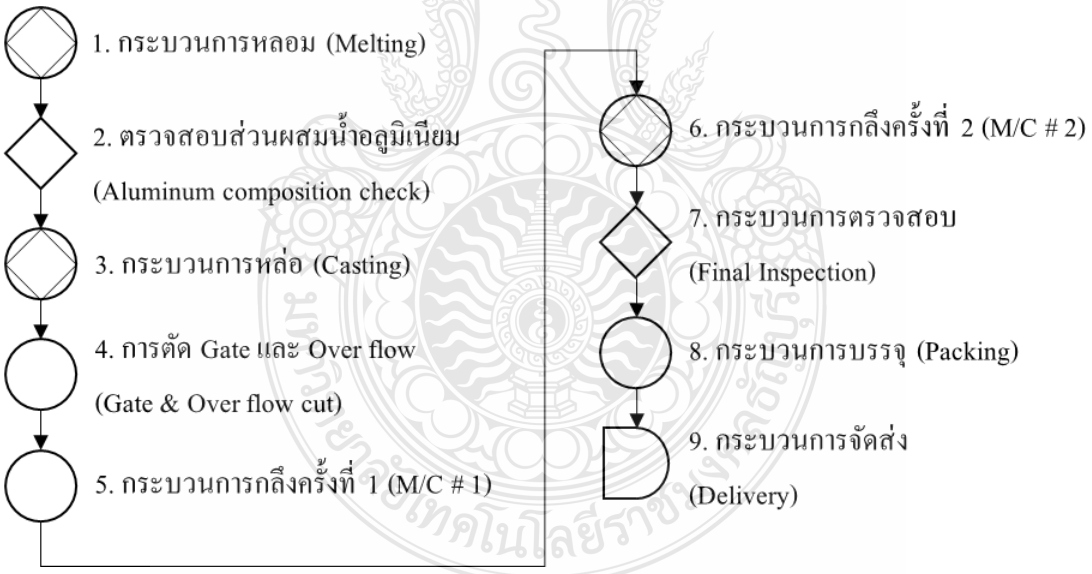
ข้อดี คือ สามารถผลิตชิ้นงานที่มีความซับซ้อน ชิ้นงานบาง อัตราการผลิตสูง และมีความเที่ยงตรงสูง

ข้อเสีย คือ ไม่สามารถผลิตชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ได้ แม่พิมพ์มีราคาแพง โลหะที่ใช้ต้องมีจุดหลอมเหลวต่ำ เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการฉีดขึ้นรูป เช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนเครื่องจักร เครื่องใช้ภายในบ้าน เป็นต้น

2.10 กระบวนการผลิตชิ้นงาน Oil Seal Case

จากการศึกษากระบวนการผลิตของชิ้นงาน Oil Seal Case สรุปได้ว่ากระบวนการผลิตมี 9 กระบวนการ ดังนี้



ภาพที่ 2.7 แผนผังการไหล (Process Flow Chart) ของการผลิตชิ้นงาน Oil Seal Case

ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการผลิต

1. กระบวนการหลอม (Melting)

เป็นขั้นตอนในการหลอมอลูมิเนียม โดยจะใช้ Aluminum Ingot 70% และ Aluminum Scarp 30% อุณหภูมิที่ใช้ในการหลอม 680°C

2. ตรวจสอบส่วนผสมของน้ำอลูมิเนียม (Aluminum composition check)

กระบวนการนี้ จะทำการตรวจสอบส่วนผสมของน้ำอลูมิเนียม ที่อยู่ในเตาหลอม เพื่อยืนยันความถูกต้องของส่วนผสม ก่อนนำไปใช้งาน โดยชิ้นงาน Oil Seal Case จะผลิตด้วยอลูมิเนียม เกรด ADC12

3. กระบวนการหล่อ (Casting)

เป็นกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงาน โดยการฉีดขึ้นรูปโดยการใช้แรงดันสูง (1,450 - 30,500 psi) ซึ่งจะใช้น้ำอลูมิเนียมจากเตาหลอมที่ได้รับการตรวจสอบยืนยันส่วนผสมแล้วมาเป็นวัตถุดิบ แล้วใช้เครื่องฉีด ฉีดน้ำอลูมิเนียมเข้าไปในแม่พิมพ์ จากนั้นเราจะได้ชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียมที่มี Gate และ Over flow และในขั้นตอนนี้ก็จะมีการสุ่มตรวจสอบสภาพภายนอก (Appearance) ของชิ้นงานตามระยะเวลาที่กำหนดไว้

4. การตัด Gate และ Over flow (Gate and Over flow cut)

เป็นขั้นตอนในการนำชิ้นงานที่ได้จากการหล่อ ที่มีทั้ง Gate และ Over flow มาทำการตัด Gate และ Over flow ที่ติดมาด้วยออก เพื่อให้เหลือแต่ชิ้นงาน

5. กระบวนการกลึงครั้งที่ 1 (M/C #1)

เป็นขั้นตอนที่นำเอาชิ้นงานตัด gate และ Over flow ออกแล้วมาทำการกลึงในครั้งที่ 1

6. กระบวนการกลึงครั้งที่ 2 (M/C #2)

นำชิ้นงานที่ผ่านการกลึงครั้งที่ 1 มาทำการกลึงในส่วนที่เหลือ และในขั้นตอนนี้ก็จะมีการสุ่มตรวจสอบสเปค (Dimension) ของชิ้นงานตามระยะเวลาที่กำหนดไว้

7. กระบวนการตรวจสอบ (Final Inspection)

เป็นการตรวจสอบในขั้นสุดท้าย ก่อนทำการบรรจุเพื่อส่งมอบให้กับลูกค้า จะเป็นการตรวจสอบในจุดที่ไม่มั่นใจในระดับคุณภาพ และ จุดที่เป็น Critical point ของชิ้นงาน

8. กระบวนการบรรจุ (Packing)

นำชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว มาทำความสะอาดด้วยการเป่าลม และบรรจุกล่อง ตามมาตรฐานของบรรจุภัณฑ์

9. กระบวนการจัดส่ง (Delivery)

ส่งชิ้นงานที่บรรจุลงกล่องเรียบร้อยเข้าคลังสินค้า เพื่อรอส่งมอบให้ลูกค้า ตามแผนที่ลูกค้ากำหนด

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จักริน ยิ้มย่อง (2556) การวิจัยเรื่อง การปรังปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดของเสียโดยใช้หลักการซิกส์ ซิกม่า กรณีศึกษา บริษัท เล็นตัส เทคโนโลยี่ส์ (ไทย) จำกัด เป็นการศึกษาเพื่อวิเคราะห์กระบวนการทำงาน และระบบการผลิตของการชุบโลหะ ค้นหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย เพื่อหาทางลดของเสียที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักการซิกส์ ซิกม่า จากการศึกษาพบว่าปัญหางานยับเป็นปัญหาหลัก สาเหตุมาจาก ความไม่ชัดเจนของเอกสารการปฏิบัติงาน ไม่มีมาตรฐานการตรวจรับส่วนประกอบเครื่องจักร ไม่มีจุดตรวจสอบเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ จึงได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต ด้วยการติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลของลม ทำการกำหนดมาตรฐานในการปรับแต่งหัวฉีดน้ำแรงดันสูง กำหนดมาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงานที่เข้าออกบ่อชุบ กำหนดมาตรฐานการตรวจรับส่วนประกอบเครื่องจักร ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต สามารถลดของเสียงานยับจาก 193 ppm. เหลือ 40 ppm. คิดเป็น 79.3% โดยไม่มีการเพิ่มกระบวนการและทรัพยากรอื่น ๆ

จุติวัฒน์ ธวัชธาดา (2553) สารนิพนธ์เรื่อง การปรับปรุงโดยบูรณาการแนวคิดลีน และเครื่องมือ ซิกส์ ซิกม่า กรณีศึกษาโรงงานตัวอย่าง เป็นการศึกษากระบวนการผลิต โดยมุ่งเน้นไปที่กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า และความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต โดยนำแนวความลีนมาใช้ในการปรังปรุง และใช้เครื่องมือของซิกส์ ซิกม่า ในการลดความผันแปรของกระบวนการ ซึ่งเป็นแนวทางในการลดความผันแปร ลดเวลา ลดพื้นที่ ลดของเสีย และลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต จากการศึกษาพบว่า ปัญหาเศษติดกับชิ้นงาน เป็นของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งต้องมีการเพิ่มการตรวจสอบและเคาะออก ทำให้เกิดความสูญเปล่าขึ้น ทั้งเวลาและอาจมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้ จึงได้นำแนวคิดการป้องกันความผิดพลาดมาประยุกต์ใช้ และใช้การปรับเรียบการผลิตในเพื่อลดชิ้นงานในกระบวนการผลิตและลดพื้นที่ในการจัดเก็บชิ้นงานสำเร็จรูป ซึ่งผลหลังการปรับปรุงทำให้ปัญหาเศษติดกับชิ้นงานลดลงจาก 304400 ppm. เหลือ 2000 ppm. และรอบการทำงานลดลงจาก 83.1 วินาที/ชิ้น เหลือ 75.5 วินาที/ชิ้น และลดพื้นที่จัดเก็บสินค้าคงคลังจาก 1.5 วัน เหลือ 1.0 วัน ซึ่งเป็นการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตได้

สุวิมล จันทร์แก้ว (2549) วิทยานิพนธ์เรื่อง การลดของเสียในอุตสาหกรรมผลิตล้ออลูมิเนียมอัลลอยด์ เป็นการศึกษากระบวนการผลิต เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องที่

เกิดขึ้นในทุกกระบวนการผลิต โดยใช้การระดมสมอง แผนผังเหตุและผล และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบด้านคุณภาพ (FMEA) จากนั้นได้ทำการกำหนดทีมงานผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง มาวิเคราะห์เพื่อประเมินค่าความรุนแรง ค่าโอกาสในการเกิด และค่าโอกาสในการตรวจพบ เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN) ซึ่งค่า RPN ที่สูงหมายความว่ามีความเสี่ยงที่จะเกิดข้อพร่องที่สูง โดยส่วนใหญ่แล้ว จะทำการปรับปรุงแก้ไขในข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 100 ขึ้นไป จากนั้นจึงใช้การระดมสมอง เพื่อหาแนวทางมาตรการแก้ไข โดยกำหนดแนวทางการแก้ไขดังนี้

1. เพิ่มความสามารถในการตรวจจับของเสียโดยการตรวจสอบ 100% การตรวจสอบชิ้นแรกของการผลิต การทวนสอบหลังการปรับตั้งเครื่องจักร และการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ เป็นต้น

2. ลดโอกาสหรือความถี่ในการเกิดปัญหา โดยทบทวนระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรและแม่พิมพ์ ปรับปรุงเอกสารมาตรฐานการผลิต และฝึกอบรมพนักงาน

ผลจากการปรับปรุงแก้ไขพบว่า อัตราของเสียจากกระบวนการผลิต ลดลงจาก 9.53% เหลือ 6.15% และปัญหาจากการร้องเรียนของลูกค้า ลดลงจาก 0.1% เหลือ 0.027% และค่า RPN ของกระบวนการผลิตลดลงตั้งแต่ 25.0% - 92.9%

พงศ์ไพโรจน์ ศรีบุญ (2552) การศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่อง การลดของเสียจากปัญหาฟองอากาศ ในกระบวนการหล่ออลูมิเนียมใช้แม่แบบ เป็นการศึกษากระบวนการผลิตห้องเครื่องยนต์ เพื่อลดของเสียที่เกิดจากฟองอากาศ ซึ่งเป็นของเสียส่วนใหญ่ที่เกิดจากกระบวนการผลิต สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาฟองอากาศ คือขนาดทางเข้าน้ำอลูมิเนียมที่ใหญ่ขึ้น จากการใช้แม่พิมพ์เป็นระยะเวลานาน และพนักงานควบคุมเครื่องจักรปฏิบัติงานไม่ถูกต้อง จึงทำการปรับปรุงแก้ไขโดย

1. ลดขนาดทางเข้าน้ำอลูมิเนียมให้มีขนาดตามแบบของแม่พิมพ์

2. จัดทำตารางบำรุงรักษา และใบตรวจสอบเครื่องจักรประจำสัปดาห์

3. อบรมพนักงานทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน

ผลจากการปรับปรุง พบว่าสามารถลดของเสียจาก 7.9% เหลือ 0.8% และพนักงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้านี้ มีเป้าหมายเพื่อศึกษาหาสาเหตุและแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม เพื่อลดของเสีย ลดความสูญเปล่าในการผลิตเพิ่มประสิทธิภาพ เพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า เพิ่มโอกาสในการแข่งขัน โดยอาศัยแนวคิดและหลักการของซิกส์ ซิกม่า มาเป็นแนวทาง แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สำรวจสภาพปัจจุบัน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การศึกษาหาสาเหตุและแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียมด้วยหลักการของซิกส์ ซิกม่า (SIX SIGMA) ได้กำหนดแผนการดำเนินงานไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การนิยามปัญหา (Define phase) สำรวจขั้นตอนการทำงานและกระบวนการ รวบรวมข้อมูลและปัญหาต่าง ๆ ความต้องการของลูกค้า ระบุปัญหาหลักและเป้าหมายของการปรับปรุง

2. การวัด (Measure phase) เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัด เพื่อตรวจสอบว่าระบบการวัดมีความถูกต้อง และเชื่อถือได้ตรวจสอบคุณภาพของงานในกระบวนการผลิตโดยใช้เครื่องมือทางสถิติ

3. การวิเคราะห์ (Analysis phase) ทำการวิเคราะห์และค้นหาปัจจัยที่น่าจะเป็นสาเหตุของปัญหาในกระบวนการผลิต และทำการพิสูจน์ให้แน่ใจว่าปัจจัยนั้นเป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา โดยใช้เครื่องมือทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ เช่น Pareto diagram, FMEA และ Why-Why analysis

4. การปรับปรุงแก้ไข (Improve phase) กำหนดแผนการแก้ไขปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์จากนั้นทำการทดลองและนำไปปฏิบัติ และวัดผลหลังการปฏิบัติ และนำไปเปรียบเทียบเป็นผลก่อนและหลังการแก้ไขปรับปรุง

5. การควบคุม (Control phase) กำหนดแนวทางในการควบคุมการผลิต หลังการปรับปรุงแล้ว ติดตามผลการดำเนินงาน และประเมินผลเป็นระยะ ๆ เพื่อให้กระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือล้มเลิกไป โดยอาศัยเครื่องมือทางคุณภาพและทำการปรับปรุงเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย	เครื่องมือ
1. การนิยามปัญหา (Define)	- Project charter - VOC - Process map - Quality Function Deployment (QFD) - SIPOC
2. การวัด (Measure)	- Measurement systems analysis - Gauge R & R - Data mining - Run charts
3. การวิเคราะห์ (Analysis)	- SPC - FMEA - Fishbone diagrams - Tree diagrams
4. การปรับปรุงแก้ไข (Improve)	- Force field diagrams - 7M tools - Project planning and management tools - Brainstorming - Capability analysis (Cpk, Ppk)

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย	เครื่องมือ
5. การควบคุม (Control)	- Process control plan - FMEA - ISO 9000 - Poka-Yoke - Reporting system

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับ การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสีย โดยจะศึกษาเกี่ยวกับชิ้นงาน Oil Seal Case ตั้งแต่กระบวนการแรก จนถึงกระบวนการสุดท้าย ข้อมูลที่เกี่ยวข้องจะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตของบริษัทแห่งหนึ่ง และข้อมูลร้องเรียนจากลูกค้า ได้แก่

1. ข้อมูลของเสีย ของแต่ละเดือน
2. ลักษณะของของเสีย
3. ขั้นตอนการผลิต วิธีการ ระยะเวลา ในทุก ๆ ขั้นตอน
4. ปัจจัยในการผลิตในแต่ละขั้นตอน

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ จะใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยการวิเคราะห์เชิงปริมาณวิเคราะห์อัตราส่วนของเสียแต่ละประเภท วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis. Cpk, Ppk) ความสามารถในการควบคุมกระบวนการ (Control chart) ทั้งก่อนการปรับปรุง และ หลังการปรับปรุง จากนั้นจะนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบผลการปรับปรุง

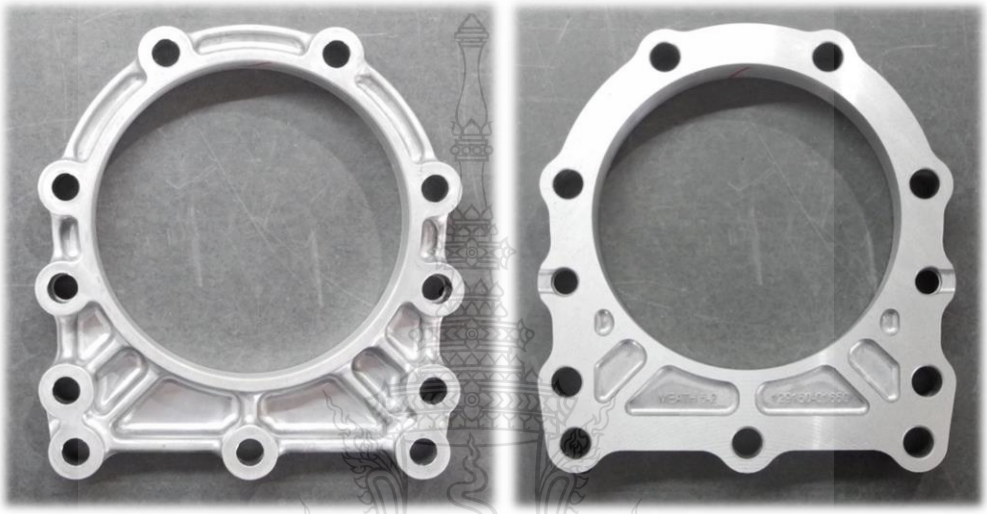
3.5 สำรวจสภาพปัจจุบัน

ชิ้นงาน Oil Seal Case เป็นชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ดีเซลของรถแทรกเตอร์เป็นชิ้นงานที่ส่งออกไปให้ลูกค้าที่ประเทศญี่ปุ่น จึงมีความเข้มงวดในเรื่องคุณภาพมาก และเมื่อมีปัญหาในเรื่องของคุณภาพ จะทำให้มีความเสียหาย และค่าใช้จ่ายที่สูงมากเช่น ในช่วงเวลาที่ผ่านมา เกิดปัญหาสนิมขึ้น และในครั้งนั้นเกิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งสิ้น 326,859 บาท (ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการ

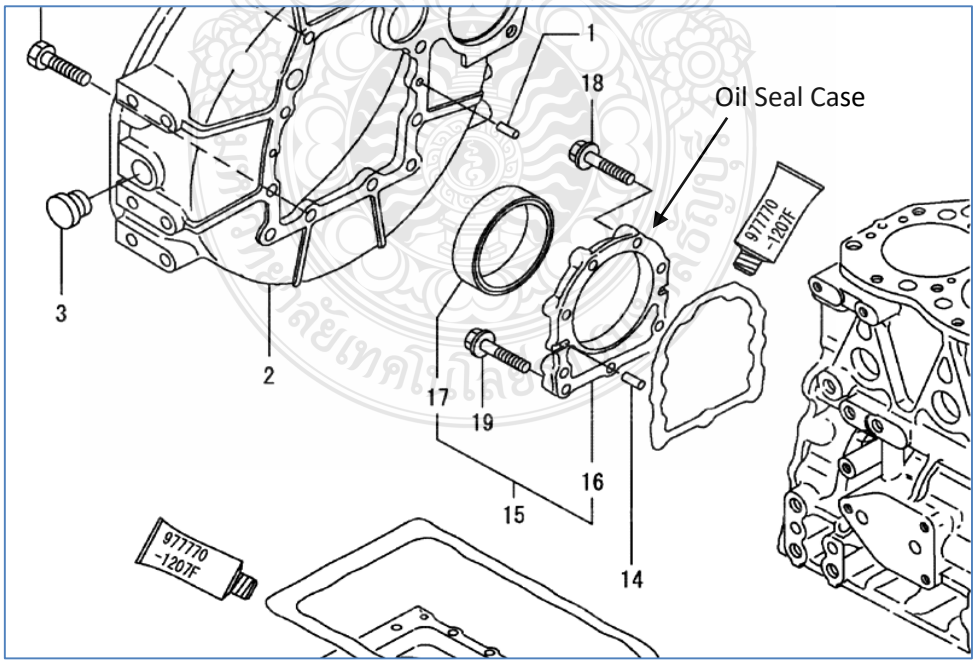
เดินทางไปพบลูกค้า ค่าใช้จ่ายในการส่งชิ้นงานคืน ค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงานทดแทน และค่าใช้จ่ายในการส่งชิ้นงานทดแทนให้ลูกค้า ลูกค้าเคลม 1 lot (5,000 ชิ้น))

ด้วยเหตุนี้ ผู้ศึกษาจึงเลือกที่จะศึกษา เพื่อแก้ปัญหาของชิ้นงาน Oil Seal Case เพื่อเป็นการป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้น และค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดขึ้นตามมา

ชิ้นงาน Oil Seal Case จะมียอดการสั่งซื้อโดยประมาณอยู่ที่ 12,000 - 15,000 ชิ้นต่อเดือน

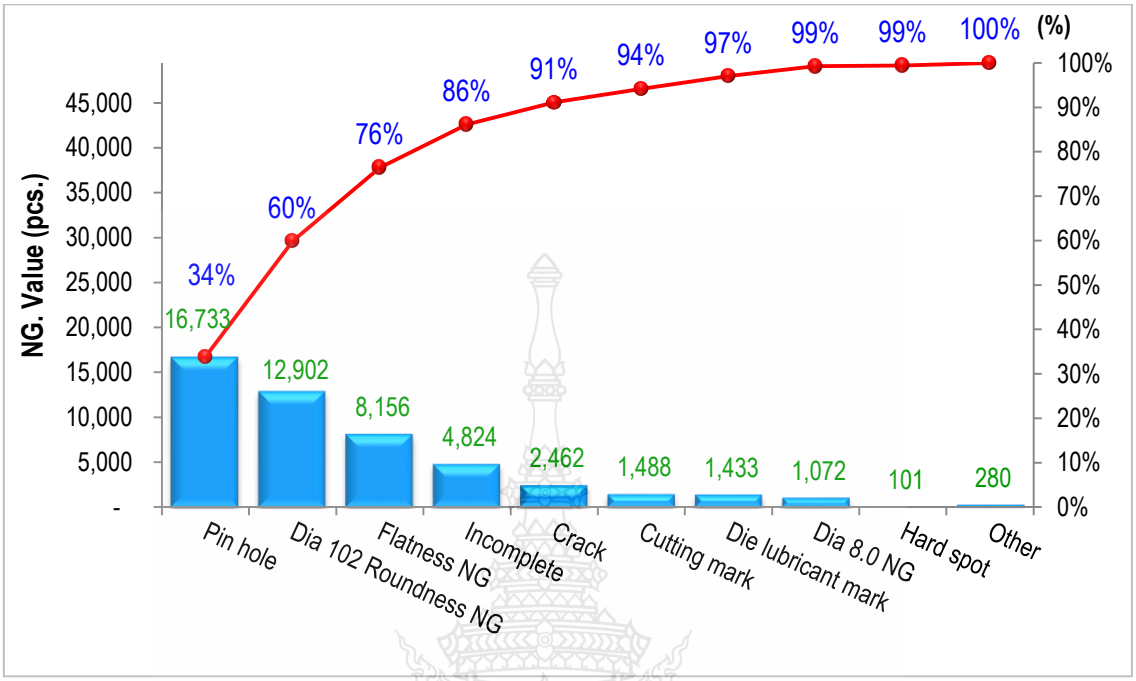


ภาพที่ 3.1 รูปชิ้นงาน Oil Seal case



ภาพที่ 3.2 ลักษณะการใช้งานในการประกอบกับเครื่องยนต์

จากการเก็บข้อมูลของเสียตั้งแต่เดือน มกราคม ถึง กันยายน 2558 สรุปได้ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 อัตราส่วนของเสียตั้งแต่ มกราคม 2558 ถึง กันยายน 2558

จากภาพที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าของเสียหลักคือ Pin hole (ตามด) เมื่อนำชิ้นงานที่มี Pin hole ไปประกอบกับเครื่องยนต์ จะส่งผลให้ชิ้นงานเกิดการรั่วไหลของน้ำมัน ส่งผลกระทบให้เครื่องยนต์เสียหายได้ และประกอบกับชิ้นงาน Oil Seal Case เป็นงานส่งออกไปยังลูกค้าที่ประเทศญี่ปุ่น เมื่อลูกค้าพบว่าชิ้นงานมี Pin hole ก็จะทำการตรวจสอบชิ้นงานก่อนการประกอบ ร้องขอให้บริษัทเข้าไปทำการตรวจสอบงานทั้งหมดในคลังสินค้า หรือจะเรียกเก็บค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการตรวจสอบและค่าชิ้นงานที่เสียไป ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่สูงมาก และขั้นตอนในการนำสินค้าที่มีปัญหากลับมาไทย และส่งสินค้าทดแทนไปให้ลูกค้าก็มีการดำเนินงานที่ยุ่งยากหลายขั้นตอน หลายหน่วยงาน ประกอบกับงานสินค้าที่ส่งไปทดแทน ก็จะเป็นการส่งแบบเร่งด่วนเสมอ จนบางครั้งต้องมีการส่งสินค้าด่วนทางอากาศโดยเครื่องบิน

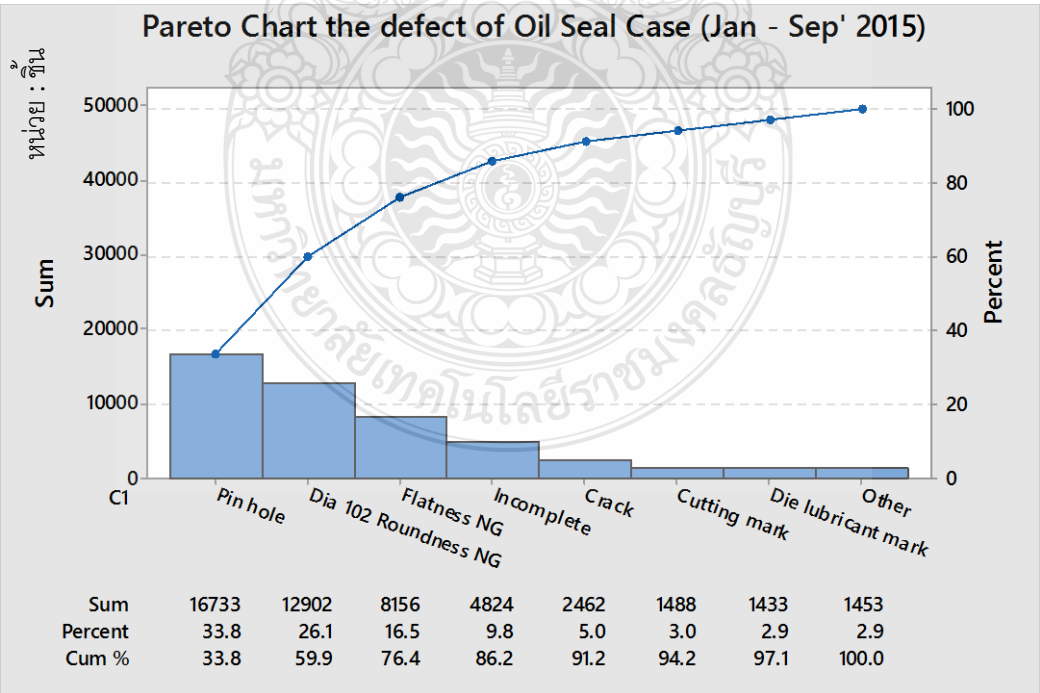
บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์

กรณีศึกษานี้เป็นการศึกษา โดยนำเอาวิธีการซิกส์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการและลดการเกิดของเสีย ที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน Oil Seal Case โดยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการนิยามปัญหา
2. ขั้นตอนการวัด
3. ขั้นตอนการวิเคราะห์
4. ขั้นตอนการปรับปรุง
5. ขั้นตอนการควบคุม

4.1 ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define Phase)

4.1.1 จากการเก็บข้อมูลของเสียในช่วง มกราคม 2558 ถึง กันยายน 2558 พบปัญหาในกระบวนการผลิต ดังแสดงในภาพที่ 4.1

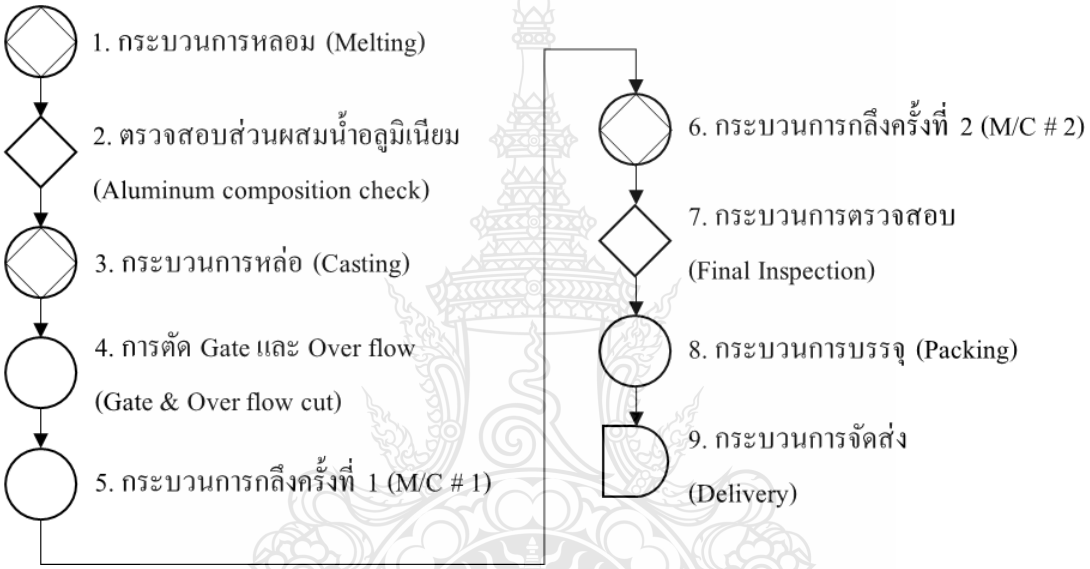


ภาพที่ 4.1 ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตชิ้นงาน Oil Seal Case

จากภาพที่ 4.1 พบว่าปัญหาของเสียที่พบมากที่สุดคือ Pin hole มีสัดส่วนที่ 34% ลองลงมาคือ ปัญหา Ø102 Roundness NG. มีสัดส่วนที่ 26%

ดังนั้นเมื่อนำทั้งสองปัญหามารวมกัน จะมีสัดส่วนของเสียสูงถึง 60% ของของเสียทั้งหมด ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาจะมุ่งเน้นไปที่สองปัญหานี้

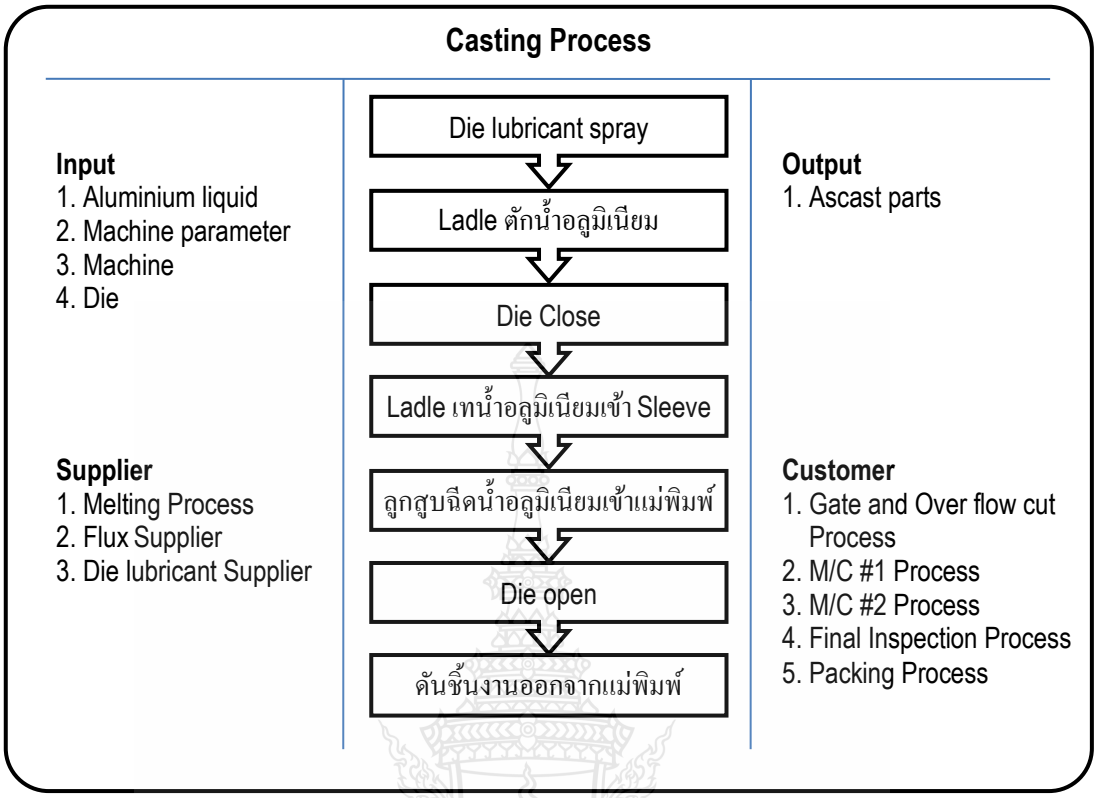
4.1.2 ศึกษากระบวนการผลิตชิ้นงาน Oil Seal Case เพื่อความเข้าใจในกระบวนการผลิต ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 การไหลของการผลิตชิ้นงาน Oil Seal Case

จากการศึกษากระบวนการผลิต พบว่าปัญหา Pin hole มีโอกาสเกิดขึ้นได้จากกระบวนการหล่อ (Die Casting) และปัญหา Ø102 Roundness NG มีโอกาสเกิดได้จากกระบวนการกลึงครั้งที่ 2

4.1.3 เขียน SIPOC ของกระบวนการฉีดขึ้นรูป (Casting) เพื่อทำความเข้าใจกับภาพรวมของกระบวนการ หน้าที่ ความสำคัญ และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของกระบวนการ ดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 SIPOC ของกระบวนการฉีดขึ้นรูป (Casting)

Supplier คือ กระบวนการหลอมอลูมิเนียม (Melting Process) ผู้ผลิต Flux ผู้ผลิตน้ำยาหล่อลื่นแม่พิมพ์

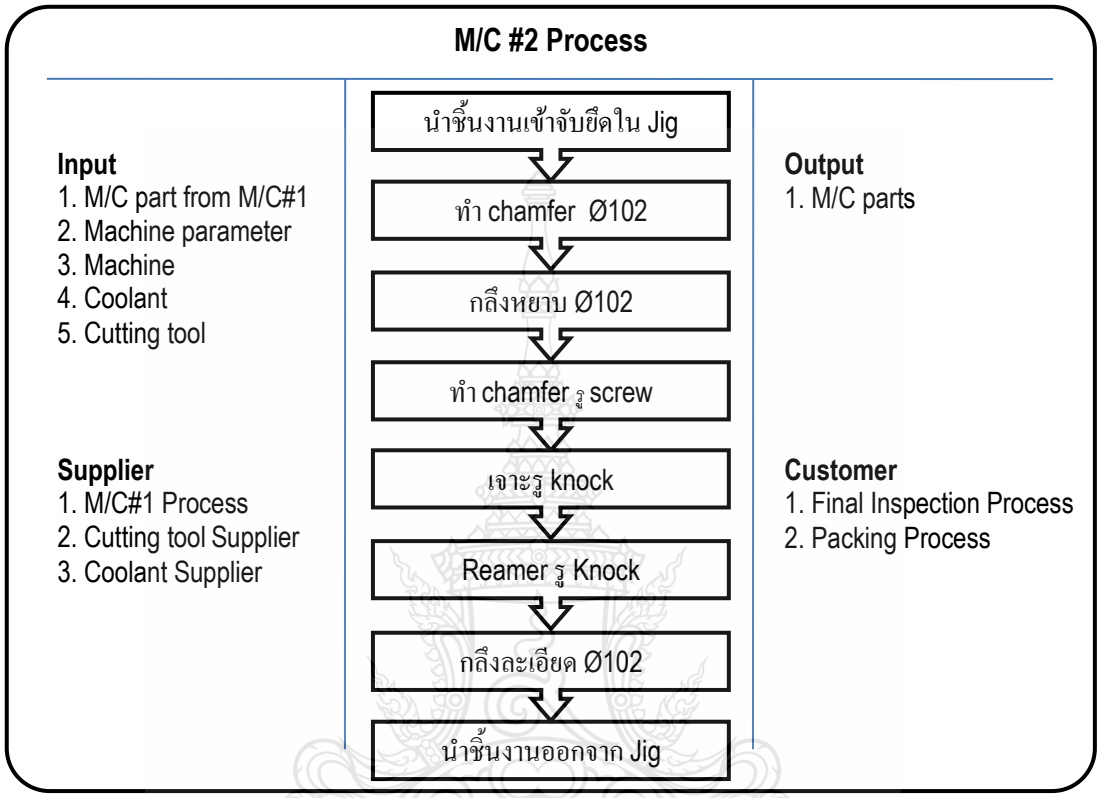
Input คือ น้ำอลูมิเนียมที่หลอมละลายแล้ว การปรับตั้งพารามิเตอร์ในการฉีดขึ้นรูปเครื่องฉีด Die Casting และ แม่พิมพ์

Process คือ กระบวนการฉีดขึ้นรูป ซึ่งแบ่งออกเป็น ขั้นตอนต่าง ๆ คือ 1.การฉีดน้ำยาหล่อลื่นแม่พิมพ์ 2.Ladle ตักน้ำอลูมิเนียม 3.แม่พิมพ์ปิด 4.Ladle เทน้ำอลูมิเนียมเข้า Sleeve 5.ลูกสูบฉีดน้ำอลูมิเนียมเข้าแม่พิมพ์ 6.แม่พิมพ์เปิด 7.Ejector ดันชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ดังแสดงในภาพที่ 4.3

Output คือ ตัวชิ้นงานที่ผ่านการฉีดขึ้นรูป (Ascast part)

Customer คือกระบวนการถัดไปที่ได้รับผลกระทบจากงานเสียที่เกิดจากกระบวนการฉีดขึ้นรูป (Casting) ในที่นี้คือ Gate and Overflow cut process, M/C#1 process, M/C#2 process, Final Inspection process และ Packing process

4.1.4 เขียน SIPOC ของกระบวนการกลึงครั้งที่ 2 (M/C #2) เพื่อทำความเข้าใจกับภาพรวมของกระบวนการ หน้าที่ ความสำคัญ และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของกระบวนการ ดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 SIPOC ของกระบวนการกลึงครั้งที่ 2 (M/C # 2)

Supplier คือ กระบวนการแมชชีนครั้งที่ 1 (M/C#1 Process) ผู้ผลิต Cutting tool ผู้ผลิตน้ำยาหล่อเย็น (Coolant)

Input คือ ชิ้นงานที่ผ่านการแมชชีนครั้งที่ 1 การปรับตั้งพารามิเตอร์ในการแมชชีน เครื่องแมชชีน น้ำยาหล่อเย็น และ Cutting tool

Process คือ กระบวนการกลึงครั้งที่ 2 ซึ่งแบ่งออกเป็น ขั้นตอนต่าง ๆ คือ 1.นำชิ้นงานเข้าจับยึดใน Jig 2.ทำ Chamfer ของ Ø 102 3.กลึงหยาบ Ø 102 4.ทำ Chamfer ของรู Screw ทั้ง 11 รู 5.เจาะรู knock 2 รู 6.Reamer รู knock 2 รู 7.กลึงละเอียด Ø 102 8.นำชิ้นงานออกจาก Jig ดังแสดงในภาพที่ 4.4

Output คือ ตัวชิ้นงานที่ผ่านการกลึงสองขั้นตอน

Customer คือ กระบวนการถัดไปที่ได้รับผลกระทบจากงานเสีย ที่เกิดจากกระบวนการกลึงครั้งที่ 2 ในที่นี้ คือ Final inspection process และ Packing process

4.1.5 ข้อกำหนดด้านคุณภาพงาน

4.1.5.1 ข้อบกพร่อง Pin hole : เกณฑ์การยอมรับกำหนดไว้ดังนี้

Pin hole ที่ Ø 102 mm.

1. ยอมรับ Pin hole Ø < 0.5 mm. 3 จุด ระยะห่างของแต่ละจุด > 50 mm.
2. ยอมรับ Pin hole Ø < 0.2 mm. 3 จุด ระยะห่างของแต่ละจุด > 10 mm.
3. ไม่ยอมรับ Pin hole ภายในพื้นที่ 5 mm. จากหน้า Gasket

Pin hole ที่ Gasket surface

1. ยอมรับ Pin hole Ø < 0.5 mm. 3 จุด ระยะห่างของแต่ละจุด > 50 mm.
2. ยอมรับ Pin hole Ø < 0.2 mm. 3 จุด ระยะห่างของแต่ละจุด > 10 mm.

4.1.5.2 ข้อบกพร่อง Ø102 Roundness NG. : ยอมรับชิ้นงานที่ค่าความกลม (Roundness) ไม่เกิน 0.013 mm.

4.1.6 ผลกระทบจากปัญหาที่เกิดขึ้น

4.1.6.1 มีของเสียในกระบวนการผลิตเกิดขึ้น ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายขึ้นจากการผลิตซ้ำ และเสียเวลาในการผลิต ส่งผลให้บริษัทมีต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น

4.1.6.2 มีค่าใช้จ่ายจากการคัดแยกของเสียที่เกิดขึ้น

4.1.6.3 มีความเสี่ยงที่ของเสียอาจหลุดรอดไปยังลูกค้า และมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น

จากการศึกษาข้อมูลของเสีย พบว่าปัญหาที่จะทำการวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไข คือ

1. ปัญหา Pin hole ซึ่งมีเป้าที่จะลดของเสียลงอย่างน้อย 30%
2. ปัญหา Ø102 Roundness NG. ซึ่งมีเป้าที่จะลดของเสียลงอย่างน้อย 50%

4.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

ในขั้นตอนการวัด จะทำการศึกษาระบบการวัด ความแปรปรวนของระบบการวัด และวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

4.2.1 ศึกษาระบบการวัด

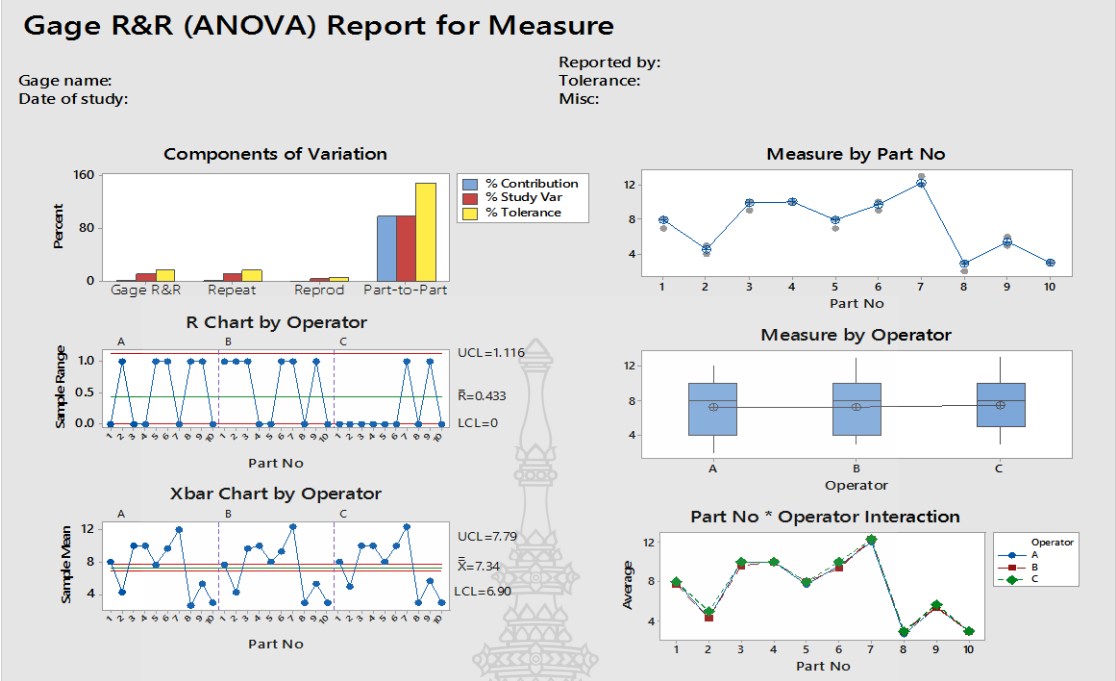
4.2.1.1 ศึกษาระบบการวัดด้วย Gage R&R ของการวัดค่า Roundness ของ Ø102

การศึกษาระบบการวัด Gage R&R เป็นการศึกษาถึงความแม่นยำของระบบการวัดที่จะบอกถึงสาเหตุของความผิดปกติจากการวัด โดยใช้ผู้วัด 3 คน แต่ใช้เครื่องมือวัดและระบบการวัดเดียวกัน ซึ่งเราจะศึกษาความแปรปรวนของการวัดค่า Roundness ของ Ø 102 ด้วย Dial measuring โดยพนักงาน 3 คน ทำการวัดชิ้นงาน 10 ชิ้น และวัดซ้ำ 3 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Roundness ที่ได้จากการวัดชิ้นงานตัวอย่าง

ชิ้นงานที่	ข้อมูลการวัด (หน่วย : μm.)								
	พนักงานคนที่ 1			พนักงานคนที่ 2			พนักงานคนที่ 3		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	8	8	8	8	7	8	8	8	8
2	4	5	4	5	4	4	5	5	5
3	10	10	10	10	9	10	10	10	10
4	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5	7	8	8	8	8	8	8	8	8
6	10	9	10	9	9	10	10	10	10
7	12	12	12	12	12	13	12	12	13
8	2	3	3	3	3	3	3	3	3
9	5	6	5	5	5	6	6	5	6
10	3	3	3	3	3	3	3	3	3

จากนั้นนำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพื่อหาค่าความผิดพลาดจากการวัด ดังแสดงในภาพที่ 4.5 และ 4.6

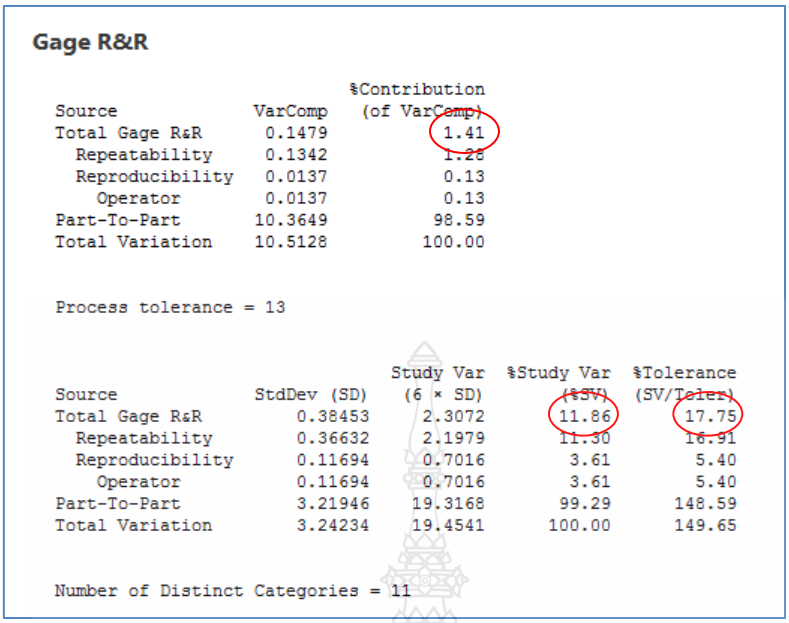


ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของการวัดค่า Roundness ของ Ø 102 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

จากภาพที่ 4.5 เมื่อพิจารณาในส่วนของ Components of Variation พบว่า ค่าความแปรปรวนของระบบการวัดส่วนใหญ่มาจากความแตกต่างระหว่างค่า Roundness ของชิ้นงาน ดังเห็นได้จาก ค่าความแปรปรวนที่มาจากความแตกต่างระหว่างค่า Roundness ของชิ้นงาน มีค่ามากกว่าค่าความแปรปรวนของระบบการวัด

เมื่อพิจารณาจากส่วนของ R Chart by Operator พบว่าการวัดค่า Roundness ของพนักงานแต่ละคนอยู่ในการควบคุม

เมื่อพิจารณาจากส่วนของ Sample mean พบว่าค่าที่ได้จากการวัดเกือบทั้งหมด อยู่นอกเหนือการควบคุม แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของระบบการวัดเกิดจากค่า Roundness ของชิ้นงาน



Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.1479	1.41
Repeatability	0.1342	1.28
Reproducibility	0.0137	0.13
Operator	0.0137	0.13
Part-To-Part	10.3649	98.59
Total Variation	10.5128	100.00

Process tolerance = 13

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.38453	2.3072	11.86	17.75
Repeatability	0.36632	2.1979	11.30	16.91
Reproducibility	0.11694	0.7016	3.61	5.40
Operator	0.11694	0.7016	3.61	5.40
Part-To-Part	3.21946	19.3168	99.29	148.59
Total Variation	3.24234	19.4541	100.00	149.65

Number of Distinct Categories = 11

ภาพที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของระบบการวัดค่า Roundness โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ตารางที่ 4.2 แสดงเกณฑ์การยอมรับและผลการวิเคราะห์ Gage R&R Study

ความผันแปรของระบบการวัด	เกณฑ์ในการยอมรับความผันแปรของระบบการวัด			ผลการวิเคราะห์	
	ยอมรับ	ยอมรับแบบมีเงื่อนไข	ไม่ยอมรับ		
1. Contribution	< 3%	3 -10%	> 10%	1.41%	ยอมรับ
2. Study Variance	< 10%	10 - 30%	> 30%	11.86%	ยอมรับแบบมีเงื่อนไข
3. Tolerance	< 10%	10 - 30%	> 30%	17.75%	ยอมรับแบบมีเงื่อนไข

ผลการวิเคราะห์ Gage R&R Study ดังภาพที่ 4.6 และตารางที่ 4.2 พบว่าผลการวิเคราะห์ค่า Contribution มีค่าเท่ากับ 1.41% หมายความว่า ค่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากการวัดและส่งผลต่อความแปรปรวนโดยรวมของระบบการวัด มีค่าเท่ากับ 1.41% และค่า Study Variance และ Tolerance มีค่าเท่ากับ 11.86% และ 17.75% ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ

4.2.1.2 ศึกษาระบบการวัด Attribute Agreement ของการตรวจสอบ Pin hole

ในการศึกษาระบบการวัดในการตรวจสอบข้อบกพร่อง Pin hole การตรวจสอบจะเป็นลักษณะ ผ่านหรือไม่ผ่าน (Go/No Go) ซึ่งเป็นข้อมูลนับ (Attribute data) โดยผู้ตรวจสอบ 3 คน ทำการตรวจสอบชิ้นงาน 20 ชิ้น คนละ 2 ครั้ง ด้วยการสุ่ม โดยที่ผู้ตรวจสอบจะไม่ทราบว่าชิ้นงานใดเป็นชิ้นงานดี หรือชิ้นงานเสีย ซึ่งเกณฑ์ในการตรวจสอบ คือ

Pin hole ที่ Ø 102 mm.

1. ยอมรับ Pin hole Ø < 0.5 mm. 3 จุด ระยะห่างของแต่ละจุด > 50 mm.
2. ยอมรับ Pin hole Ø < 0.2 mm. 3 จุด ระยะห่างของแต่ละจุด > 10 mm.
3. ไม่ยอมรับ Pin hole ภายในพื้นที่ 5 mm. จากหน้า Gasket

Pin holeที่ Gasket surface

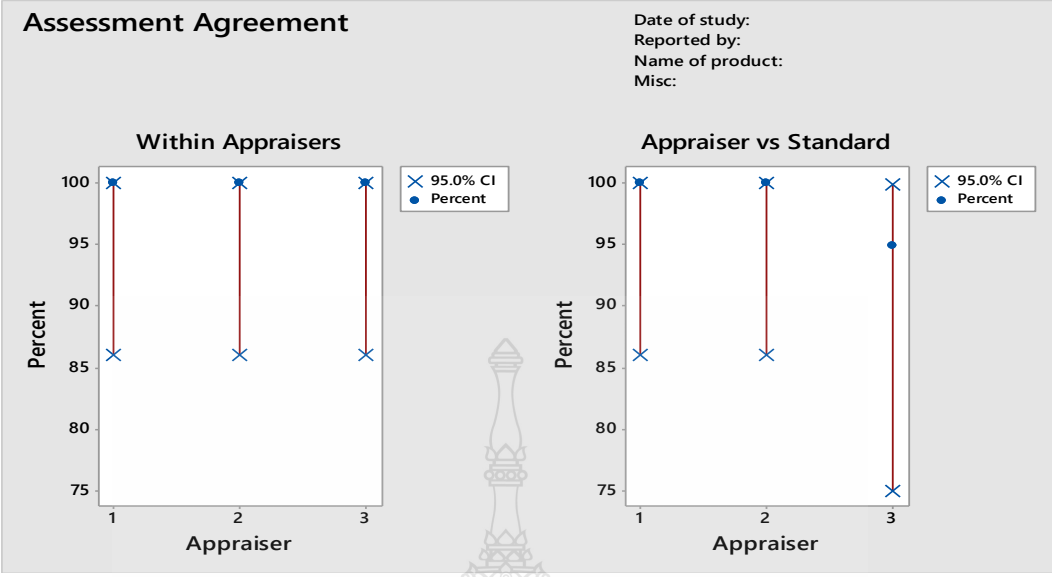
1. ยอมรับ Pin hole Ø < 0.5 mm. 3 จุด ระยะห่างของแต่ละจุด > 50 mm.
2. ยอมรับ Pin hole Ø < 0.2 mm. 3 จุด ระยะห่างของแต่ละจุด > 10 mm.

ผลการตรวจสอบ แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน ของเสีย Pin hole

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	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
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	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
8	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
11	G	G	G	G	G	G	G
12	G	G	G	G	G	G	G
13	G	G	G	G	G	G	G
14	G	G	G	G	G	NG	NG
15	G	G	G	G	G	G	G
16	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
17	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
18	G	G	G	G	G	G	G
19	G	G	G	G	G	G	G
20	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG

จากผลการศึกษาการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานของข้อบกพร่อง Pin hole ในตารางที่ 4.3 พบว่าความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน (Within Appraisers) มีค่าเท่ากับ 100% ความไม่เอนเอียงของพนักงาน(Each Appraisers VS Standard) คนที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 100% คนที่ 3 มีค่าเท่ากับ 95% ประสิทธิผลความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (Between Appraisers) มีค่าเท่ากับ 95%และประสิทธิผลความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (All Appraisers VS Standard) มีค่าเท่ากับ 95% ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ ดังภาพที่ 4.7 และตารางที่ 4.4



ภาพที่ 4.7 แสดงความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน (Within Appraisers) และประสิทธิผลความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (Appraiser VS Standard) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.4 แสดงเกณฑ์การยอมรับและผลการวิเคราะห์ Attribute Agreement การตรวจสอบ ของเสีย Pin hole

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%	95%
3. ประสิทธิผลความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (Between Appraisers)	90%		95%	
4. ประสิทธิผลความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (All Appraisers VS Standard)	90%		95%	

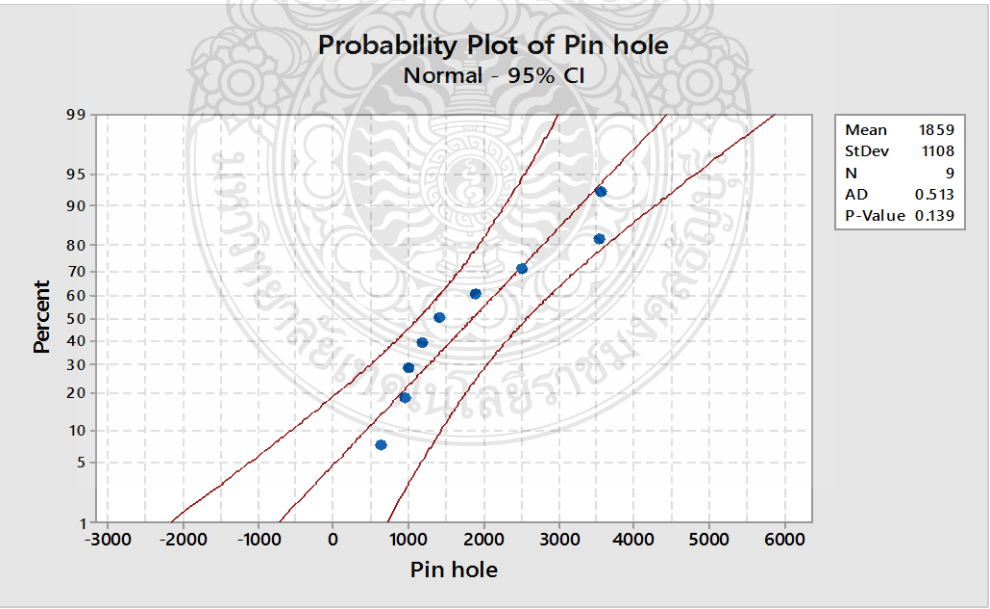
4.2.2 การศึกษาความสามารถของกระบวนการ (Process capability)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของของเสียในกระบวนการผลิต ผู้ศึกษาได้ทำการเก็บข้อมูลของเสียทั้งหมด 9 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงเดือน มกราคม - กันยายน 2558

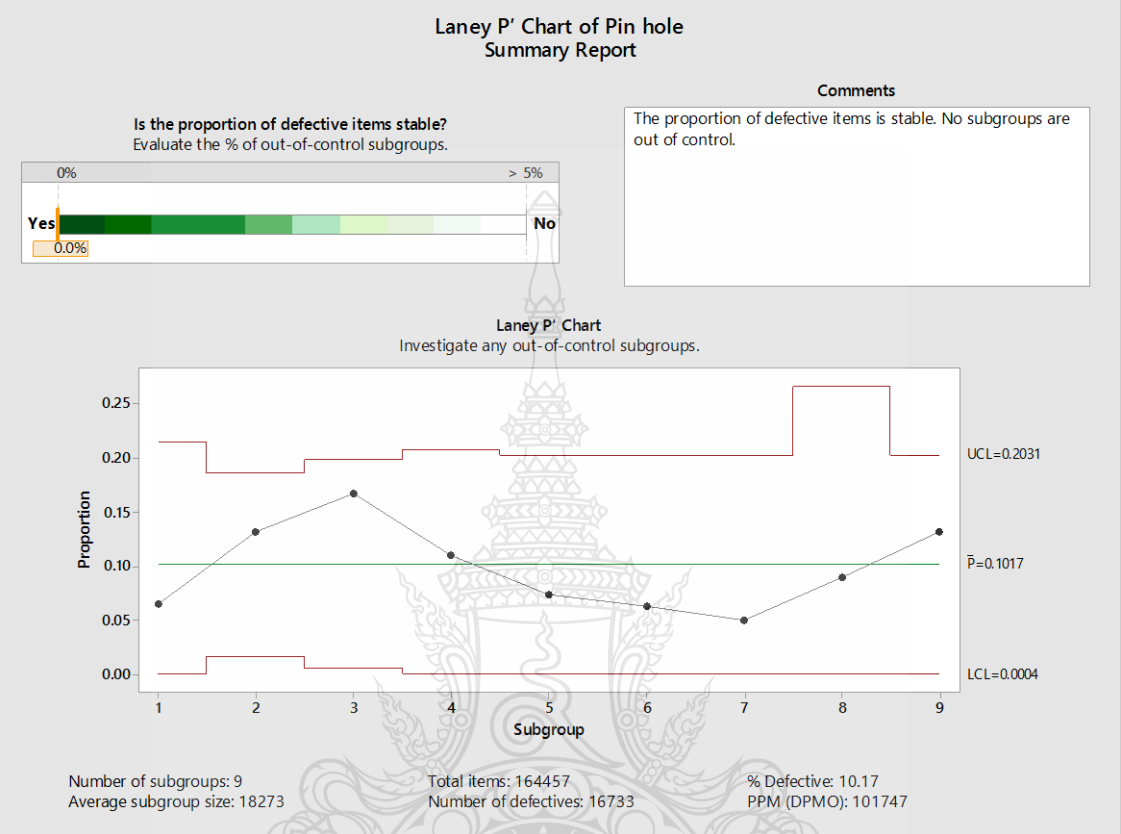
Month	Production	Pin hole	ø 102 Roundness NG	Flatness NG	Incomplete	Crack	Cutting mark	Die lubricant mark	Other	Total NG
Jan	15,436	998	712	1,288	1,205	540	6	42	83	4,874
Feb	26,958	3,560	2,898	381	121	47	660	322	410	8,399
Mar	21,118	3,544	1,146	0	194	153	225	75	297	5,634
Apr	17,208	1,893	459	876	461	279	525	33	205	4,731
May	19,120	1,415	2,335	1,918	120	470	0	182	179	6,619
Jun	19,156	1,192	1,056	1,726	1,508	702	39	55	86	6,364
Jul	19,098	961	2,694	1,588	604	243	0	596	42	6,728
Aug	7,225	648	756	351	227	0	0	0	4	1,986
Sep	19,138	2,522	846	28	384	28	33	128	147	4,116

จากนั้นทำการทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูล และพบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.139 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้นข้อมูลการตรวจสอบ Pin hole ที่ได้จึงถือว่าเป็นข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ ดังแสดงในภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 แสดงกราฟผลการทดสอบการแจกแจงข้อมูลของการตรวจสอบ Pin hole

ทำการวิเคราะห์อัตราส่วนของเสีย Pin hole จากกระบวนการ ดังแสดงในภาพที่ 4.9 และพบว่า อัตราส่วนของเสียมีค่าเท่ากับ 10.17%



ภาพที่ 4.9 แสดงกราฟอัตราส่วนของเสีย Pin hole

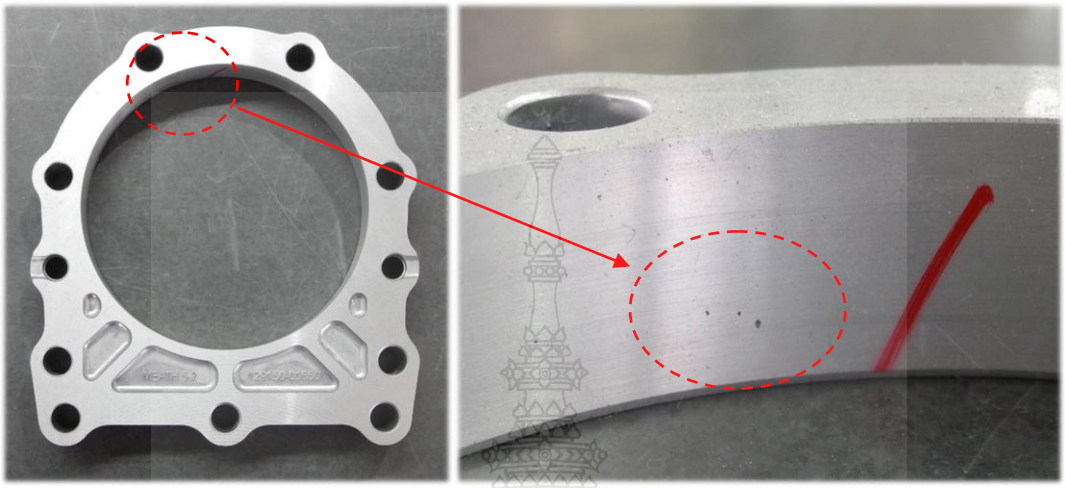
จากการศึกษาระบบการวัด ของการวัดค่า Roundness และการตรวจสอบ Pin hole พบว่าระบบการวัดมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบ และจากการศึกษาความสามารถของกระบวนการพบว่า การแจกแจงของข้อมูลเป็นการกระจายแบบปกติ และกระบวนการอยู่ในการควบคุม

4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis Phase)

ในการวิเคราะห์จะเป็นการค้นหาปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อการเกิดปัญหา จะใช้หลักการระดมสมอง และ Why-Why Diagram ในการวิเคราะห์

4.3.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา Pin hole

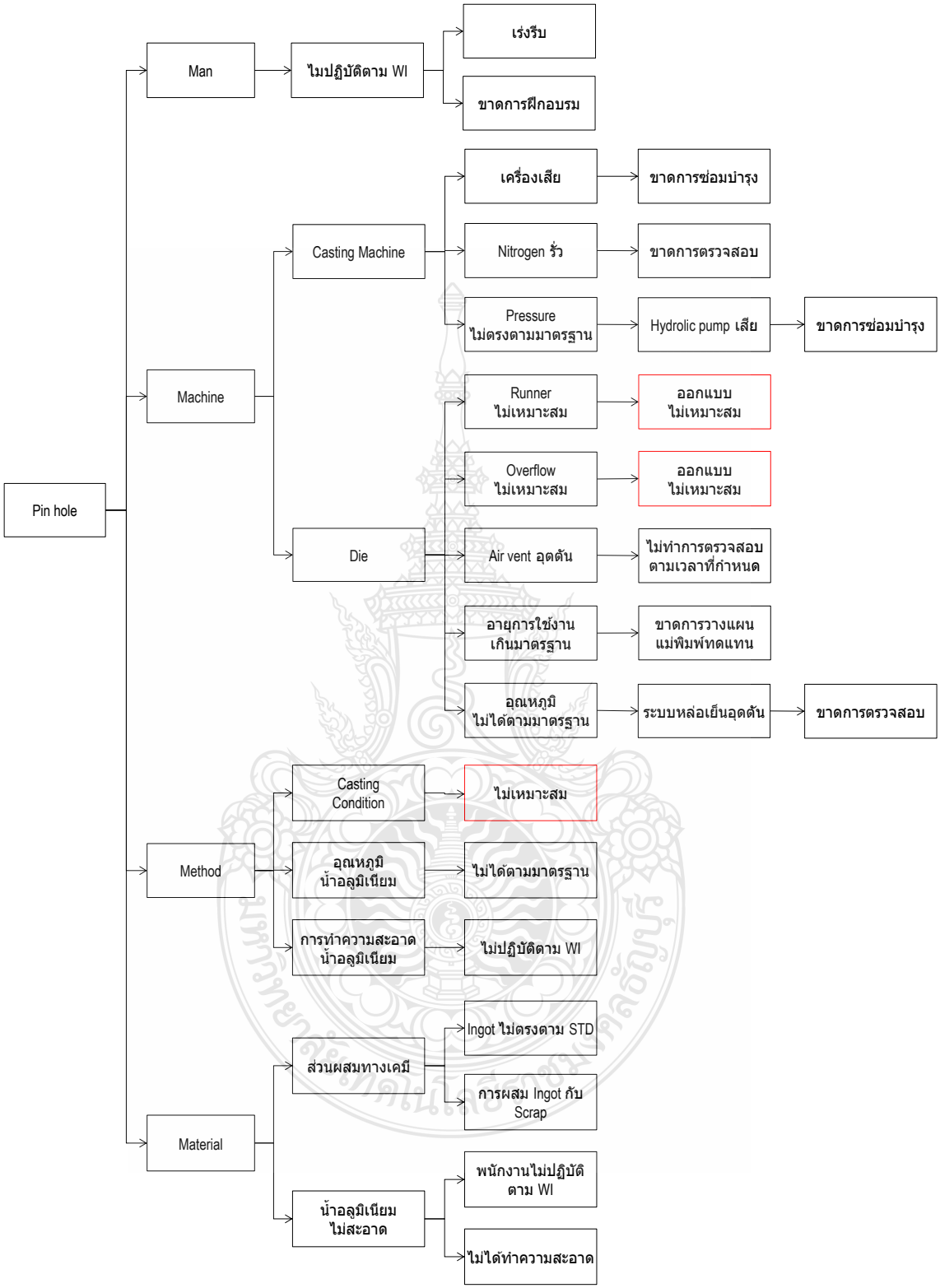
จากข้อมูลจากขั้นตอนในการวัดพบว่า ตำแหน่งที่เกิดปัญหา Pin hole จะอยู่ในตำแหน่งด้านบนของชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 บริเวณที่เกิดปัญหา Pin hole

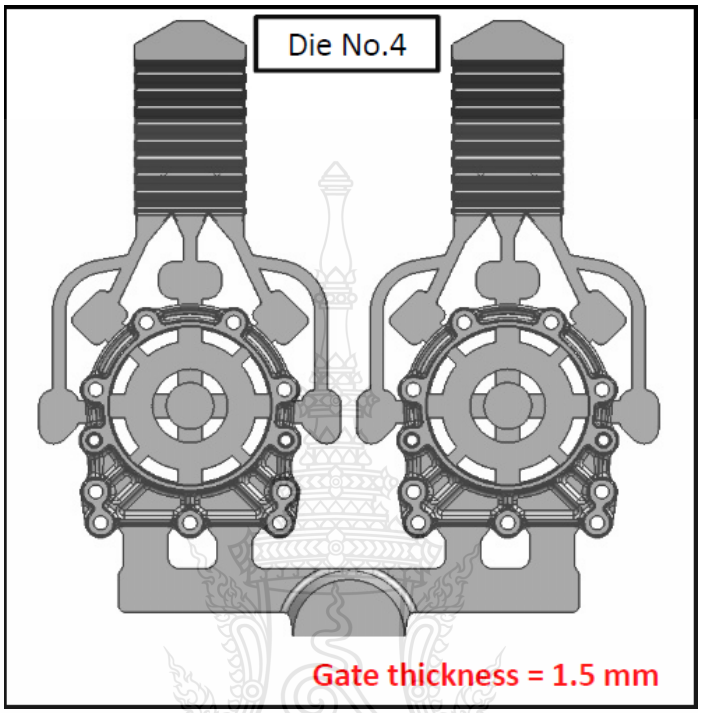
วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ด้วยการระดมสมอง โดยการใช้ Why-Why Diagram ซึ่งจะได้ลักษณะอาการที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหา และสาเหตุของปัญหา ดังแสดงในภาพที่ 4.11

จากการวิเคราะห์ด้วย Why-Why Diagram พบว่า ประเด็นของสาเหตุที่อาจจะทำให้เกิด Pin hole สองสาเหตุ คือ การออกแบบแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม และ Casting Condition ไม่เหมาะสม

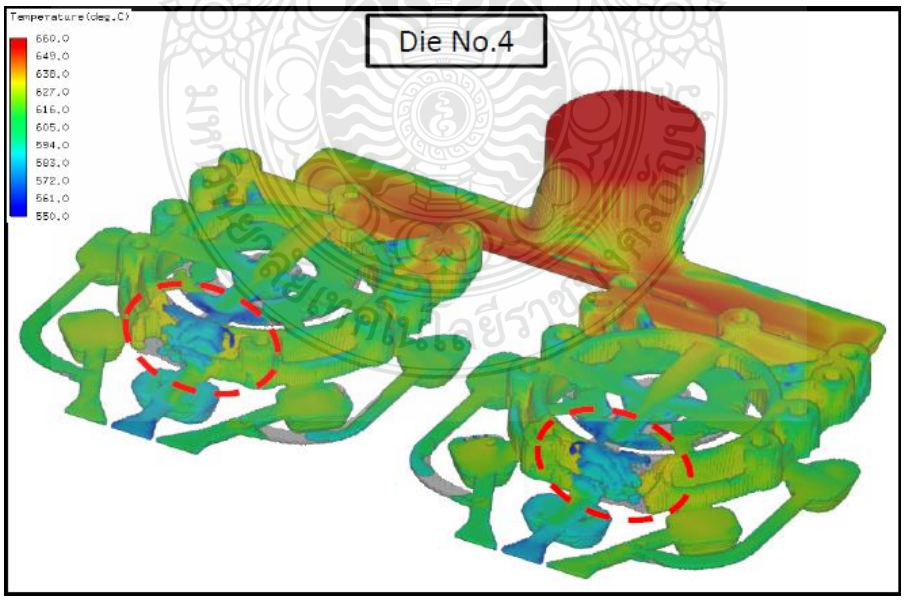


ภาพที่ 4.11 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดปัญหา Pin hole โดยใช้ Why-Why Diagram

วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา Pin hole ด้วยการใช้ Simulation Software จากการวิเคราะห์การออกแบบแม่พิมพ์ ลักษณะของแม่พิมพ์ ดังแสดงในภาพที่ 4.12 และผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.12 แสดงลักษณะของแม่พิมพ์

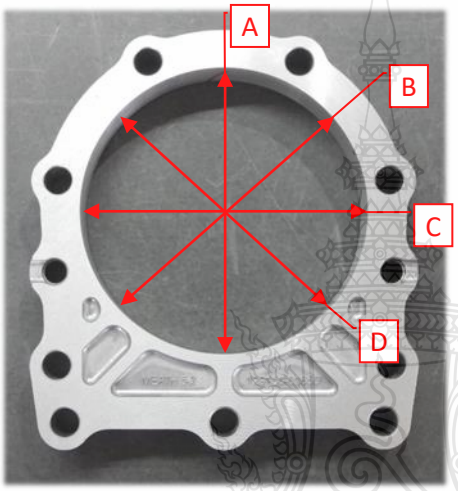


ภาพที่ 4.13 แสดงผลจากการวิเคราะห์ด้วย Simulation Software

จากผลการวิเคราะห์ด้วย Simulation Software พบว่าอุณหภูมิของชิ้นงานมีความแตกต่างกันมากระหว่างบริเวณ Runner กับ ด้านบนของชิ้นงาน ทำให้เกิดการแข็งตัวเร็วเกินไป และมีอากาศตกค้างอยู่ภายในเนื้อของชิ้นงาน Oil Seal ในตำแหน่งด้านบน ไม่สามารถระบายออกได้ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหา Pin hole

4.3.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา Ø 102 Roundness NG.

จากข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการวัด พบว่าลักษณะที่เกิดปัญหา Roundness NG. จะเกิดแบบสุ่ม ไม่มีตำแหน่งการเกิดที่แน่นอน ลักษณะปัญหา Roundness NG. ดังแสดงในภาพที่ 4.14

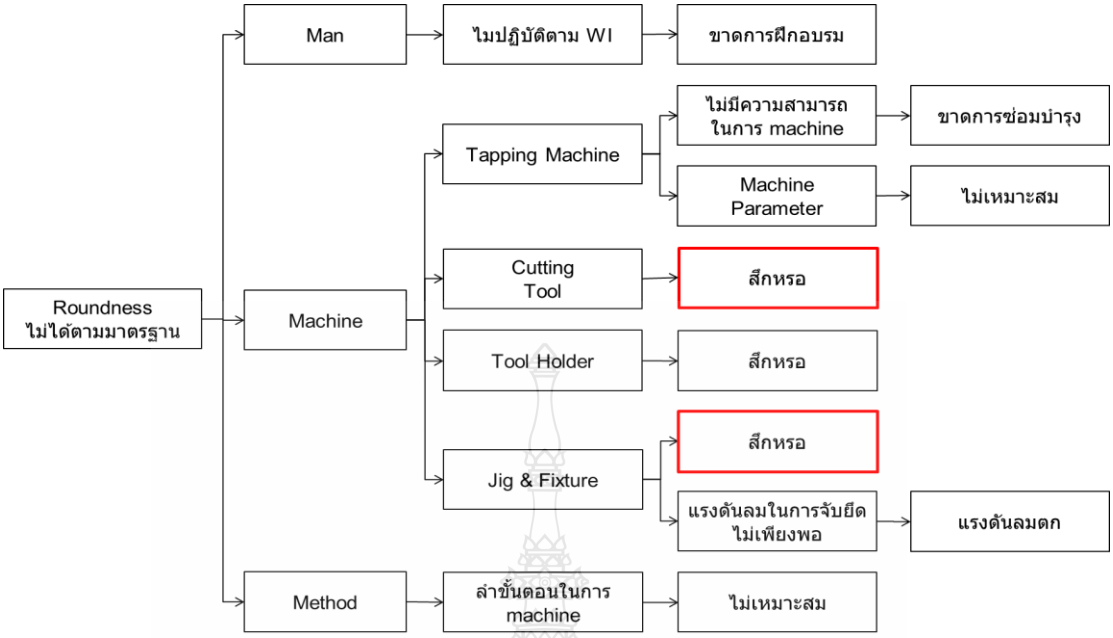


$A \neq B \neq C \neq D$

Spec. Roundness 13 µm. max.

ภาพที่ 4.14 แสดงลักษณะปัญหา Roundness NG.

วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ด้วยการระดมสมอง โดยการใช้ Why-Why Diagram ซึ่งจะได้ลักษณะอาการที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหา และสาเหตุของปัญหา ดังแสดงในภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดปัญหา Ø 102 Roundness NG. โดยใช้ Why-Why Diagram

จากการวิเคราะห์ด้วย Why-Why Diagram พบว่าประเด็นสาเหตุที่อาจจะเป็นสาเหตุของปัญหา คือ Cutting tool สึกหรอ และ Jig & Fixture สึกหรอ

4.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

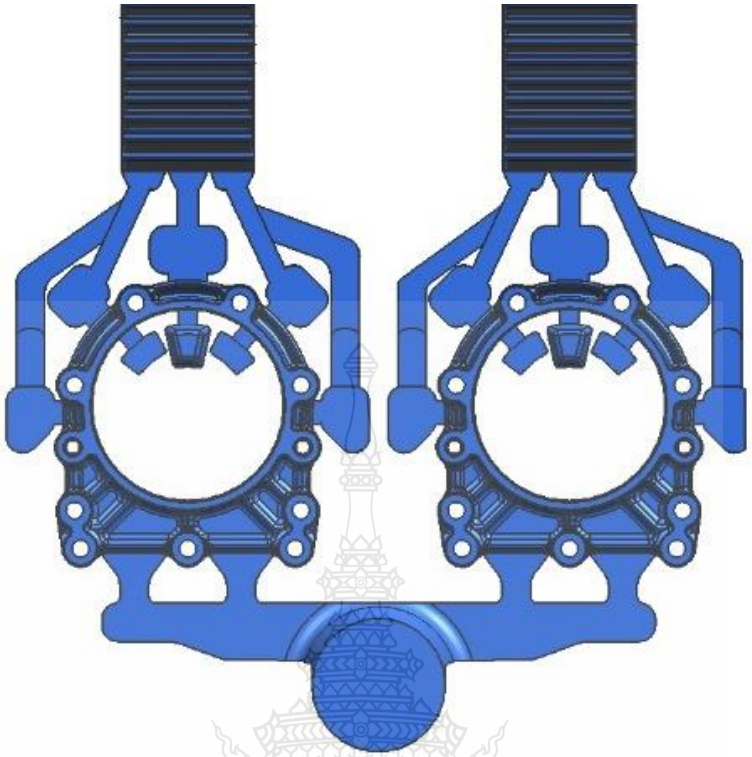
จากขั้นตอนการวิเคราะห์พบว่าสาเหตุของการเกิดปัญหา Pin hole คือ การออกแบบแม่พิมพ์ที่ไม่เหมาะสม ซึ่งในขั้นตอนการปรับปรุงนี้จะทำการแก้ไขโดยใช้ซอฟแวร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์การออกแบบ เพื่อให้ได้แบบที่เหมาะสม และทำการแก้ไขแม่พิมพ์ตามที่ได้ออกแบบไว้

สำหรับปัญหา Ø102 Roundness NG. สาเหตุการเกิด คือ Cutting tool สึกหรอ และ Jig & Fixture สึกหรอ ซึ่งในขั้นตอนการปรับปรุงนี้จะนำทั้งสองสาเหตุไปทำการศึกษาและทำการปรับปรุงแก้ไข

4.4.1 การปรับปรุงปัญหา Pin hole

จากการศึกษาวิเคราะห์การไหลของอลูมิเนียมด้วย Simulation Software พบว่าแม่พิมพ์ที่ใช้อยู่มีการออกแบบไม่เหมาะสม เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหา Pin hole

ดังนั้นจึงได้ทำการประชุมผู้เกี่ยวข้อง เพื่อนำข้อมูลไปทำการออกแบบแม่พิมพ์ และแม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4.16

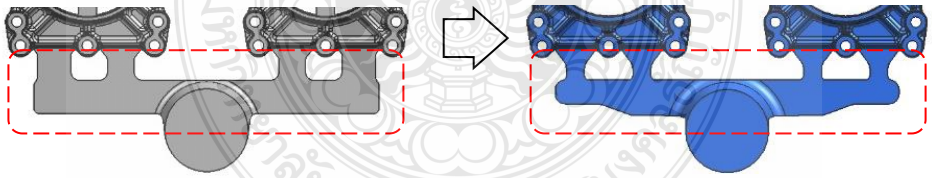


ภาพที่ 4.16 แสดงลักษณะของแม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่

จากภาพที่ 4.16 จะพบว่ามีรายละเอียดที่ได้รับการปรับปรุงจากแม่พิมพ์เดิม ดังนี้

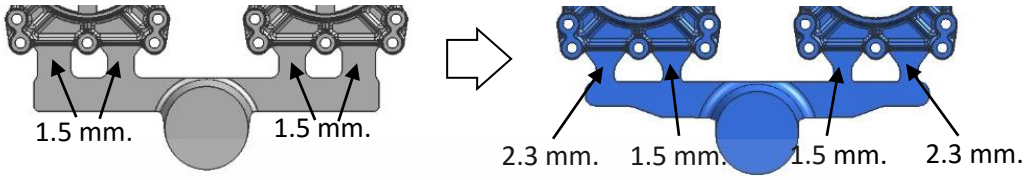
1. ลักษณะของ Runner

- จากขนาดที่เท่ากันตลอดแนว เปลี่ยนเป็นลดขนาดเป็นช่วง ๆ เพื่อการปรับปรุงอัตราการไหลของน้ำอลูมิเนียม ดังแสดงในภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 เปรียบเทียบลักษณะของ Runner ก่อน - หลัง การแก้ไข

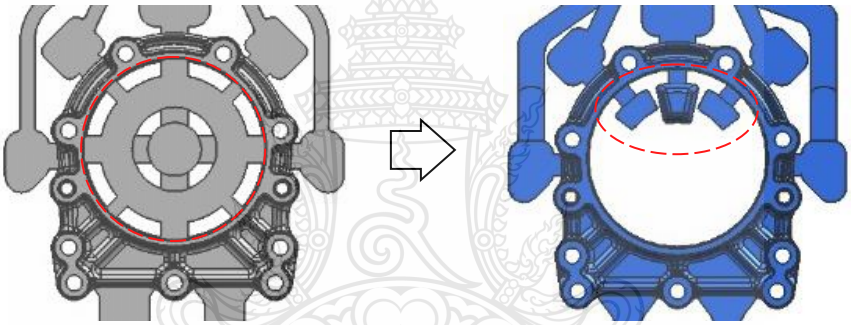
- ความหนาของ Gate Runner จากเดิม 1.5 มม. เปลี่ยนเป็นด้านใน 1.5 มม. และด้านนอก 2.3 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 เปรียบเทียบความหนาของ Gate Runner ก่อน - หลัง การแก้ไข

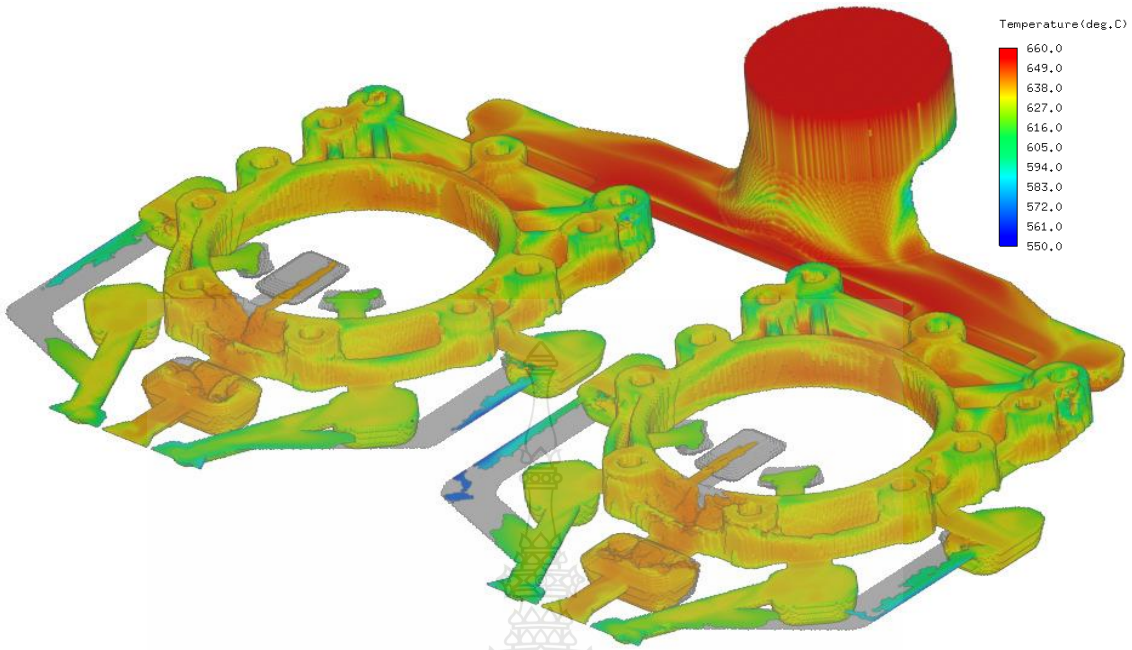
2. ลักษณะของ Over flow

- ลดขนาดของ Over flow และจำนวนของ Gate จาก 8 ทาง เหลือ 3 ทาง ดังแสดงในภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 เปรียบเทียบลักษณะของ Over flow ก่อน - หลัง การแก้ไข

จากนั้นนำข้อมูลของแม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบใหม่ มาทำการวิเคราะห์การไหลของอลูมิเนียมด้วย Simulation Software อีกครั้ง และผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ดังแสดงในภาพที่ 4.20



ภาพที่ 4.20 แสดงผลจากการวิเคราะห์แม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่ด้วย Simulation Software

จากภาพที่ 4.20 จะเห็นได้ว่าการไหลของน้ำอลูมิเนียมสมบูรณ์ดี อุณหภูมิของน้ำอลูมิเนียมสม่ำเสมอดีไม่แตกต่างกันมาก และไม่มีอากาศเหลืออยู่ อากาศสามารถระบายออกไปยัง Over flow ได้ ดังนั้นจึงได้นำเอาการออกแบบแม่พิมพ์นี้ไปทำการสร้างแม่พิมพ์เพื่อใช้ในการผลิต

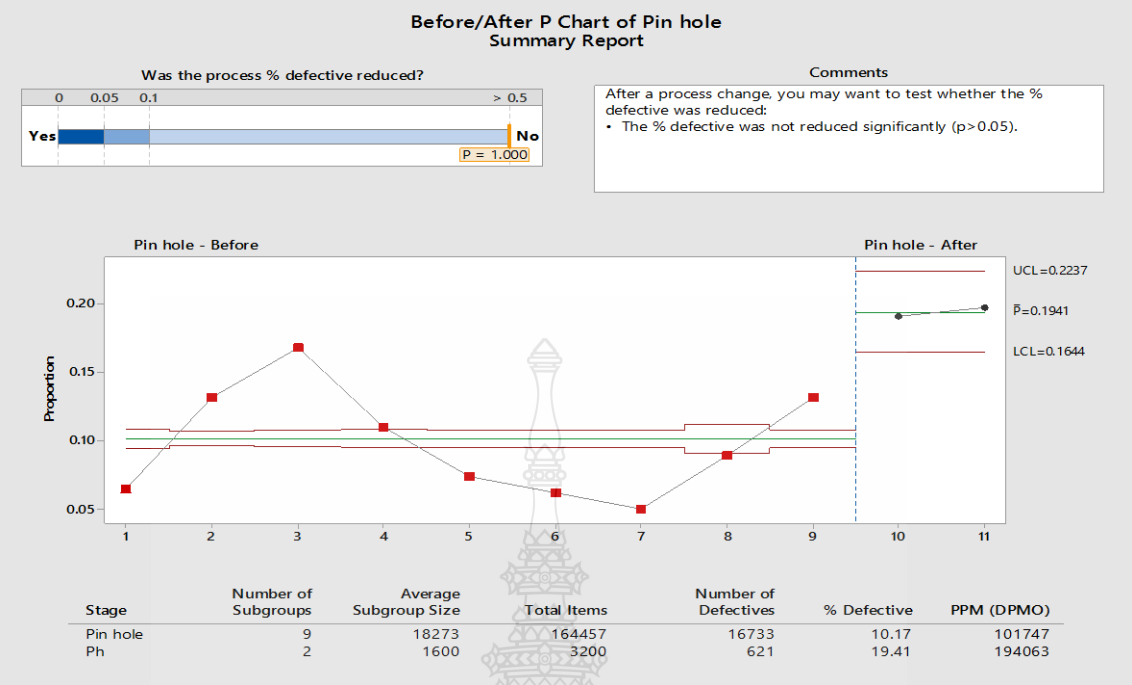
4.4.1.1 การทดลองผลิตด้วยแม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่

หลังจากทำการสร้างแม่พิมพ์ใหม่ตามที่ได้ออกแบบไว้ จึงได้ทำการทดลองผลิต เพื่อติดตามผลว่า เป็นไปตามที่ได้วิเคราะห์จาก Simulation Software หรือไม่ โดยทำการผลิตชิ้นงานจำนวน 2 lots ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองผลิตจากแม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่

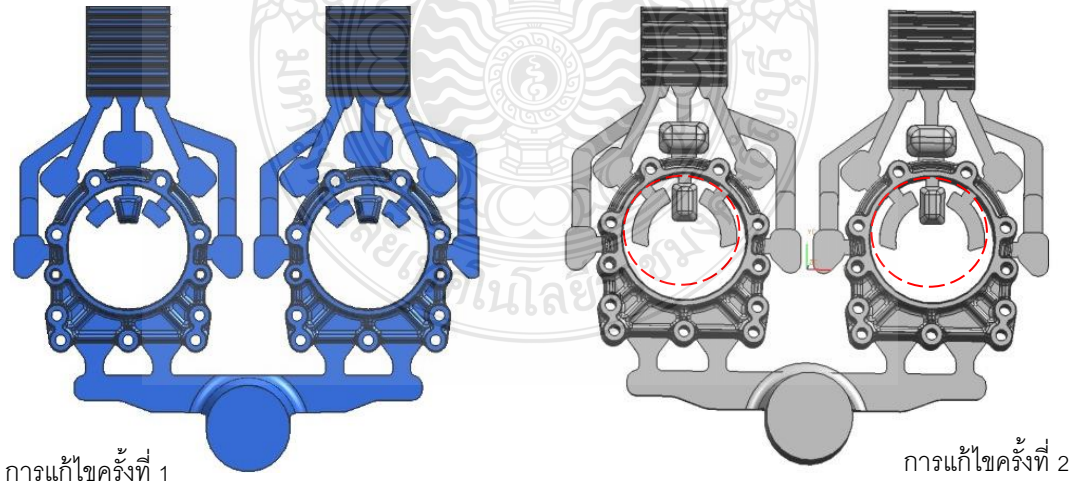
Lot	Production	Pin hole	ø 102 Roundness NG	Flatness NG	Other	Total NG
1	1600	305	103	10	19	437
2	1600	316	106	20	13	455

จากนั้นนำผลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์อัตราส่วนของเสีย Pin hole อีกครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 4.21 และพบว่าอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 19.4% ซึ่งเพิ่มขึ้นจากก่อนทำการแก้ไข



ภาพที่ 4.21 แสดงกราฟอัตราส่วนของเสีย Pin hole จากการทดลองผลิตจากแม่พิมพ์ใหม่

เนื่องจากผลการทดลอง ไม่เป็นไปตามที่คาดหวังไว้ จึงได้ทำการประชุมเพื่อระดมสมองอีกครั้ง และทำการวิเคราะห์และแก้ไขแม่พิมพ์อีกครั้ง โดยทำการเพิ่มขนาดของ Over flow เนื่องจากตำแหน่งที่เกิดปัญหา Pin hole อยู่บริเวณด้านบนของชิ้นงานใกล้ ๆ กับ Gate Over flow รายละเอียดการแก้ไข แสดงในภาพที่ 4.22



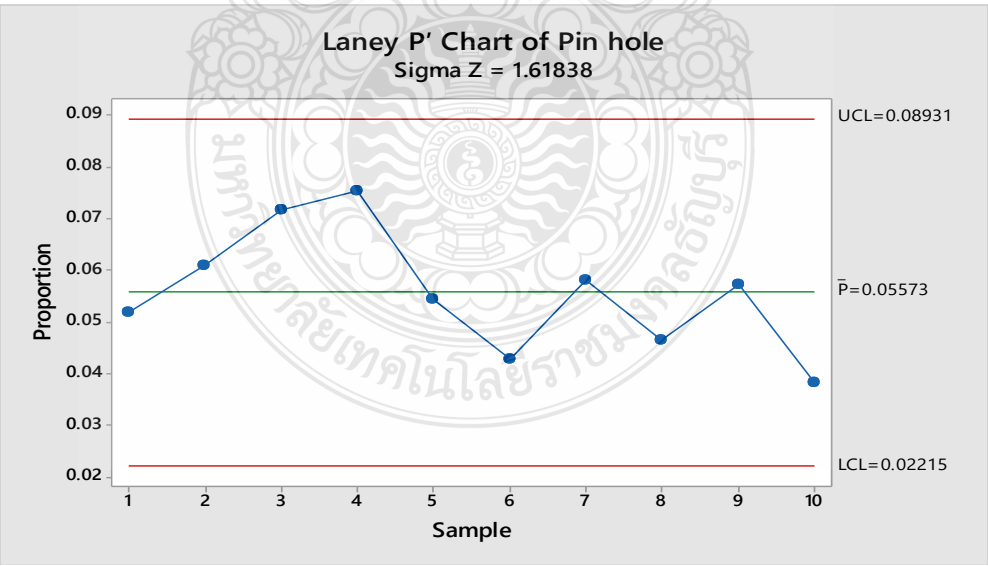
ภาพที่ 4.22 แสดงภาพการแก้ไขแม่พิมพ์ เพิ่มขนาด Over flow

จากนั้นทำการทดลองผลิตอีกครั้ง เพื่อติดตามผลการแก้ไข ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.7

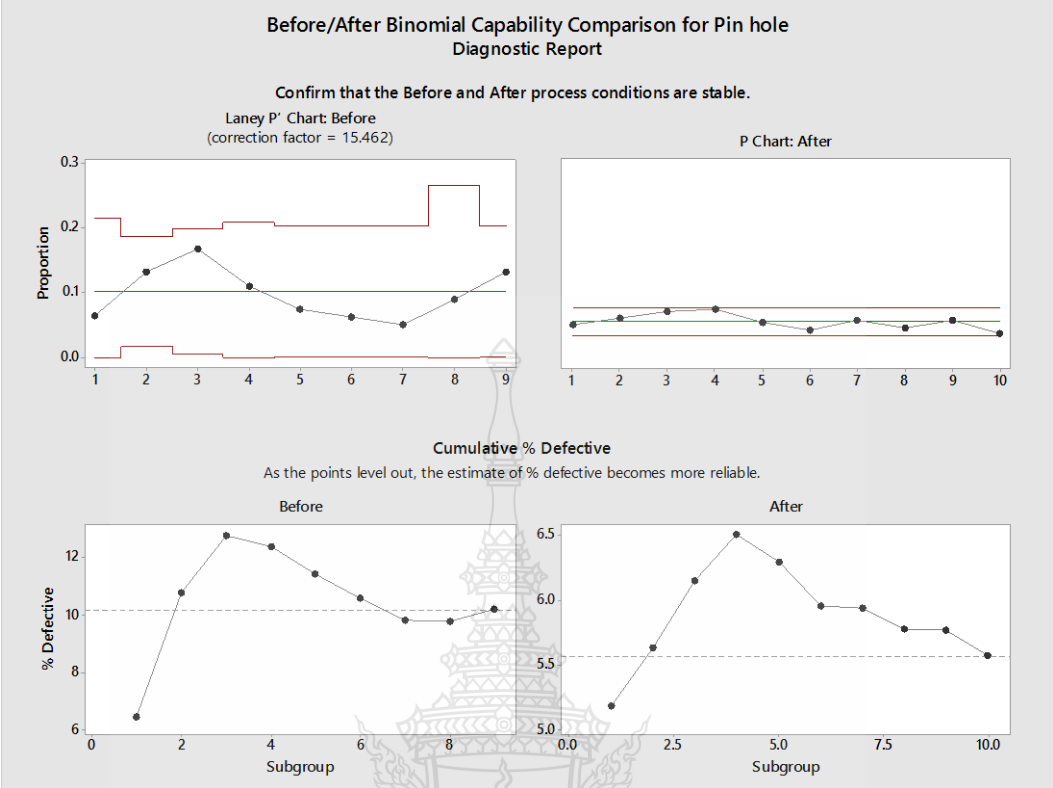
ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลอง หลังการแก้ไข

Lot	Production	Pin hole	ø 102 Roundness NG	Flatness NG	Other	Total NG
1	1100	57	95	3	15	170
2	1100	67	98	0	22	187
3	1100	79	30	2	6	117
4	1100	83	22	8	13	126
5	1100	60	56	1	14	131
6	1100	47	35	4	8	94
7	1100	64	48	11	15	138
8	1100	51	16	7	7	81
9	1100	63	35	2	7	107
10	1100	42	21	6	13	82

จากนั้นนำผลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์อัตราส่วนของเสีย Pin hole อีกครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 4.23 และพบว่าอัตราส่วนของเสียเท่ากับ 5.57%



ภาพที่ 4.23 แสดงกราฟอัตราส่วนของเสีย Pin hole จากการทดลองผลิตจากแม่พิมพ์ใหม่ หลังการเพิ่มขนาด Over flow



ภาพที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการ ของปัญหา Pin hole ก่อน-หลังการแก้ไขแม่พิมพ์

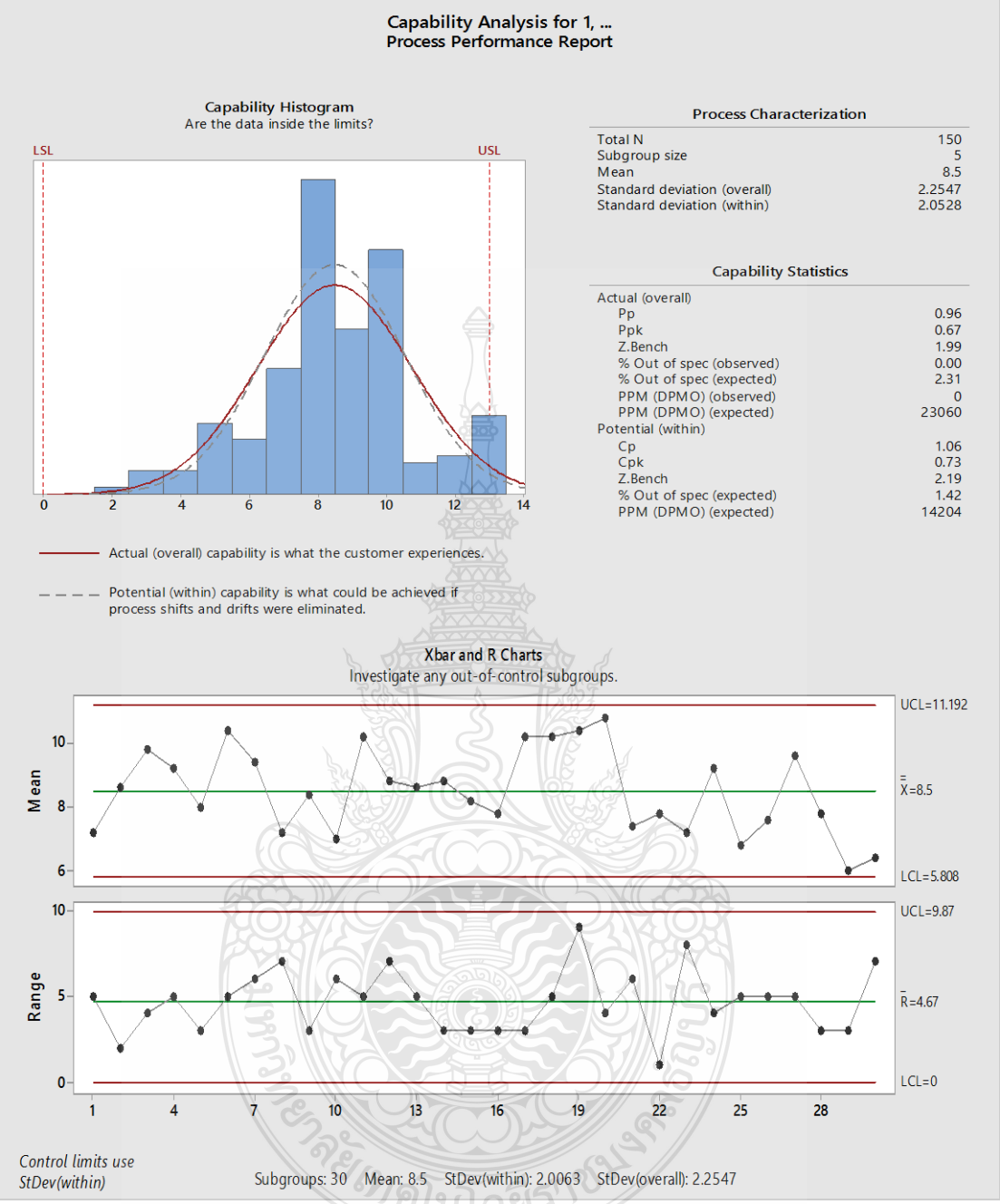
จากภาพที่ 4.24 พบว่า กระบวนการมีความสามารถเพิ่มขึ้น หลังจากการแก้ไขแม่พิมพ์ โดยอัตราส่วนของเสียลดลงจาก 10.17% เหลือ 5.57% ลดลง 4.6% หรือกล่าวคือ ลดลงร้อยละ 45

4.4.2 การปรับปรุงปัญหา Roundness NG.

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ พบว่าปัญหา Ø102 Roundness NG. สาเหตุที่มีโอกาสทำให้เกิดปัญหา คือ Cutting tool สึกหรอ และ Jig & Fixture สึกหรอ

4.4.2.1 สาเหตุจาก Cutting tool สึกหรอ

จากการเก็บข้อมูลและจัดทำเป็น Control chart ดังแสดงในภาพที่ 4.25 พบว่ากระบวนการอยู่ในการควบคุม แต่ค่าความสามารถกระบวนการ (Cpk) ค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 0.73 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการไม่มีความสามารถในการผลิต และจาก Control chart ไม่พบความผิดปกติของกระบวนการ แสดงว่าอายุการใช้งานของ Cutting tool ไม่มีผลกระทบต่อปัญหา Roundness NG หรือกล่าวคือ อายุการใช้งานของ Cutting tool กำหนดไว้อย่างเหมาะสมแล้ว



ภาพที่ 4.25 แสดงกราฟความสารมารถของกระบวนการ (Cpk) และแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R ของของเสีย Roundness NG.

4.4.2.2 สาเหตุจาก Jig & Fixture สึกหรอ

จากภาพที่ 4.25 พบว่ากระบวนการไม่มีความสามารถในการผลิต โดยมีค่าความสามารถกระบวนการ (Cpk) เท่ากับ 0.73 จึงได้ทำการตรวจสอบ Jig ที่ใช้ในการจับยึดชิ้นงาน พบว่าชิ้นงาน

สามารถขยับได้เมื่อใส่ชิ้นงานเข้าไปใน Jig เท่ากับ 0.19 mm. จากการระดมสมอง มีข้อสรุปว่าอาจจะสาเหตุของการเกิดปัญหา และให้ทำการปรับปรุง Jig ให้สามารถจับยึดชิ้นงานได้ดีขึ้น

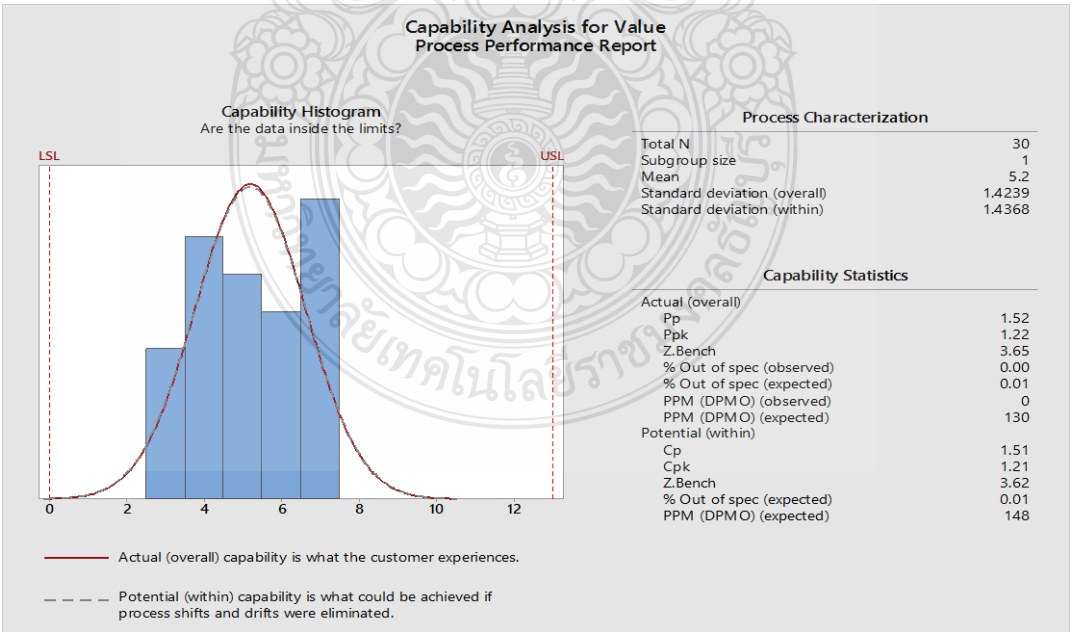
หลังจากทำการปรับปรุง Jig ได้ทำการตรวจสอบ Jig อีกครั้ง พบว่าชิ้นงานเมื่อใส่เข้าใน Jig ยังสามารถขยับได้ เท่ากับ 0.03 mm.

จากนั้นได้ทำการทดลองทำการแมชชีน และประเมินความสามารถของกระบวนการอีกครั้ง ผลการทดลอง แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองหลังจากการปรับปรุงแก้ไข Jig (หน่วย : µm.)

No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
4	4	5	3	5	3	4	7	7	6
No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17	No. 18	No. 19	No. 20
7	6	3	4	7	5	3	7	6	5
No. 21	No. 22	No. 23	No. 24	No. 25	No. 26	No. 27	No. 28	No. 29	No. 30
5	4	6	4	7	7	4	6	7	5

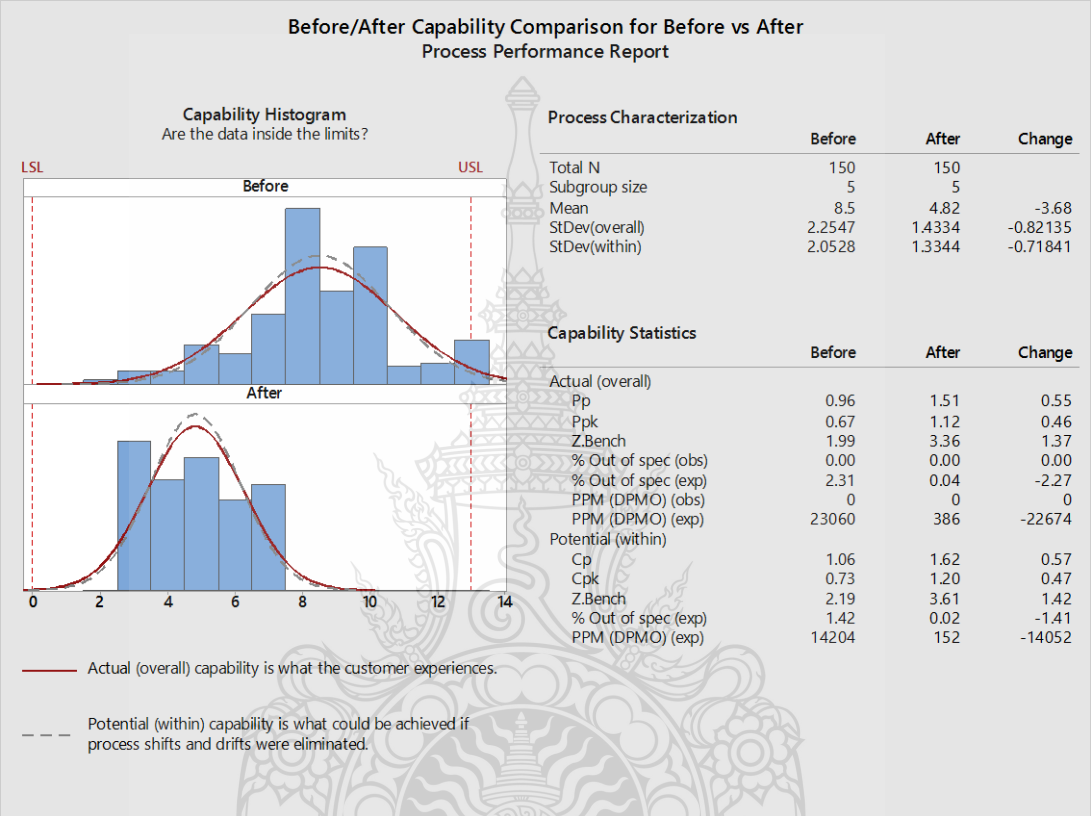
จากนั้นนำผลที่ได้จากการทดลองไปทำการประเมินความสามารถของกระบวนการ ดังแสดงในภาพที่ 4.26



ภาพที่ 4.26 แสดงกราฟความสารมารถของกระบวนการ ของ Roundness หลังการปรับปรุง Jig

จากภาพที่ 4.26 พบว่ากระบวนการมีความสามารถเพิ่มขึ้น หลังจากการแก้ไข Jig โดยค่าความสามารถกระบวนการ (Cpk) เพิ่มขึ้นจาก 0.73 เป็น 1.21

เพื่อเป็นการยืนยันผลการปรับปรุงแก้ไข จึงได้ทำการทดลองผลิตและเก็บข้อมูลเพิ่มเติม อีกจำนวน 30 lots และเปรียบเทียบความสามารถกระบวนการ ดังแสดงในภาพที่ 4.27



ภาพที่ 4.27 แสดงผลความสามารถกระบวนการ ของปัญหา Roundness NG. ก่อน - หลังการปรับปรุงแก้ไข Jig

จากภาพที่ 4.27 พบว่ากระบวนการมีความสามารถเพิ่มขึ้น หลังจากการแก้ไข Jig โดยค่าความสามารถกระบวนการ (Cpk) เพิ่มขึ้นจาก 0.73 เป็น 1.20 และอัตราส่วนของเสียลดลงจาก 1.42% เหลือ 0.02% ลดลง 1.41% หรือกล่าวคือ ลดลงร้อยละ 99

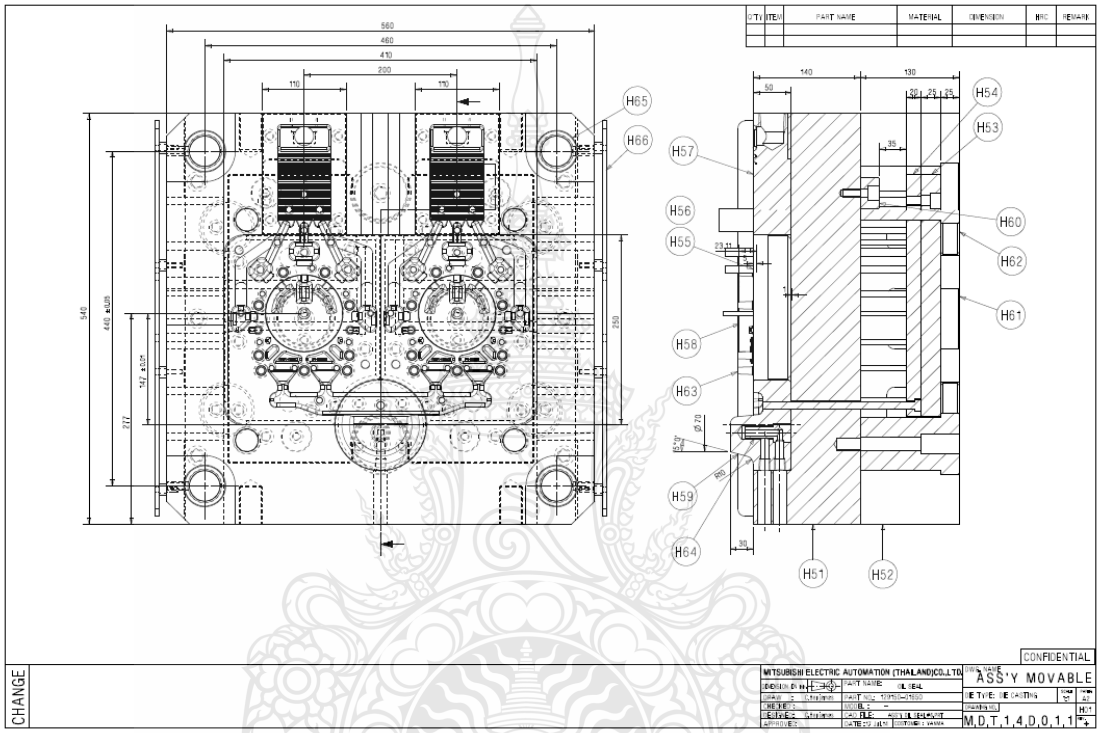
4.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหา Pin hole และ Roundness NG. ก็คือ การออกแบบแม่พิมพ์ และ Jig & Fixture ในการ Machine ซึ่งได้ถูกปรับปรุงแล้วดังที่ได้

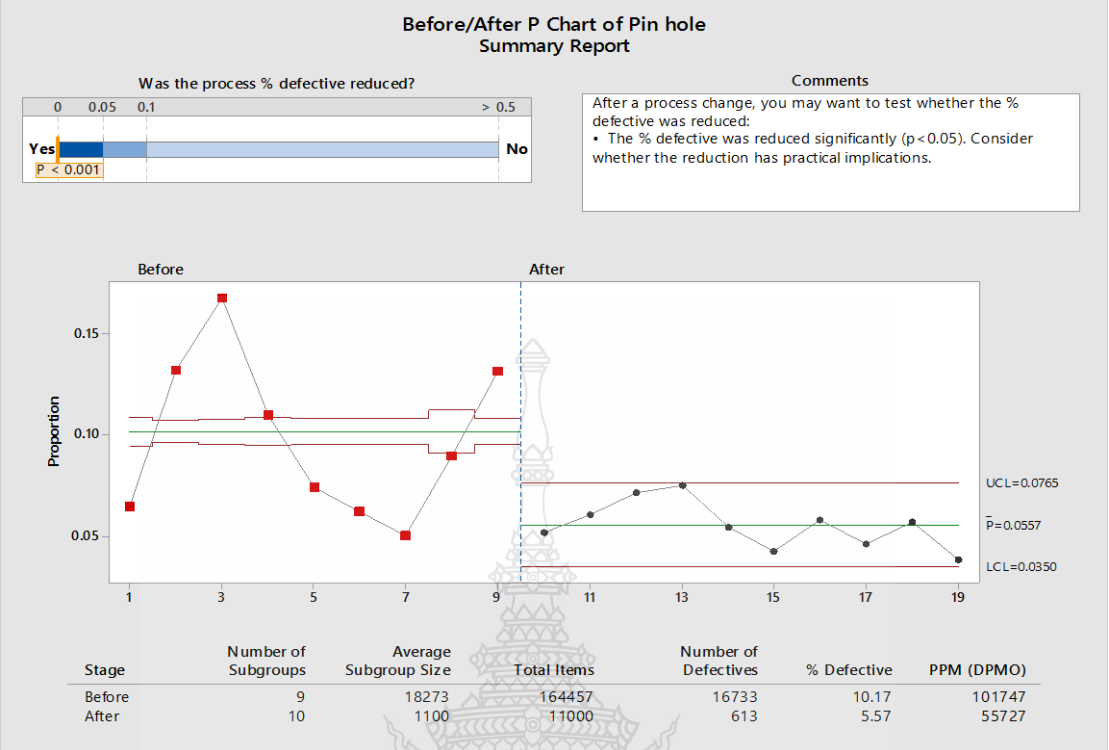
กล่าวมาแล้ว เพื่อเป็นการรักษาระดับของคุณภาพและป้องกันไม่ให้ปัญหากลับมาเกิดขึ้นอีก จึงต้องทำการปรับปรุงในส่วนของเอกสารและเอกสารให้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน

4.5.1 การควบคุมปัญหา Pin hole

ปรับปรุงเอกสารแบบ (Drawing) ของแม่พิมพ์ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการจัดทำแม่พิมพ์ตัวต่อ ๆ ไป และใช้แผนภูมิ P ในการตรวจสอบของเสียจากกระบวนการผลิต



ภาพที่ 4.28 แสดงเอกสารแบบ (Drawing) ของแม่พิมพ์ Oil Seal Case ที่ปรับปรุงแล้ว



ภาพที่ 4.29 แผนภูมิควบคุม P ของการตรวจสอบของเสีย Pin hole ก่อน-หลังการปรับปรุง

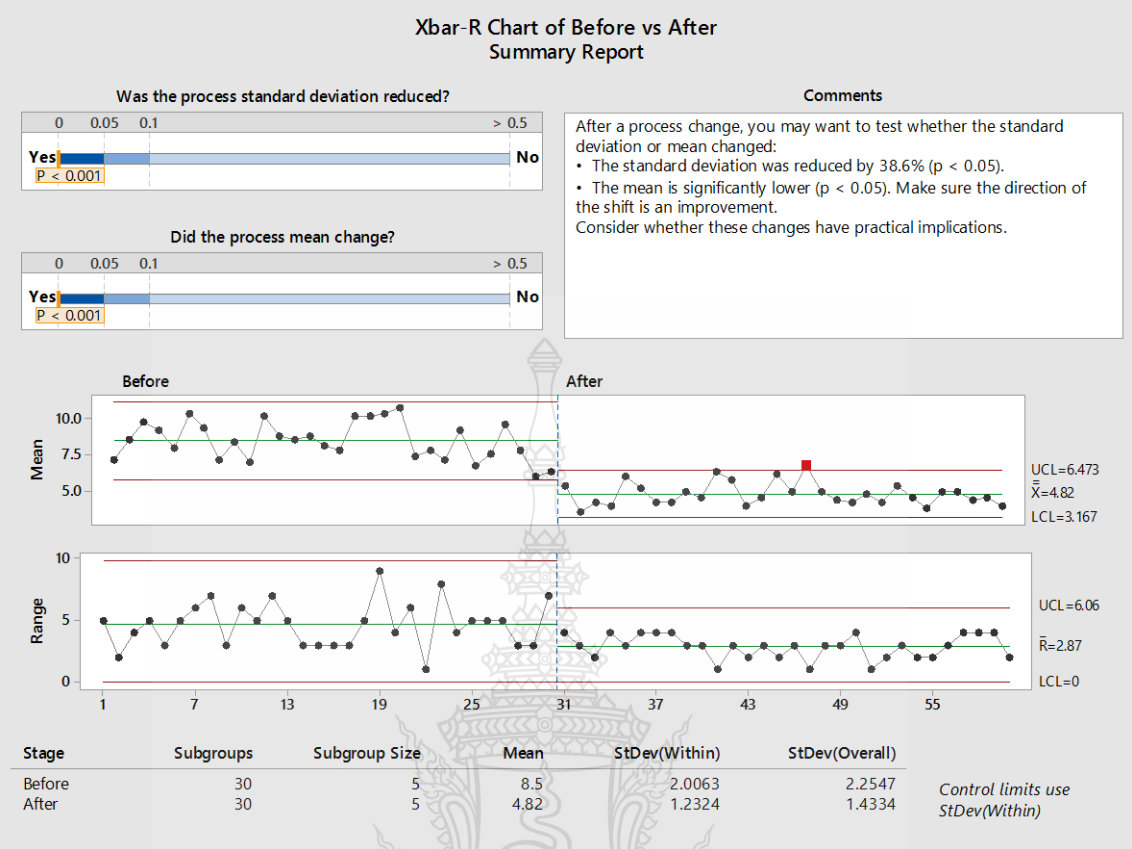
4.5.2 การควบคุมปัญหา Roundness NG.

1. ปรับปรุงเอกสารแบบ (Drawing) ของ Jig & Fixture เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการจัดทำ Jig & Fixture ตัวต่อ ๆ ไป

2. ใช้แผนภูมิ $\overline{X}$ - R ในการตรวจสอบความแปรปรวนกระบวนการผลิต

3. กำหนดแผนการบำรุงรักษา Jig ตามวาระ

4. เพิ่มจุดตรวจสอบ Jig ในการตรวจสอบเครื่องจักรประจำวัน (Machine Daily check)



ภาพที่ 4.30 แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ - R ของการตรวจสอบของเสีย Roundness NG. ก่อน-หลังการปรับปรุง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การค้นคว้าอิสระในครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อลดของเสียจากกระบวนการผลิต ชิ้นงาน Oil Seal Case ด้วยการประยุกต์ใช้ขั้นตอนของซิกส์ ซิกม่า และเครื่องมือทางสถิติต่าง ๆ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ

- เพื่อศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการทำงาน และระบบการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียมโดยใช้หลักการของซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma)
- เพื่อศึกษาสาเหตุที่ให้เกิดการของเสียและแนวทางการแก้ไขป้องกัน
- เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม

ซึ่งจากการค้นคว้าพบว่า ของเสียที่มีสัดส่วนมากที่สุดคือปัญหา Pin hole ซึ่งมีสาเหตุมาจากการออกแบบแม่พิมพ์ที่ไม่เหมาะสม ของเสียที่มีสัดส่วนเป็นอันดับที่สองคือ Roundness NG. มีสาเหตุมาจาก Jig ที่ใช้ในการจับยึดชิ้นงานสึกหรอ ทำให้ใช้งานสามารถขยับได้ หลังจากที่ใส่เข้าไปใน Jig

5.1.1 สรุปผลการวิจัยปัญหา Pin hole

จากการค้นคว้าอิสระ พบว่าปัญหา Pin hole เป็นปัญหาที่มีสัดส่วนของเสียมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 33.8 ของของเสียทั้งหมด จากการวิเคราะห์การออกแบบแม่พิมพ์ด้วย Simulation Software พบว่ามีสาเหตุมาจากการออกแบบแม่พิมพ์ที่ไม่เหมาะสม จึงได้ทำแก้ไขการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่และสร้างแม่พิมพ์ใหม่เพื่อใช้ในการผลิต จากการทดลองผลจากการแม่พิมพ์ในครั้งแรก พบว่าอัตราส่วนของเสีย ไม่ลดลง จึงได้ทำการแก้ไขแม่พิมพ์อีกครั้ง และในครั้งที่สองนี้ จึงทำให้อัตราส่วนของเสียลดลง จาก 10.17% เหลือ 5.57% หรือ ลดลงร้อยละ 45 บรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

5.1.2 สรุปผลการวิจัยปัญหา Roundness NG.

จากการค้นคว้าอิสระ พบว่าปัญหา Roundness NG. เป็นปัญหาที่มีสัดส่วนของเสียเป็นอันดับที่สอง คิดเป็นร้อยละ 26.1 ของของเสียทั้งหมด จากการวิเคราะห์ด้วย Why-Why Diagram และประยุกต์ใช้ FMEA พบว่ามีสาเหตุมาจาก Jig จับยึดชิ้นงานสึกหรอ จากนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไข Jig ในการจับยึดชิ้นงาน จากการทดลองหลังการปรับปรุงแก้ไข Jig พบว่าค่าความสามารถกระบวนการ (Cpk) เพิ่มขึ้นจาก 0.73 เป็น 1.20 และอัตราส่วนของเสียลดลงจาก 1.42% เหลือ 0.02% ลดลง 1.41% หรือ ลดลงร้อยละ 99 บรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย

ซิกส์ ซิกม่า เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ที่เป็นระบบ ในทุก ๆ ขั้นตอนจะมีการพิสูจน์ข้อสงสัยต่าง ๆ และแสดงผลออกมาเป็นเชิงตัวเลขที่สามารถนำมาเปรียบเทียบผลและวิเคราะห์ได้ ทำให้สามารถที่จะตัดสินใจในการเลือกแนวทางการแก้ไข เพื่อให้เหมาะสมกับสถานการณ์ได้ จากการนำเอาขั้นตอนของซิกส์ ซิกม่า มาทำการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม ชิ้นงานตัวอย่าง Oil Seal Case ผลการทดลองพบว่าสามารถลดอัตราส่วนของเสีย Pin hole ลดลงจาก 10.17% เหลือ 5.57% คิดเป็นร้อยละ 45 และลดของเสียปัญหา Roundness NG. ลดลงจาก 1.42% เหลือ 0.02% คิดเป็นร้อยละ 99 และยังสามารถเพิ่มความสามารถกระบวนการ (Cpk) เพิ่มขึ้นจาก 0.73 เป็น 1.20

แสดงให้เห็นว่าการใช้ซิกส์ ซิกม่า ในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิต เป็นวิธีการที่มีประสิทธิผล เหมาะสมแก่การนำไปประยุกต์ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จักริน ยิ้มย่อง (2556) และ จุติวัฒน์ ธวัชธาดา (2553)

5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

การค้นคว้าอิสระในครั้งนี้เป็นการประยุกต์ใช้ซิกส์ ซิกม่า ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาเชิงเทคนิค ที่ค่อนข้างซับซ้อน จากการศึกษาวิจัย พบว่าในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา จากการระดมสมองจากผู้เกี่ยวข้องหลาย ๆ ฝ่าย และผู้เชี่ยวชาญ และลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น มีความสำคัญมากในการวิเคราะห์ เพราะจะทำให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้รอบด้าน ได้ข้อมูลที่หลากหลาย ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ทำให้สามารถทำการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่ใช้เวลานานเกินไป

การค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ ถึงแม้จะสามารถลดของเสียจากกระบวนการผลิตให้ลดลงได้ แต่ยังมีอัตราของเสียที่สูงอยู่ ซึ่งมีโอกาสที่จะสามารถวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขได้อีก ดังนั้นผู้ศึกษามีข้อเสนอแนะเพื่อใช้ในการปรับปรุงแก้ไขในครั้งต่อไป ดังนี้

1. ควรศึกษาถึงสาเหตุที่ยังเหลืออยู่ และแก้ไขอย่างต่อเนื่อง

2. การนำแม่พิมพ์ และ Jig & Fixture มาใช้ในการผลิต ควรมีการตรวจสอบประสิทธิภาพและประเมินความสามารถก่อนนำมาใช้ เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดของเสียขึ้นในกระบวนการผลิต

3. การตรวจสอบปัญหา Pin hole ของพนักงาน ถึงแม้จะผ่านเกณฑ์การยอมรับ แต่ก็ยังมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น จึงควรทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ และทำการปรับปรุงแก้ไข เพื่อเพิ่มศักยภาพในการตรวจสอบ

4. ความร่วมมือจากฝ่ายต่าง ๆ ในบริษัท มีความจำเป็นอย่างมากในการแก้ไขปัญหา ถ้าไม่ได้รับความร่วมมือจากฝ่ายต่าง ๆ การแก้ไขปัญหาก็ยากที่จะประสบความสำเร็จได้

บรรณานุกรม

จักริน ยิ้มย่อง. (2556). **การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษา บริษัทเล็นตัส เทคโนโลยี่ส์ (ไทย) จำกัด**. (ค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

จุติวัฒน์ ธวัชธาดา. (2553). **การปรับปรุงโดยบูรณาการแนวคิดลีน และเครื่องมือซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษาโรงงานตัวอย่าง**. (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).

เชาวลิต ลิ้มมณีวิจิตร. (2553). **อลูมิเนียม: โลหะวิทยาและกรรมวิธีการผลิต 3**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์. (2547). **การจัดการเชิงกลยุทธ์**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

บริษัท เอเอ็นวี พลัส คอนซัลติ้ง จำกัด. (2558). **ความสูญเปล่า 8 ประการ ที่แอบอยู่ในกระบวนการผลิต**. สืบค้นจาก http://www.anvplus.com

ปัญญา ลองนิล. (2557). **การปรับปรุงกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้เทคนิคซิกส์ ซิกม่า กรณีศึกษาโรงงานผู้ผลิตและประกอบแผงวงจรรวม**. (ค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

พงศ์ไพโรจน์ ศรีบุญ. (2552). **การลดของเสียจากปัญหาฟองอากาศในกระบวนการหล่ออลูมิเนียมใช้แม่แบบ**. (การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

มนัส สถิรจินดา. (2543). **โลหะนอกกลุ่มเหล็ก** (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภชัย สุวรรณกนิษฐ. (2549). **การนำเสนอรูปแบบการบริหารจัดการแบบซิกซ์ ซิกม่า ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา**. (วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา).

สิทธิศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล. (2546). **การพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดด้วยวิธี Six Sigma**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สุวิมล จันทร์แก้ว. (2549). **การลดของเสียในอุตสาหกรรมผลิตล้ออลูมิเนียม**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

Breyfogle, F. W. III. (2003). **Implementing Six Sigma: Smarter Solutions using statistical methods** (2nd ed.). Canada: John Wiley & Sons.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Breyfogle, F. W. III., Cupello, J. M., & Meadows, B. (2001). **Managing Six Sigma**. Canada: John Wiley & Sons.

Callister, Jr. (2548). **วัสดุศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุพื้นฐาน** [Material Science and Engineering] (สุวันชัย พงษ์สุกิจวัฒน์ และคณะ, ผู้แปล). กรุงเทพฯ: Top publishing.

Campbell, J. (2003). **Castings: The new metallurgy of Cast metals** (2nd ed.). UK: Butterworth-Heinemann.

Chowdhury, S. (2545). **Six Sigma พลังพลิกฟื้นธุรกิจ** [The Power of Six Sigma] (สุริยะ เลิศวัฒนะพงษ์ชัย, ผู้แปล). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

Harry, M., & Schroeder, R. (2005). **Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations**. USA: Currency.

Eaton, M. (2009). **Lean for Practitioners** (2nd ed.). UK: Ecademy Press.

Pande, P. S., & Holpp, L. (2002). **What is Six Sigma**. USA: McGraw Hill.

Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). **The Six Sigma Way**. USA: McGraw Hill.

Pyzdek, T. (2003) **The Six Sigma Handbook: Revised and Expanded**. USA: McGraw Hill.

The Juran Institute. **The Six Sigma basic training kit**. USA: McGraw Hill.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สุกล	นายธเนส เหล่าเขตกิจ
การศึกษา	ปริญญาตรี สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาลัยเกษตรบัณฑิต พ.ศ. 2541
สถานที่ทำงาน	บริษัท มิตซูบิชิ อีเล็คทริค ออโตเมชั่น (ประเทศไทย) จำกัด 111 ซอยเสรีไทย 54 ถนนเสรีไทย แขวงคันนายาว เขตคันนายาว จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10230
เบอร์โทรศัพท์	(+66)2 517-1326