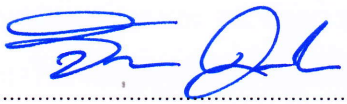
# การปรับปรุงคุณภาพการผลิตชุดเฟืองท้ายรถยนต์ โดยใช้แนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า

ศุภชัย เจียบเกาะ

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ ศุภชัย เจียบเกาะ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

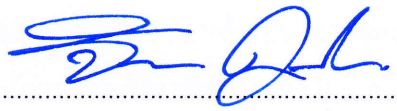
คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์



..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

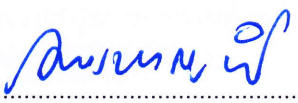
(ดร. จักรวาล คุณะดิลก)

คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์



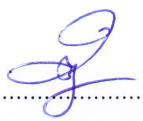
..... ประธาน

(ดร. จักรวาล คุณะดิลก)



..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)



..... กรรมการ

(ดร. บัญชา อริยะจรรยา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่ 14 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2560

# กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร. จักรวาล คุณะดิลก อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยบูรพา อาจารย์ที่ปรึกษางานนิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ แนวคิด ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา และ ดร. บัญชา อริยะจรรยา อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการสอบงานนิพนธ์นี้ และกรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องของงานนิพนธ์ อีกทั้งยังให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยนี้ด้วย รวมไปถึง ดร. วรัตถา อุทยารัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักสูตร ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณอรรณพ อัตตนาถ ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณทีมงานที่ให้ความร่วมมือ เพื่อให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนตลอดมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานนิพนธ์นี้ ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ศุภชัย เจียบเกาะ

58920676: สาขาวิชา: การจัดการงานวิศวกรรม; วศ.ม. (การจัดการงานวิศวกรรม)
คำสำคัญ: ซิกซ์ ซิกม่า/ อุตสาหกรรมยานยนต์/ ชุดเฟืองท้ายรถยนต์/ ปัญหาเสียงดัง/ ปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน

ศุภชัย เจียบเกาะ: การปรับปรุงคุณภาพการผลิตชุดเฟืองท้ายรถยนต์ โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า (QUALITY IMPROVEMENT OF REAR DIFFERENTIAL MANUFACTURING BY USING SIX SIGMA CONCEPT.) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: จักรวาล คุณะดิลก, Ph.D., 105 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง จากข้อมูลปัญหาคุณภาพในอดีต พบว่าปัญหาการร้องเรียนด้านเฟืองท้ายมีเสียงดังประมาณ 2.5 คันต่อเดือน หลักการดีเอ็มเอไอซี (DMAIC) ถูกนำมาประยุกต์สำหรับแก้ปัญหานี้ ประกอบด้วยการนิยามปัญหา (Define) การวัด (Measure) การวิเคราะห์ (Analyze) การปรับปรุง (Improve) และการควบคุม (Control) ขั้นตอน Define เป็นการกำหนดการเป้าหมายในการกำจัดปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดังเนื่องจากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน ขั้นตอน Measure พบว่าระบบการวัดมีความเที่ยงตรงเท่ากับ 100% และระดับคุณภาพซิกมาด้านปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายที่ขนาดน๊อต M8 x 10 เท่ากับ 2.6$\sigma$ คิดเป็นปริมาณของเสียการจากการผลิตประมาณ 8,239 PPM จากนั้นแผนผังแสดงเหตุและผล (Causes and Effect diagram) กับการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure mode and Effect analysis, FMEA) ถูกนำมาใช้ในขั้นตอน Analyze ทำให้สามารถหาสาเหตุสำคัญของปัญหาคุณภาพคือขั้นตอนการสั่งเติมน้ำมันเฟืองท้ายมีความซับซ้อนทำให้พนักงานทำงานผิดพลาด ขั้นตอน Improve ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบระบบป้องกันความผิดพลาด (Poka-Yoke) ในการเติมน้ำมันเติมน้ำมันเฟืองท้าย และขั้นตอน Control ได้ใช้อาศัยเอกสารแนะนำการปฏิบัติงานตามขั้นตอนการทำงานใหม่ และแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยในการเฝ้าติดตามกระบวนการ ผลการวิจัยพบว่าไม่มีข้อร้องเรียนจากลูกค้าหลังปรับปรุงการผลิตเป็นเวลาสามเดือนต่อเนื่อง ระดับคุณภาพซิกมาด้านปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายที่ขนาดน๊อต M8 x 10 หลังจากปรับปรุงการผลิต 3 เดือน สูงขึ้นเป็น 3.9$\sigma$ คิดเป็นปริมาณของเสียการจากการผลิตลดลงเหลือประมาณ 80 PPM

58920676: MAJOR: ENGINEERING MANAGEMENT; M.Eng. (ENGINEERING MANAGEMENT)
KEYWORDS: SIX SIGMA/ AUTOMOTIVE INDUSTRIAL/ REAR DIFFERENTIAL MANUFACTURING / RATTLE NOISE/ REAR DIFFERENTIAL OIL LEVEL LOWER SPEC
SUPACHAI JIABKOH: QUALITY IMPROVEMENT OF REAR DIFFERENTIAL MANUFACTURING BY USING SIX SIGMA CONCEPT. ADVISORY COMMITTEE: JAKRAWARN KUNADILOK, Ph.D., 105 P. 2017.

This research aims to solve rattle noise problem from rear differential part of automobiles. According to the quality problem data in the past, this problem had been complained from customers about 2.5 times per month. The DMAIC concept was applied to solve the quality problem. It consists of five phases; Define, Measure, Analysis, Improve, and Control. In the Define phase, level of oil for lubricating the rear differential part less than its standard was chosen for correction based on the problem investigation data from car dealers. Measurement system analysis and process capability study were applied in the Measure phase to determine the current quality levels of the problems. The result revealed that the measurement system was capable with 100% precision level. The control charts were used to determine the process capability. It found that the sigma quality level of the oil filling process with M8 x 10 nut size was at 2.6$\sigma$ level which producing nonconforming parts about 8,239 PPM. In the Analyze phase, the Causes and Effect diagram and the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) were used to determine possible causes of the quality problems. The results from this phase revealed that the complication of uploading the inputs to oil filling machine can cause operator mistake. Therefore, in the Improve phase, a Poka-Yoke for oil filling system was designed and installed to the machine. In the Control phase, a new work instruction were developed and used for training the operators to perform their jobs correctly. The control charts for average value and range, were used for monitoring the process. The result of this research revealed that the quality problem were eliminated as no customer complaint during three months after improvement. The sigma quality level was increased to 3.9$\sigma$ which producing nonconforming parts about 80 PPM.

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

วัตถุประสงค์การทำวิจัย ..... 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย ..... 5

ขอบเขตของการวิจัย ..... 6

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 7

ประวัติความเป็นมาของ ซิกซ์ ซิกม่า ..... 7

ขั้นตอนกระบวนการ ซิกซ์ ซิกม่า ..... 8

โครงสร้างและหน้าที่รับผิดชอบ ของ ซิกซ์ ซิกม่า ..... 13

ซิกซ์ ซิกม่า ในความหมายสถิติ ..... 14

เครื่องมือที่นิยมใช้ในกระบวนการ ซิกซ์ ซิกม่า ..... 19

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ..... 29

การประเมินความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ ..... 31

ค่าใช้จ่ายทางด้านคุณภาพ ..... 34

การประเมินความสามารถของระบบการวัดสำหรับข้อมูลไม่ต่อเนื่อง ..... 36

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 37

3 วิธีการดำเนินการวิจัย ..... 40

โครงสร้างทีมงานวิจัย ..... 41

ขั้นตอนการกำหนดปัญหา ..... 41

ขั้นตอนการวัด ..... 42

ขั้นตอนการวิเคราะห์ ..... 44

# สารบัญ (ต่อ)


| บทที่ | หน้า |
|---|---|
| ขั้นตอนการปรับปรุง | 45 |
| ขั้นตอนการควบคุม | 45 |
| สรุปผลการดำเนินงาน | 45 |
| 4 ผลการดำเนินงาน | 46 |
| ขั้นตอนการกำหนดปัญหา | 47 |
| ขั้นตอนการวัด | 49 |
| ขั้นตอนการวิเคราะห์ | 65 |
| ขั้นตอนการปรับปรุง | 71 |
| ขั้นตอนการควบคุม | 75 |
| 5 สรุปและอภิปรายผล | 84 |
| สรุปผลการดำเนินงาน | 84 |
| อภิปรายผลการดำเนินงาน | 85 |
| ข้อเสนอแนะ | 87 |
| บรรณานุกรม | 88 |
| ภาคผนวก | 90 |
| ภาคผนวก ก | 91 |
| ภาคผนวก ข | 98 |
| ประวัติย่อของผู้วิจัย | 105 |

# สารบัญตาราง


ตารางที่ หน้า

1-1 จำนวนของรถยนต์ที่เฟืองท้ายมีเสียงดังที่ลูกค้าร้องเรียนจากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า 3

1-2 ลำดับของปัญหาที่ทำให้มีเสียงดังที่เฟืองท้ายของรถยนต์จากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า 4

1-3 รายละเอียดต้นทุนคุณภาพที่บกพร่อง ปัญหาเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดังในเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนมีนาคม 2559 4

2-1 กระบวนการ ซิกซ์ ซิกม่า และเครื่องมือที่นิยมใช้ 12

2-2 การเปรียบเทียบความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกิจการต่าง ๆ ได้ที่ระดับความเชื่อมั่นที่แตกต่าง 16

2-3 สรุปจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ 17

2-4 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นที่ระดับต่าง ๆ ของซิกมา เมื่อมีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย ($\mu$) 18

2-5 การประเมินค่าความรุนแรงของผลกระทบ 25

2-6 การประเมินค่าโอกาสที่จะเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง 26

2-7 การประเมินค่าความสามารถในการตรวจจับได้เมื่อสาเหตุนั้นเกิดขึ้น 27

3-1 ระดับมาตรฐาน น้ำมันเฟืองท้าย โดยแยกตามรุ่นของเฟืองท้าย 43

4-1 จำนวนของรถยนต์ที่เฟืองท้ายมีเสียงดังที่ลูกค้าร้องเรียนจากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า 47

4-2 ผลการทดลองในการวิเคราะห์ระบบการวัดในปัจจุบันภายในบริษัท 52

4-3 เกณฑ์ของบริษัทกำหนดให้สมรรถนะของระบบการวัด 53

4-4 เกณฑ์การตัดสินใจดัชนีแสดงประสิทธิผลจาก AIAG (The Automotive Industry Action Group) 55

4-5 ผลการทดลองความเห็นพ้องระหว่างพนักงานกับมาตรฐาน 56

4-6 ดัชนีแสดงประสิทธิผลของพนักงานแต่ละคน 56

# สารบัญตาราง (ต่อ)


ตารางที่ หน้า

4-7 การเก็บข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ยึดชุดเฟืองท้าย M8 x 10 58

4-8 การเก็บข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ยึดชุดเฟืองท้าย M10 x 10 59

4-9 การเก็บข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ยึดชุดเฟืองท้าย M10 x 12 60

4-10 รายละเอียดของสาเหตุหลัก 65

4-11 การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) 67

4-12 รายละเอียดการให้คะแนนค่าความเสี่ยง (RPN) 68

4-13 จำนวนปัญหาเฟืองท้ายปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐานที่ลูกค้าร้องเรียนจากฐานข้อมูล ช่วงก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงในเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนเมษายน 2560 73

4-14 ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนพฤศจิกายน 2559 77

4-15 ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนธันวาคม 2559 79

4-16 ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนมกราคม 2560 81

5-1 ผลเปรียบเทียบค่า $C_{pk}$, PPM, และ Sigma ก่อนและหลังการปรับปรุง 84

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1-1 | ส่วนประกอบต่าง ๆ ทั่วไป ของระบบส่งกำลังเฟืองท้ายรถยนต์ | 2 |
| 1-2 | จำนวนของรถยนต์ที่เฟืองท้ายมีเสียงดังที่ลูกค้าร้องเรียนจากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า | 3 |
| 1-3 | ลำดับของปัญหาที่ทำให้มีเสียงดังที่เฟืองท้ายของรถยนต์จากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า | 5 |
| 2-1 | SIPOC Process model | 9 |
| 2-2 | ขั้นตอนในการดำเนินโครงการของซิกซ์ ซิกม่า | 11 |
| 2-3 | ขั้นตอนโดยสรุปของซิกซ์ ซิกม่า | 11 |
| 2-4 | ค่า Z และพื้นที่ใต้โค้งปกติ | 15 |
| 2-5 | พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเมื่อ $Z = \pm 3$ | 15 |
| 2-6 | พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเมื่อ $Z = \pm 1$ ถึง $Z = \pm 6$ | 16 |
| 2-7 | ลักษณะการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย | 18 |
| 2-8 | จำนวนการเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ระดับต่าง ๆ ของ ซิกม่า | 19 |
| 2-9 | โครงสร้างทั่วไปของผังแสดงเหตุและผล | 21 |
| 2-10 | ตัวอย่างการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาความไม่สมดุลของสายการประกอบ | 21 |
| 2-11 | สภาวะของกระบวนการ | 30 |
| 2-12 | ความสัมพันธ์ของ $C_{pk}$ กับ $C_{pu}$ และ $C_{pl}$ | 31 |
| 2-13 | การเปรียบเทียบ $C_p$ และ $C_{pk}$ | 32 |
| 3-1 | แผนผังของขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย | 40 |
| 3-2 | ผังโครงสร้างทีมงานวิจัย | 41 |
| 3-3 | วิธีการตรวจวัดระดับน้ำมันเฟืองท้าย | 43 |
| 4-1 | ลำดับของปัญหาที่ทำให้มีเสียงดังที่เฟืองท้ายของรถยนต์จากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า | 48 |
| 4-2 | การวิเคราะห์กระบวนการผลิตเฟืองท้ายของรถยนต์ | 49 |
| 4-3 | กระบวนการเติมน้ำมันเฟืองท้ายของรถยนต์ในปัจจุบัน | 50 |
| 4-4 | ใบตรวจเช็คและวิธีการตรวจวัดระดับน้ำมันเฟืองท้าย | 51 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


ภาพที่ หน้า

4-5 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดในภาพรวม โดยโปรแกรมมินิแทบ 53

4-6 ผลค่าความเที่ยงตรงในระบบการวัด 54

4-7 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$- R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M8 x 10 61

4-8 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M8 x 10 61

4-9 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$- R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M10 x 10 62

4-10 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M10 x 10 62

4-11 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$- R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายขนาดน็อตที่ยึดชุดเฟืองท้าย M10 x 12 63

4-12 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M10 x 12 63

4-13 แผนผังการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเหตุและผล 66

4-14 แผนภาพพาเรโตแสดงสาเหตุของปัญหาที่มีความสำคัญ 70

4-15 การเติมน้ำมันเฟืองท้ายของรถยนต์ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงโดยระบบป้องกันความผิดพลาด 71

4-16 กระบวนการไหลสถานีเติมน้ำมันเฟืองท้ายของรถยนต์ หลังการปรับปรุงโดยระบบป้องกันความผิดพลาด 72

4-17 ลำดับของปัญหาที่ทำให้มีเสียงดังที่เฟืองท้ายของรถยนต์จากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า ในเดือน เมษายน 2559 ถึง เดือนเมษายน 2560 73

4-18 จำนวนปัญหาเฟืองท้ายปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐานที่ลูกค้าร้องเรียนจากฐานข้อมูล ช่วงก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงในเดือนเมษายน 2559 ถึง เดือนเมษายน 2560 75

4-19 หลักการทำงานของระบบป้องกันความผิดพลาดในกระบวนการเติมน้ำมันเฟืองท้ายของรถยนต์ 76

# สารบัญภาพ (ต่อ)


ภาพที่ หน้า

4-20 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$- R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนพฤศจิกายน 2559 ..... 78

4-21 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนพฤศจิกายน 2559 ..... 78

4-22 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$- R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนธันวาคม 2559 ..... 80

4-23 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนธันวาคม 2559 ..... 80

4-24 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$- R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนมกราคม 2560 ..... 82

4-25 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนมกราคม 2560 ..... 82

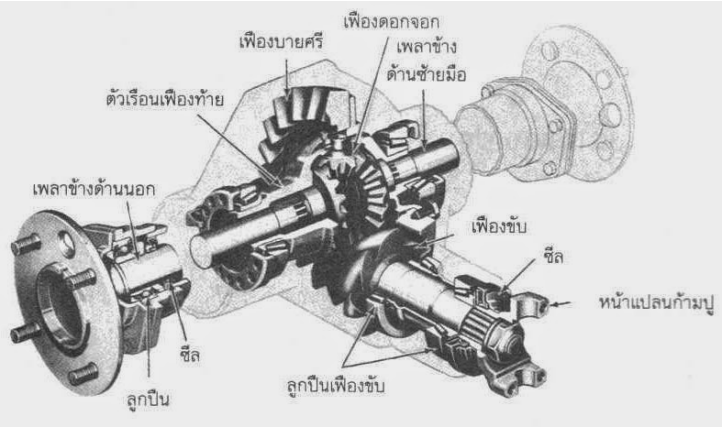
5-1 จำนวนปัญหาเฟืองท้ายปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน ที่ลูกค้าร้องเรียนจากฐานข้อมูล ช่วงก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง ในเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนเมษายน 2560 ..... 87

# บทที่ 1
# บทนำ

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันธุรกิจยานยนต์มีการแข่งขันสูง เนื่องจากมีผู้ผลิตรถยนต์จำนวนมากขึ้นตามความต้องการของลูกค้า มีการแข่งขันทั้งทางด้านคุณภาพ สมรรถนะการใช้งาน และเทคโนโลยีใหม่ ๆ แต่ในสภาวะความผันผวนในยุคเศรษฐกิจ ต้นทุนของวัตถุดิบที่มีการปรับตัว เนื่องจากราคาน้ำมันที่มีการปรับตัวที่สูงขึ้น ดังนั้นหลาย ๆ บริษัทจะมุ่งเน้นการลดต้นทุนของสินค้า การปรับปรุงกระบวนการต่าง ๆ ในบริษัทให้มีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น หรือการลดกระบวนการที่ไม่จำเป็นลง ซึ่งหลายๆบริษัทนำมาเป็นแนวปฏิบัติอันดับต้นๆ ไม่ได้เพียงแค่วิธีการที่กล่าวมาเท่านั้น ที่จะสามารถทำให้ต้นทุนรวมทั้งหมดลดลง ยังมีวิธีการอื่น ๆ อีก ที่สามารถลดต้นทุนรวมให้ลดลง คือ การผลิตสินค้าที่มีคุณภาพ ลดปริมาณของเสียทั้งในกระบวนการผลิต และรวมถึงผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่ส่งมอบไปถึงลูกค้า การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตและการแก้ไขปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิผล หนึ่งในแนวทาง จำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ดีที่จะทำให้ในการวิเคราะห์ปัญหา การปรับปรุงแก้ปัญหาชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์และการปรับปรุงกระบวนการอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการเรียกร้องการรับประกันสินค้า ทำให้ต้นทุนรวมลดลงและยังทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจเพิ่มมากขึ้น

กรณีศึกษาของงานวิจัยนี้เป็นการแก้ไขปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง ซึ่งได้รับการร้องเรียนจากผู้แทนจำหน่ายรถยนต์ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งทางบริษัทได้รับรายงานจากผู้แทนจำหน่ายรถยนต์ต่างประเทศแห่งหนึ่ง ร้องเรียนว่ามีเสียงดังมาจากเฟืองท้ายและทำการตรวจสอบพบว่าปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน ส่งผลให้ภายในเฟืองท้ายเสียหายเป็นผลให้เกิดเสียงดัง



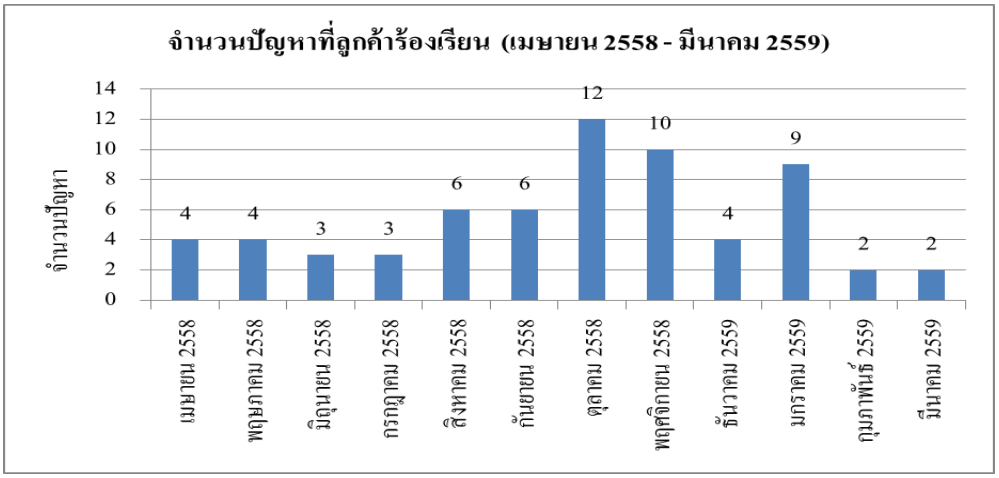

ภาพที่ 1-1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ทั่วไป ของระบบส่งกำลังเฟืองท้ายรถยนต์

ความจำเป็นดังกล่าวเป็นเหตุผลที่ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำวิธีการและหลักการของซิกซ์ ซิกม่า มาประยุกต์เพื่อแก้ปัญหาระบบส่งกำลังของเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง รวมถึงการสร้างแนวทางการประยุกต์หลักการของ DMAIC ในการปรับปรุงหรือแก้ไขปัญหาคุณภาพในกระบวนการอื่น ๆ ต่อไป จนสามารถทำให้บริษัทมีกระบวนการทำงานที่มีความเสถียรภาพ และปลูกจิตสำนึกให้พนักงานเกิดการมุ่งเน้นคุณภาพไปสู่ลูกค้า และการควบคุมคุณภาพของรถยนต์ให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งหากในกระบวนการไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้ ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงมาก เนื่องจากปัญหาระบบส่งกำลังของเฟืองท้ายของรถยนต์เกิดความเสียหายส่งผลต่อความปลอดภัยในการใช้งาน การมีปัญหาคุณภาพส่งผลต่อการเสียโอกาสในการขายสินค้าเนื่องจากลูกค้าขาดความเชื่อมั่น

ดัชนีชี้วัดปัญหาของทางโรงงาน คือ ต้นทุนคุณภาพที่บกพร่องเพิ่มขึ้น จากข้อร้องเรียนในปัญหาดังกล่าวจากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า กล่าวคือ ในเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนมีนาคม 2559 ทางบริษัทได้รับข้อร้องเรียนจากผู้แทนจำหน่ายรถยนต์ในเรื่องปัญหาเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง ในรถกระบะและรถอเนกประสงค์ประเภท PPV (Pick-Up Passenger Vehicle)ได้ดังตารางที่ 1-1 และภาพที่ 1-2

ตารางที่ 1-1 จำนวนของรถยนต์ที่เฟืองท้ายมีเสียงดังที่ลูกค้าร้องเรียนจากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า

| เดือน | จำนวนรถที่ลูกค้าร้องเรียน (คัน) |
|---|---|
| เมษายน 2558 | 4 |
| พฤษภาคม 2558 | 4 |
| มิถุนายน 2558 | 3 |
| กรกฎาคม 2558 | 3 |
| สิงหาคม 2558 | 6 |
| กันยายน 2558 | 6 |
| ตุลาคม 2558 | 12 |
| พฤศจิกายน 2558 | 10 |
| ธันวาคม 2558 | 4 |
| มกราคม 2559 | 9 |
| กุมภาพันธ์ 2559 | 2 |
| มีนาคม 2559 | 2 |
| รวม | 65 |




ภาพที่ 1-2 จำนวนของรถยนต์ที่เฟืองท้ายมีเสียงดังที่ลูกค้าร้องเรียนจากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า

เมื่อนำรายละเอียดข้อมูลที่ได้รับจากข้อร้องเรียนของลูกค้าจากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า มาจัดเรียงตามลักษณะปัญหา จะพบว่ามีจำนวนรถยนต์ที่มีปัญหาเสียงดังแบ่งย่อยตามสาเหตุได้ดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1-2 ลำดับของปัญหาที่ทำให้มีเสียงดังที่เฟืองท้ายของรถยนต์จากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า

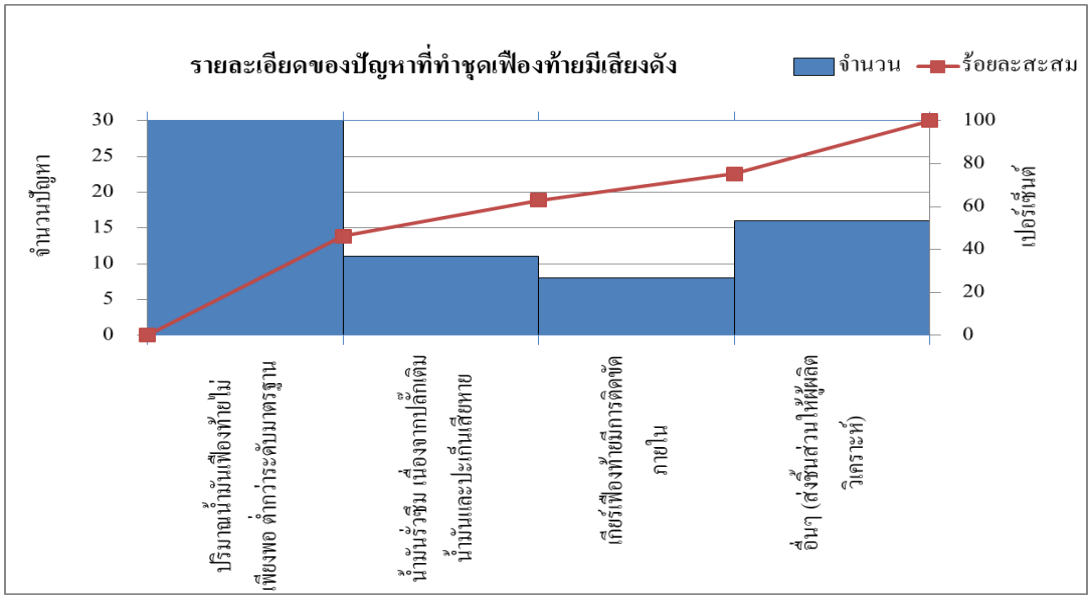
| ลำดับ | รายละเอียดของปัญหาที่ทำให้มีเสียงดัง | จำนวน (คัน) |
|---|---|---|
| 1 | ปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน | 30 |
| 2 | น้ำมันรั่วซึม เนื่องจากปลั๊กเติมน้ำมันและปะเก็นเสียหาย | 11 |
| 3 | เกียร์เฟืองท้ายมีการติดขัดภายใน | 8 |
| 4 | อื่น ๆ (ส่งชุดเฟืองท้ายให้ผู้ผลิตทำการวิเคราะห์) | 16 |

จากปัญหาที่มีการร้องเรียนส่งผลให้เกิดต้นทุนคุณภาพที่บกพร่อง (Cost of poor quality: COPQ) สามารถแสดงรายละเอียด ได้ดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 รายละเอียดต้นทุนคุณภาพที่บกพร่อง ปัญหาเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดังในเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนมีนาคม 2559

| ลำดับ | รายละเอียดของปัญหาที่ทำให้มีเสียงดัง | จำนวน | ค่าใช้จ่ายให้กับผู้แทนจำหน่ายรถยนต์ จากการเรียกร้องการรับประกันสินค้า (บาท) |
|---|---|---|---|
| 1 | ปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน | 30 | 656,163 |
| 2 | น้ำมันรั่วซึม เนื่องจากปลั๊กเติมน้ำมันและปะเก็นเสียหาย | 11 | 53,185 |
| 3 | เกียร์เฟืองท้ายมีการติดขัดภายใน | 8 | 322,046 |
| 4 | อื่น ๆ (ส่งชุดเฟืองท้ายให้ผู้ผลิตทำการวิเคราะห์) | 16 | 558,860 |

จากการเรียงลำดับความสำคัญของปัญหา โดยใช้หลักการพาเรโต ดังแสดงในภาพที่ 1-3 การวิจัยครั้งนี้ จะเลือกปัญหาลำดับที่ 1 คือ ปัญหาเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง เนื่องจากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายมีระดับ ต่ำกว่ามาตรฐาน




ภาพที่ 1-3 ลำดับของปัญหาที่ทำให้มีเสียงดังที่เฟืองท้ายของรถยนต์จากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า

## วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

เพื่อแก้ไขปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง เนื่องจากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. สามารถลดการร้องเรียนจากลูกค้า หรือจากผู้แทนจำหน่ายรถยนต์
2. ทราบถึงปัญหาที่ซ่อนเร้นในระบบ และดำเนินการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบตามแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า อย่างถูกต้อง
3. สามารถกำหนดมาตรฐานในการป้องกันผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต
4. สามารถทำการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบโดยใช้แนวทางของ ซิกซ์ ซิกม่า ไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงหรือแก้ไขปัญหาคุณภาพในกระบวนการอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**ขอบเขตการของการวิจัย**

การวิจัยนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยอาศัยแนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการของ ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อแก้ไขปัญหาเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดังและลดการร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องปัญหาเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง เนื่องจากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## ประวัติความเป็นมาของ ซิกซ์ ซิกม่า

ซิกซ์ ซิกม่า เป็นวิธีการปฏิบัติที่ดีเลิศในปัจจุบันเพื่อการพัฒนากระบวนการและเป็นวิธีที่นิยมทั่วโลกในขณะนี้ วิธีการของ ซิกซ์ ซิกม่าได้เริ่มมีการประยุกต์ใช้ในบริษัทโมโตโรล่าในช่วงปี ค.ศ. 1980 โดยมุ่งเน้นที่การลดต้นทุนและปรับกระบวนการทำงานให้สอดคล้องกลยุทธ์ที่บริษัทวางไว้ นอกจากนี้ ปัจจุบันบริษัทชั้นนำหลายบริษัททั่วโลกได้เล็งเห็นประโยชน์และได้นำมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ บริษัท General Electric บริษัท Sony บริษัท Allied signal และบริษัท Eastman Kodak บริษัท โมโตโรล่า

ปัจจุบันวิธี ซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma) ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ไม่เฉพาะแต่ในวงการของการปรับปรุงและรักษาคุณภาพเท่านั้น แม้แต่ในวงการบริหารและการจัดการธุรกิจ วิธี ซิกส์ ซิกม่า ก็มีบทบาทเพิ่มมากขึ้น จุดกำเนิดของวิธี ซิกส์ ซิกม่า เริ่มขึ้นเมื่อบริษัทโมโตโรล่า (Motorola) ได้พัฒนาและสร้างโครงสร้างเพื่อปรับปรุงคุณภาพสินค้าภายใต้การนำของแฮรี่ (Harry, 1987) และในปี ค.ศ. 1988 บริษัทโมโตโรล่า (Motorola) ได้ตีพิมพ์และเปิดเผยวิธีใหม่ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของสินค้าภายใต้ชื่อ “วิธี ซิกซ์ ซิกม่า”

ในด้านของความหมาย ซิกซ์ ซิกม่า นั้นแท้จริงแล้วเป็นภาษาในวิชาสถิติ ซึ่งสัญลักษณ์ซิกม่า ($\sigma$) เป็นตัวอักษรในภาษากรีกที่ใช้แทนความหมายของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ซึ่งเป็นตัวเลขที่ใช้ในการบ่งบอกถึงการกระจายของข้อมูล เมื่อกล่าวถึงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต้องมองย้อนกลับไปถึงปี ค.ศ. 1733 เมื่อนายดีโมรี (Demorvre) ซึ่งเป็นบุคคลแรกที่ได้ศึกษาและพัฒนาเส้นโค้งแจกแจงปกติ (Normal distribution) เพื่อนำไปใช้ในการประมาณการของการกระจายข้อมูลแบบไบโนเมียล (Binomial distribution) แต่ความรู้และงานที่นายดีโมรี สร้างไว้ได้สูญหายไปจนกระทั่งมาถูกค้นพบอีกครั้งหนึ่งโดย นายคาล เพียรซัล (Karl Pearson) ในปีค.ศ. 1924 ในระหว่างนั้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี ค.ศ. 1809 นายคาล เฟตเดอริส เก๊าส์ (Carl Friederich Gauss) ได้ศึกษาการกระจายแบบโค้งปกติ (Normal distribution) โดยละเอียดและได้ตีพิมพ์บทความเกี่ยวกับคุณสมบัติของการกระจายแบบโค้งปกติไว้มากมายจนเป็นเหตุให้การกระจายแบบโค้งปกติเป็นที่รู้จักกันในอีกชื่อหนึ่งในวงการคณิตศาสตร์ว่าเป็นการกระจายแบบเก๊าส์เซียน (Gaussian distribution) แต่ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่รู้จักกันอยู่ทุกวันนี้ได้รับการตั้งชื่อโดยนายคาล เพียรซัล ในปี ค.ศ. 1893 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือ ซิกซ์ ซิกม่า เริ่มมามีบทบาทใน

วงการของการปรับปรุงและรักษาคุณภาพ ในปี ค.ศ. 1931 เมื่อ Walter A. Shewhart ได้แนะนำว่าในกระบวนการใด ๆ ถ้าค่าเฉลี่ยของคุณภาพของผลผลิตหรือผลลัพธ์ที่ได้ห่างจากค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้มากกว่า 3 เท่า ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกระบวนการนั้นก็ควรจะถูกปรับปรุงและแก้ไขใหม่ ปัจจุบัน “ซิกซ์ ซิกม่า” ได้ถูกจัดให้เป็นเครื่องหมายการค้าของบริษัทโมโตโรล่า

ซิกซ์ ซิกม่า คือ กระบวนการเพื่อลดความผิดพลาด (Defect) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการต่าง ๆ โดยมุ่งเน้นให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดและมีความสูญเสียได้ไม่เกิน 3.4 หน่วยในล้านหน่วย สัญลักษณ์ที่นิยมใช้กันทางสถิติ คือ ซิกม่า ตามความหมายของ ซิกซ์ ซิกม่า สถิติหมายถึง ขอบเขตข้อกำหนด (Specification limit) และการแจกแจงปกติ (Normal distribution) ขอบเขตข้อกำหนดบนมีค่าเป็น 6 หมายถึง ที่ระดับ Sigma มีของเสียเพียง 0.002 ชิ้น จากจำนวนของทั้งหมด 1,000,000 ชิ้น นอกจากนี้การประยุกต์ใช้ ซิกซ์ ซิกม่า ภายในองค์การยังช่วยให้บริษัทสามารถตรวจสอบปัญหาภายในบริษัทด้วยข้อมูลที่แม่นยำและเชื่อถือได้ แล้วทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยหลักสถิติ (Statistical analysis process) เพื่อการปรับปรุงและควบคุมไม่ให้ปัญหานั้น ๆ เกิดขึ้นซ้ำอีก เนื่องจากการแก้ไขปรับปรุงใด ๆ นั้นต้องอาศัยข้อมูลที่ถูกต้องเพียงพอและแม่นยำเป็นปัจจัยหลัก ในการตัดสินใจและแก้ไขสิ่งที่บกพร่องตามหลักการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

## ขั้นตอนกระบวนการ ซิกซ์ ซิกม่า (SIX SIGMA STEPS)

วรชัย เยาวปาณี (2552) อธิบายว่าในการประยุกต์ใช้ ซิกซ์ ซิกมา ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการนั้น มีขั้นตอนพื้นฐาน 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การนิยาม (Define) หมายถึง การนิยามขอบข่ายและเป้าหมายของโครงการปรับปรุงในพจน์ของความปรารถนาของลูกค้า และกระบวนการที่ตอบสนองความต้องการเหล่านั้น ปัจจัยนำเข้า ผลผลิตการส่งออก การควบคุม และทรัพยากร 2) การวัด (Measure) หมายถึง การวัดการปฏิบัติการในกระบวนการปัจจุบัน ปัจจัยนำเข้า ผลผลิตส่งออกและกระบวนการ และการคำนวณสมรรถนะของกระบวนการระยะสั้นและระยะยาวกับค่าซิกม่า 3) การวิเคราะห์ (Analyze) หมายถึง การวิเคราะห์ช่องว่างระหว่างการปฏิบัติการในปัจจุบันกับที่ปรารถนา ลำดับความสำคัญของปัญหา และบ่งชี้สาเหตุที่เป็นรากของปัญหา กำหนดเกณฑ์ที่ใช้เป็นมาตรฐานสำหรับทำการเปรียบเทียบ (Benchmarking) สมรรถนะของกระบวนการผลิตหรือบริการ 4) การปรับปรุง (Improve) หมายถึง การปรับปรุงผลเฉลยเพื่อแก้ปัญหา และป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ ทำให้บรรลุเป้าหมาย และ 5) การควบคุม (Control) หมายถึง การควบคุมกระบวนการปฏิบัติการให้คงไว้ซึ่งคุณภาพของผลผลิตตามมาตรฐานที่กำหนด ในการนี้จำเป็นต้องใช้กระบวนการควบคุมทางสถิติ (SPC)

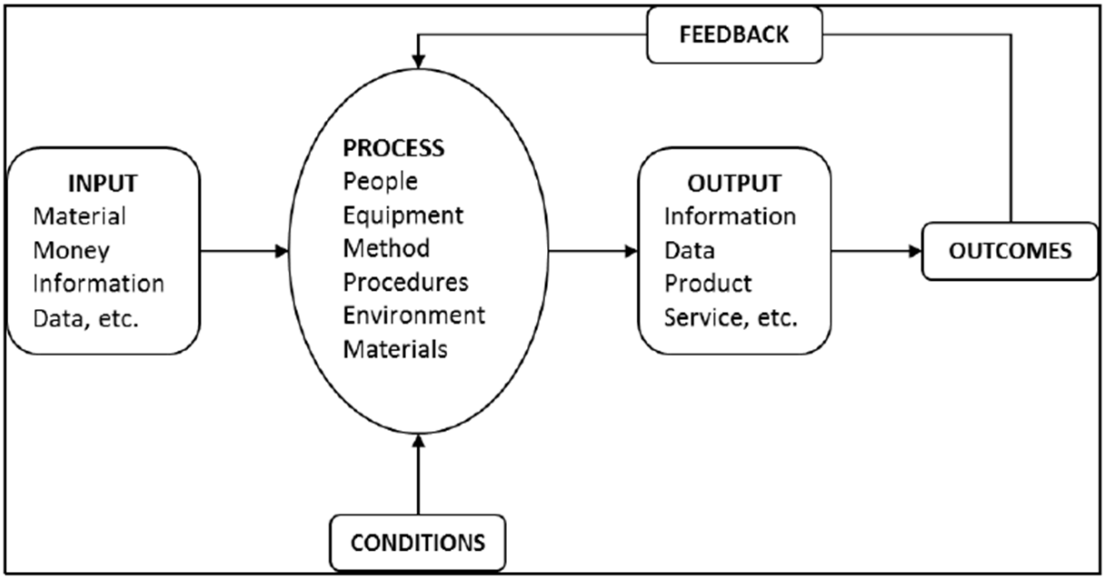
Dale (2013) ได้กล่าวถึงขั้นตอนกระบวนการของซิกซ์ ซิกม่า โดยมี DMAI ประกอบด้วย การกำหนด (Define) การวัด (Measure) การวิเคราะห์ (Analysis) การปรับปรุง (Improve) และการควบคุม (Control) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การกำหนด (Define phase) ในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วย

Project charter คือ เอกสารระบุถึงปัญหารวมไปถึงขั้นตอนการจัดการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งต้องมีการกำหนดขอบเขตในการตัดสิน เช่น ปัญหานี้สำคัญหรือไม่ การกำหนดปัญหานี้สามารถเป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่ เป็นต้น โดยการเลือกปัญหาที่จะมาแก้ไขนั้น เราสามารถเลือกใช้เครื่องมือการวิเคราะห์แบบพาเรโต เพื่อดูความสำคัญของปัญหาตามลำดับ

Project charter ยังต้องมีผู้บริหารโครงการมาเป็นที่ปรึกษาของโครงการ และยังต้องมีการกำหนดเป้าหมายของโครงการก่อนเริ่มดำเนินโครงการนั้น ๆ

Process map จะช่วยให้ทีมงานเข้าใจถึงกระบวนการที่เกี่ยวกับธุรกิจหรือการผลิตขององค์กร โดยใช้ Supplier, Input, Process, Output, Customer (SIPOC) process model เป็นการระบุกระบวนการทำงานในภาพใหญ่ในรูปแบบตารางก่อนเริ่มเขียนแผนภาพ วัดผล หรือทำการพัฒนา ดังภาพที่ 2-1




ภาพที่ 2-1 SIPOC Process model

Voice of the Customer เป็นข้อมูลปัญหาหลัก ๆ ที่มีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงแก้ไขได้ดีที่สุด ปัญหาจะถูกแยกแยะได้ตามปัจจัย ดังนี้

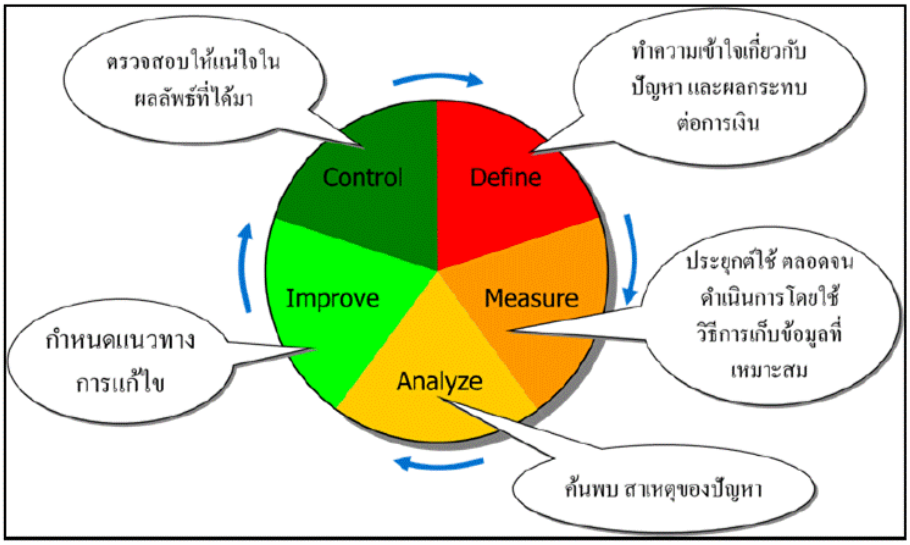
1. การวิเคราะห์ข้อมูลจากภายนอก คือ การร้องเรียนของลูกค้า หรือการเรียกคืนชิ้นส่วนที่เกิดปัญหา
2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากภายใน คือ การตรวจสอบจากของเสียที่เกิดขึ้น หรือกระบวนการทำซ้ำ ตำแหน่งที่เกิดปัญหา (Rework)
3. ข้อเสนอจากผู้บริหาร หรือจากโครงการ
4. การระดมสมองของสมาชิกในโครงการ
5. การสอบถามลูกค้าหรือพนักงานภายในโรงงาน
6. ข้อร้องเรียน หรือข้อติเตียนจากผู้ใช้ภายนอก เช่น ลูกค้า

การวัด (Measure phase) เป็นขั้นตอนที่ต้องเข้าใจถึงกระบวนการ การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และการบ่งชี้ความสามารถของกระบวนการในปัจจุบัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ

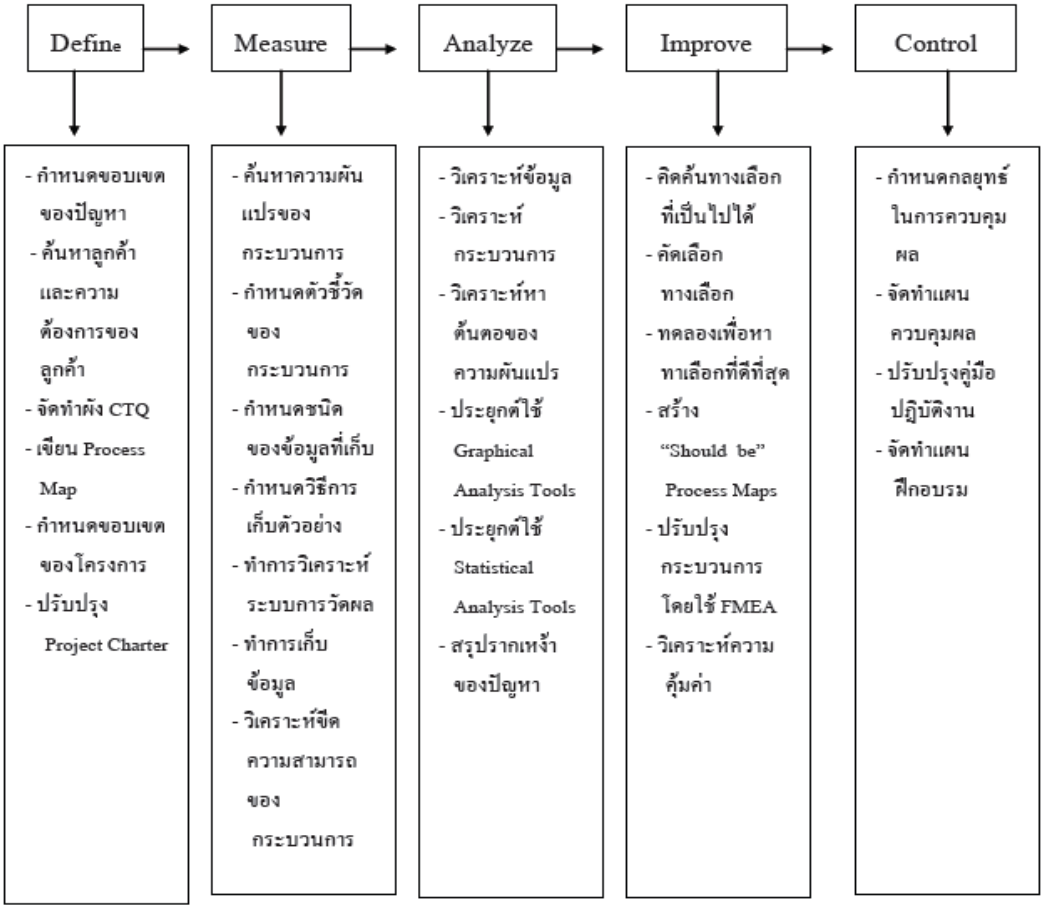
การวิเคราะห์ (Analysis phase) ในขั้นตอนการวิเคราะห์ (จากข้อมูลที่วัดมาได้) เพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้มากที่สุดของปัญหา ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์จากทีมงาน การระดมสมอง และความรู้ความสามารถของคนในทีมงาน

การปรับปรุง (Improve phase) หลังจากที่ได้ตัวแปรที่มีผลมาก ๆ หรือสำคัญ ๆ จากนั้นจะเลือกวิธีแก้ไข/ ปรับปรุง ที่เหมาะสม เพื่อขจัดสาเหตุที่วิเคราะห์ได้ หรือในการออกแบบขั้นนี้จะเป็นการออกแบบกระบวนการ/ ผลิตภัณฑ์เพื่อขจัด หรือควบคุมตัวแปรที่วิเคราะห์ได้

การควบคุม (Control phase) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งต้องดำเนินการออกแบบระบบควบคุณคุณภาพของกระบวนการเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ากระบวนการจะไม่ย้อนไปมีปัญหาเหมือนเดิมอีก และจากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปขั้นตอนในการดำเนินโครงการของซิกซ์ ซิกม่า ได้ดังภาพที่ 2-2 และ 2-3




ภาพที่ 2-2 ขั้นตอนในการดำเนินโครงการของ ซิกซ์ ซิกม่า




ภาพที่ 2-3 ขั้นตอนโดยสรุปของ ซิกซ์ ซิกม่า

ทั้งนี้ Dale (2013) ยังได้กล่าวถึงกระบวนการทั้ง 5 ขั้นตอนของของ ซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC) ซึ่งจะมีเครื่องมือที่นิยมนำมาใช้ สามารถสรุปและแสดงได้ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 กระบวนการ ซิกซ์ ซิกม่า และเครื่องมือที่นิยมใช้

| ขั้นตอน | เครื่องมือที่นิยมใช้ |
|---|---|
| Define (D) | แผนภูมิกระบวนการ (Process map) |
| | แผนภูมิพาเรโต |
| | การระดมสมอง (Brain storming) |
| Measure (M) | แผนภูมิพาเรโต |
| | ผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram) |
| | การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement system analysis) |
| | Check sheet |
| | Histograms |
| | Process capability |
| | Flow chart |
| Analysis (A) | การออกแบบการทดลอง (Design of experiment, DOE) |
| | Process capability |
| | ผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram) |
| | Why-why analysis |
| | Tree diagram |
| | Scatter diagram |
| | Hypothesis testing |
| | Analysis of variance (ANOVA) |
| Improve (I) | การออกแบบการทดลอง (Design of experiment, DOE) |
| | การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) |
| Control (C) | Control chart |
| | การควบคุมด้วยกระบวนการทางสถิติ (SPC) |

## โครงสร้างและหน้าที่รับผิดชอบของ ซิกซ์ ซิกม่า

ประกอบด้วย

1. Champion เป็นชื่อเรียกผู้ที่มีความรับผิดชอบสูงสุดต่อผลสำเร็จในงาน หรือผู้บริหารระดับสูง (Executive-Level management) สนับสนุนให้เป้ามายของงานสำคัญประสบความสำเร็จ รณรงค์และผลักดันให้เกิดองค์การ ซิกซ์ ซิกม่า และเกิดกระบวนการปรับปรุงองค์การอย่างต่อเนื่อง ขจัดอุปสรรค ให้รางวัลหรือค่าตอบแทน ตอบปัญหา อนุมัติโครงการ กำหนดวิสัยทัศน์โครงการ สนับสนุนทรัพยากรในด้านบุคลากร งบประมาณ เวลา สถานที่ กำลังใจ และความชัดเจนในหน้าที่ ผลักดันให้มีจำนวน Black Belt และ Green Belt ที่เหมาะสมในองค์การ มีหน้าที่ติดตามความก้าวหน้าของโครงการปรับปรุง ให้สอดคล้องกับเป้าหมายขององค์การ ส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างวัฒนธรรมในการปรับปรุงให้เกิดขึ้นในองค์การ โดยอาศัยการสื่อสาร การตั้งคำถามเพื่อย้ำให้เกิดแนวความคิดแบบ ซิกซ์ ซิกม่า มีการชมเชยและการให้ประกาศนียบัตรแก่พนักงานในองค์การ มีการคัดเลือกโครงการปรับปรุงที่ดีเยี่ยมและการให้รางวัลเมื่อพนักงานปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพ

2. ซิกซ์ ซิกม่า Director มีหน้าที่นำและบริหารองค์การให้สำเร็จบรรลุแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า ภายในหน่วยงานทางธุรกิจตนเอง เป็นผู้กำหนดแนวทางในการปฏิบัติและนโยบายการดำเนินงานของ ซิกซ์ ซิกม่า สนับสนุนกิจกรรมต่าง ๆ ที่สำคัญในการกระจายนโยบายให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง

3. Master black belt คือ ผู้ชำนาญการด้านเทคนิค และเครื่องมือสถิติ เป็นผู้มีความรู้และความเชี่ยวชาญในการทำงานเป็นอย่างดี และสามารถถ่ายทอดและให้การอบรมเพื่อสร้างทีม Black belt และ Green belt ตลอดการปรับปรุงได้ เป็นผู้ช่วยเลือกโครงการปรับปรุงให้แก่ Champion และเป็นผู้มีความคิดสร้างสรรค์ในการคัดเลือกโครงการปรับปรุง โดยมองในภาพรวมใหญ่ขององค์การ ได้แก่ การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน และการเสนอโครงการปรับปรุงที่เชื่อมโยงกันระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ เป็นต้น

4. Black belt คือ ผู้บริหารโครงการ (Project manager) และผู้ประสานงาน (Facilitator ) ได้รับการรับรองว่าเป็นสายดำชั้นครู Black belt เป็นการบ่งบอกถึงระดับความสามารถสูงสุดของนักกีฬายูโด จะทำหน้าที่เป็นหัวหน้าโครงการ บริหารลูกทีมที่มีลักษณะข้ามสายงาน ซึ่งในการบริหาร ซิกซ์ ซิกม่า จะประกอบไปด้วยการทำโครงการย่อยที่คัดเลือกจากปัญหาที่มีอยู่ในกระบวนการต่าง ๆ ขององค์การ กระจายกลยุทธ์และนโยบายของบริษัทไปยังระดับปฏิบัติการ ผลักดันความคิดของ Champion ให้เกิดขึ้นและให้ความช่วยเหลือ Master black belt ซิกซ์ ซิกม่า Director และ Champion นอกจากนี้ยังเป็นผู้ค้นหาปัญหาและอุปสรรคที่อยู่ในองค์การ และ

วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความจำเป็นในการทำให้องค์การบรรลุความพึงพอใจของลูกค้า เป็นผู้บริหารโครงการในแต่ละขั้นตอนตามแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า ประกอบด้วย กระบวนการวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุม โดยให้เกิดการกระจายผลการปรับปรุงไปสู่การปฏิบัติ รายงานความก้าวหน้าของโครงการให้ผู้บริหารระดับสูงทราบ Black Belt จะต้องทำหน้าที่ในการโน้มน้าวทีมงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ คัดเลือกเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงได้อย่างเหมาะสม เก็บรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการปรับปรุงจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ภายในองค์การ ทั้งจากพนักงานจนถึงระดับผู้จัดการ สร้างความมั่นใจว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงสามารถคงอยู่ได้ตลอดไป Black belt ต้องได้รับการฝึกอบรมเพื่อให้มีความรู้ที่สำคัญในการปรับปรุงการทำงาน ซึ่งความรู้หลัก ๆ ของ Black belt เพื่อการทำโครงการปรับปรุงที่จะได้รับประกอบด้วย

4.1 ความรู้ทางสถิติ

4.2 ความรู้ทางด้านการบริหารโครงการ

4.3 ความรู้ทางด้านการสื่อสารและการเป็นผู้นำโครงการ

4.4 ความรู้เพื่อการปรับปรุงคุณภาพอื่น ๆ

5. Green belt คือ พนักงานที่ทำหน้าที่โครงการ เป็นผู้ที่รับการรับรองว่ามีความสามารถเทียบเท่านักกีฬายูโดในระดับสายเขียว ซึ่งในการบริหาร ซิกซ์ ซิกม่า นั้น ผู้ที่ทำหน้าที่เป็น Green belt จะเป็นผู้ช่วยของ Black belt ในการทำงาน ทำหน้าที่ในการปรับปรุงโดยใช้เวลาส่วนหนึ่งของการทำงานปกติ นำวิธีการปรับปรุงตามแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า ไปใช้ในโครงการได้ สามารถนำเอาแนวความคิดและวิธีการปรับปรุงไปขยายผลต่อในหน่วยงานของตนเองได้

6. Team member ในโครงการทุกโครงการจะต้องมีสมาชิกทำงาน 4-6 คน โดยเป็นตัวแทนของคนที่ทำงานในกระบวนการที่อยู่ในขอบข่ายของโครงการส่วนสำคัญที่สุดในการทำ ซิกซ์ ซิกม่า คือ โปรเจ็ก แชมเปี้ยน ซึ่งจะมีหน้าที่ในการดูแลให้การสนับสนุน และจัดหางบประมาณที่เพียงพอให้แต่ละ ซิกซ์ ซิกม่า และยังคอยสนับสนุน แบล็กเบลต์

## ซิกซ์ ซิกม่า ในความหมายสถิติ

เนื่องจากการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของข้อมูลทางด้านอุตสาหกรรม โดยที่รูปแบบของการแจกแจงแบบปกติขึ้นอยู่กับค่ากลาง และลักษณะการกระจายของข้อมูล ซึ่งในการประยุกต์วิธีการแจกแจงปกติกับการควบคุมคุณภาพนี้ จะนำไปใช้กับการหาขอบเขตของการยอบรับผลิตภัณฑ์ภายใต้ขอบเขตต่าง ๆ ที่กำหนดด้วยพื้นที่ขนาดต่าง ๆ จากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน กล่าวคือ ถ้าการกระจาย

ของข้อมูลมากช่วงของการยอมรับผลิตภัณฑ์ก็มีมาก ทำให้ผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ผิดพลาดได้มาก

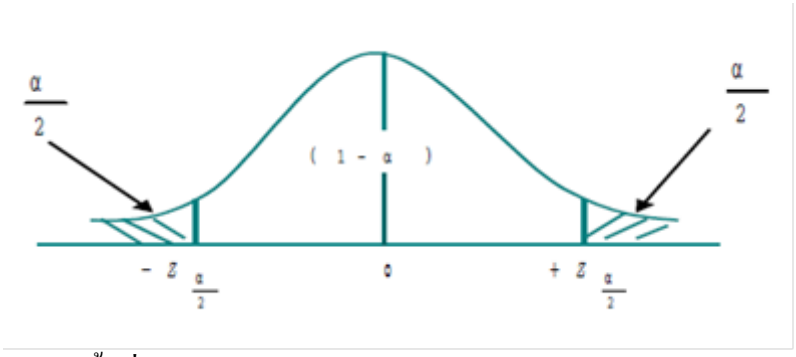
ให้ X คือ ค่าสังเกต หรือค่าที่ทำการศึกษาจากผลิตภัณฑ์

$\mu$ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร

$\sigma$ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

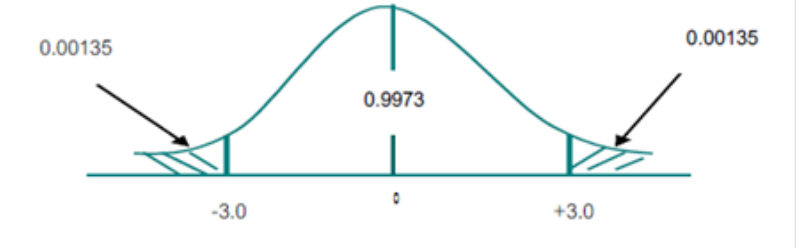
ถ้าการแจกแจงของ X เป็นการแจกแจงแบบปกติ ( Normal distribution ) จะได้ว่าค่า Z เป็นค่าปกติมาตรฐาน มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 มีความแปรปรวนเป็น 1($X \sim N(0,1)$) ดังนั้น ที่ระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha)$ 100% จะเขียน X อยู่ในรูปช่วง ดังสมการ 2-1

$$\mu - Z\sigma < X < \mu + Z\sigma \qquad (2\text{-}1)$$




ภาพที่ 2-4 ค่า Z และพื้นที่ใต้โค้งปกติ

เนื่องจากพื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเป็น 1.000 ดังนั้น พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติตรงช่วงกลางซึ่งเป็นช่วงที่เชื่อมั่นได้จะเป็น 0.9973 พื้นที่ที่เหลือจะเป็น 1 - 0.9973 = 0.00270 พื้นที่ทางด้านซ้ายและด้านขวาซึ่งอยู่นอกขอบเขตความเชื่อมั่นจะเป็น 0.00270 ÷2 = 0.00135 ถ้าเปิดตารางปกติจะได้ Z เป็น $\pm 3$ เทียบระดับความเชื่อมั่นเป็น 99.73% เรียกว่าช่วง $\pm 3\ \sigma$



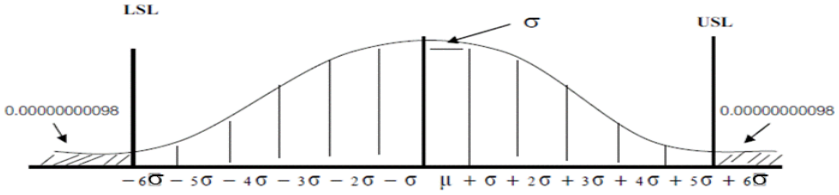

ภาพที่ 2-5 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเมื่อ $Z = \pm 3$

กล่าวคือ หากบริษัทใดทำการผลิตสินค้า/ ผลิตภัณฑ์โดยใช้ระดับความเชื่อมั่นนี้ในการควบคุมกระบวนการผลิตจะอธิบายได้ว่า ถ้ายอมรับกระบวนการผลิตจะมีสินค้า/ ผลิตภัณฑ์ดีหรือไม่มีข้อบกพร่องร้อยละ 99.73 และจะเกิดสินค้า/ ผลิตภัณฑ์ที่เสียหรือมีข้อบกพร่องร้อยละ 0.27 สำหรับกระบวนการหกซิกม่า คือให้ $Z = \pm 6$ โดยมีแนวความคิดว่าต้องการให้เกินจำนวนสินค้า/ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด นั่นคือ มีสินค้า/ ผลิตภัณฑ์ดีหรือไม่มีข้อบกพร่องร้อยละ 99.9999998 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกิจการต่าง ๆ ได้เมื่อใช้ความเชื่อมั่นที่แตกต่างกัน ระหว่างความเชื่อมั่นที่ให้ค่า $Z = \pm 3$ กับ $Z = \pm 6$ (Harry, 1987) ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การเปรียบเทียบความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกิจการต่าง ๆ ได้ที่ระดับความเชื่อมั่นที่แตกต่าง

| $Z = \pm 3$ หรือ $\pm 3\sigma$ | $Z = \pm 6$ หรือ $\pm 6\ \sigma$ |
|---|---|
| ไปรษณียภัณฑ์สูญหาย 20,000 ชิ้นต่อชั่วโมง | ไปรษณียภัณฑ์สูญหายเพียง 7 ชิ้นต่อชั่วโมง |
| น้ำดื่มที่ไม่ปลอดภัยเกือบ 15 นาทีในแต่ละวัน | มีน้ำดื่มที่ไม่ปลอดภัยเพียง 1 นาทีในทุก 7 เดือน |
| การทำศัลยกรรมอย่างไม่ถูกต้อง 5,000 ราย | การทำศัลยกรรมที่ไม่ถูกต้องเพียง 1.7 รายต่อสัปดาห์ |
| มีการนำเครื่องบินลงจอดด้วยระยะที่ใกล้หรือไกลเกินไปประมาณ 2 รายต่อวัน | มีการนำเครื่องบินลงจอดด้วยระยะที่ใกล้หรือไกลเพียง 1 รายในทุก ๆ 5 ปี |
| แพทย์จ่ายใบสั่งยาผิด 200,200 รายในแต่ละปี | แพทย์จ่ายใบสั่งยาผิดเพียง 68 รายในแต่ละปี |
| ไฟฟ้าดับเกือบ 7 ชั่วโมงต่อเดือน | ไฟฟ้าดับเพียง 1 ชั่วโมงในทุก 34 ปี |

จากตารางที่ 2-2 จะพบว่าถ้าองค์กรหรือบริษัทใด อยู่ที่ระดับ $Z = \pm 6$ ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจะลดน้อยลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับระดับ $Z = \pm 3$



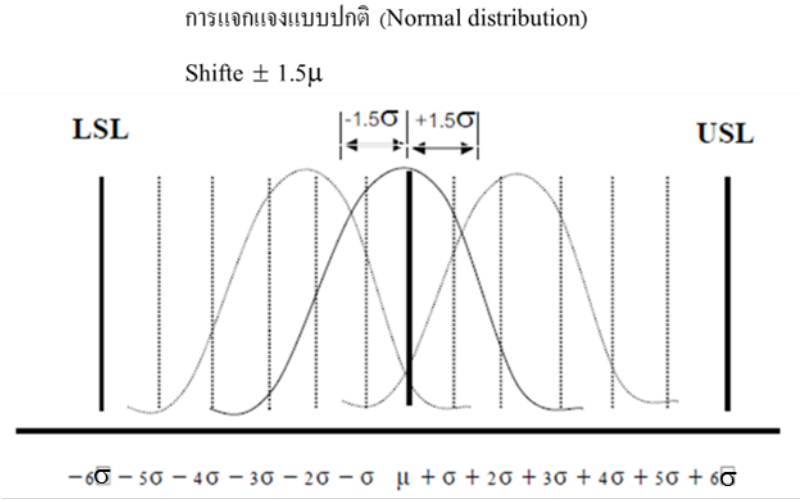

ภาพที่ 2-6 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเมื่อ $Z = \pm 1$ ถึง $Z = \pm 6$

จากภาพที่ 2-6 แสดงพื้นที่ใต้โค้งของการแจกแจงปกติที่มีค่า Z ต่าง ๆ และสามารถคำนวณหาร้อยละของผลิตภัณฑ์เสียหรือมีข้อบกพร่อง (Defect) ต่อหนึ่งล้านหน่วย (Part per million: ppm) ที่เกิดขึ้นที่ระดับต่าง ๆ ของ ซิกม่า (Sigma: $\sigma$) เมื่อกระบวนการผลิตมีการผลิตที่คงที่ ไม่มีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 2-3 สรุปจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ

| ขอบเขตการยอมรับ ( Spec. Limit) | ระดับความเชื่อมั่น (%) | จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง (Part per million: ppm) |
|---|---|---|
| $\pm 1\ \sigma$ | 68.27 | 317300 |
| $\pm 2\ \sigma$ | 95.45 4 | 5500 |
| $\pm 3\ \sigma$ | 99.73 | 2700 |
| $\pm 4\ \sigma$ | 99.9937 | 63 |
| $\pm 5\ \sigma$ | 99.999943 | 0.57 |
| $\pm 6\ \sigma$ | 99.9999998 | 0.002 |

จากภาพที่ 2-6 และตารางที่ 2-3 จะพบว่าเมื่อค่า Z เพิ่มขึ้น หรือระดับความเชื่อมั่นกว้างขึ้นจำนวนสินค้า/ หรือผลิตภัณฑ์ที่เสียหรือมีข้อบกพร่องจะมีค่าน้อยลง ในทางปฏิบัติจะเลือกใช้ระดับความเชื่อมั่นใดนั้น จะต้องคำนึงถึงการกระจายของข้อมูลเป็นหลักโดยในกระบวนการผลิตใด ๆ จะต้องพยายามลดการกระจายให้ต่ำลงเท่าที่จะทำได้ นอกจากการกระจายแล้วค่าเฉลี่ยของข้อมูลหรือค่าเฉลี่ยกระบวนการผลิตนับเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าการกระจาย ซึ่งจะมีผลต่อจำนวนสินค้า/ หรือผลิตภัณฑ์ที่เสียหรือมีข้อบกพร่อง เช่นกัน โดยเฉพาะการเกิดค่าเฉลี่ย ($\mu$) ที่ไม่คงที่ หรือมีการแกว่ง




ภาพที่ 2-7 ลักษณะการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย

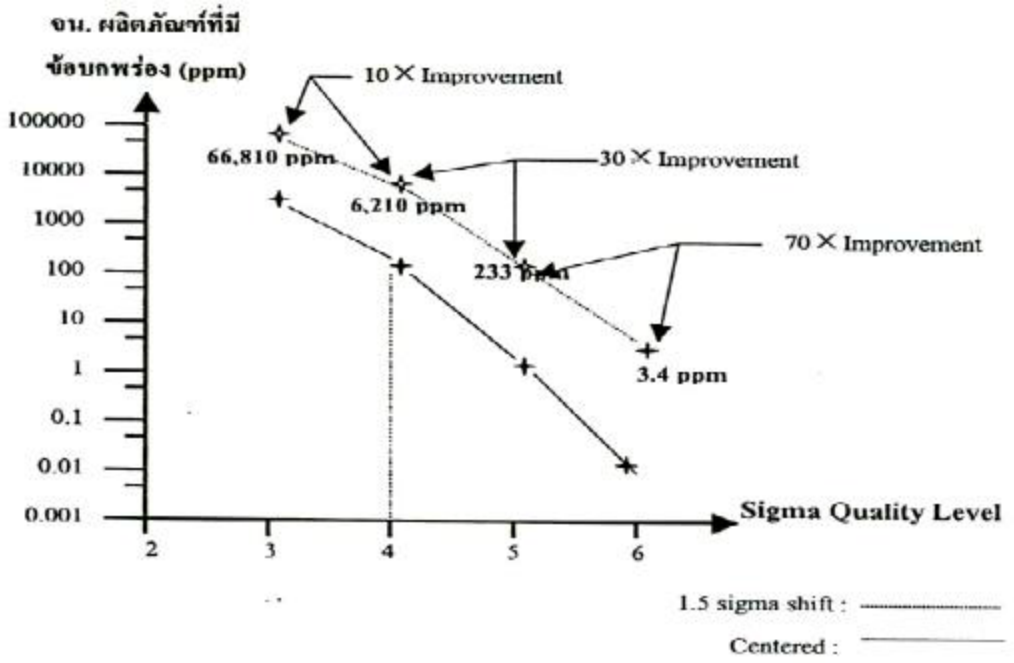
จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตที่มีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ยหรือแกว่งไป เท่ากับ ± 1.5 σ จะมีจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องเพิ่มขึ้นจากจำนวนเดิม

ตารางที่ 2-4 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง (Defect) ที่เกิดขึ้นที่ระดับต่าง ๆ ของซิกมา เมื่อมีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย (μ)

| ขอบเขตการยอมรับ ( Spec. Limit) | ระดับความเชื่อมั่น (%) | จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง (Part per million: ppm) |
|---|---|---|
| ± 1 σ | 30.23 | 697700 |
| ± 2 σ | 69.13 | 308700 |
| ± 3 σ | 93.32 | 66810 |
| ± 4 σ | 99.3790 | 6210 |
| ± 5 σ | 99.97670 | 233 |
| ± 6 σ | 99.999660 | 3.4 |

จากตารางที่ 2-4 จะเห็นได้ว่า ถึงแม้มีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย (μ) จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ขอบเขตการยอมรับที่ 6 ซิกม่า ก็ยังมีจำนวนน้อย คือ เกิดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มี

ข้อบกพร่องเพียง 3.4 ชิ้นต่อการผลิตหนึ่งล้านชิ้น (3.4 parts per million: ppm) เท่านั้น ในขณะที่การใช้ขอบเขตของการยอมรับที่ระดับที่ ±3σ ทำให้เกิดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องจำนวน 66,810 ชิ้นต่อการผลิตหนึ่งล้านชิ้น (66,810 parts per million: ppm) ในปัจจุบัน พบว่าการพัฒนาองค์กรเกือบทุกองค์กรต้องการนำกระบวนการ ซิกซ์ ซิกม่า มาปรับใช้อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลดลงได้




ภาพที่ 2-8 จำนวนการเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ระดับต่าง ๆ ของซิกม่า

## เครื่องมือที่นิยมใช้ในกระบวนการ ซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC)

แผนภูมิพาเรโต

สมศักดิ์ แก้วพลอย (2550) ได้กล่าวว่า แผนภาพพาเรโต (Pareto) หมายถึง เครื่องมือตัวแรกสำหรับการวิเคราะห์ความเสถียรภาพของข้อมูลแบบหลายพวก ตลอดจนใช้ในการพิจารณาถึงการจำแนกประเภทของข้อมูล (Stratification) เพื่อประกอบการวิเคราะห์ เช่น จำนวนสินค้าคุณภาพไม่ดี ข้อบกพร่อง คำร้องเรียนจากลูกค้า เป็นต้น กล่าวคือ เป็นแผนภาพที่สามารถบ่งบอกได้ถึงความมีเสถียรภาพของข้อมูลโดยอาศัยการแจกแจงความถี่ของข้อมูลที่เป็นข้อมูลนับ ถ้าข้อมูลเหล่านี้อยู่ในสภาวะเสถียรภาพแล้ว ข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital few) ในขณะที่ข้อมูลที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยจะมีจำนวนมากมาย (Trivial many)

ใบตรวจสอบ (Check sheet)

ลำปาง แสนจันทร์ (2549) กล่าวว่า ใบตรวจสอบ คือ แผนผังหรือตารางที่มีการออกแบบไว้ล่วงหน้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลได้ง่ายและถูกต้อง และเพื่อสะดวกต่อการอ่านข้อมูลและสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ต่อได้ง่ายขึ้น

การสร้างหรือออกแบบใบตรวจสอบสามารถทำได้หลากหลายแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของงานและลักษณะของข้อมูล เช่น งานที่ต้องการสำรวจหาของเสียหรือของชำรุด งานที่ต้องการหาค่าเฉลี่ยและการกระจายของกระบวนการผลิตหรืองานที่ต้องการหาตำแหน่งของของเสียหรือของชำรุด เป็นต้น โดยมีข้อแนะนำในการใช้ใบตรวจสอบ ดังนี้

1. ต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์การใช้ใบตรวจสอบให้ชัดเจน
2. ใบตรวจสอบต้องมีรายละเอียดของการจำแนกข้อมูลเพียงพอที่จะใช้ในการตัดสินใจ

ฮีสโตแกรม (Histogram)

ฮีสโตแกรม คือ กราฟแท่งแบบเฉพาะ โดยแกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดง “ความถี่” และมีแกนนอนเป็นข้อมูลของคุณสมบัติของสิ่งที่เราสนใจโดยเรียงลำดับจากน้อยไปมาก ใช้ดูความแปรปรวนของกระบวนการ โดยการสังเกตรูปร่างของฮีสโตแกรมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง การนำฮีสโตแกรมมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลเนื่องจาก

1. เมื่อต้องการตรวจสอบความผิดปกติโดยดูการกระจายของกระบวนการทำงาน
2. เมื่อต้องการเปรียบเทียบข้อมูลกับเกณฑ์ที่กำหนด หรือ ค่าสูงสุด-ต่ำสุด
3. เมื่อต้องการตรวจสอบสมรรถนะของกระบวนการทำงาน (Process capability)
4. เมื่อต้องการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา (Root cause)
5. เมื่อต้องการติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในระยะยาว
6. เมื่อข้อมูลมีจำนวนมาก ๆ

แผนภูมิกระบวนการ (Process map)

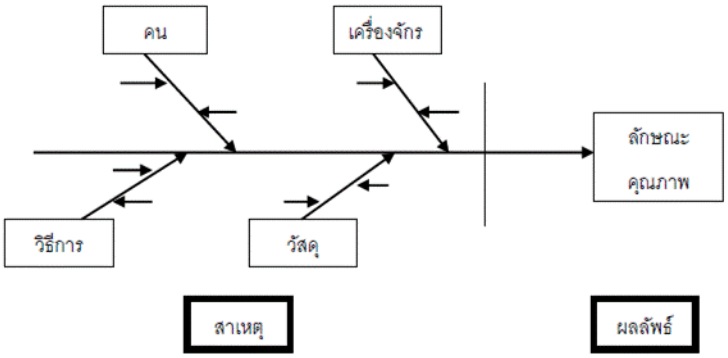
พิชิต สุขเจริญพงษ์ (2544) กล่าวว่า แผนภูมิกระบวนการแสดงลำดับของกระบวนการผลิตอย่างเป็นขั้นตอน โดยในการเขียนแผนภูมิกระบวนการจะต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้อย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับกระบวนการและผลที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต ซึ่งจะทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมีความเข้าใจในกระบวนการได้ดีขึ้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น วิเคราะห์กระบวนการได้

ผังก้างปลาหรือผังแสดงเหตุและผล (Fish bone or cause and Effect diagrams)

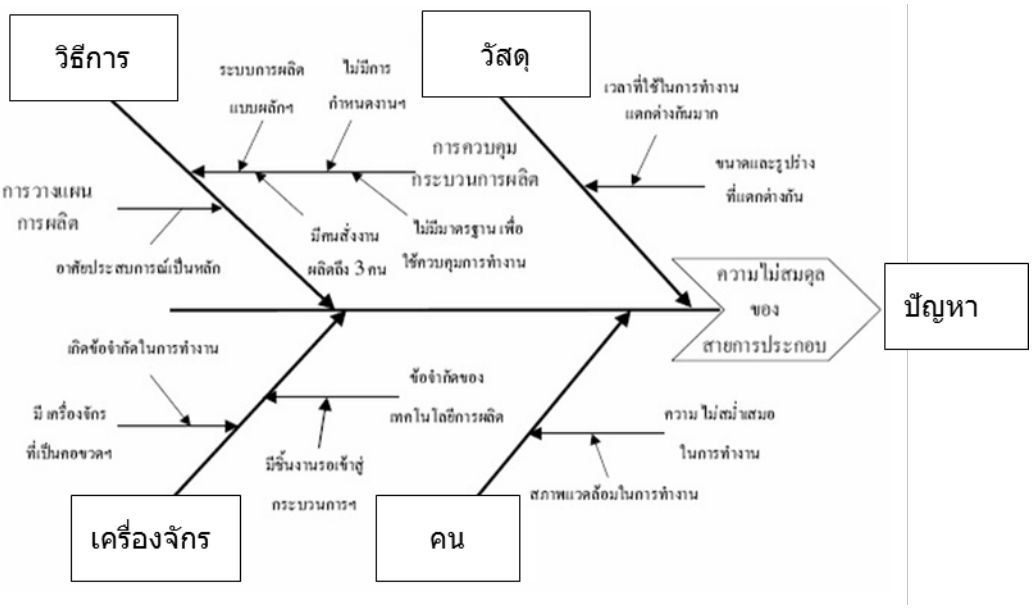
ลำปาง แสนจันทร์ (2549) กล่าวว่า ผังแสดงเหตุและผลเป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่เกิดขึ้นกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหานั้น ใช้ในการค้นหาสาเหตุต่าง ๆ ของปัญหาที่ทำให้กระบวนการไม่อยู่ภายใต้การควบคุม ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ คือ คน

เครื่องจักร วัสดุ และวิธีการ

จากผลลัพธ์ คือ คุณลักษณะทางคุณภาพที่ต้องการปรับปรุง ส่วนสาเหตุหลัก เช่น คน เครื่องจักร วิธีการ และวัสดุ สามารถแตกกระจายออกเป็นสาเหตุรอง เช่น วิธีการทำงาน แยกออกเป็นสาเหตุรอง ได้แก่ การฝึกอบรม ความรู้ และความสามารถการหาสาเหตุรองที่แยกออกมาจากสาเหตุหลัก โดยปกติทีมงานจะใช้วิธีการระดมสมองและการแสดงความคิดเห็นจากสมาชิกของทีมงาน ซึ่งเป็นความคิดอิสระไม่ขึ้นกับฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง ดังโครงสร้างทั่วไปของผังแสดงเหตุและผลในภาพที่ 2-9




ภาพที่ 2-9 โครงสร้างทั่วไปของผังแสดงเหตุและผล




ภาพที่ 2-10 ตัวอย่างการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาความไม่สมดุลของสายการประกอบ

แผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดแบบตัวแปร (Control chart for variable) เป็นแผนภูมิควบคุมกระบวนการผลิตที่มีการตรวจวัดผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณ เช่น การวัดปริมาตรของน้ำอัดลมที่บรรจุในภาชนะ การวัดความยาวของตะปูเหล็ก และการทดสอบอายุการใช้งานของหลอดไฟ เป็นต้น แผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดแบบตัวแปรที่นิยมใช้งานมี 2 ชนิด คือ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$- Chart) และแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R-Chart)

1. แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$- Chart)

หลักการของ X Chart คือ หากกระบวนการผลิตอยู่ในการควบคุม ค่าเฉลี่ย (X) ที่วัดได้ควรจะกระจายอยู่รอบ ๆ ค่าเฉลี่ยมาตรฐาน ($\mu$) โดยมีการกระจายอย่างสุ่ม และทุก ๆ ค่าของ X ควรอยู่ในช่วง $\mu \pm 3\sigma_X$ แต่เนื่องจากไม่ทราบค่า $\mu$ ดังนั้น สามารถประมาณค่า $\mu$ จากค่าเฉลี่ยของ X ได้ดังนี้

$$\bar{\bar{X}} = (\sum_{i=1}^{k} \bar{X}_i)/k \qquad (2\text{-}2)$$

โดยที่ $\bar{\bar{X}}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (ซึ่งได้จากการประมาณค่าเฉลี่ยของ X)

k หมายถึง จำนวนชุดตัวอย่างที่สุ่มมา

และเนื่องจาก $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$ เมื่อ n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่ม ดังนั้น การสร้างแผนภูมิควบคุมจึงคำนวณขีดจำกัด ควบคุมด้านบนและล่างได้จากสมการ $\bar{\bar{X}} \pm 3\sigma/\sqrt{n}$ ซึ่งค่า $3/\sqrt{n}$ =A หาได้จากค่า A ในตาราง Factor for control chart ดังนั้น สามารถสร้างสูตรเพื่อหาค่า CL, LCL และ UCL ได้ดังนี้

$$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \qquad (2\text{-}3)$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A\sigma \qquad (2\text{-}4)$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A\sigma \qquad (2\text{-}5)$$

2. แผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R-Chart)

เป็นแผนภูมิที่ใช้วัดความแปรผันของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ เป็นการวัดความแตกต่างกันของสินค้าแต่ละหน่วยในกระบวนการผลิตสินค้า โดยหากค่าพิสัยที่ได้มีค่าน้อย (ความแปรผันต่ำ) แสดงว่า กระบวนการผลิตคงที่ โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะได้ผลิตภัณฑ์ตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้จะมีค่ามาก ในทางกลับกัน หากค่าพิสัยที่ได้มีค่ามาก (ความแปรผันสูง) แสดงว่ากระบวนการผลิตไม่คงที่เปลี่ยนแปลงบ่อย ดังนั้น โอกาสที่จะได้ผลิตภัณฑ์ตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้จึงมีน้อยด้วย การสร้างแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R-Chart) จะมีหลักการเช่นเดียวกับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$- Chart) โดยมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

กรณีที่ทราบค่า $\sigma$ :

$$CL_R = d_2 \ \sigma \quad (2\text{-}6)$$

$$LCL_R = D_1\sigma \quad (2\text{-}7)$$

$$UCL_R = D_2\sigma \quad (2\text{-}8)$$

กรณีที่ไม่ทราบค่า $\sigma$ :

$$CL_R = \bar{R} \quad (2\text{-}9)$$

$$LCL_R = D_3\bar{R} \quad (2\text{-}10)$$

$$UCL_R = D_4\bar{R} \quad (2\text{-}11)$$

โดยที่ $\bar{R} = (\sum_{i=1}^{k} R_i)/k$ (2-12)

และค่า $d_2$, $D_1$, $D_2$, $D_3$ และ $D_4$ สามารถหาได้จากตาราง Factor for control chart

การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)

เป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของการวัดเพื่อจะแยกแหล่งของความแปรผัน เช่น จากคน เครื่องมือ วิธีการ สภาพแวดล้อม เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงลดความแปรผัน ทำให้การวัดมีความน่าเชื่อถือ การวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ สามารถจำแนกตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การวัดแบบตัวแปรค่า (Variable) เป็นการวัดผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของน้ำหนัก ความยาว ปริมาตร หรือหน่วยอื่น ๆ ที่สามารถวัดได้

2. การวัดแบบคุณสมบัติ (Attribute) เป็นการวัดผลิตภัณฑ์ในเชิงคุณภาพ โดยจำแนกออกเป็นลักษณะต่าง ๆ เช่น ดี-เสีย ถูก-ผิด ชำรุด-ไม่ชำรุด เป็นต้น โดยจุดประสงค์การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะหรือข้อมูลนับ คือ เพื่อประเมินความสอดคล้อง (Consistency) และความสม่ำเสมอ (Uniformity) ของระบบการวัดด้วยสายตาหรืออาศัยความรู้สึกของพนักงานวัด และเพื่อนำไปใช้เพิ่มความสม่ำเสมอระหว่างพนักงาน ตลอดจนปรับปรุงขจัดความไม่สอดคล้องกัน (Inconsistency) ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการตรวจสอบหรือประเมินผล โดยวิธีการวิเคราะห์จะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องจากการวัดโดยเทียบกับมาตรฐานที่มีการประเมินผลจะออกมาในรูปของความมีประสิทธิผลของการตรวจสอบ (Screen effectiveness) หมายถึง ความสามารถของระบบการวัดในการแยกแยะงานไม่ดีออกจากงานดี ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการยอมรับจะขึ้นอยู่กับร้อยละของความผิดพลาด (% Error) ในการตรวจสอบดังนี้

1. <10% หรือมีความถูกต้อง 90% ถือว่าสามารถยอมรับกระบวนการวัดได้

2. 10% ถึง 30% อาจจะยอมรับได้ขึ้นอยู่กับความสำคัญของการตรวจสอบ เช่น ค่าใช้จ่ายในการวัด มูลค่าของสินค้าและปัจจัยอื่น ๆ

3. >30% ไม่สามารถยอมรับกระบวนการวัดได้ จำเป็นจะต้องระบุถึงสาเหตุของความผันแปรและทำการปรับปรุง

FMEA (Failure mode & Effect analysis)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ช่วยในการวิเคราะห์ผลกระทบ อันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการที่ศึกษา โดยแปลงความผิดพลาดนั้น ๆ ให้อยู่ในรูปของสาเหตุ ซึ่งจุดเด่นของการวิเคราะห์ด้วย FMEA นี้จะอยู่ที่การคิดอย่างเป็นระบบและมีการคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความรุนแรง (Severity) ของผลกระทบ (Effect) อัตราการเกิด (Occurrence) ของอาการของปัญหาเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ (Potential cause of failure) และความสามารถในการป้องกัน (Detection) ของวิธีการควบคุม (Current process control) โดยการประมาณตัวเลขระดับความเสี่ยงหรือที่เรียกกันว่าค่า RPN (Risk priority number) ให้กับแต่ละปัญหา การคำนวณค่า RPN มาจากผลคูณค่าพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ S × O × D เมื่อ

S = Severity คือ เกณฑ์การให้ลำดับขั้นผลกระทบของความรุนแรง

O = Occurrence คือ การให้ลำดับโอกาสเกิดความผิดพลาด

D = Detection คือ โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ

ค่า S, O และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นเมื่อค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหา คือ ค่า RPN = 1 ซึ่งมาจาก 1 × 1 × 1 หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก และความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกันและสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์ ส่วนค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของการเกิดปัญหา คือ ค่า RPN = 100 ซึ่งมาจาก 10 × 10 × 10 หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมาก เช่น พบทุกวันและระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้ก็มีมาก เช่น กระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งหมด หรือลูกค้าต้องยกเลิกสัญญาสั่งซื้อ เป็นต้น และยังไม่มีวิธีการตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้า ทั้งนี้การให้คะแนนค่า S, O และ D จะทำการประเมินค่าโดยมีการลำดับความสำคัญ ดังตารางที่ 2-5, 2-6 และ 2-7 ตามลำดับ

ตารางที่ 2-5 การประเมินค่าความรุนแรงของผลกระทบ (Severity)

| ผลกระทบ | เกณฑ์: ระดับความรุนแรงของ (ผลกระทบต่อลูกค้า) | ระดับ |
|---|---|---|
| ความล้มเหลวที่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยและ/หรือกฎเกณฑ์ที่มีผลต่อข้อกำหนดทางด้านกฎหมาย | ระดับความล้มเหลวที่ส่งผลต่อระบบปฏิบัติการด้านความปลอดภัยของยานพาหนะ และ/ หรือมีผลกระทบต่อกฎเกณฑ์ข้อกำหนดทางด้านกฎหมายโดยปราศจากการเตือนให้ทราบ | 10 |
| | ระดับความล้มเหลวที่ส่งผลต่อระบบปฏิบัติการด้านความปลอดภัยของยานพาหนะ และ/ หรือ มีผลกระทบต่อกฎเกณฑ์ข้อกำหนดทางด้านกฎหมายโดยมีลักษณะการเตือนให้ทราบล่วงหน้า | 9 |
| ทำให้เกิดการสูญเสียหรือเกิดการลดทอนหน้าที่การทำงานหลัก (ระดับปฐมภูมิ) | สูญเสียหน้าที่การทำงานหลักในระดับปฐมภูมิ (ยานพาหนะไม่สามารถทำงานได้แต่ไม่ส่งผลต่อระดับความปลอดภัยในการทำงาน) | 8 |
| | ลดทอนหน้าที่การทำงานในระดับปฐมภูมิลงมา (ยานพาหนะสามารถทำงานได้แต่ระดับประสิทธิภาพในการทำงานลดลง) | 7 |
| ทำให้เกิดการสูญเสียหรือเกิดการลดทอนหน้าที่การทำงานหลัก (ระดับทุติยภูมิ) | สูญเสียหน้าที่การทำงานหลักในระดับทุติยภูมิ (ยานพาหนะสามารถทำงานได้แต่ไม่มีความสะดวกสบาย/ หรือหน้าที่ประกอบในการอำนวยความสะดวกสบายไม่ทำงาน) | 6 |
| | ลดทอนหน้าที่การทำงานในระดับทุติยภูมิ ลงมา (ยานพาหนะสามารถทำงานได้แต่ไม่มีความสะดวกสบาย/ หรือหน้าที่ประกอบในการอำนวยความสะดวกสบายทำงานลดระดับลงมา) | 5 |
| ทำให้เกิดความรำคาญ (ความไม่พึงพอใจ) | มีลักษณะภายนอกที่ปรากฏขึ้นมา หรือ มีเสียงดังที่เกิดขึ้นซึ่งพอที่จะได้ยินหรือมีประเด็นความไม่สอดคล้องอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะด้านการใช้งานที่อาจจะสามารถสังเกตได้โดยลูกค้าส่วนใหญ่ (>75%) | 4 |

ตารางที่ 2-5 (ต่อ)

| ผลกระทบ | เกณฑ์: ระดับความรุนแรงของ (ผลกระทบต่อลูกค้า) | ระดับ |
|---|---|---|
| | มีลักษณะภายนอกที่ปรากฏขึ้นมา หรือ มีเสียงดังที่เกิดขึ้น ซึ่งพอที่จะได้ยินหรือมีประเด็นความไม่สอดคล้องอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะด้านการใช้งานที่อาจจะสามารถสังเกตได้โดยลูกค้าส่วนมาก (50%) | 3 |
| | มีลักษณะภายนอกที่ปรากฏขึ้นมา หรือ มีเสียงดังที่เกิดขึ้น ซึ่งพอที่จะได้ยินหรือมีประเด็นความไม่สอดคล้องอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะด้านการใช้งานที่อาจจะสามารถสังเกตได้โดยลูกค้าที่มีความช่างสังเกต (<25%) | 2 |
| ไม่มีผลกระทบใด ๆ | ไม่มีผลกระทบใดที่สังเกตเห็น | 1 |

ตารางที่ 2-6 การประเมินค่าโอกาสที่จะเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง (Occurrence)

| โอกาสการพบความล้มเหลว | เกณฑ์: เหตุการณ์ที่เป็นสาเหตุ | ระดับ |
|---|---|---|
| สูงมาก | ≥ 100 ต่อ พัน หรือ ≥ 1 ใน 10 | 10 |
| | 50 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 20 | 9 |
| สูง | 20 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 50 | 8 |
| | 10 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 100 | 7 |
| ปานกลาง | 2 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 500 | 6 |
| | 0.5 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 2,000 | 5 |
| | 0.1 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 10,000 | 4 |
| ต่ำ | 0.01 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 100,000 | 3 |
| | ≤ 0.001 ต่อ พัน หรือ 1 ใน 1,000,000 | 2 |
| ต่ำมาก | ความล้มเหลวถูกจำกัดโดยการป้องกันและควบคุม | 1 |

ตารางที่ 2-7 การประเมินค่าความสามารถในการตรวจจับได้เมื่อสาเหตุนั้นเกิดขึ้น (Detection)

| โอกาสสำหรับการตรวจพบ | เกณฑ์: การตรวจพบโดยการควบคุมการดำเนินการ | ระดับ | ความเป็นไปได้ |
|---|---|---|---|
| ไม่มีโอกาสตรวจพบปัญหา | ไม่มีการควบคุมการดำเนินการในปัจจุบัน: ไม่สามารถตรวจพบความบกพร่อง หรือ ไม่มีการวิเคราะห์ประเด็นปัญหา | 10 | เกือบจะเป็นไปไม่ได้ |
| ไม่มีทางที่จะตรวจพบปัญหาที่ระดับใด ๆ | รูปแบบของความบกพร่อง และ/ หรือ กรณีของข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น ไม่ง่ายที่จะสามารถตรวจพบประเด็นปัญหา | 9 | ห่างไกลมาก |
| ตรวจพบปัญหาภายหลังการดำเนินการ | รูปแบบของความบกพร่องสามารถตรวจพบได้ภายหลังการดำเนินการผลิตเสร็จสิ้นโดยผ่านการใช้ประสาทสัมผัส (หมายถึง สายตาหรือการได้ยินเสียง) ในการตรวจสอบจากทางผู้ปฏิบัติการ | 8 | ค่อนข้างห่างไกล |
| มีการตรวจพบปัญหาที่สาเหตุ | รูปแบบของความบกพร่องสามารถตรวจพบได้ในระหว่างการดำเนินการผลิตโดยผ่านการใช้ประสาทสัมผัส (หมายถึง สายตาหรือการได้ยินเสียง; Visual Check) ในการตรวจสอบ หรือมีการใช้เครื่องมือวัดประเภท Attribute gauging อาทิเช่น GO/NO –GO Gauge จากทางผู้ปฏิบัติการ | 7 | ต่ำมาก |
| ตรวจพบปัญหาภายหลังจากดำเนินการ | รูปแบบของความบกพร่องสามารถตรวจพบได้ภายหลังการดำเนินการผลิตเสร็จสิ้น โดยผ่านการใช้ Visual gauge หรือมีการตรวจสอบในกระบวนการผลิตโดยการใช้เครื่องมือวัดประเภท Attribute gauging อาทิเช่น GO/NO – GO Gauge จากทางผู้ปฏิบัติการ | 6 | ต่ำ |

ตารางที่ 2-7 (ต่อ)

| โอกาสสำหรับการตรวจพบ | เกณฑ์: การตรวจพบโดยการควบคุมการดำเนินการ | ระดับ | ความเป็นไปได้ |
|---|---|---|---|
| มีการตรวจพบปัญหาที่สาเหตุ | รูปแบบของความบกพร่องสามารถตรวจพบได้ภายหลังการดำเนินการผลิตเสร็จสิ้น โดยผ่านการใช้ Visual Gauge หรือ มีการตรวจสอบในกระบวนการผลิตโดยการใช้เครื่องมือวัดประเภท Attribute Gauging อาทิเช่น GO/NO – GO Gauge จากทางผู้ปฏิบัติการ (ในขั้นตอนการใช้ Gauge ตรวจสอบในกระบวนการ จะกำหนดให้มีการดำเนินการในขั้นตอนของการทำ job set up หรือ first piece check ด้วย) | 5 | ปานกลาง |
| ตรวจพบปัญหาภายหลังจากดำเนินการ | รูปแบบของความบกพร่องสามารถตรวจพบได้ภายหลังการดำเนินการผลิตเสร็จสิ้นโดยผ่านเครื่องควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะสามารถตรวจพบประเด็นความบกพร่อง และความสามารถที่จะหยุดชิ้น ส่วนของความบกพร่องที่เกิดขึ้น ได้เพื่อป้องกันไม่ให้ของเสียเข้าสู่กระบวนการถัดไป | 4 | ค่อนข้างสูง |
| มีการตรวจพบปัญหาที่สาเหตุ | รูปแบบของความบกพร่องสามารถตรวจพบได้ในระหว่างกระบวนการผลิตโดยผ่านเครื่องควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะสามารถตรวจพบประเด็นความบกพร่อง และสามารถที่จะหยุดชิ้น ส่วนของความบกพร่องที่เกิดขึ้น ได้เพื่อป้องกันไม่ให้ของเสียเข้าสู่กระบวนการถัดไป | 3 | สูง |
| มีระบบในการตรวจจับความบกพร่องที่เกิดขึ้น | ข้อผิดพลาดสามารถตรวจพบได้ในระหว่างกระบวนการผลิต โดยผ่านเครื่องควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะสามารถตรวจพบประเด็นความบกพร่อง และสามารถป้องกันข้อขัดข้องของชิ้นส่วนที่เกิดขึ้นได้ในช่วงต้นของการทำงาน | 2 | สูงมาก |

ตารางที่ 2-7 (ต่อ)

| โอกาสสำหรับการตรวจพบ | เกณฑ์: การตรวจพบโดยการควบคุมการดำเนินการ | ระดับ | ความเป็นไปได้ |
|---|---|---|---|
| มีระบบในการป้องกันความผิดพลาด | ข้อผิดพลาดได้รับการป้องกันแล้ว จากการออกแบบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต หรือจากกระบวนการในการออกแบบผลิตภัณฑ์; ผลิตภัณฑ์ที่ไม่สอดคล้องไม่สามารถผลิตได้ เนื่องมาจากมีการนำเทคนิคทางด้าน (Error- proofed หรือ Poka-Yoke) ไปใช้ในขั้นตอนของการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการ | 1 | ค่อนข้างแน่นอน |

**การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ**

สมศักดิ์ แก้วพลอย (2550) ได้อ้างอิงถึง Montgomery (2001) ที่ได้นิยามไว้ว่า ความสามารถของกระบวนการ หมายถึง ความสม่ำเสมอ (Uniformity) ของกระบวนการซึ่งจะทำการวัดได้จากค่าความผันแปรของผลที่ได้ (Output) จากกระบวนการโดยจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ ความผันแปรโดยธรรมชาติในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ และความผันแปรตลอดช่วงเวลา

Juran and Gryna (1993) ได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้

กระบวนการ (Process) คือ องค์ประกอบที่แน่นอนประการหนึ่งของเครื่องจักร อุปกรณ์ วิธีการ วัตถุดิบ และพนักงานที่ก่อให้เกิดการผลิต

ความสามารถ (Capability) คือ ความสามารถที่ขึ้นอยู่กับสมรรถนะที่ได้รับการทดสอบเพื่อให้บรรลุผลที่สามารถวัดได้

ดังนั้นความสามารถของกระบวนการ (Process capability) คือ ความผันแปรโดยธรรมชาติที่ได้รับการวัดของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการที่ศึกษา

โดยที่ Juran and Gryna (1993) ได้ขยายความเพิ่มเติมว่า ความสามารถที่ได้รับการวัดจะหมายถึง ค่าความสามารถของกระบวนการที่ได้รับการประเมินผ่านข้อมูลซึ่งเป็นผลมาจากการวัดงานที่ได้รับการผลิตจากกระบวนการที่ศึกษา และความสามารถโดยธรรมชาติ จะหมายถึง ความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ได้จากกระบวนการที่อยู่ภายใต้สภาวะควบคุมความมีเสถียรภาพของกระบวนการ

ในการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มิได้จำแนกประเภทจะสามารถวิเคราะห์ผ่านแผนควบคุม ในกรณีที่ข้อมูลมีการจำแนกประเภทสามารถวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพจากค่าสะสมของข้อมูลด้วยแผนภาพพาเรโต

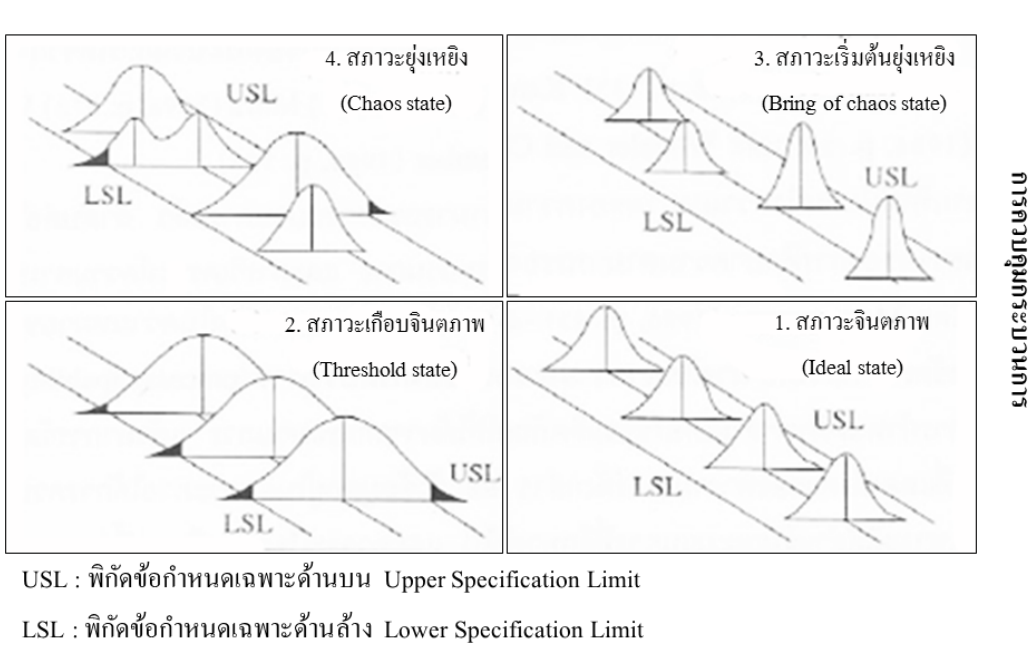
โดยทั่วไปกระบวนการสามารถจำแนกออกเป็น 4 สภาวะ ดังแสดงในภาพที่ 2-11 ประกอบด้วย

1. สภาวะจินตภาพ (Ideal state) เป็นสภาวะที่กระบวนการมีเสถียรภาพ (Stable) สามารถคาดการณ์ได้ และกระบวนการมีความสามารถต่อข้อกำหนดเฉพาะ

2. สภาวะเกือบจินตภาพ (Threshold state) เป็นสภาวะที่กระบวนการมีเสถียรภาพ (Stable) สามารถคาดการณ์ได้ แต่กระบวนการไม่มีความสามารถต่อข้อกำหนดเฉพาะ

3. สภาวะเริ่มต้นยุ่งเหยิง (Bring of chaos state) เป็นสภาวะที่กระบวนการไม่มีเสถียรภาพ ทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ได้ แต่ความผันแปรของกระบวนการยังอยู่ภายในความผันแปรที่ยอมให้เกิดหรือพิกัดของสเปค

4. สภาวะยุ่งเหยิง (Chaos state) เป็นสภาวะที่กระบวนการไม่มีเสถียรภาพ ทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ได้ และความผันแปรของกระบวนการอยู่ภายนอกพิกัดของสเปค




USL : พิกัดข้อกำหนดเฉพาะด้านบน Upper Specification Limit

LSL : พิกัดข้อกำหนดเฉพาะด้านล้าง Lower Specification Limit

ภาพที่ 2-11 สภาวะของกระบวนการ

## การประเมินความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ

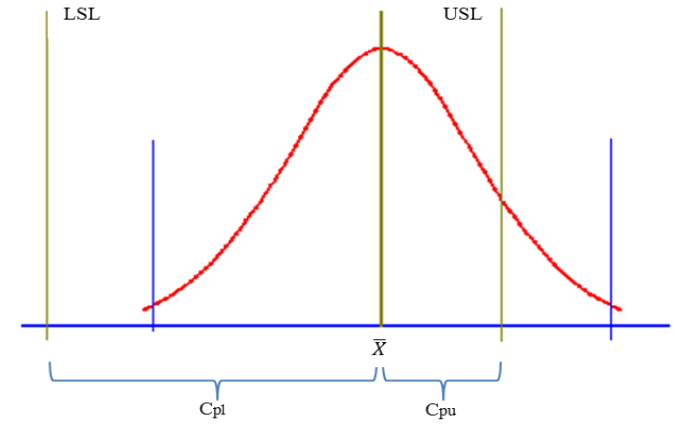
การประเมินความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการที่ศึกษาถึงการกระจายของกระบวนการเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ โดยถือว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ในตำแหน่งตรงกลางของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งการศึกษาดังกล่าวทำให้ทราบว่ากระบวนการศึกษามีศักยภาพ เนื่องมาจากการออกแบบเพียงใดต่อการผลิตให้ได้ตามเกณฑ์ของข้อกำหนดเฉพาะ ส่วนการประเมินความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ โดยจะทำการศึกษาถึงความสามารถในการผลิตของกระบวนการภายใต้ข้อกำหนดว่า กระบวนการอยู่ที่ตำแหน่งค่าเฉลี่ยของกระบวนการซึ่งไม่จำเป็นต้องอยู่ในตำแหน่งตรงกลางของข้อกำหนดเฉพาะ

ดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ

ในการวัดความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการจะเป็นผลจากการออกแบบเท่านั้น มิได้สะท้อนถึงผลจากการควบคุม

Kane (1986) ได้กำหนดให้ดัชนีที่สะท้อนถึงค่าการเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะของตำแหน่งของกระบวนการและเรียกว่า $C_{pk}$ โดยที่ k มาจาก Katayori ในภาษาญี่ปุ่น ในภาษาอังกฤษแทนด้วย Kurtosis หมายถึง ความเบี่ยงเบนไปหรือในการเลื่อนออกไป

ในการประเมินค่าดัชนี $C_{pk}$ ซึ่งเป็นการประเมินระยะสั้น สามารถประเมินค่าผ่านดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (PCI: Process capability index) ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยกรณีนี้ตำแหน่งของกระบวนการไม่จำเป็นต้องอยู่ที่ค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ จึงพิจารณาแยกกันระหว่างพิกัดด้านบน (Upper limit) และพิกัดด้านล่าง (Lower limit) ของข้อกำหนดเฉพาะ ดังแสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 2-11




ภาพที่ 2-12 ความสัมพันธ์ของ $C_{pk}$ กับ $C_{pu}$ และ $C_{pl}$

โดยเรียกพิกัดด้านบนและพิกัดด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะว่า $C_{pu}$ และ $C_{pl}$ ตามลำดับ โดยที่

$C_{pk}$ = ค่าต่ำระหว่าง ($C_{pu}$ , $C_{pl}$) (2-13)

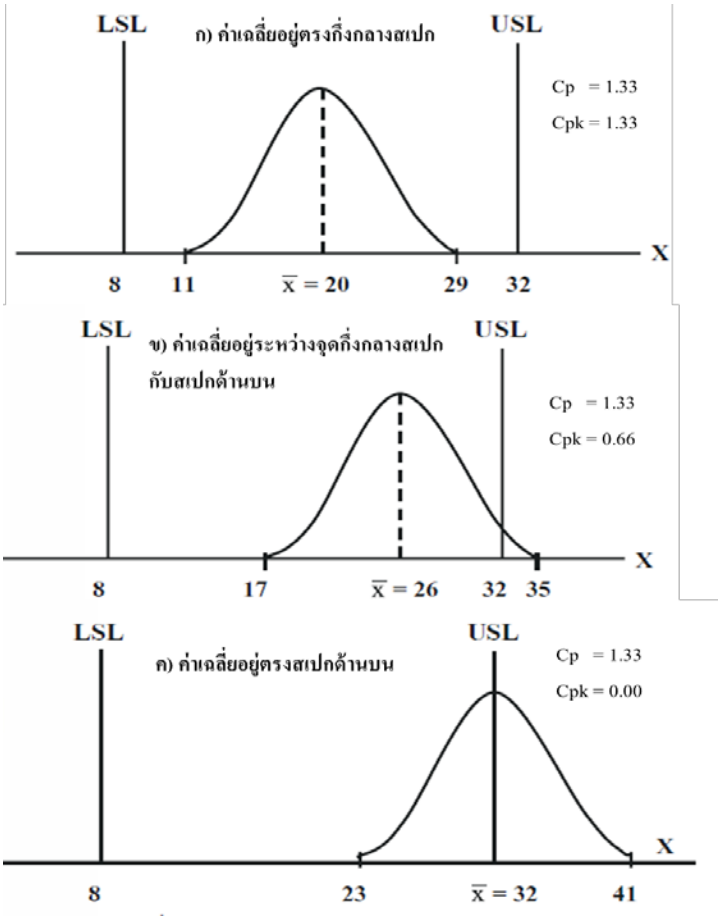
$$C_{pu} = \frac{USL-\bar{X}}{3\hat{\sigma}_{st}} \quad (2\text{-}14)$$

$$C_{pl} = \frac{\bar{X}-LSL}{3\hat{\sigma}_{st}} \quad (2\text{-}15)$$

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า

$$C_{pk} = \text{ค่าต่ำระหว่าง } \left(\frac{USL-\bar{X}}{3\hat{\sigma}_{st}} ; \frac{\bar{X}-LSL}{3\hat{\sigma}_{st}}\right) \quad (2\text{-}16)$$

ดัชนี $C_{pk}$ ที่ได้จะประกอบด้วย องค์ประกอบที่สำคัญต่อการตัดสินใจสองประการ คือ ความแม่นยำ ที่อธิบายผ่านดัชนี $C_p$ และความถูกต้องที่อธิบายผ่านดัชนี $C_{pk}$ ดังแสดงภาพที่ 2-13




ภาพที่ 2-13 การเปรียบเทียบ $C_p$ และ $C_{pk}$

วิบูลย์ พงศ์พรทรัพย์ (2554) ได้อธิบายความหมาย ภาพที่ 2-13 ดังนี้ ทั้งภาพที่ 2-13 ก, 2-13 ข และ 2-13 ค นั้น ต่างก็มีลักษณะของการกระจายที่เหมือนกัน คือ มีค่า $\sigma = 3$ จึงได้ $6\sigma = 18$ ในขณะที่ USL-LSL มีค่าเป็น 24 ทำให้ค่า $C_p = 24/18 = 1.33$ เท่ากันทั้งหมด แสดงว่ากระบวนการทั้ง 3 น่าจะมีความสามารถที่เหมือนกันแต่หากลองพิจารณาถาพทั้ง 3 อีกครั้ง พบว่า ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีตำแหน่งที่แตกต่างกันไป โดยในภาพที่ 2-13 ข และ ภาพที่ 2-13 ค ค่าเฉลี่ยมิได้ อยู่ตรงจุดกึ่งกลางสเปกเช่นเดียวกับ ภาพที่ 2-13 ก ทำให้พื้นที่ส่วนที่ออกนอกสเปกที่แสดงถึงสัดส่วนของเสียมีความแตกต่างกันไปด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสามารถของกระบวนการทั้ง 3 กรณีนี้มีความแตกต่างกัน ดังนั้น การที่ค่า $C_p$ มีค่าที่เท่ากัน ไม่ได้แปลความว่ากระบวนการมีความสามารถที่เหมือนกันเสมอไป

ดังนั้น การใช้ $C_p$ ในการประเมินความสามารถของกระบวนการเพียงลำพังคงไม่เพียงพอ จึงได้มีการคิดดัชนีชี้วัดขึ้นมาใหม่ โดยพิจารณาถึงตำแหน่งของข้อมูล นั่นก็คือ ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ที่เลื่อนไปจากจุดกึ่งกลางสเปกมาร่วมในการประเมิน และเรียกดัชนีตัวนี้ว่า $C_{pk}$ และเมื่อทำการคำนวณจะได้ค่า $C_{pk}$ ของภาพที่ 2-13 ก, 2-13 ข และ 2-13 ค เป็น 1.33, 0.66 และ 0 ตามลำดับ

จากการประเมินจะเห็นได้ว่า ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยอยู่ที่จุดกึ่งกลางสเปกตามภาพที่ 2-13 ก จะทำให้ค่า $C_{pk} = C_p$ และเมื่อค่าเฉลี่ยเบี่ยงออกจากจุดกึ่งกลางมากเท่าไหร่ (ไม่ว่าจะเบี่ยงไปทางซ้ายหรือทางขวา) ค่า $C_{pk}$ ก็จะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จนมีค่าเป็นศูนย์เมื่อค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับสเปกด้านบนหรือด้านล่าง

การวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลด้วยค่า $C_p$ และ $C_{pk}$ นอกจากจะทำให้ผู้วิเคราะห์ได้รับเกี่ยวกับการกระจายของข้อมูลในเชิงเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ แล้วยังสามารถทราบถึงตำแหน่งค่าที่ควรจะเป็นของประชากร เมื่อเทียบกับค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะด้วย กล่าวคือ

1. ถ้า $C_p = C_{pk}$ แสดงว่า ค่าที่ควรจะเป็นของประชากรอยู่ตรงกลางของข้อกำหนดเฉพาะ
2. ถ้า $C_p > C_{pk}$ แสดงว่า ค่าที่ควรจะเป็นของประชากรจะเยื้องไปจากของข้อกำหนดเฉพาะ

โดยทั่วไปแนวทางการประเมินค่า $C_{pk}$ และ $P_{pk}$ มีดังนี้

$C_{pk}$ และ $P_{pk} < 1$ กระบวนการมีขีดความสามารถที่ไม่ดี ควรได้รับการปรับปรุง

$C_{pk}$ และ $P_{pk} < 1.33$ Gray Zone อาจพอรับได้ถ้ากระบวนการนั้นควบคุมได้ยากหรือมีความจำกัดด้านเทคโนโลยี อย่างไรก็ตามถ้าเป็นไปได้ควรปรับปรุงกระบวนการ

$C_{pk}$ และ $P_{pk} > 1.33$ กระบวนการมีขีดความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

$C_{pk}$ และ $P_{pk} > 2$ คุณภาพระดับ World class quality หรือ Six Sigma quality

## ค่าใช้จ่ายทางด้านคุณภาพ (QUALITY COSTS)

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล (2557) การผลิตให้มีคุณภาพสูงเพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอ จะต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่จะนำไปสู่คุณภาพนั้นด้วย ค่าใช้จ่ายจะต้องต่ำ แบ่งออกได้เป็น

ค่าใช้จ่ายด้านคุณภาพทางตรง (Direct quality cost)

ค่าใช้จ่ายด้านการป้องกัน วัดได้จากการลงทุนก่อนผลิตสินค้า แบ่งออกได้เป็น

1. ด้านวิศวกรรมคุณภาพ (Quality engineering) เป็นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการสร้างแผนคุณภาพทั้งระบบ แผนการตรวจสอบ แผนความเชื่อมั่นได้ ระบบข้อมูล และแผนพิเศษอื่น ๆ รวมทั้งเครื่องมือและการซ่อมบำรุงของแผนการเหล่านี้ด้วย

2. ด้านออกแบบและพัฒนาเครื่องมืออุปกรณ์ (Design and Development of equipment) เป็นค่าใช้จ่ายของบุคคลในหน่วยงานการตรวจสอบ และเครื่องมือควบคุมคุณภาพ

3. ด้านการวางแผนคุณภาพโดยบุคคลอื่น เป็นค่าใช้จ่ายบุคคลอื่นที่ไม่ได้มีหน้าที่โดยตรงเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ แต่ต้องเสียเวลามาวางแผนคุณภาพให้

4. ด้านการฝึกอบรมคุณภาพ (Quality training) เป็นค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมบุคคลตามโปรแกรมปกติ เป็นการฝึกเพื่อพัฒนาบุคคลในระดับต่าง ๆ

5. ด้านอื่น ๆ เป็นค่าใช้จ่ายในสำนักงาน ได้แก่ เงินเดือน ค่าโทรศัพท์ ค่ารถ เป็นต้น ค่าใช้จ่ายในการป้องกันนี้ จะจ่ายไปกับกิจกรรมต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ในการป้องกันผลิตภัณฑ์ชำรุดเสียหาย

ค่าใช้จ่ายด้านการประเมินผล (Appraisal) เกี่ยวกับการวัดค่า การประเมินผลของชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อการตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด แบ่งออกเป็น

1. ด้านการตรวจสอบและทดสอบวัสดุที่สั่งเข้ามา เป็นค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบและทดสอบวัสดุที่ผู้ผลิตข้างนอกส่งมา ทั้งนี้อาจรวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่ต้องไปตรวจสอบวัสดุที่โรงงานของผู้ผลิตด้วย

2. ด้านการตรวจสอบและทดสอบ เป็นค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การปรับตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิต จนกระทั่งถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป รวมทั้งการทดสอบความเชื่อมั่นได้ของผลิตภัณฑ์

3. ด้านการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เป็นค่าใช้จ่ายในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิตและสำเร็จรูป

4. ด้านการใช้วัสดุและบริการ เป็นค่าใช้จ่ายในด้านเกี่ยวกับวัสดุและบริการที่ใช้ในการตรวจสอบ รวมทั้งค่าวัสดุที่ถูกทดสอบโดยการทำลาย

5. ด้านการปรับตั้งเครื่องมือและการบำรุงรักษา เป็นค่าใช้จ่ายในการปรับแต่ง การสอบเทียบ และบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ

สิ่งสำคัญของกิจกรรมด้านการตรวจสอบและประเมินผล คือ การประเมิน และวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

ด้านความเสียหายภายใน (Internal failure) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วน และวัสดุมีคุณภาพไม่ตรงตามที่ต้องการก่อนส่งไปถึงมือลูกค้า แบ่งย่อยได้เป็น

1. ของชำรุด (Scrap) ของเมื่อชำรุดเสียหายจนซ่อมแซมใหม่ไม่ได้ ทำให้สูญเสียค่าแรงงาน ค่าวัสดุ ค่าโสหุ้ยไปทั้งหมด

2. ซ่อมแซม (Rework) เป็นค่าใช้จ่ายที่เสียไปในการซ่อมผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้คุณภาพให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน

3. การวิเคราะห์ความเสียหาย เป็นค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายและไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน

4. การตรวจสอบซ้ำ เป็นค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่นำไปซ่อม

5. ตรวจของเสียที่ปนเข้ามาจากผู้ส่งมอบไม่พบ เมื่อผู้ส่งวัสดุมาให้เรามีของเสียปนมาแต่เราตรวจไม่พบ ทำให้ต้องยอมรับของเสียปนเข้ามาด้วย

6. ลดราคา ต้องลดราคาขายต่อหน่วยลงมาจากราคาขายปกติ เนื่องจากว่าผลิตภัณฑ์นั้นไม่ได้มาตรฐานแต่ยังใช้งานได้

ค่าใช้จ่ายทางด้านความเสียหายภายใน ใช้ได้กับกิจกรรมที่แก้ไขสิ่งบกพร่องของผลิตภัณฑ์ก่อนจะเป็นที่ยอมรับของลูกค้า

ด้านความเสียหายภายนอก (External failure) ค่าใช้จ่ายทางด้านนี้เกิดขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์ได้ไปอยู่กับผู้บริโภคแล้ว แต่ใช้งานได้ไม่เป็นที่น่าพอใจ ค่าใช้จ่ายด้านนี้จะไม่เกิดขึ้นเลยถ้าผลิตภัณฑ์ไม่มีข้อบกพร่อง แบ่งออกเป็น

1. การต่อว่า (Complaints) เป็นค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงด้านต่าง ๆ ที่ได้รับการต่อว่าจากผู้บริโภค

2. การไม่ยอมรับและการเปลี่ยนแปลงใหม่ เป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่งและนำไปเปลี่ยนใหม่ในกรณีที่ส่งคืน

3. การซ่อมแซม เป็นค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมของที่ส่งคืนมา

4. การรับประกัน เป็นค่าใช้จ่ายสำหรับชิ้นส่วนที่ต้องนำไปเปลี่ยนให้ใหม่ในช่วงการรับประกัน

5. ความผิดพลาด เป็นค่าใช้จ่ายสำหรับการที่ต้องนำ ผลิตภัณฑ์ไปเปลี่ยนให้ใหม่เนื่องจากความผิดพลาดใด ๆ

6. ความรับผิดชอบ เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการถูกฟ้องร้อง ค่าใช้จ่ายด้านความเสียหายภายนอก เป็นการเสียไปกับกิจกรรมต่าง ๆ ที่แก้ไขความเสียหาย หลังจากที่ผลิตภัณฑ์ไปอยู่กับผู้บริโภคแล้ว

ค่าใช้จ่ายด้านคุณภาพทางอ้อม (Indirect quality cost) มีผลต่อค่าใช้จ่ายรวมทั้งด้านคุณภาพ แบ่งเป็น 3 ด้าน

1. ความเสียหายที่เกิดกับลูกค้า เนื่องจากเครื่องจักรต้องทำงานช้าลง เสียค่าซ่อมแซมเนื่องจากผลิตภัณฑ์นั้นคุณภาพไม่ดีหลังช่วงการรับประกัน

2. ความไม่พอใจในผลิตภัณฑ์ ค่าใช้จ่ายมากน้อยเพียงใด ขึ้นกับความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ถ้าความบกพร่องมาก ลูกค้าย่อมไม่พอใจมาก ค่าใช้จ่ายจะออกมาสูงมาก

3. การเสียชื่อเสียง ทัศนคติที่ดีหรือไม่ดีที่มีต่อบริษัท มาจากการใช้ผลิตภัณฑ์โดยตรง ถ้าผลิตภัณฑ์ของบริษัทมีคุณภาพที่น่าเชื่อถือ จะทำให้ชื่อเสียงของบริษัทดีไปด้วย

## การประเมินความสามารถของระบบการวัดสาหรับข้อมูลไม่ต่อเนื่อง (ข้อมูลการตรวจนับ)

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2553) การวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัด ซึ่งจะต้องคำนึงถึงคุณภาพที่แท้จริงของชิ้นงานตัวอย่างที่ทำการวัด จากนั้นจึงศึกษาความพ้องกันระหว่างพนักงานแต่ละคนกับมาตรฐาน

ความพ้องกันระหว่างพนักงานกับมาตรฐาน สามารถวิเคราะห์ได้จากคะแนนของค่าแอตทริบิวต์ (% Attributes score) โดยมีวิธีในการคำนวณดังนี้

$$\%\ \text{ของค่าแอตทริบิวต์} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \qquad (2\text{-}17)$$

ประเมินความสามารถของพนักงานแต่ละคนกับมาตรฐาน สามารถวิเคราะห์ได้จาก ดัชนีความมีประสิทธิผลของพนักงานแต่ละคน (Operator effectiveness index: $O_E$) ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด (False alarm index: $I_{FA}$) และดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด (Index of a miss: $I_{MISS}$)

$$O_E = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตัดสินใจได้ถูกต้อง}}{\text{โอกาสทั้งหมดของการตัดสินใจ}} \quad (2\text{-}18)$$

$$I_{FA} = \frac{\text{จำนวนที่ปฏิเสธผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดของการตัดสินใจ}} \quad (2\text{-}19)$$

$$I_{MISS} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ยอมรับผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดของการตัดสินใจ}} \quad (2\text{-}20)$$

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธเนศ สัจจวุฒิ (2550) ได้วิจัยการลดของเสียในกระบวนการผลิตพัดลมระบายความร้อน โดยวิธีการ ซิกซ์ ซิกม่า โดยการนำหลักการ ซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC) เข้ามาใช้ในการหาแนวทางการแก้ไขปัญหาและปรับปรุง พบว่าปัญหาหลัก คือ เปอร์เซ็นต์ความกว้างรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าไม่ได้ตามข้อกำหนด คิดเป็น 9,541 ppm. หรือ 58% ของของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งมีค่า Cpk อยู่ที่ 0.59 โดยผลที่คาดว่าจะสามารถลดปริมาณของเสียให้เหลือเพียง 2,862 ppm. เพื่อลดต้นทุนในการผลิต ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาพบว่า ปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อความกว้างของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้า มี 3 ปัจจัย คือ ตำแหน่งของฮอล์ลเซ็นเซอร์บนแผงวงจร พื้นที่สนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ และตำแหน่งแม่เหล็กของโรเตอร์ แล้วทำการปรับปรุงโดยการแก้ไขแผ่นวงจร (PWB) ตำแหน่งฮอล์ลและปรับแก้แผนควบคุม แล้วนำแผนควบคุมมาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมปัจจัยทั้งสามเพื่อไม่ให้กระทบกับคุณสมบัติอื่นของพัดลม ได้แก่ ความกว้างของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้า ความสูงของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้า ความเร็วรอบของพัดลมและการกินกระแสไฟฟ้า

จากการดำเนินงานข้างต้นตามหลัก ซิกซ์ ซิกม่า พบว่า ผู้วิจัยสามารถลดปริมาณของเสียจากอาการความกว้างรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าไม่ได้ตามข้อกำหนด จากปริมาณของเสีย 9,541 ppm. เป็น 0 ppm. ซึ่งสามารถลดต้นทุนจากการ Rework เป็นจำนวน 840,000 บาทต่อปี

ศิริยุพา เศวตจามร (2559) ได้วิจัยเกี่ยวกับการลดของเสียปัญหาคราบเขม่าดำ จากกระบวนการเชื่อมเสาประตูรถยนต์ โดยอาศัยแนวทางแก้ปัญหาคุณภาพแบบ ซิกซ์ ซิกม่า มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิต กระบวนการเชื่อมประสานของชิ้นงานเสาประตูรถยนต์ถูกเลือกมาทำการปรับปรุงเนื่องจากพบปัญหาเกิดข้อร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องคราบเขม่าดำบริเวณแนวเชื่อม ซึ่งเป็นปัญหาที่ไม่เคยถูกร้องเรียนมาก่อน ทำให้ต้องมีการส่งพนักงานไปทำการแก้ไขงานที่บริษัทลูกค้า และก่อให้เกิดต้นทุนคุณภาพที่บกพร่อง จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าลูกค้าร้องเรียนเรื่องปัญหาคราบเขม่าดำ จำนวน 5 ครั้ง จากการส่งทั้งหมด 11 ครั้ง ภายใน 1 เดือน

การประยุกต์ ซิกซ์ ซิกม่า ในการปรับปรุงคุณภาพเริ่มจากการกำหนดเป้าหมายที่จะทำให้ปัญหาคราบเขม่าดำ หมดไป จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัด พบว่าระบบการวัดมีความเที่ยงตรงเท่ากับ 82.50% และประเมินความสามารถของกระบวนการปัจจุบัน โดยใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย พบว่าบริษัทมีเปอร์เซ็นต์ของเสียเนื่องจากคราบเขม่าดำ เท่ากับ 3.27% การวิเคราะห์สาเหตุด้วยเครื่องมือผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล และการวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ ถูกนำมาใช้เพื่อบ่งชี้ว่าสาเหตุของปัญหาคราบเขม่าดำ พบว่าสาเหตุหลักเกิดจากระดับแรงดูดควันด้านบนและด้านล่างไม่เหมาะสมโดยมีค่า RPN เท่ากับ 576 จึงทำการปรับปรุงให้ชิ้นงานไม่เกิดปัญหาคราบเขม่าดำ ด้วยการหาค่าระดับแรงดูดควันด้านบนและล่างที่เหมาะสมด้วยการออกแบบการทดลองแบบครั้งละปัจจัย หลังจากนั้นใช้สร้างเอกสารวิธีปฏิบัติงานเพื่อควบคุมการตั้งค่าระดับแรงดูดควันใหม่ และใช้ใบตรวจสอบเพื่อเฝ้าติดตามการเกิดปัญหาต่อไป

ผลการวิจัยพบว่าปัญหาคราบเขม่าดำหมดไปจากกระบวนการผลิตโดยมีเปอร์เซ็นต์ของเสียลดลงเหลือ 0.61% การวิเคราะห์ค่า FMEA หลังการปรับปรุงพบว่ามีค่า RPN ลดลงเหลือ 4 และไม่เกิดข้อร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องปัญหาคราบเขม่าดำ

สุพิตา บ่อน้อย (2558) ได้วิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงปัญหาเสียงรบกวนจากแผงประตูรถยนต์ พบปัญหาการร้องเรียนในการสำรวจผู้ที่ใช้รถยนต์ซึ่งผลิตระหว่างเดือนกรกฎาคม 2556 ถึงเดือนมิถุนายน 2557 จำนวน 32 ราย ประกอบกับมีข้อมูลบ่งชี้ปัญหาเสียงดังจากตำแหน่งเดียวกันในการตรวจสอบภายในโรงงานในช่วงเวลาเดียวกันนี้ จำนวน 56 คัน จากการสุ่มตรวจสอบ 1,314 คัน คิดเป็นสัดส่วนของเสียสูงถึง 42,618 ppm. หรือประเมินได้ว่ากระบวนการประกอบมีความสามารถที่ระดับ 2.62$\sigma$ เท่านั้น ทีมงาน ซิกซ์ ซิกม่า จึงทำการวิเคราะห์สาเหตุโดยใช้เครื่องมือผังแสดงเหตุและผล และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) และบ่งชี้ว่าแผงประตูที่ฉีดขึ้นรูปจาก Supplier ไม่ได้มาตรฐาน และพนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนคำแนะนำการประกอบ เป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาการเกิดเสียงรบกวน จึงได้ทำการปรับปรุงกระบวนการฉีดแผงประตูให้มีคุณลักษณะที่สำคัญเป็นไปตามมาตรฐาน และจัดอบรมพนักงานให้ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดในการประกอบ

จากการติดตามผลหลังการปรับปรุงระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนพฤษภาคม 2558 พบว่า มีปัญหาเสียงรบกวนจากแผงประตูรถยนต์เพียง 3 คัน จากการสุ่มตรวจ 781 คัน คิดเป็นสัดส่วนของเสีย 3,841 ppm. หรือกระบวนการประกอบมีความสามารถที่ระดับ 2.95$\sigma$ จึงสรุปได้ว่าการปรับปรุงตามแนวทางของงานวิจัยนี้ส่งผลให้สามารถลดปัญหาได้อย่างมีนัยสำคัญ

เกรียงศักดิ์ ชูแสง, รัญชนา สินธวาลัย และนภิสพร มีมงคล. (2554) ได้วิจัยเกี่ยวกับการลดจำนวนข้อบกพร่องจากน้ำหนักเนื้อปลาต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับกระบวนการผลิตปลากระป๋องในซอสมะเขือเทศ โดยแก้ปัญหาตามหลักการของ DMAIC บริษัทกรณีศึกษาพบว่าปัญหาข้อบกพร่องจากน้ำหนักเนื้อปลาต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มีสัดส่วนข้อบกพร่องมากที่สุด กล่าวคือ ร้อยละ 85.0 ต่อข้อบกพร่องทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาปัญหา และหาแนวทางแก้ไขเพื่อที่จะลดจำนวนข้อบกพร่อง การดำเนินงานเริ่มจากขั้นตอนการกำหนดปัญหาให้ชัดเจน ขั้นตอนกาตรวจวัดเพื่อจำแนกประเภทข้อบกพร่องโดยการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาเรโต จากนั้นนำปัญหาไปวิเคราะห์สาเหตุเพื่อหาตัวแปรหลักที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องโดยการระดมสมองจากทีมงาน และสร้างแผนผังกระบวนการ จากนั้นมาเชื่อมโยงเพื่อหาความรุนแรงของสาเหตุปัญหาด้วยวิธี FMEA พบว่ามี 3 สาเหตุหลักที่เป็นต้นตอให้เกิดข้อบกพร่อง คือ 1) เวลาในการนึ่งไล่อากาศนาน 2) เวลาในการไล่อากาศของตู้ฆ่าเชื้อนาน และ 3) มีการรับปลาที่มีขนาดเล็กกว่ามาตรฐานผสม จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหาด้วยวิธี Why-Why Analysis แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาไปปรับปรุงกระบวนการผลิต

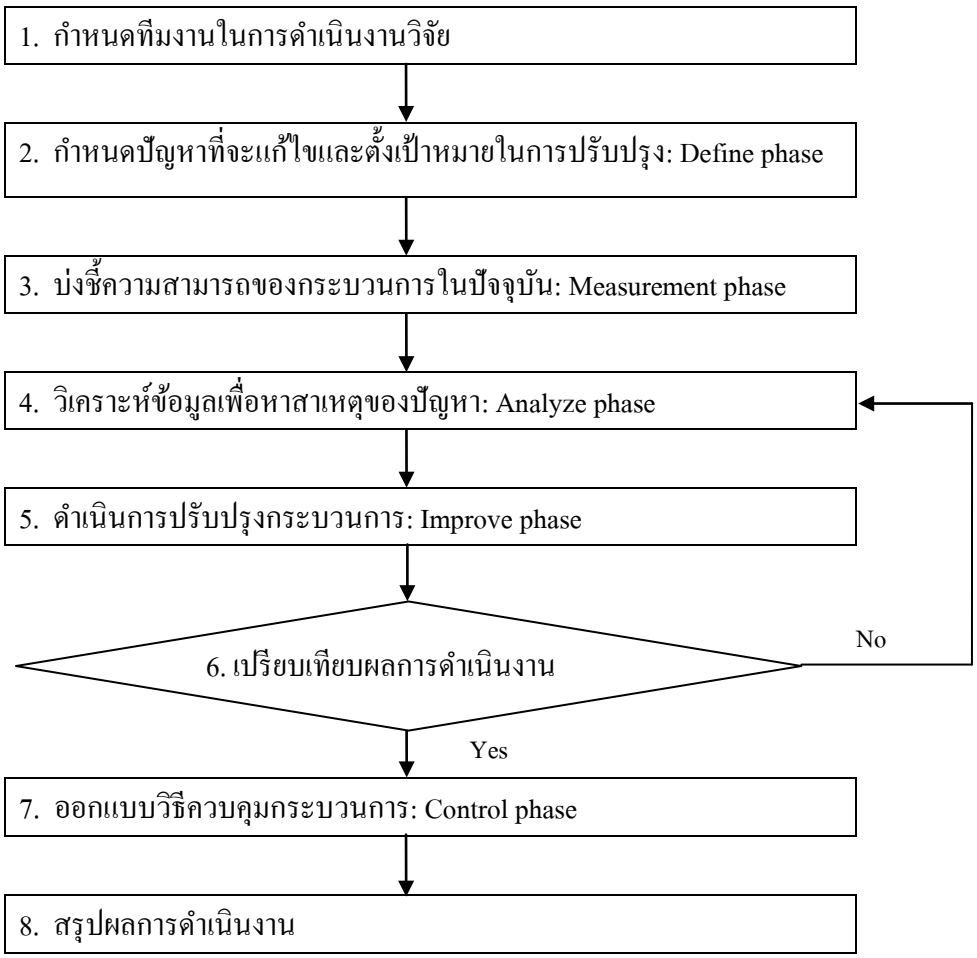
ผลจากการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางของ DMAIC ในระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมาพบว่าสัดส่วนข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อเดือนลดลงจาก 108,778 ppm เหลือเพียง 17,573 ppm หรือเมื่อเทียบในระดับ $\sigma$ สามารถปรับปรุงจากระดับ 2.7 ไปที่ระดับ 3.6 สามารถลดระดับการเกิดข้อบกพร่องลง 9.12%

ชีวรัตน์ กะฐินทอง (2551) ได้วิจัยการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แกนหมุนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ในหน่วยงานขึ้นรูปโดยอาศัยเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งปัญหาหลักคือ รอยตำหนิจากการกระแทกที่ชิ้นงานที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการขึ้นรูป ทำให้ต้องทำการคัดแยกและซ่อมแซมชิ้นงานก่อนจะส่งไปยังจุดถัดไป ทำให้เพิ่มต้นทุนในการผลิต โดยเริ่มขั้นตอนการคัดเลือกปัญหา ขั้นตอนการวัดซึ่งเครื่องมือการวัด คือ พนักงานที่ตรวจสอบชิ้นงาน ขั้นตอนการวิเคราะห์อาศัยแผนภาพสาเหตุและผล การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบในการค้นหาสาเหตุและนำไปทดสอบสมมติฐาน ขั้นตอนการปรับปรุงใช้การออกแบบการทดลองแบบ 22 แฟคทอเรียล และขั้นตอนการควบคุมใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนในการควบคุมและติดตามกระบวนการ

ผลจากการดำเนินงานพบว่าสาเหตุหลักของการเกิดรอยตำหนิมาจาก 4 ปัจจัย คือ ระยะห่างที่รับชิ้นงานจากเครื่องจักร ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำที่รับชิ้นงาน วิธีการเก็บงาน และวิธีการถ่ายเทงานออกจากเครื่องจักร และหลังจากที่ได้นำเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า เข้าไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตแล้ว พบว่าจำนวนชิ้นงานที่มีรอยตำหนิบนผิวของผลิตภัณฑ์ลดลงจากเดิม 47.76% ซึ่งถือได้ว่าเป็นการปรับปรุงแบบก้าวกระโดด

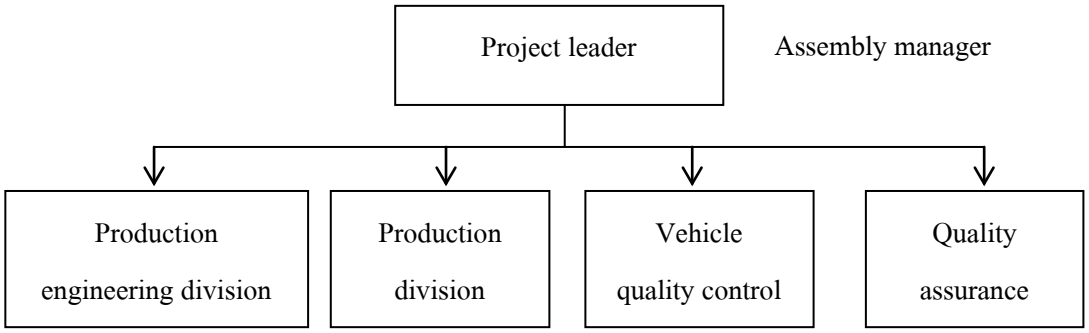
# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการงานวิจัยนี้ จะดำเนินการตามขั้นตอนของหลักการซิกซ์ ซิกม่า DMAIC เพื่อค้นหาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง เนื่องจากกระบวนการเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ โดยมีวิธีการตามขั้นตอนต่าง ๆ ตามแผนผังการดำเนินการ ดังภาพที่ 3-1




ภาพที่ 3-1 แผนผังของขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

## โครงสร้างทีมงานวิจัย




ภาพที่ 3-2 ผังโครงสร้างทีมงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยนี้มีการจัดตั้งทีมงานขึ้นมาเพื่อช่วยรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุง โดยประกอบด้วย

1. ทีมงานจากแผนกวิศวกรรมการผลิต (Production engineering division)
2. ทีมงานจากแผนกฝ่ายผลิต (Production division)
3. ทีมงานจากแผนกควบคุมการผลิต (Vehicle quality control)
4. ทีมงานจากแผนกรับประกันคุณภาพ (Quality assurance division)

## ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (D: DEFINE PHASE)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกของการดำเนินงานตามหลักการ ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อกำหนดปัญหา รวมไปถึงการกำหนดขอบเขตการศึกษา และตั้งเป้าหมายของการดำเนินงาน เพื่อให้กระบวนการ หรือผลิตภัณฑ์เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า ในการวิจัยนี้ได้เลือกปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง ซึ่งได้รับการร้องเรียนจากผู้แทนจำหน่ายรถยนต์ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งทางบริษัทได้รับรายงานจากผู้แทนจำหน่ายรถยนต์ต่างประเทศแห่งหนึ่งร้องเรียนว่ามีเสียงดังมาจากชุดเฟืองท้ายและทำการตรวจสอบพบว่าปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน ส่งผลให้ภายในชุดเฟืองท้ายเสียหายเป็นผลให้เกิดเสียงดัง

จากข้อร้องเรียนในปัญหาดังกล่าว ผู้ทำการวิจัยได้ดึงข้อมูลการเรียกร้องของลูกค้า จากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า กล่าวคือ ในเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนมีนาคม 2559 ทางบริษัทได้รับข้อร้องเรียนจากผู้แทนจำหน่ายรถยนต์ในเรื่องปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง ในรถกระบะและรถอเนกประสงค์ประเภท PPV (Pick-Up passenger vehicle) จำนวน 65 คัน

นำรายละเอียดข้อมูลมาจัดเรียงตามลักษณะปัญหา จะพบว่าปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง มีจำนวนรถยนต์ที่ทำให้มีปัญหาเสียงดังลำดับที่ 1 เนื่องจากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน จำนวน 30 คัน และบวกกับได้รับการร้องเรียนจากผู้แทนจำหน่ายรถยนต์ในต่างประเทศแห่งหนึ่ง และพบว่าต้นทุนคุณภาพที่บกพร่อง (Cost of poor quality: COPQ) มีราคาสูงเป็นจำนวน 656,163 บาท ซึ่งหากในกระบวนการไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้ ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงมาก เนื่องจากปัญหาระบบส่งกำลังของชุดเฟืองท้ายของรถยนต์เกิดความเสียหายส่งผลต่อความปลอดภัยในการใช้งาน และส่งผลต่อการเสียโอกาสการขายสินค้าเนื่องจากลูกค้าขาดความเชื่อมั่น ดังนั้นในการวิจัยนี้ได้เลือกปัญหาเนื่องจากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ เพื่อแก้ไขปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง ให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า

## ขั้นตอนการวัด (M: MEASUR PHASE)

ในขั้นตอนนี้จะเริ่มจากการกำหนดระบบการวัดหรือเกจ (Gauge) เพื่อการป้องกันผลิตภัณฑ์บกพร่องมิให้หลุดไปถึงผู้แทนจำหน่ายรถยนต์หรือลูกค้า โดยจะนำเครื่องมือมาใช้ในการวิเคราะห์ คือ Check sheet การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน Process map เป็นการแสดงกระบวนการออกมาเป็นรูปธรรม เพื่อให้เข้าใจถึงสภาวะในปัจจุบัน ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงข้อบกพร่องและการขาดประสิทธิภาพในกระบวนการ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในปัจจุบัน (Process capability) โดยทำการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA: Measurement system analysis) โดยใช้โปรแกรมมินิแทบเพื่อให้มั่นใจการวัดของกระบวนการปัจจุบัน

1. การวิเคราะห์ระบบการวัด

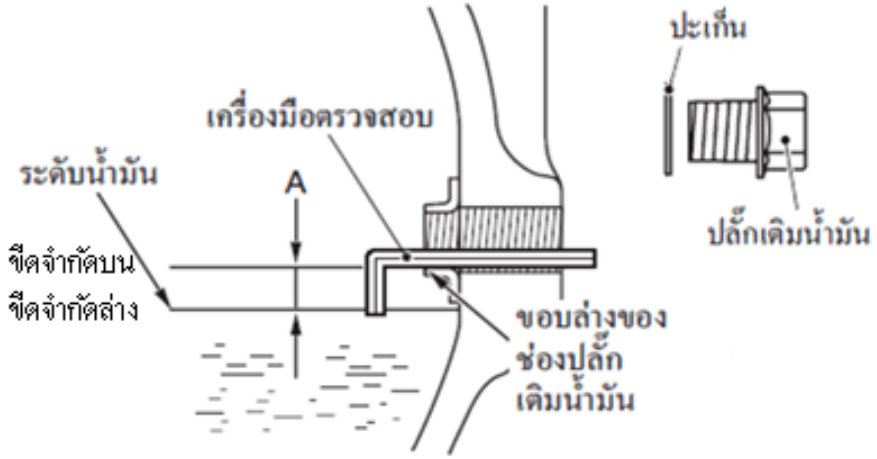
ทำการเตรียมรถตัวอย่างในการตรวจสอบ 20 คัน โดยแบ่งลักษณะรถตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายตามระดับมาตรฐาน 16 คัน หรือ 80% ของรถตัวอย่าง และรถตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน 4 คัน หรือ 20% ของรถตัวอย่างโดยพนักงานงานสุ่มตรวจสอบ 3 คน ซึ่งในการทดสอบนั้นจะทำการทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง ในแต่ละคน และทดสอบในสถานที่ทำงานจริง ด้วยเวลาในการตัดสินใจใกล้เคียงกับเวลาที่ทำการตรวจสอบจริงโดยกำหนดให้ทำการวัดระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายตามมาตรฐานขั้นตอนการวัดที่กำหนด มีการตัดสินใจสองทางเลือก คือ OK (อยู่ในระดับมาตรฐาน) หรือ NG (ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน) แล้วทำการบันทึกผลลงในตาราง ซึ่งเป็นตารางที่ออกแบบมาเพื่อบันทึกผลการตรวจสอบตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ระบบการวัด โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1.1 จอดรถบนพื้นราบที่ได้ระดับ พักรถไว้ 30 นาที

1.2 ถอดปลั๊กเติมน้ำมันเฟืองท้ายและปะเก็น

1.3 ตรวจเช็คระดับน้ำมัน จากขอบปากของรูเติมตามระดับที่มาตรฐานกำหนด แสดงว่าปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายเพียงพอตามมาตรฐานกำหนด หากระดับน้ำมันอยู่ที่ต่ำกว่าระดับที่มาตรฐานกำหนดแสดงว่าปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอตามมาตรฐานกำหนด ดังภาพที่ 3-3 และตารางที่ 3-1

1.4 ทำการบันทึกผลข้อมูล และนำไปวิเคราะห์สรุปผลในการทดลอง โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ




ภาพที่ 3-3 วิธีการตรวจวัดระดับน้ำมันเฟืองท้าย

ตารางที่ 3-1 ระดับมาตรฐานน้ำมันเฟืองท้าย โดยแยกตามรุ่นของเฟืองท้าย

| รายการ | ขนาดน็อต | มาตรฐาน A |
|---|---|---|
| 2WD (ยกเว้น ไฮไรเดอร์) | M8 × 10 | ภายใน 8 มม. |
| 2WD (ไฮไรเดอร์), 4WD | M8 × 10 | ภายใน 8 มม. |
| | M10 × 10 | ภายใน 20 มม. |
| | M10 × 12 | ภายใน 30 มม. |

2. การประเมินความสามารถของกระบวนการในปัจจุบันโดยใช้ $\bar{X}$-R chart

เป็นเครื่องมือทางสถิติเพื่อตรวจสอบว่า คุณภาพการผลิตอยู่ในสภาวะที่ควบคุมได้หรือไม่ โดยจะนำข้อมูลที่บันทึกผลจากการวัดระดับน้ำมันเฟืองท้ายลงในกราฟ เพื่อดูลักษณะกราฟเปรียบเทียบกับเส้นขอบเขตบน (UCL: Upper control limit) และเส้นขอบเขตล่าง (LCL: Lower control limit) ซึ่งขั้นตอนนี้จะมีไว้เพื่อดูอัตราของปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายเพียงพอตามมาตรฐานกำหนด และวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ

## ขั้นตอนการวิเคราะห์ (A: Analysis phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง เนื่องจากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน โดยการระดมสมองจากทีมงาน (Brainstorming) ใช้เครื่องมือผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect diagram) ต่อมานำสาเหตุที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) เพื่อกรองหาสาเหตุที่คาดว่าน่าจะส่งผลต่อปัญหามาทำการปรับปรุงแก้ไข ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ ได้ทราบถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา เพื่อนำไปทำการปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป

1. ผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect diagram) ในขั้นตอนนี้จะทำการระดมสมอง โดยจะจำแนกสาเหตุหลักออกเป็น 4 ประเภท คือ สาเหตุที่มาจากพนักงาน (Man) สาเหตุที่มาจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machine) สาเหตุที่มาจากวิธีการทำงาน (Method) สาเหตุที่มาจากวัสดุ (Material) โดยข้อมูลที่ได้มาจากการระดมสมองนี้ได้ทำการรวบรวมมาจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ไม่ว่าจะเป็น วิศวกร หัวหน้างาน พนักงานหน้างาน ซึ่งในการระดมสมองนี้ได้ทำการรวบรวมความคิดเห็นทั้งหมดโดยไม่จำกัดจำนวนและความคิด เพื่อป้องกันการตกหล่นของสาเหตุที่แท้จริง หลังจากนั้นจึงนำความคิดเห็นทั้งหมดนี้มาทำการจัดแยกเป็นแต่ละประเภทตามที่กล่าวไว้ในข้างต้น เพื่อนำมาสร้างผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลหรือแผนภาพก้างปลา เพื่อที่จะให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย ซึ่งส่งผลก่อให้เกิดความสะดวกในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

2. การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) จากสาเหตุที่ได้มาจากผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลนั้น ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าสาเหตุที่แท้จริงคืออะไร จึงต้องทำการกรองหาสาเหตุที่สำคัญ โดยใช้ FMEA ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่มีการคิดอย่างเป็นระบบและคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังนั้นสาเหตุจากผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลจะถูกนำมาวิเคราะห์ต่อใน FMEA เพื่อค้นหาสาเหตุที่น่าจะมีผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษามากที่สุด

## ขั้นตอนการปรับปรุง (I: IMPROVE PHASE)

ขั้นตอนนี้จะนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ว่าแต่ละปัจจัยส่งผลต่อปัญหานี้อย่างไร จากนั้นระดมสมองจากทีมงาน (Brainstorming) เพื่อหาวิธีการปรับปรุงที่เหมาะสม เช่น

ใช้เครื่องมือ POKA-YOKE ระบบป้องกันความผิดพลาด

เป็นเครื่องมือหนึ่งทางด้านปรับปรุงคุณภาพและมุงมั่นสู่ของเสียเป็นศูนย์ (Zero Defect) นั้นคือ การใช้ระบบ POKA-YOKE ซึ่งเป็นระบบป้องกันความผิดพลาด ที่มีรากฐานมาจากภาษาญี่ปุ่น POKA คือ ความผิดพลาดจากการไม่เอาใจใส่ YOKE คือ ป้องกัน/ ไม่ให้เกิด/ หลีกเลี่ยง หรือที่เรียกกันเป็นที่แพร่หลายว่า ระบบป้องกันความผิดพลาดจากการพลั้งเผลอหรือใช้คำว่า Error Proofing ซึ่งระบบ POKA-YOKE นี้ ควบคุมให้งานในกระบวนการมีความถูกต้องมากที่สุด ก่อนที่จะสามารถผ่านไปสู่กระบวนการต่อไปโดยความผิดพลาดที่เกิดจากเครื่องจักรนั้น ไม่ค่อยน่าเป็นห่วงซักเท่าไหร่ เพราะวิศวกรที่ได้ออกแบบเครื่องจักรนั้นมักออกแบบให้ได้ตามมาตรฐานเป็นที่ยอมรับในระดับหนึ่ง ส่วนมากที่มีปัญหาในการผลิต คือ คน แต่ถ้าเราออกแบบให้ดีตั้งแต่ต้นปัญหาต่าง ๆ เช่น ของเสีย หรือปัญหาที่เกิดจากคนก็จะหมดไปทำให้ประหยัดค่าอบรมซ้ำ ๆ และค่าความเสียหายที่เกิดจากของเสียในกระบวนการ

## ขั้นตอนการควบคุม (C: CONTROL PHASE)

ในขั้นตอนนี้จะศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการหลังจากการปรับปรุงปัญหาแล้ว เพื่อเป็นการเฝ้าระวังการเกิดปัญหาซ้ำในกระบวนการโดยการใช้เครื่องมือ POKA-YOKE ระบบป้องกันความผิดพลาด คู่มือปฏิบัติงาน Work Instruction เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเข้าใจถึงภาระหน้าที่ในตำแหน่งงานของตนได้อย่างถูกต้อง และใช้ Check sheet เพื่อเฝ้าติดตามการเกิดปัญหาเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง จากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน

## สรุปผลการดำเนินงาน

จากที่ได้ดำเนินการในขั้นตอนต่าง ๆ ตั้งแต่ขั้นตอนการกำหนดปัญหา การวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง แก้ไขและการควบคุมปัญหา โดยอาศัยแนวคิดและขั้นตอนกาดำเนินการของ ซิกซ์ ซิกม่า จะต้องทำการสรุปผลการดำเนินการวิจัยถึงสาเหตุของปัญหา แนวทางการปรับปรุง รวมไปถึงผลของการปรับปรุงกระบวนการ

# บทที่ 4
# ผลการดำเนินงาน

การนำเสนอผลการวิเคราะห์การประยุกต์หลักการของ ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อปรับปรุงกระบวนการและแก้ไขปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง เนื่องจากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการระบุปัญหา (Define phase)
2. ขั้นตอนการวัด (Measure phase)
3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis phase)
4. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase)
5. ขั้นตอนการควบคุม (Control phase)

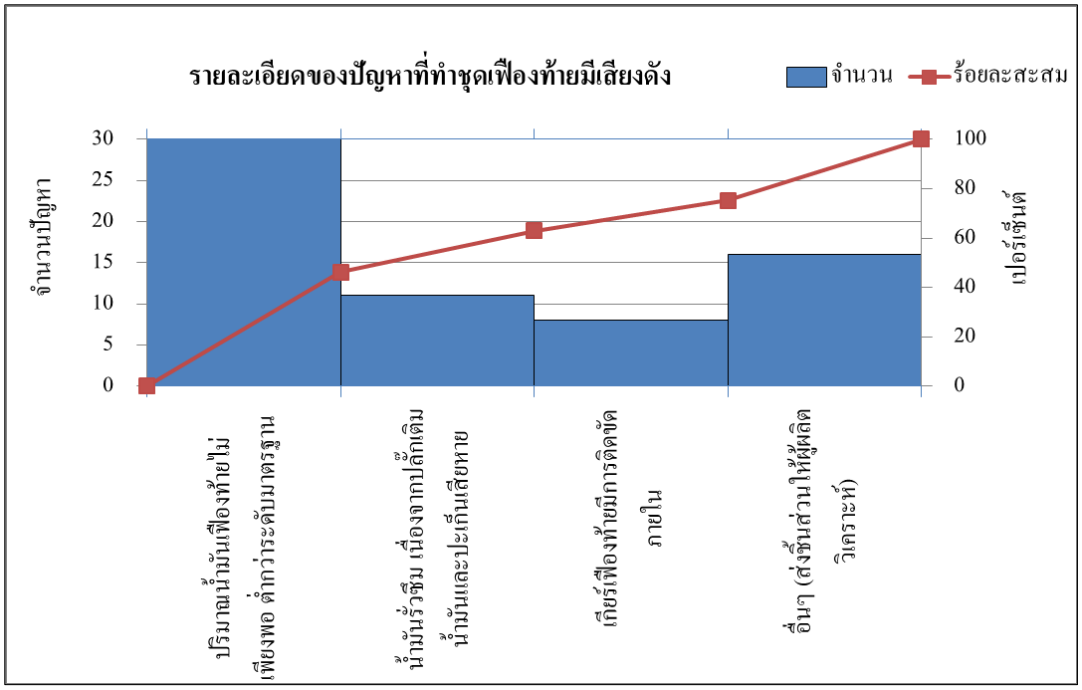
**ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (DEFINE PHASE)**

กล่าวถึงการกำหนดปัญหารวมไปถึงการกำหนดขอบเขตของการศึกษา และตั้งเป้าหมายของการดำเนินงานวิจัย กรณีศึกษาของงานวิจัยนี้เป็นการแก้ไขปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง ซึ่งได้รับการร้องเรียนจากผู้แทนจำหน่ายรถยนต์ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งทางบริษัทได้รับรายงานจากผู้แทนจำหน่ายรถยนต์ต่างประเทศแห่งหนึ่ง ร้องเรียนว่ามีเสียงดังมาจากชุดเฟืองท้ายและทำการตรวจสอบพบว่าปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน ส่งผลให้ภายในชุดเฟืองท้ายเสียหายเป็นผลให้เกิดเสียงดัง จากข้อร้องเรียนในปัญหาดังกล่าวจากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า กล่าวคือ ในเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนมีนาคม 2559 ทางบริษัทได้รับข้อร้องเรียนจากผู้แทนจำหน่ายรถยนต์ในเรื่องปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 จำนวนของรถยนต์ที่เฟืองท้ายมีเสียงดังที่ลูกค้าร้องเรียนจากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า

| เดือน | จำนวนรถที่ลูกค้าร้องเรียน (คัน) |
|---|---|
| เมษายน 2558 | 4 |
| พฤษภาคม 2558 | 4 |
| มิถุนายน 2558 | 3 |
| กรกฎาคม 2558 | 3 |
| สิงหาคม 2558 | 6 |
| กันยายน 2558 | 6 |
| ตุลาคม 2558 | 12 |
| พฤศจิกายน 2558 | 10 |
| ธันวาคม 2558 | 4 |
| มกราคม 2559 | 9 |
| กุมภาพันธ์ 2559 | 2 |
| มีนาคม 2559 | 2 |
| รวม | 65 |

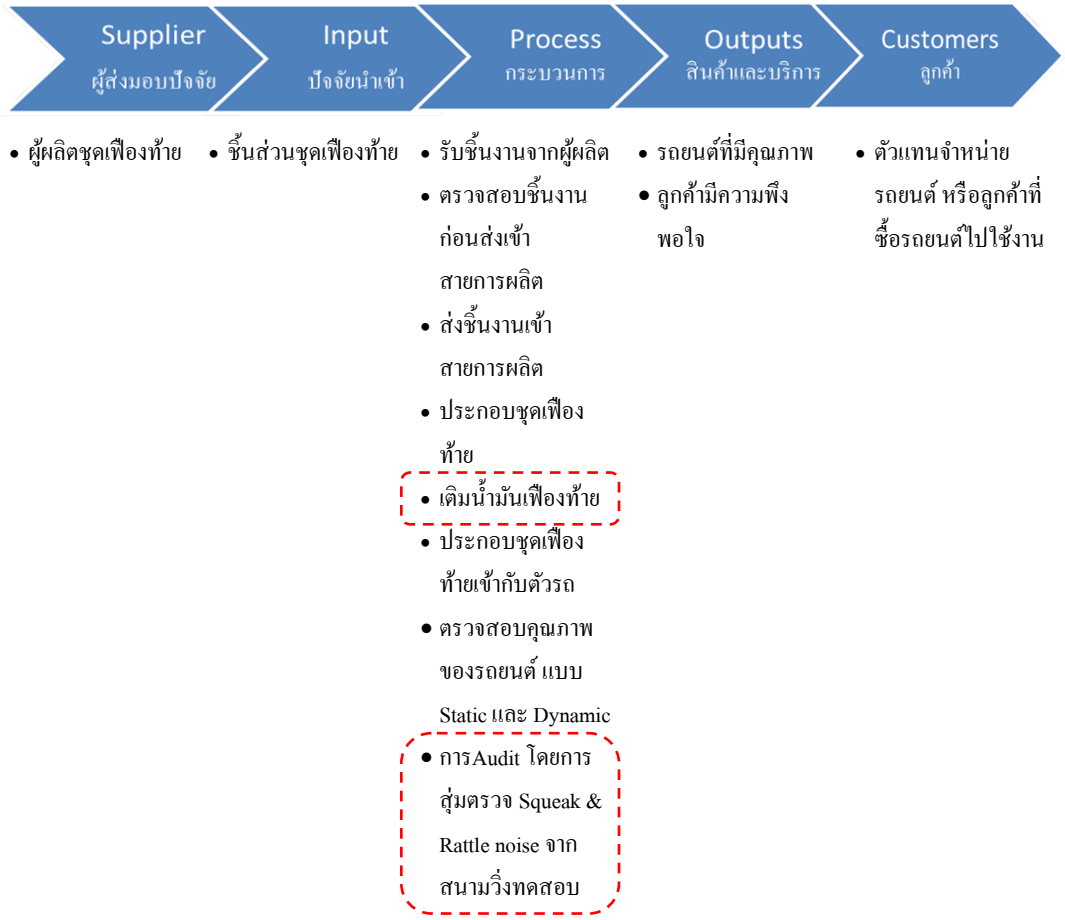
เมื่อนำรายละเอียดข้อมูลปัญหาที่ได้รับจากข้อร้องเรียนของลูกค้าจากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า มาจัดเรียงตามลักษณะปัญหา จะพบว่าปัญหาเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง จากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐานเป็นลำดับที่ 1 มาทำการวิจัยโดยประยุกต์ใช้หลักการ ซิกซ์ ซิกม่า การเรียงลำดับความสำคัญของปัญหา โดยใช้หลักการพาเรโต ดังแสดงในภาพที่ 4-1




ภาพที่ 4-1 ลำดับของปัญหาที่ทำให้มีเสียงดังที่เฟืองท้ายของรถยนต์จากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า

ทางผู้ทำการวิจัยจึงถือว่าเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ต้องแก้ไข และต้องการทราบสาเหตุของการเกิดปัญหานี้อย่างเร็วที่สุด ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการควบคุมคุณภาพของรถยนต์ให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งหากในกระบวนการไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้ ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงมาก เนื่องจากปัญหาระบบส่งกำลังของชุดเฟืองท้ายของรถยนต์เกิดความเสียหายส่งผลต่อความปลอดภัยในการใช้งาน การมีปัญหาคุณภาพส่งผลต่อการเสียโอกาสในการขายสินค้าเนื่องจากลูกค้าขาดความเชื่อมั่น

เมื่อได้หัวข้อปัญหาที่ต้องทำการปรับปรุงแล้ว ทางผู้วิจัยและทีมงานได้นำข้อมูลมาแตกกระบวนการในปัจจุบัน เพื่อหาจุดที่ต้องทำการวัดและวิเคราะห์ โดยใช้ เครื่องมือ SIPOC diagram ซึ่งเป็นเครื่องมือที่วิเคราะห์ตั้งแต่ผู้ส่งมอบ ปัจจัยนำเข้า กระบวนการ ผลลัพธ์ ไปจนถึงลูกค้า (Supplier–Input–Process–Output–Customer) ทำให้ได้มุมมองภาพรวมของการผลิตที่เกิดขึ้น ซึ่งแผนผังการไหลของข้อมูล และรายละเอียดจะเป็นดังภาพที่ 4-2



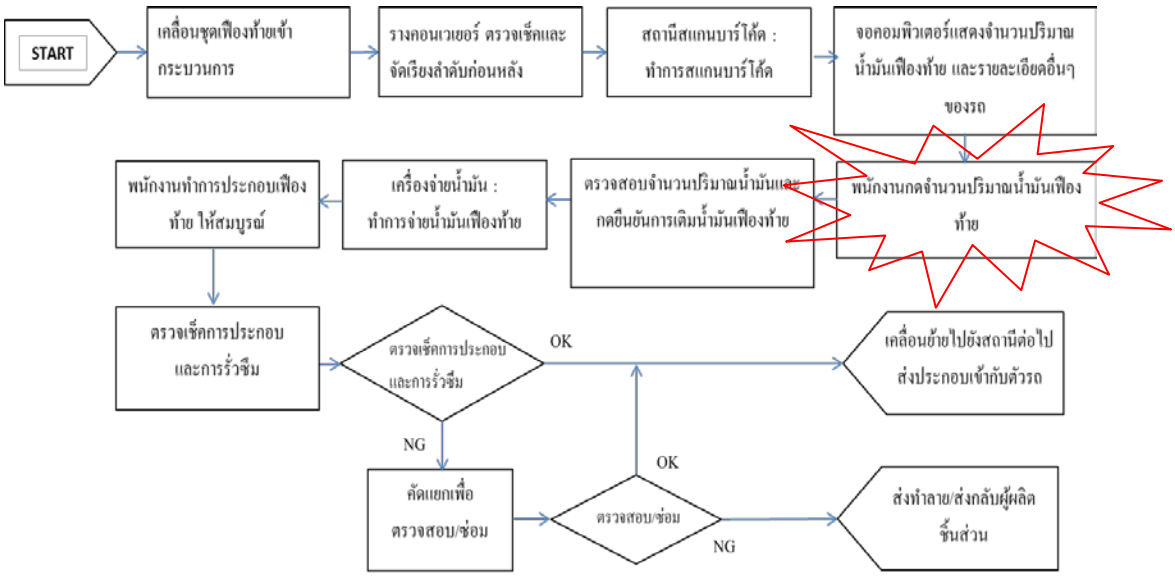

ภาพที่ 4-2 การวิเคราะห์กระบวนการผลิตชุดเฟืองท้ายของรถยนต์

จากการวิเคราะห์ SIPOC diagram ทำให้ทราบถึงจุดที่ส่งผลกับชุดเฟืองท้ายที่ทำให้ชุดเฟืองท้ายของรถยนต์เกิดปัญหามีเสียงดัง เนื่องจากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน คือ กระบวนการเติมน้ำมันเฟืองท้าย กระบวนการสุ่มตรวจ Squeak & Rattle noise และความคาดหวังของผู้แทนจำหน่ายรถยนต์หรือลูกค้า เมื่อได้รับรถยนต์ไปแล้ว มีผลทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจในผลิตภัณฑ์รถยนต์ โดยจากข้อร้องเรียนในปัญหาดังกล่าวจากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า ในเดือนเมษายน 2558 ถึง มีนาคม 2559 จำนวน 30 คัน จาก 65 คัน คือ ตัวแปรสำคัญที่ทำให้ทราบถึงลักษณะปัญหา

## ขั้นตอนการวัด (MEASURE PHASE)

ในขั้นตอนนี้จะเริ่มจากการกำหนดระบบการวัดหรือเกจ (Gauge) เพื่อการป้องกันผลิตภัณฑ์บกพร่องมิให้หลุดไปถึงผู้แทนจำหน่ายรถยนต์หรือลูกค้า โดยจะนำเครื่องมือมาใช้

ในการวิเคราะห์ คือ Check sheet การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน, Process Map เป็นการแสดงกระบวนการออกมาเป็นรูปธรรม เพื่อให้เข้าใจถึงสภาวะในปัจจุบัน ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงข้อบกพร่องและการขาดประสิทธิภาพในกระบวนการ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในปัจจุบัน (Process capability) และแสดงกระบวนการเติมน้ำมันเฟืองท้ายของรถยนต์ในปัจจุบัน ซึ่งแผนผังการไหลและรายละเอียดจะเป็นดังภาพที่ 4-4 และทำการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA: Measurement system analysis) โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ เพื่อให้มั่นใจการวัดของกระบวนการปัจจุบัน




ภาพที่ 4-3 กระบวนการเติมน้ำมันเฟืองท้ายของรถยนต์ในปัจจุบัน

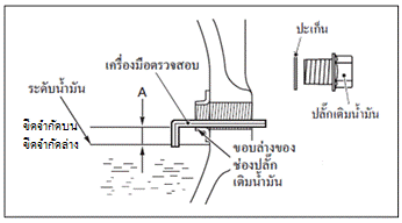
1. การวิเคราะห์ระบบการวัด

การตรวจสอบในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ระบบการวัดที่มีลักษณะ (MSA: Measurement system analysis) แบบ Attribute โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ ข้อมูลเป็นข้อมูลนับ (Gage repeatability & Reproducibility for attribute data) โดยทำการเตรียมรถตัวอย่างในการตรวจสอบ 20 คัน โดยแบ่งลักษณะรถตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายตามระดับมาตรฐาน 80% (16 คัน) และรถตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน 20% (4คัน) เนื่องจากทีมงานมีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนรถยนต์ในการทดลองเนื่องจากได้นำรถยนต์ที่พร้อมจำหน่ายมาทำการทดสอบ จึงจำเป็นต้องทดสอบรถตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน 4 คัน โดยพนักงานงานสุ่มตรวจสอบ 3 คน ซึ่งในการทดสอบนั้นจะทำการทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง ในแต่ละคน และทดสอบ

ในสถานที่ทำงานจริง ด้วยเวลาในการตัดสินใจใกล้เคียงกับเวลาที่ทำการตรวจสอบจริงโดยกำหนดให้ทำการวัดระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายตามมาตรฐานขั้นตอนการวัดที่กำหนด มีการตัดสินใจสองทางเลือก คือ OK (อยู่ในระดับมาตรฐาน) หรือ NG (ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน) แล้วทำการบันทึกผลลงในตาราง ซึ่งเป็นตารางที่ออกแบบมาเพื่อบันทึกผลการตรวจสอบตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ระบบการวัด ดังภาพที่ 4-4

ภาพที่ 4-4 ใบตรวจเช็คและวิธีการตรวจวัดระดับน้ำมันเฟืองท้าย

**ใบตรวจเช็คระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย** | วันที่




การตรวจสอบตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ระบบการวัด โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1.1 จอดรถบนพื้นราบที่ได้ระดับ พักรถไว้ 30 นาที

1.2 ถอดปลั๊กเติมน้ำมันเฟืองท้ายและปะเก็น

1.3 สอดเครื่องมือตรวจสอบ แล้วตรวจเช็คว่าระยะ A (ระหว่างขอบล่างกับระดับน้ำมัน) เป็นไปตามค่าในตารางด้านล่าง

| รายการ | ขนาดน็อต | ขนาด A |
|---|---|---|
| 2WD (ยกเว้น ไฮไรเดอร์) | M8 × 10 | 0 - 8 มม. |
| 2WD (ไฮไรเดอร์), 4WD | M8 × 10 | 0 - 8 มม. |
| | M10 × 10 | 0 - 20 มม. |
| | M10 × 12 | 0 - 30 มม. |

1.4 ติดตั้งปลั๊กเติมและปะเก็นอันใหม่แล้วขันตามค่าแรงขันที่ระบุไว้ ค่าแรงขัน: 50 ±10 นิวตันเมตร

| | | | | | พนักงานคนที่ 1 | | | | พนักงานคนที่ 2 | | | | พนักงานคนที่ 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | รายการรุ่น | ขนาดน็อต | มาตรฐานวัด | มาตรฐานตัดสิน | ครั้งที่1 | ตัดสิน | ครั้งที่2 | ตัดสิน | ครั้งที่1 | ตัดสิน | ครั้งที่2 | ตัดสิน | ครั้งที่1 | ตัดสิน | ครั้งที่2 | ตัดสิน |
| 1 | 2WD | M8 × 10 | 4 | OK | 3 | OK | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK |
| 2 | 2WD | M8 × 10 | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK |
| 3 | 2WD | M8 × 10 | 3 | OK | 3 | OK | 3 | OK | 3 | OK | 3 | OK | 3 | OK | 3 | OK |
| 4 | 2WD | M8 × 10 | 10 | NG | 10 | NG | 4 | NG | 9 | NG | 10 | NG | 10 | NG | 10 | NG |
| 5 | 2WD | M8 × 10 | 4 | OK | 4 | OK | 5 | OK | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK |
| 6 | 2WD-Hi | M8 × 10 | 5 | OK | 4 | OK | 5 | OK | 5 | OK | 4 | OK | 5 | OK | 5 | OK |
| 7 | 2WD-Hi | M8 × 10 | 5 | OK | 5 | OK | 3 | OK | 5 | OK | 5 | OK | 5 | OK | 5 | OK |
| 8 | 2WD-Hi | M8 × 10 | 3 | OK | 3 | OK | 4 | OK | 3 | OK | 3 | OK | 3 | OK | 3 | OK |
| 9 | 2WD-Hi | M8 × 10 | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK | 4 | OK |
| 10 | 2WD-Hi | M8 × 10 | 10 | NG | 10 | NG | 10 | NG | 10 | NG | 11 | NG | 10 | NG | 10 | NG |
| 11 | 4WD(ES) | M10 × 10 | 22 | NG | 22 | NG | 22 | NG | 23 | NG | 23 | NG | 22 | NG | 23 | NG |
| 12 | 4WD(ES) | M10 × 10 | 8 | OK | 8 | OK | 8 | OK | 8 | OK | 8 | OK | 8 | OK | 8 | OK |
| 13 | 4WD(ES) | M10 × 10 | 10 | OK | 10 | OK | 10 | OK | 10 | OK | 10 | OK | 10 | OK | 10 | OK |
| 14 | 4WD(ES) | M10 × 10 | 10 | OK | 10 | OK | 10 | OK | 10 | OK | 10 | OK | 10 | OK | 10 | OK |
| 15 | 4WD(ES) | M10 × 10 | 8 | OK | 8 | OK | 8 | OK | 8 | OK | 8 | OK | 8 | OK | 8 | OK |
| 16 | 4WD(SS) | M10 × 12 | >30 | NG | >30 | NG | >30 | NG | >30 | NG | >30 | NG | >30 | NG | >30 | NG |
| 17 | 4WD(SS) | M10 × 12 | 12 | OK | 13 | OK | 13 | OK | 12 | OK | 12 | OK | 12 | OK | 12 | OK |
| 18 | 4WD(SS) | M10 × 12 | 15 | OK | 15 | OK | 15 | OK | 14 | OK | 14 | OK | 15 | OK | 15 | OK |
| 19 | 4WD(SS) | M10 × 12 | 12 | OK | 12 | OK | 12 | OK | 12 | OK | 12 | OK | 12 | OK | 12 | OK |
| 20 | 4WD(SS) | M10 × 12 | 12 | OK | 12 | OK | 12 | OK | 12 | OK | 12 | OK | 12 | OK | 12 | OK |

2WD : 2Wheel Drive
2WD-Hi : 2Wheel Drive-Hi rider
4WD(ES) : Easy select 4Wheel Drive
4WD(SS) : Super select 4Wheel Drive

พนักงานตรวจวัด คนที่1 .....
พนักงานตรวจวัด คนที่2 .....
พนักงานตรวจวัด คนที่3 .....

ทางทีมงานวิจัยได้ทำการประเมินความสามารถของระบบการวัด ซึ่งจะได้ผลตามตารางที่ 4-2 ดังนี้

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองในการวิเคราะห์ระบบการวัดในปัจจุบันภายในบริษัท

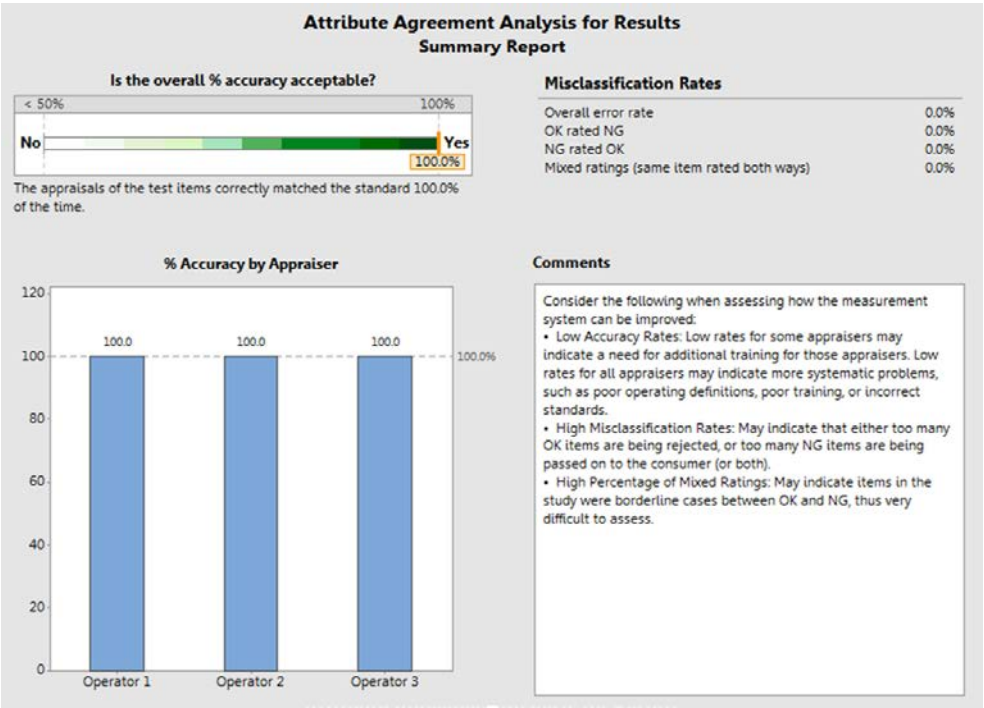
| ตัวอย่างที่ | คุณภาพงานที่แท้จริง | พนักงานคนที่ 1 | | พนักงานคนที่ 2 | | พนักงานคนที่ 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 |
| 1 | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| 2 | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| 3 |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

จากผลการทดลองในการวิเคราะห์ระบบการวัดตามตารางที่ 4-2 นำไปทำการวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัดโดยใช้โปรแกรมมินิแทบ โดยแบ่งเป็นการวิเคราะห์ความเห็นพ้องของระบบการวัด และประสิทธิผลของระบบการวัดได้ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ความเห็นพ้องของระบบการวัด เป็นการวิเคราะห์ความสามารถของพนักงานแต่ละคนและระหว่างคน ซึ่งจะคำนึงถึงความพ้องกันของการวัดเท่านั้น โดยได้กำหนดเกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดไว้ดังนี้

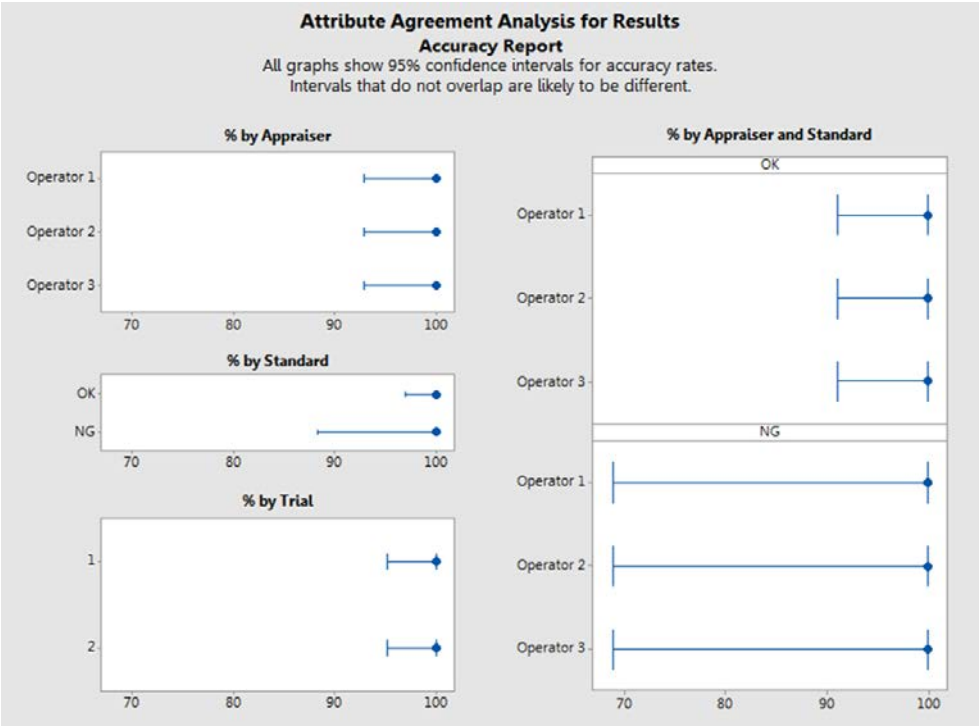
ตารางที่ 4-3 เกณฑ์ของบริษัทกำหนดให้สมรรถนะของระบบการวัด

| ดัชนี | เกณฑ์การยอมรับ |
|---|---|
| % ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ (% Appraiser score) | 90% |
| % ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% Attribute score) | 90% |
| % ประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (% Screen effective score) | 90% |
| % ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ (% Attribute screen effective score) | 90% |




ภาพที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดในภาพรวม โดยโปรแกรมมินิแทบ

จากภาพที่ 4-5 เป็นการประเมินสมรรถนะของระบบการวัดในภาพรวม และได้แสดงว่าระบบการวัดมีความเที่ยงตรงเท่ากับ 100% โดยเกณฑ์ของบริษัทกำหนดให้สมรรถนะของระบบการวัดต้องไม่ต่ำกว่า 90% อัตราการวัดที่ผิดพลาดจากค่าจริงของชิ้นงาน โดยมีอัตราการผิดพลาดรวม (Overall error rate) 0% วัดชิ้นงานดีเป็นชิ้นงานเสีย 0% วัดชิ้นงานเสียเป็นชิ้นงานดี 0% และอัตราการวัดผสม (Mixed ratings) หมายความว่า ในการวัด 1 ชิ้น แสดงผลทั้งดี และเสีย 0% และแสดงเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรง แบ่งตามพนักงานที่ทำการวัดทั้ง 3 คน มีเส้นค่าเฉลี่ยที่ 100%




ภาพที่ 4-6 ผลค่าความเที่ยงตรงในระบบการวัด

จากภาพที่ 4-6 เป็นการแสดงผลค่าเที่ยงตรงในการวัด โดยแสดงค่าที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยแบ่งออกเป็น 4 แผนภูมิ คือ

แผนภูมิเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงแยกตามพนักงานวัด พบว่าความเชื่อมั่นในการวัดของ Operator 1, 2 และ 3 มีค่าอยู่ระหว่าง 92.78-100% แสดงว่าพนักงานทั้ง 3 คน มีความสามารถในการวัดเทียบเท่ากัน

แผนภูมิเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงแยกตามชิ้นงานมาตรฐาน พบว่า มีการตัดสินใจที่ถูกต้องในชิ้นงานดีมากกว่าการตัดสินใจที่ถูกต้องในชิ้นงานเสีย โดยความเที่ยงตรงในการตรวจสอบชิ้นงานดีมีค่าอยู่ระหว่าง 96.92-100% แสดงว่าพนักงานสามารถตรวจสอบชิ้นงาดีได้อย่างถูกต้อง ส่วนความเที่ยงตรงในการตรวจสอบชิ้นงานเสียมีค่าอยู่ระหว่าง 88.26-100% แสดงว่าพนักงานมีโอกาสสูงที่จะตรวจพบปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน

แผนภูมิเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงแยกตามรอบการวัดซ้ำ พบว่า การตัดสินใจของรอบการวัดที่ 1 และรอบการวัดที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 95.12-100% แสดงว่าในการทดลองวิเคราะห์ระบบการวัดนี้สามารถควบคุมความผันแปรในการวัดแต่ละครั้งได้อย่างสม่ำเสมอ

แผนภูมิเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงแยกตามพนักงานวัดเทียบกับชิ้นงานมาตรฐาน พบว่า Operator 1, 2 และ 3 มีการตัดสินใจที่ถูกต้องในชิ้นงานดีเท่ากันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 91.06-100% แสดงว่าพนักงานทั้ง 3 คน มีการตัดสินใจที่ถูกต้องในชิ้นงานดีเทียบเท่ากัน ส่วน Operator 1, 2 และ 3 มีการตัดสินใจที่ถูกต้องในชิ้นงานเสียเท่ากันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 67.75-100% แสดงว่าพนักงานทั้ง 3 คน มีโอกาสสูงที่จะตรวจพบปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน

1.2 การวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัด ซึ่งจะต้องคำนึงถึงคุณภาพที่แท้จริงของชิ้นงานตัวอย่างที่ทำการวัด จากนั้นจึงศึกษาความพ้องกันระหว่างพนักงานแต่ละคนกับมาตรฐาน โดยได้กำหนดเกณฑ์การตัดสินใจของการวิเคราะห์ประสิทธิผล ได้ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 เกณฑ์การตัดสินใจดัชนีแสดงประสิทธิผลจาก AIAG (The Automotive Industry Action Group)

| การตัดสินใจ | $O_E$ | $I_{FA}$ | $I_{MISS}$ |
|---|---|---|---|
| ยอมรับได้ | $\geq$ 90% | $\leq$ 5% | $\leq$ 2% |
| ยอมรับแบบก้ำกึ่ง | $\geq$ 80% | $\leq$ 10% | $\leq$ 5% |
| ไม่สามารถยอมรับได้ | < 80% | > 10% | > 5% |

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4-2 สามารถสรุปความเห็นพ้องกันกับมาตรฐานได้ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการทดลองความเห็นพ้องระหว่างพนักงานกับมาตรฐาน

| พนักงาน คนที่ | ตรวจสอบว่า OK ถูกต้อง | ตรวจสอบว่า NG ถูกต้อง | รวมจำนวนที่ ตรวจสอบถูก | จำนวน การปฏิเสธผิด | จำนวน การยอมรับผิด | รวม |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 32 | 8 | 40 | 0 | 0 | 40 |
| 2 | 32 | 8 | 40 | 0 | 0 | 40 |
| 3 | 32 | 8 | 40 | 0 | 0 | 40 |

สามารถคำนวณค่าดัชนีที่แสดงถึงความมีประสิทธิผลของพนักงานวัดแต่ละคน ได้ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ดัชนีแสดงประสิทธิผลของพนักงานแต่ละคน

| ดัชนี | คะแนนประสิทธิผลของพนักงาน | | |
|---|---|---|---|
| | พนักงานคนที่ 1 | พนักงานคนที่ 2 | พนักงานคนที่ 3 |
| % ของค่าแอตทริบิวต์ | 100% | 100% | 100% |
| Operator effectiveness index : $O_E$ | 100% | 100% | 100% |
| False alarm index : $I_{FA}$ | 0 | 0 | 0 |
| Index of a miss : $I_{MISS}$ | 0 | 0 | 0 |

จากการวิเคราะห์ความสามารถของพนักงานแต่ละคนกับมาตรฐาน สามารถสรุปได้ดังนี้

ดัชนี % คะแนนของค่าแอตทริบิวต์ (% attribute score) พนักงานคนที่ 1, 2 และ 3 มี % คะแนนของค่าแอตทริบิวต์ เท่ากับ 100%

ดัชนีความมีประสิทธิผลของพนักงานแต่ละคน ($O_E$) พนักงานคนที่ 1, 2 และ 3 อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด (IFA) พนักงานคนที่ 1, 2 และ 3 ไม่เกิดข้อบกพร่องประเภทนี้เลย

ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด (IMISS) พนักงานคนที่ 1, 2 และ 3 ไม่เกิดข้อบกพร่องประเภทนี้เลย

โดยดัชนีนี้ควรเกิดขึ้นน้อยที่สุดหรือมีค่าเท่ากับ 0 เนื่องจากส่งผลต่อความเชื่อถือต่อลูกค้าในอนาคต จากผลการประเมินคุณภาพการตรวจสอบด้วยข้อมูลแบบนับ พบว่า พนักงานทั้ง 3 คน มีความสามารถในการตรวจสอบที่ดีอยู่ในเกณฑ์ที่เชื่อถือได้ เนื่องจากระบบการวัดมีความเที่ยงตรงเท่ากับ 100% ซึ่งเกณฑ์ของบริษัทกำหนดให้สมรรถนะของระบบการวัดต้องไม่ต่ำกว่า 90%

2. การประเมินความสามารถของกระบวนการในปัจจุบันโดยใช้ $\bar{X}$-R chart เป็นเครื่องมือทางสถิติเพื่อตรวจสอบว่า คุณภาพการผลิตอยู่ในสภาวะที่ควบคุมได้หรือไม่ โดยจะนำข้อที่บันทึกผลจากการวัดระดับน้ำมันเฟืองท้ายลงในกราฟ เพื่อดูลักษณะกราฟเปรียบเทียบกับเส้นขอบเขตบน (UCL: Upper control limit) และเส้นขอบเขตล่าง (LCL: Lower control limit) ซึ่งขั้นตอนนี้จะมีไว้เพื่อดูอัตราของปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายเพียงพอตามมาตรฐานกำหนด และวิเคราะห์ข้อมูลโดยทำการเก็บข้อมูลจากการวัดระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย จำนวน 3 รุ่น (โดยขนาดน็อตที่ยึดชุดเฟืองท้าย มีขนาด M8 x 10, M10 x 10 และ M10 x 12) จำนวนรุ่นละ 20 ชุดข้อมูล ชุดข้อมูลละ 10 ตัวอย่าง โดยทีมงานวิจัยได้มีการสุ่มรถยนต์วันละ 10 คัน ระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำการตรวจสอบสภาพปัจจุบันของรถรถที่ผลิตในช่วงเดือนพฤษภาคม 2559 โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ ทางทีมงานวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล ซึ่งจะได้ผลดังตารางที่ 4-7, 4-8 และ 4-9 ดังนี้

ตารางที่ 4-7 การเก็บข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M8 x 10

| ชุดข้อมูล | จำนวน สุ่มตัวอย่าง | ค่ามาตรฐาน (มิลลิเมตร) | ค่าเฉลี่ย X-bar (มิลลิเมตร) | ค่าพิสัย R-Chart (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.30 | 6.00 |
| 2 | 10 | 0.0 – 8.0 | 5.00 | 6.00 |
| 3 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.90 | 5.00 |
| 4 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.00 | 5.00 |
| 5 | 10 | 0.0 – 8.0 | 5.00 | 4.00 |
| 6 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.30 | 3.00 |
| 7 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.30 | 4.00 |
| 8 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.90 | 4.00 |
| 9 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.60 | 4.00 |
| 10 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.90 | 4.00 |
| 11 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.80 | 4.00 |
| 12 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.50 | 6.00 |
| 13 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.30 | 4.00 |
| 14 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.90 | 4.00 |
| 15 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.40 | 6.00 |
| 16 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.80 | 5.00 |
| 17 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.50 | 5.00 |
| 18 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.90 | 3.00 |
| 19 | 10 | 0.0 – 8.0 | 5.40 | 6.00 |
| 20 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.90 | 5.00 |
| | | ค่าเฉลี่ย | 4.53 | 4.65 |

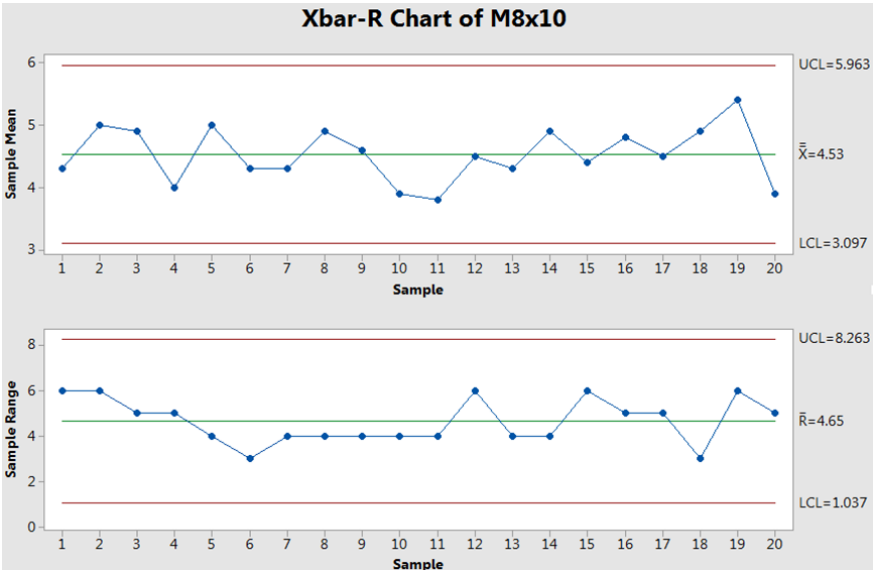
ตารางที่ 4-8 การเก็บข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M10 x 10

| ชุดข้อมูล | จำนวน สุ่มตัวอย่าง | ค่ามาตรฐาน (มิลลิเมตร) | ค่าเฉลี่ย X-bar (มิลลิเมตร) | ค่าพิสัย R-Chart (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 0.0 – 20.0 | 11.80 | 9.00 |
| 2 | 10 | 0.0 – 20.0 | 12.60 | 7.00 |
| 3 | 10 | 0.0 – 20.0 | 11.50 | 6.00 |
| 4 | 10 | 0.0 – 20.0 | 12.10 | 5.00 |
| 5 | 10 | 0.0 – 20.0 | 13.30 | 5.00 |
| 6 | 10 | 0.0 – 20.0 | 11.90 | 7.00 |
| 7 | 10 | 0.0 – 20.0 | 12.80 | 5.00 |
| 8 | 10 | 0.0 – 20.0 | 11.50 | 8.00 |
| 9 | 10 | 0.0 – 20.0 | 13.00 | 6.00 |
| 10 | 10 | 0.0 – 20.0 | 12.20 | 7.00 |
| 11 | 10 | 0.0 – 20.0 | 12.30 | 4.00 |
| 12 | 10 | 0.0 – 20.0 | 13.60 | 7.00 |
| 13 | 10 | 0.0 – 20.0 | 12.10 | 6.00 |
| 14 | 10 | 0.0 – 20.0 | 13.80 | 9.00 |
| 15 | 10 | 0.0 – 20.0 | 11.80 | 5.00 |
| 16 | 10 | 0.0 – 20.0 | 12.00 | 5.00 |
| 17 | 10 | 0.0 – 20.0 | 12.70 | 5.00 |
| 18 | 10 | 0.0 – 20.0 | 12.00 | 4.00 |
| 19 | 10 | 0.0 – 20.0 | 13.30 | 5.00 |
| 20 | 10 | 0.0 – 20.0 | 12.00 | 6.00 |
| | | ค่าเฉลี่ย | 12.42 | 6.05 |

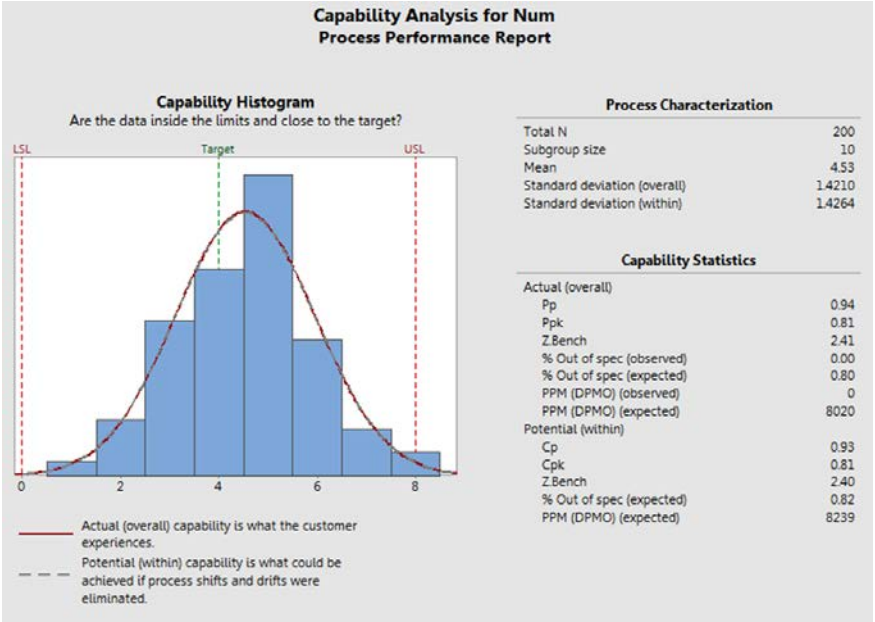
ตารางที่ 4-9 การเก็บข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M10 x 12

| ชุดข้อมูล | จำนวน สุ่มตัวอย่าง | ค่ามาตรฐาน (มิลลิเมตร) | ค่าเฉลี่ย X-bar (มิลลิเมตร) | ค่าพิสัย R-Chart (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 0.0 – 30.0 | 16.70 | 7.00 |
| 2 | 10 | 0.0 – 30.0 | 13.50 | 13.00 |
| 3 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.60 | 13.00 |
| 4 | 10 | 0.0 – 30.0 | 16.50 | 12.00 |
| 5 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.70 | 11.00 |
| 6 | 10 | 0.0 – 30.0 | 13.30 | 9.00 |
| 7 | 10 | 0.0 – 30.0 | 16.40 | 10.00 |
| 8 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.40 | 7.00 |
| 9 | 10 | 0.0 – 30.0 | 16.60 | 13.00 |
| 10 | 10 | 0.0 – 30.0 | 17.10 | 11.00 |
| 11 | 10 | 0.0 – 30.0 | 16.20 | 13.00 |
| 12 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.70 | 9.00 |
| 13 | 10 | 0.0 – 30.0 | 17.30 | 7.00 |
| 14 | 10 | 0.0 – 30.0 | 17.00 | 9.00 |
| 15 | 10 | 0.0 – 30.0 | 18.70 | 16.00 |
| 16 | 10 | 0.0 – 30.0 | 16.00 | 8.00 |
| 17 | 10 | 0.0 – 30.0 | 13.40 | 5.00 |
| 18 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.50 | 10.00 |
| 19 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.40 | 10.00 |
| 20 | 10 | 0.0 – 30.0 | 16.00 | 11.00 |
| | | ค่าเฉลี่ย | 15.85 | 10.20 |

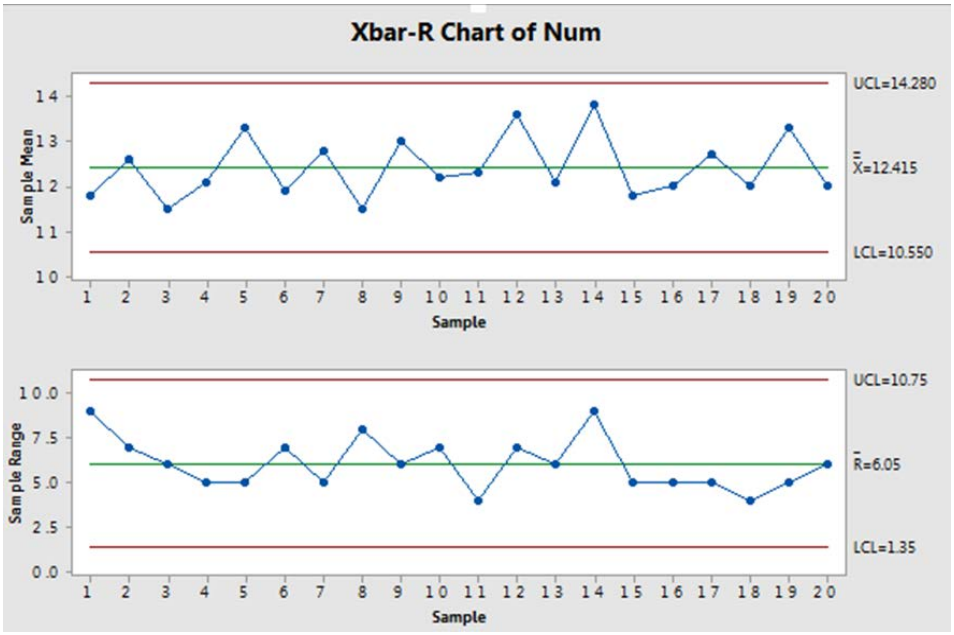
จากผลการเก็บข้อมูลปัญหาระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ตามตารางที่ 4-7, 4-8 และ 4-9 นำไปทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ ได้ผลดังภาพที่ 4-7, 4-8, 4-9, 4-10, 4-11 และ4-12



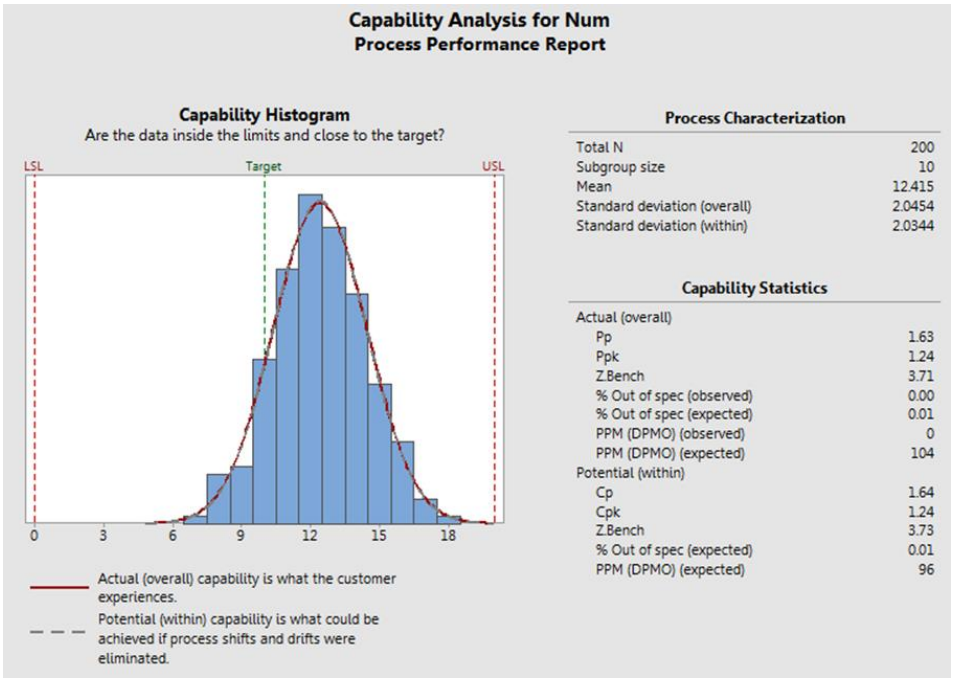

ภาพที่ 4-7 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M8 x 10



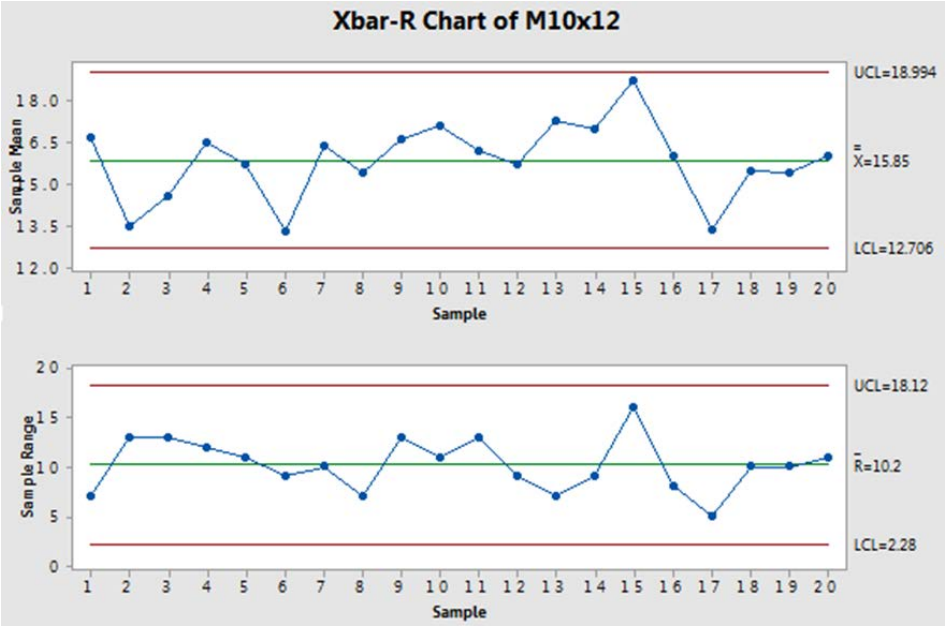

ภาพที่ 4-8 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M8 x 10



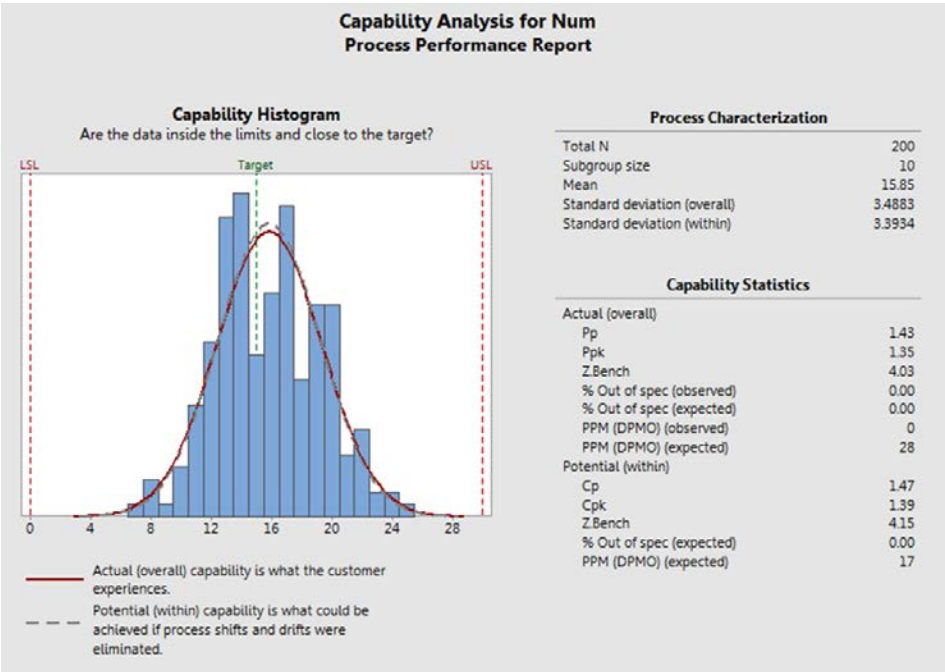

ภาพที่ 4-9 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M10 x 10




ภาพที่ 4-10 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M10x10




ภาพที่ 4-11 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M10 x 12




ภาพที่ 4-12 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ยึดเฟืองท้าย M10 x 12

จากภาพที่ 4-8, 4-9 และ 4-10 ความสามารถของกระบวนการปัจจุบันอยู่ในค่าควบคุม $\bar{X}$-R chart ตามค่ามาตรฐานระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายทุกรุ่น กล่าวคือ สภาวะการผลิตในปัจจุบันอยู่ในมาตรฐานการเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย คือ ความผันแปรของระดับน้ำมัน เกิดจากสาเหตุตามธรรมชาติหรือความคาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นตามปกติเท่านั้น

ภาพที่ 4-10, 4-11 และ 4-12 ความสามารถของกระบวนการปัจจุบัน จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมมินิแทบ สามารถสรุปค่า $C_{pk,}$ ของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ได้ดังนี้

ชุดเฟืองท้ายที่ขนาดน็อตยึดชุดเฟืองท้าย M8 x 10 มีค่า $C_{pk} = 0.81$

ชุดเฟืองท้ายที่ขนาดน็อตยึดชุดเฟืองท้าย M10 x1 0 มีค่า $C_{pk} = 1.24$

ชุดเฟืองท้ายที่ขนาดน็อตยึดชุดเฟืองท้าย M10 x 12 มีค่า $C_{pk} = 1.39$

โดยทั่วไปแนวทางการประเมินค่า $C_{pk}$ มีดังนี้

$C_{pk} < 1$ กระบวนการมีขีดความสามารถที่ไม่ดี ควรได้รับการปรับปรุง

$C_{pk} > 1.33$ กระบวนการมีขีดความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

$C_{pk} > 2$ คุณภาพระดับ World class quality หรือ Six Sigma quality

สรุปผลการดำเนินงานในส่วนของขั้นตอนการวัด

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในส่วนของขั้นตอนการดำเนินงานตั้งแต่การวิเคราะห์ระบบการวัด มาจนถึงการประเมินความสามารถของกระบวนการปัจจุบันด้วย $\bar{X}$-R chart พบว่าระบบการวัด ภายในบริษัทกรณีศึกษามีความเที่ยงตรงน่าเชื่อถือ และส่วนความสามารถการผลิตของกระบวนการปัจจุบันอยู่ในค่าควบคุม $\bar{X}$-R chart และค่า $C_{pk}$ ของกระบวนการปัจจุบัน โดยรุ่นขนาดน็อตที่ยึดชุดเฟืองท้ายที่ขนาด M10 x 12 มีค่า $C_{pk} > 1$ หมายถึง กระบวนการมีขีดความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดี อยู่ในค่ามาตรฐานระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายทุกรุ่น และในรุ่นขนาดน็อตที่ยึดชุดเฟืองท้ายที่ขนาด M10 x 10 มีค่า $1 < C_{pk} < 1.33$ หมายถึง ยอมรับได้กระบวนการมีขีดความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดี กระบวนการนั้นมีความจำกัดด้านเทคโนโลยี แต่ในรุ่นขนาดน็อตที่ยึดชุดเฟืองท้ายที่ ขนาด M8 x 10 มีค่า $C_{pk} < 1$ หมายถึง กระบวนการมีขีดความสามารถ ที่ไม่ดี ควรได้รับการปรับปรุง และเมื่อทีมงานได้เทียบกับที่ลูกค้าร้องเรียนพบว่าตรงกับรุ่นที่มีขนาดน็อตที่ยึดชุดเฟืองท้ายที่ ขนาด M8 x 10

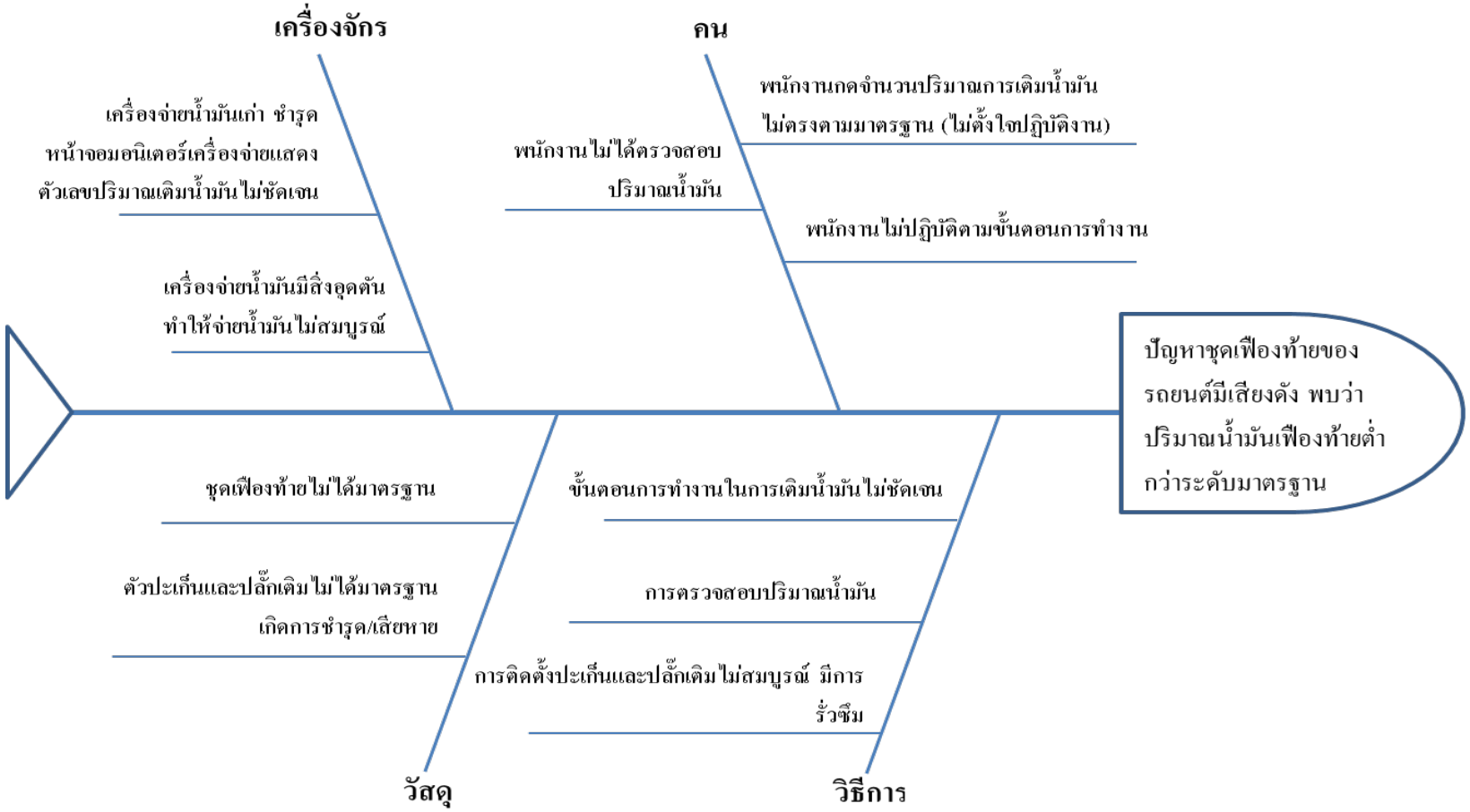
**ขั้นตอนการวิเคราะห์ (ANALYSIS PHASE)**

หลังจากที่ทราบถึงลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นแล้ว ทางทีมงานจึงทำการรวบรวมข้อมูลแล้วมาปรึกษากับแผนกที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทราบถึงลักษณะของปัญหา จากนั้นทำการระดมสมองจากทีมงานโดยใช้เครื่องมือผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect diagram)

ในขั้นตอนการระดมสมองนี้ ทางทีมงานได้ทำการจำแนกประเภทของสาเหตุหลักออกเป็น 4 ประเภท คือ สาเหตุที่มาจากพนักงาน (Man) สาเหตุที่มาจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machine) สาเหตุที่มาจากวิธีการทำงาน (Method) สาเหตุที่มาจากวัสดุ (Material) ซึ่งข้อมูลที่ได้มาจากการระดมสมองนี้ได้ทำการรวบรวมมาจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ไม่ว่าจะเป็น วิศวกร หัวหน้างาน พนักงานหน้างาน และในการระดมสมองนี้ได้ทำการรวบรวมความคิดเห็นทั้งหมดโดยไม่จำกัดจำนวนและความคิด เพื่อป้องกันการตกหล่นของสาเหตุที่แท้จริง หลังจากนั้นจึงนำความคิดเห็นทั้งหมด มาทำการจัดแยกเป็นแต่ละประเภท เพื่อนำมาสร้างผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล ดังตารางที่ 4-10 เพื่อที่จะให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย

ตารางที่ 4-10 รายละเอียดของสาเหตุหลัก

| สาเหตุหลัก | หัวข้อ |
|---|---|
| คน | พนักงานกดจำนวนปริมาณการเติมน้ำมันไม่ตรงตามมาตรฐาน (ไม่ตั้งใจปฏิบัติงาน) |
| | พนักงานไม่ได้ตรวจสอบปริมาณน้ำมัน |
| | พนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน |
| เครื่องจักร | เครื่องจ่ายน้ำมันเก่า ชำรุด หน้าจอมอนิเตอร์เครื่องจ่ายแสดงตัวเลขปริมาณเติมน้ำมันไม่ชัดเจน |
| | เครื่องจ่ายน้ำมันมีสิ่งอุดตัน ทำให้จ่ายน้ำมันไม่สมบูรณ์ |
| | หน้าจอมอนิเตอร์เครื่องจ่ายแสดงตัวเลขปริมาณเติมน้ำมันไม่ชัดเจน |
| วิธีการ | ขั้นตอนการทำงานในการเติมน้ำมันไม่ชัดเจน |
| | การตรวจสอบปริมาณน้ำมัน |
| | การติดตั้งปะเก็นและปลั๊กเติมไม่สมบูรณ์ มีการรั่วซึม |
| วัสดุ | ชุดเฟืองท้ายไม่ได้มาตรฐาน |
| | ตัวปะเก็นและปลั๊กเติมไม่ได้มาตรฐาน เกิดการชำรุด/ เสียหาย |




ภาพที่ 4-14 แผนผังการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเหตุและผล

การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA)

จากผลการวิเคราะห์ผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect diagram) ต่อมานำสาเหตุที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ Failure mode and Effective analysis (FMEA) เพื่อกรองหาสาเหตุที่คาดว่าน่าจะส่งผลต่อปัญหามาทำการปรับปรุงแก้ไข ดังตารางที่ 4-11โดยระบุข้อบกพร่องที่อาจเป็นไปได้ ที่ได้มาจากการวิเคราะห์ Cause and Effect diagram แล้วทำการประเมินอัตราความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้น (Severity) และโอกาสในการเกิดความผิดพลาด (Occurrence) และความสามารถในการป้องกันความผิดพลาด (Detection) โดยการประเมินตัวเลขระดับความเสี่ยง RPN (Risk priority number) ให้กับแต่ละปัญหา

ตารางที่ 4-11 การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA)

| ปัจจัยที่คิดว่าส่งผลให้เกิดปัญหา | Severity | Occurrence | Detection | RPN |
|---|---|---|---|---|
| พนักงานกดจำนวนปริมาณการเติมน้ำมันผิดพลาด (ไม่ตั้งใจปฏิบัติงาน) | 4 | 8 | 8 | 256 |
| พนักงานไม่ได้ตรวจสอบปริมาณน้ำมัน | 4 | 6 | 8 | 192 |
| พนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน | 4 | 6 | 8 | 192 |
| เครื่องจ่ายน้ำมันเก่า ชำรุด หน้าจอมอนิเตอร์เครื่องจ่ายแสดงตัวเลขปริมาณเติมน้ำมันไม่ชัดเจน | 4 | 3 | 2 | 6 |
| เครื่องจ่ายน้ำมันมีสิ่งอุดตัน ทำให้จ่ายน้ำมันไม่สมบูรณ์ | 4 | 3 | 2 | 24 |
| ขั้นตอนการทำงานในการเติมน้ำมันไม่ชัดเจน | 4 | 2 | 2 | 16 |
| ขั้นการตรวจสอบปริมาณน้ำมัน | 4 | 2 | 2 | 16 |
| การติดตั้งปะเก็นและปลั๊กเติม ไม่สมบูรณ์ (มีการรั่วซึม) | 4 | 3 | 2 | 24 |
| ชุดเฟืองท้ายไม่ได้มาตรฐาน | 4 | 1 | 2 | 8 |
| ตัวปะเก็นและปลั๊กเติมไม่ได้มาตรฐาน เกิดการชำรุด/ เสียหาย | 4 | 1 | 2 | 8 |

ตารางที่ 4-12 รายละเอียดการให้คะแนนค่าความเสี่ยง (RPN)

| ปัจจัยที่คิดว่าส่งผลให้เกิดปัญหา | การให้คะแนนค่าความเสี่ยง (RPN) |
|---|---|
| พนักงานกดจำนวนปริมาณการเติมน้ำมันผิดพลาด (ไม่ตั้งใจปฏิบัติงาน) | ส่งผลให้มีเสียงดังทำให้ลูกค้าเกิดความรำคาญไม่พึงพอใจ (S = 4) ซึ่งมีโอกาสที่ทำให้เกิดปริมาณการเติมน้ำมันไม่ตรงตามมาตรฐานสูง (O = 8) ซึ่งการAudit โดยการสุ่มตรวจ Squeak & Rattle noise การสุ่มตรวจระดับปริมาณน้ำมันเฟื่องท้ายไม่สามารถตรวจสอบได้ทุกคัน (D = 8) |
| พนักงานไม่ได้ตรวจสอบปริมาณน้ำมัน | อาจทำให้ปัญหาหลุดไปถึงลูกค้า (S = 4) ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้เกิดปริมาณการเติมน้ำมันไม่ตรงตามมาตรฐานระดับปานกลาง (O = 6) ซึ่งการAudit โดยการสุ่มตรวจ Squeak & Rattle noise การสุ่มตรวจระดับปริมาณน้ำมันเฟื่องท้ายไม่สามารถตรวจสอบได้ทุกคัน (D = 8) |
| พนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน | อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการเติมน้ำมัน (S = 4) ซึ่งมีโอกาสที่ทำให้เกิดปริมาณการเติมน้ำมันไม่ตรงตามมาตรฐานระดับปานกลาง (O = 6) ซึ่งการAudit โดยการสุ่มตรวจ Squeak & Rattle noise การสุ่มตรวจระดับปริมาณน้ำมันเฟื่องท้ายไม่สามารถตรวจสอบได้ทุกคัน (D = 8) |
| เครื่องจ่ายน้ำมันเก่าชำรุด หน้าจอมอนิเตอร์เครื่องจ่ายแสดงตัวเลขปริมาณเติมน้ำมันไม่ชัดเจน | อาจทำให้กดจำนวนปริมาณการเติมน้ำมันผิดพลาด (S = 4) ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้เกิดปริมาณการเติมน้ำมันไม่ตรงตามมาตรฐานระดับต่ำ (O = 3) มีระบบในการตรวจจับความบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยหัวหน้างานก่อนเริ่มงาน (D =2 ) |
| เครื่องจ่ายน้ำมันมีสิ่งอุดตัน ทำให้จ่ายน้ำมันไม่สมบูรณ์ | อาจทำให้การจ่ายน้ำมันผิดพลาด (S = 4) ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้เกิดปริมาณการเติมน้ำมันไม่ตรงตามมาตรฐานระดับต่ำ (O = 3) ระบบในการตรวจจับความบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยหัวหน้างานก่อนเริ่มงาน (D = 2) |

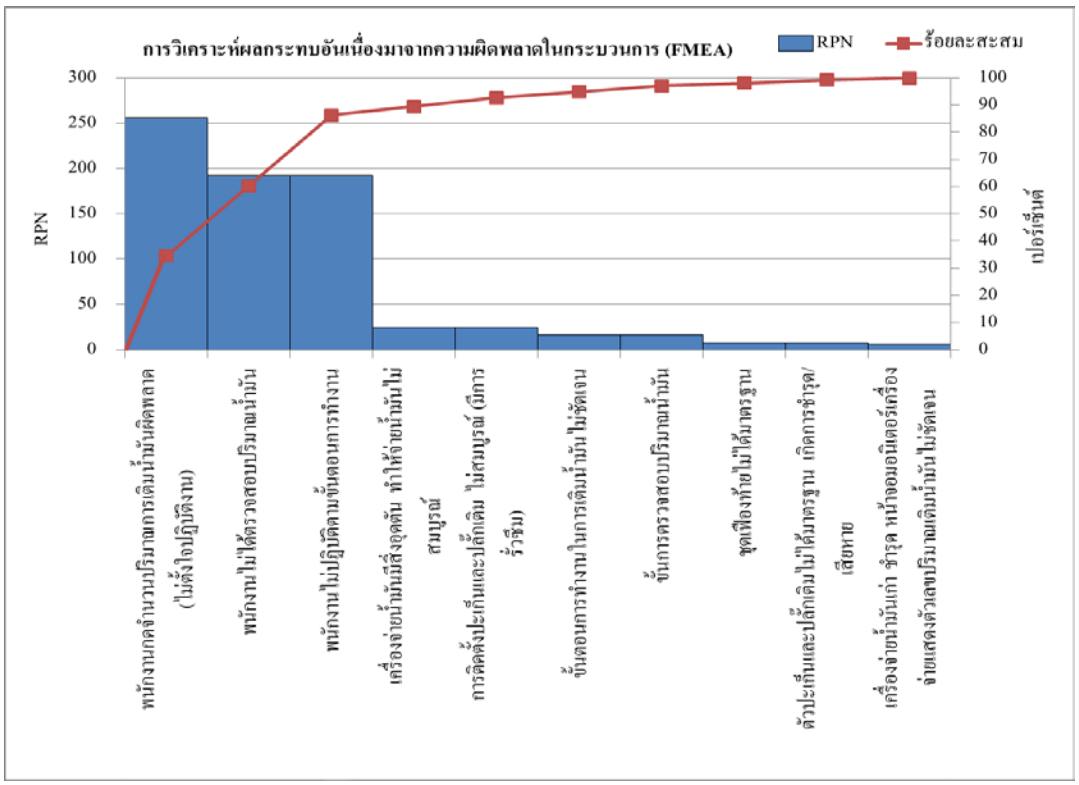
ตารางที่ 4-12 (ต่อ)

| ปัจจัยที่คิดว่าส่งผลให้เกิดปัญหา | การให้คะแนนค่าความเสี่ยง (RPN) |
|---|---|
| ขั้นตอนการทำงานในการเติมน้ำมันไม่ชัดเจน | อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการเติมน้ำมัน (S = 4) ซึ่งมีโอกาสที่ทำให้เกิดปริมาณการเติมน้ำมันไม่ตรงตามมาตรฐานระดับต่ำ (O = 2) และหัวหน้างานมีการตรวจงาน และให้คำแนะนำกับทีมงานอย่างสม่ำเสมอ (D = 2) |
| ขั้นการตรวจสอบปริมาณน้ำมัน | อาจทำให้ปัญหาหลุดไปถึงลูกค้า (S = 4) ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้เกิดปริมาณการเติมน้ำมันไม่ตรงตามมาตรฐานระดับต่ำ (O = 2) และหัวหน้างานมีการตรวจงาน และให้คำแนะนำกับทีมงานอย่างสม่ำเสมอ (D = 2) |
| การติดตั้งปะเก็นและปลั๊กเติม ไม่สมบูรณ์ (มีการรั่วซึม) | อาจทำให้เกิดปัญหาน้ำมันมีการรั่วซึม (S = 4) ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้เกิดปริมาณการเติมน้ำมันไม่ตรงตามมาตรฐานระดับปานต่ำ (O = 3) และหัวหน้างานมีการตรวจงาน และให้คำแนะนำกับทีมงานอย่างสม่ำเสมอ (D = 2) |
| ชุดเฟืองท้ายไม่ได้มาตรฐาน | ส่งผลให้มีเสียงดังทำให้ลูกค้าเกิดความรำคาญไม่พึงพอใจ (S = 4) ผู้ผลิตชุดเฟืองท้ายมีการจำกัดโดยการป้องกันและควบคุม ซึ่งโอกาสต่ำมาก (O = 1) ระบบในการตรวจจับความบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยผู้ผลิตชุดเฟืองท้ายก่อนส่งมอบงาน (D = 2) |
| ตัวปะเก็นและปลั๊กเติมไม่ได้มาตรฐาน เกิดการชำรุด/ เสียหาย | อาจทำให้เกิดปัญหาน้ำมันมีการรั่วซึม (S = 4) ผู้ผลิตชุดเฟืองท้ายมีการจำกัดโดยการป้องกันและควบคุม ซึ่งโอกาสต่ำมาก (O = 1) ) ระบบในการตรวจจับความบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยผู้ผลิตชุดเฟืองท้ายก่อนส่งมอบงาน (D = 2) |

จากการวิเคราะห์ FMEA จะเห็นว่าค่า RPN ของแนวโน้มของสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสูงสุดตามหลักการของพาเรโตดังภาพที่ 4-14 คือ

1. พนักงานกดจำนวนปริมาณการเติมน้ำมันผิดพลาด (ไม่ตั้งใจปฏิบัติงาน) = 256
2. พนักงานไม่ได้ตรวจสอบปริมาณน้ำมัน = 192
3. พนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน = 192

เนื่องจากพนักงานไม่ได้ตรวจสอบปริมาณน้ำมัน เป็นการที่พนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน ดังนั้นทางทีมงานจึงรวมเป็นหัวข้อเดียว



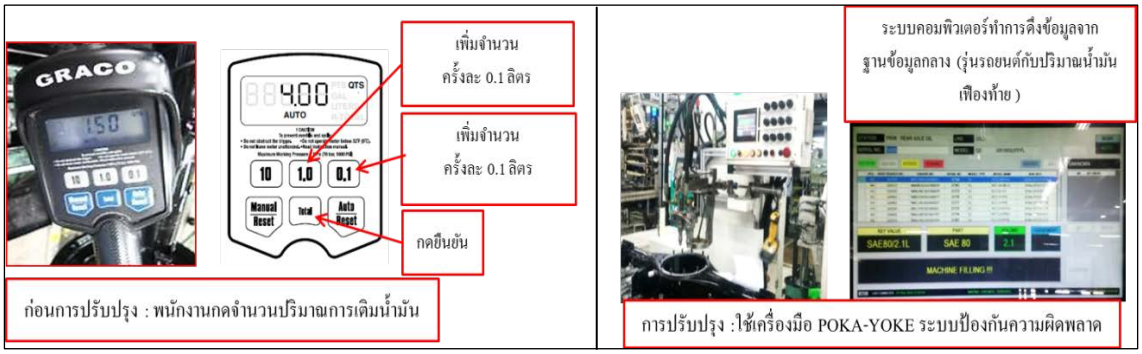

ภาพที่ 4-14 แผนภาพพาเรโตแสดงสาเหตุของปัญหาที่มีความสำคัญ

สรุปผลการดำเนินงานในส่วนของขั้นตอนการวิเคราะห์

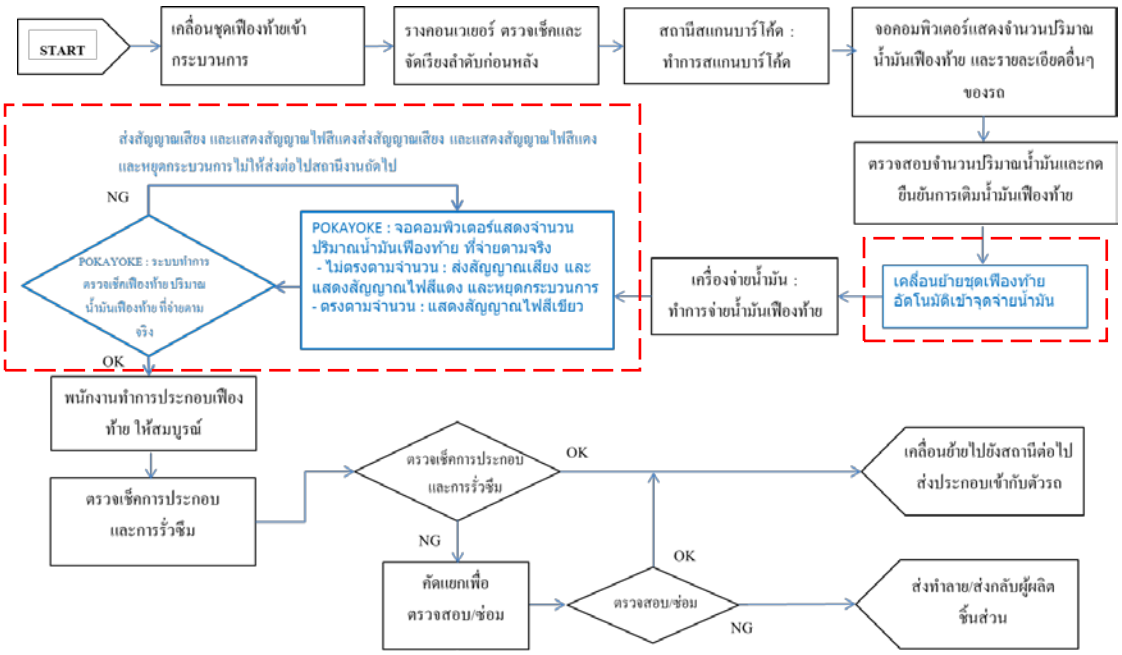
จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในส่วนของขั้นตอนการดำเนินงานโดยใช้เครื่องมือผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect diagram) และการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) วัตถุประสงค์หลักของขั้นตอนนี้ คือ หาสาเหตุที่มีความสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษา โดยที่สาเหตุหลักที่ได้ทำการเลือก คือ พนักงานกดจำนวนปริมาณการเติมน้ำมันผิดพลาด (ไม่ตั้งใจปฏิบัติงาน) และพนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากคน (Man)

## ขั้นตอนการปรับปรุง (IMPROVE PHASE)

นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ว่าแต่ละปัจจัยส่งผลต่อปัญหานี้อย่างไร เพื่อหาวิธีการปรับปรุงที่เหมาะสม โดยที่สาเหตุหลักที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ พนักงานกดจำนวนปริมาณการเติมน้ำมันผิดพลาด (ไม่ตั้งใจปฏิบัติงาน) และพนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากคน (Man) จากนั้นระดมสมองจากทีมงาน (Brainstorming) เพื่อหาวิธีการปรับปรุง เนื่องจากก่อนการปรับปรุง พนักงานต้องกดจำนวนปริมาณการเติมน้ำมันให้ตรงตามจำนวนของแต่ละรุ่นเทียบกับใบงานของรถยนต์ทุกครั้ง อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการเติมน้ำมัน ถึงแม้ว่าจะมีอบรมการทำงาน ใบควบคุมขั้นการทำงานและตรวจสอบปริมาณน้ำมัน แต่ก็ไม่สามารถควบคุมได้ 100% เนื่องมีจากการทดแทนงานในกรณีที่พนักงานประจำจุดขาดหรือลาพักร้อน ความเมื่อยล้าของพนักงาน การข้ามขั้นตอนการทำงาน โดยทีมงานได้ข้อสรุป คือ ใช้เครื่องมือ POKA-YOKE ระบบป้องกันความผิดพลาด ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งทางด้านปรับปรุงคุณภาพและมุ่งมั่นสู่ของเสียเป็นศูนย์ (Zero defect) หรือที่เรียกกันเป็นที่แพร่หลายว่า ระบบป้องกันความผิดพลาดจากการพลั้งเผลอหรือใช้คำว่า Error proofing ซึ่งระบบ POKA-YOKE นี้ ควบคุมให้งานในกระบวนการมีความถูกต้องมากที่สุด ก่อนที่จะสามารถผ่านไปสู่กระบวนการต่อไป ถ้าเราออกแบบให้ดีตั้งแต่ต้นปัญหาต่าง ๆ เช่น ของเสีย หรือปัญหาที่เกิดจากคนก็จะหมดไปทำให้ประหยัดค่าอบรมซ้ำ ๆ และค่าความเสียหายที่เกิดจากของเสียในกระบวนการที่เกิดจากความผิดพลาดโดยคน ซึ่งไม่สามารถควบคุมให้ได้ 100% ดังภาพที่ 4-15 และภาพที่ 4-16

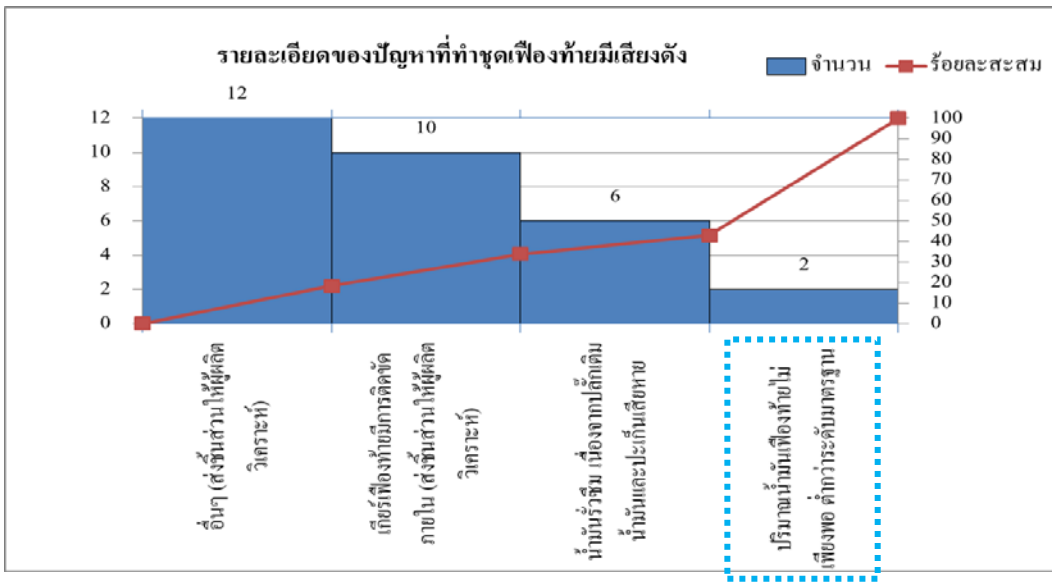



ภาพที่ 4-15 การเติมน้ำมันเฟืองท้ายของรถยนต์ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงโดยระบบป้องกันความผิดพลาด




ภาพที่ 4-16 กระบวนการไหลสถานีเติมน้ำมันเฟืองท้ายของรถยนต์ หลังการปรับปรุงโดยระบบป้องกันความผิดพลาด

หลังจากที่ทีมงานได้ทำการปรับปรุงโดยใช้เครื่องมือ POKA-YOKE ระบบป้องกันความผิดพลาดในกระบวนการเติมน้ำมันเฟืองท้ายของรถยนต์ ตั้งแต่ในเดือนตุลาคม 2559 ทางทีมงานได้ทำการดึงข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้าในเรื่องปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง ในรถกระบะและรถอเนกประสงค์ประเภท PPV (Pick-Up passenger vehicle) จากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า ช่วงระหว่างการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง คือ ในเดือนเมษายน 2559 ถึง เดือนเมษายน 2560 พบข้อมูลการเรียกร้อง 30 คัน เมื่อนำรายละเอียดข้อมูลที่ได้รับจากข้อร้องเรียนของลูกค้าจากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า มาจัดเรียงตามลักษณะปัญหา จะพบว่าปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง มีจำนวนรถยนต์ที่ทำให้มีปัญหาเสียงดังแบ่งย่อยได้ดังภาพที่ 4-17 และข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้าในเรื่องปัญหาชุดเฟืองท้ายปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน ตารางที่ 4-13




ภาพที่ 4-17 ลำดับของปัญหาที่ทำให้มีเสียงดังที่เฟืองท้ายของรถยนต์จากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า ในเดือน เมษายน 2559 ถึง เดือนเมษายน 2560

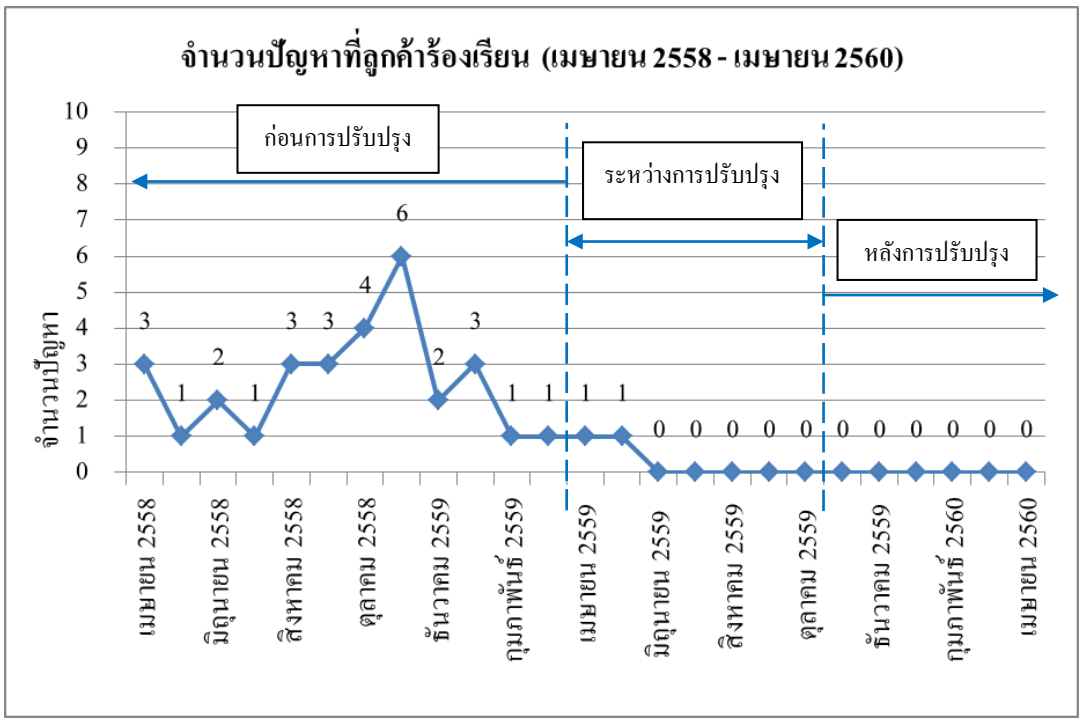
ตารางที่ 4-13 จำนวนปัญหาเฟืองท้ายปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐานที่ลูกค้าร้องเรียนจากฐานข้อมูล ช่วงก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงในเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนเมษายน 2560

| เดือน | จำนวนรถที่ลูกค้าร้องเรียน (คัน) |
|---|---|
| ก่อนการปรับปรุง | |
| เมษายน 2558 | 3 |
| พฤษภาคม 2558 | 1 |
| มิถุนายน 2558 | 2 |
| กรกฎาคม 2558 | 1 |
| สิงหาคม 2558 | 3 |
| กันยายน 2558 | 3 |
| ตุลาคม 2558 | 4 |
| พฤศจิกายน 2558 | 6 |
| ธันวาคม 2558 | 2 |
| มกราคม 2559 | 3 |

ตารางที่ 4-13 (ต่อ)

| เดือน | จำนวนรถที่ลูกค้าร้องเรียน (คัน) |
|---|---|
| กุมภาพันธ์ 2559 | 1 |
| มีนาคม 2559 | 1 |
| ช่วงวิเคราะห์ปัญหาและระหว่างการปรับปรุง | |
| เมษายน 2559 | 1 |
| พฤษภาคม 2559 | 1 |
| มิถุนายน 2559 | 0 |
| กรกฎาคม 2559 | 0 |
| สิงหาคม 2559 | 0 |
| กันยายน 2559 | 0 |
| ตุลาคม 2559 | 0 |
| หลังการปรับปรุงใช้เครื่องมือ POKA-YOKE ระบบป้องกันความผิดพลาด | |
| พฤศจิกายน 2559 | 0 |
| ธันวาคม 2559 | 0 |
| มกราคม 2560 | 0 |
| กุมภาพันธ์ 2560 | 0 |
| มีนาคม 2560 | 0 |
| เมษายน 2560 | 0 |
| รวม | 2 |

หลังจากทางทีมงานได้ทำการดึงข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้าในเรื่องปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง จากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน ช่วงเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนเมษายน 2560 พบว่าระหว่างการปรับปรุง (เมษายน 2559-ตุลาคม 2559) พบ 2 คัน จากข้อร้องเรียนจากลูกค้า และหลังทำการปรับปรุง (พฤศจิกายน2559-เมษายน 2560) ไม่พบข้อร้องเรียนจากลูกค้า ดังภาพที่ 4-18

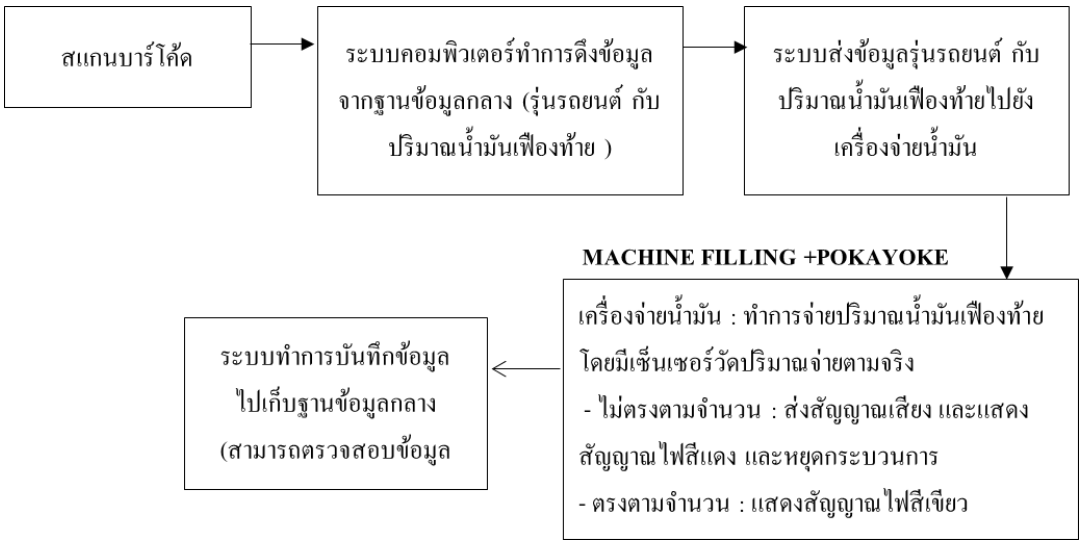



ภาพที่ 4-18 จำนวนปัญหาชุดเฟืองท้ายปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน ที่ลูกค้าร้องเรียนจากฐานข้อมูล ช่วงก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงในเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนเมษายน 2560

## ขั้นตอนการควบคุม (CONTROL PHASE)

ในขั้นตอนการควบคุมเพื่อรักษาสภาพหลังการปรับปรุงทั้งในกระบวนการเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย มีการควบคุมดังต่อไปนี้

1. การควบคุมการทำงานโดยใช้เครื่องมือ POKA-YOKE ของระบบป้องกันความผิดพลาดในกระบวนการเติมน้ำมันเฟืองท้ายของรถยนต์ โดยระบบคอมพิวเตอร์ทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลกลาง (รุ่นรถยนต์ กับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย) เครื่องจ่ายน้ำมันจะทำการจ่ายปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายโดยมีเซ็นเซอร์วัดปริมาณจ่ายตามจริง และระบบทำการตรวจสอบปริมาณจ่ายตามจริงกับข้อมูลปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายของรถยนต์คันนั้น ถ้าข้อมูลปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายตรงตามจำนวน เครื่องจะแสดงสัญญาณไฟสีเขียว และส่งต่อในกระบวนการต่อไป ในกรณีไม่ตรงตามจำนวน เครื่องจะส่งสัญญาณเสียง และแสดงสัญญาณไฟสีแดง และหยุดกระบวนการ โดยระบบคอมพิวเตอร์จะทำการบันทึกข้อมูลไปเก็บฐานข้อมูลกลางและสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้ ดังภาพที่ 4-19



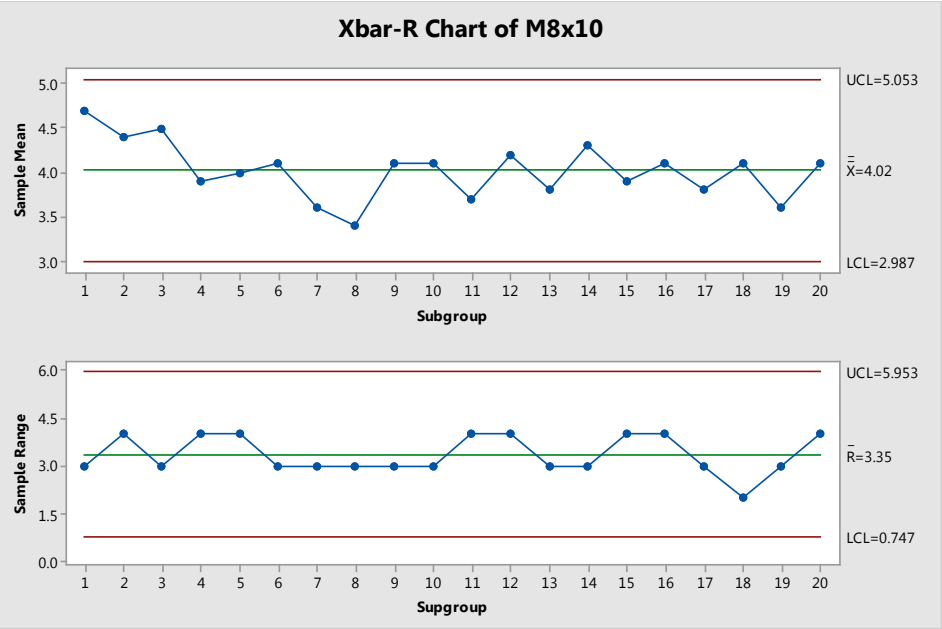

ภาพที่ 4-19 หลักการทำงานของระบบป้องกันความผิดพลาดในกระบวนการเติมน้ำมันเฟืองท้าย ของรถยนต์

2. ทางทีมงานได้ใช้ Check sheet เพื่อเฝ้าติดตามเครื่องจ่ายปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย โดยการตรวจปริมาณจ่ายตามจริง จากเครื่องจ่ายและทำการบันทึกข้อมูล ก่อนเริ่มกระบวนการผลิตในแต่ละวัน (4 ครั้งต่อวัน โดยก่อนเริ่มงานช่วงเช้าและบ่าย ทั้งกะกลางวันและกะกลางคืน )

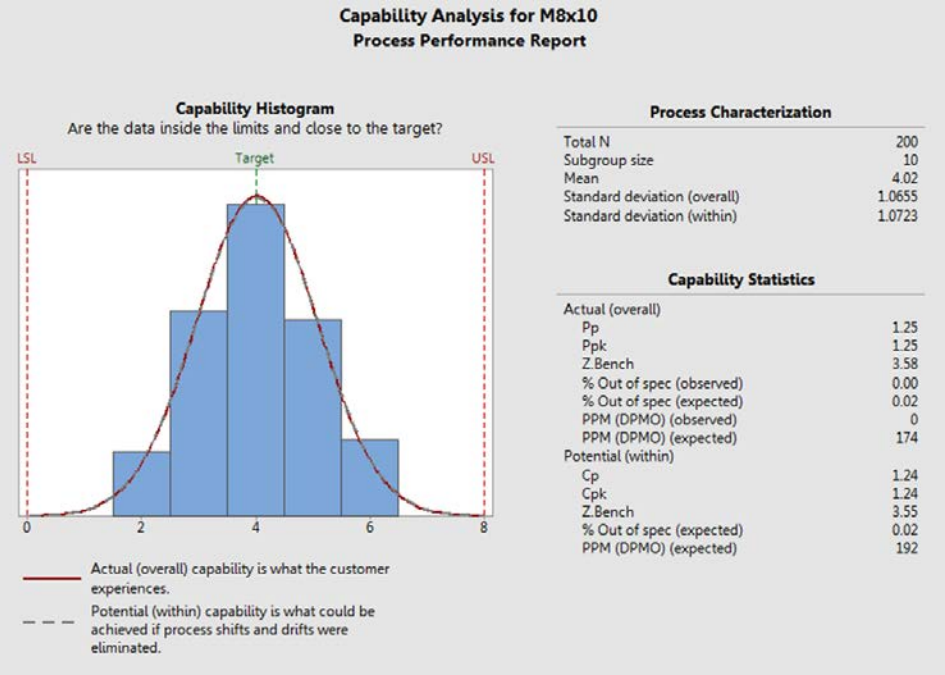
3. ทางทีมงานได้ทำการเก็บข้อมูลจากการวัดระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย เป็ระยะเวลา 3 เดือน นับจากวันที่แก้ไขปัญหาแล้วเสร็จ คือ เดือนตุลาคม 2559 โดยเริ่มเดือนพฤศจิกายน 2559 เดือนธันวาคม 2559 และเดือนมกราคม 2560 ในแต่ละเดือนจำนวน 3 รุ่น (โดยขนาดน็อตที่ยึดชุดเฟืองท้าย มีขนาด M8 x 10, M10 x 10 และ M10 x 12) โดยจะเน้นไปที่รถยนต์ที่ขนาดน็อตยึดชุดเฟืองท้าย ขนาด M8 x 10 มีค่า Cpk $< 1$ หมายถึง กระบวนการมีขีดความสามารถที่ไม่ดี ควรได้รับการปรับปรุง ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ในขั้นตอนการวัด (Measure phase) และพบว่าตรงกับรุ่นที่ลูกค้าร้องเรียน โดยการสุ่มตัวอย่างวันจำนวนรุ่นละ 20 ชุดข้อมูล ชุดข้อมูลละ 10 ตัวอย่าง ทางทีมงานวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล ซึ่งจะได้ผลดังตารางที่ 4-14, 4-15, 4-16 และจากผลการเก็บข้อมูลปัญหาระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย หลังปรับปรุง นำไปทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ ซึ่งจะได้ผลดังภาพที่ 4-20, 4-21, 4-22, 4-23, 4-24, 4-25 ดังนี้

ตารางที่ 4-14 ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนพฤศจิกายน 2559

| ชุดข้อมูล | จำนวน สุ่มตัวอย่าง | ค่ามาตรฐาน (มิลลิเมตร) | ค่าเฉลี่ย X-bar (มิลลิเมตร) | ค่าพิสัย R-Chart (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.70 | 3.00 |
| 2 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.40 | 4.00 |
| 3 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.50 | 3.00 |
| 4 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.90 | 4.00 |
| 5 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.00 | 4.00 |
| 6 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.10 | 3.00 |
| 7 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.60 | 3.00 |
| 8 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.40 | 3.00 |
| 9 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.10 | 3.00 |
| 10 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.10 | 3.00 |
| 11 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.70 | 4.00 |
| 12 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.20 | 4.00 |
| 13 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.80 | 3.00 |
| 14 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.30 | 3.00 |
| 15 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.90 | 4.00 |
| 16 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.10 | 4.00 |
| 17 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.80 | 3.00 |
| 18 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.10 | 2.00 |
| 19 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.60 | 3.00 |
| 20 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.10 | 4.00 |
| | | ค่าเฉลี่ย | 4.02 | 3.35 |



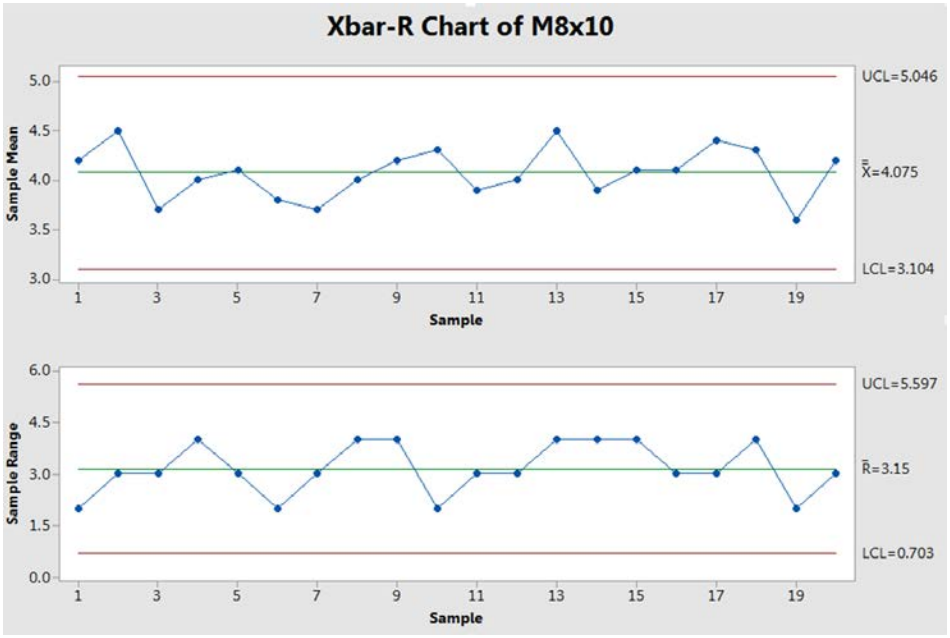

ภาพที่ 4-20 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนพฤศจิกายน 2559



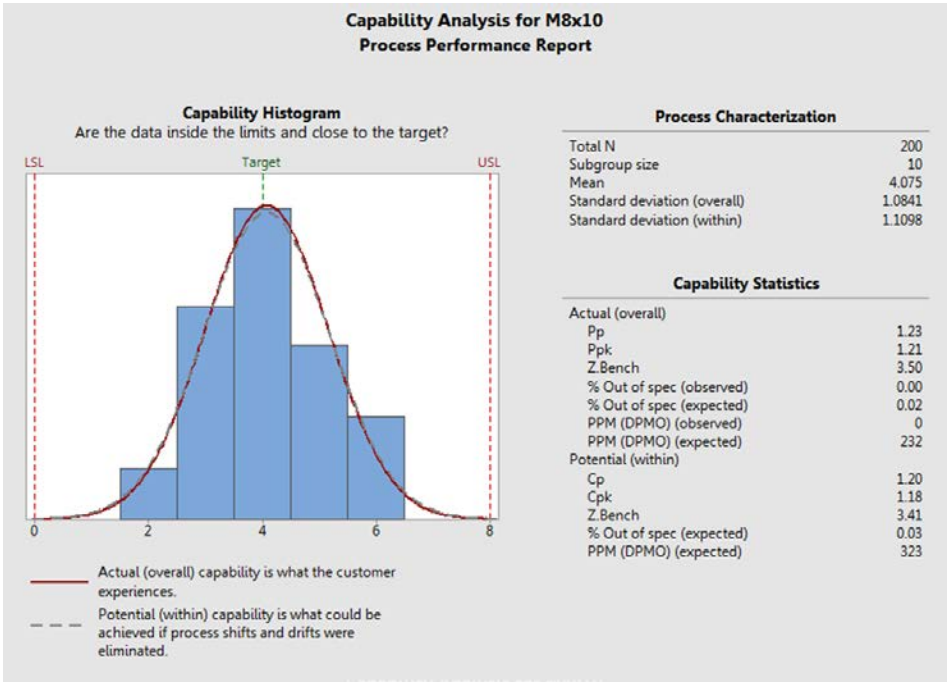

ภาพที่ 4-21 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนพฤศจิกายน 2559

ตารางที่ 4-15 ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนธันวาคม 2559

| ชุดข้อมูล | จำนวน สุ่มตัวอย่าง | ค่ามาตรฐาน (มิลลิเมตร) | ค่าเฉลี่ย X-bar (มิลลิเมตร) | ค่าพิสัย R-Chart (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.20 | 2.00 |
| 2 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.50 | 3.00 |
| 3 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.70 | 3.00 |
| 4 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.00 | 4.00 |
| 5 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.10 | 3.00 |
| 6 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.80 | 2.00 |
| 7 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.70 | 3.00 |
| 8 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.00 | 4.00 |
| 9 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.20 | 4.00 |
| 10 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.30 | 2.00 |
| 11 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.90 | 3.00 |
| 12 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.00 | 3.00 |
| 13 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.50 | 4.00 |
| 14 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.90 | 4.00 |
| 15 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.10 | 4.00 |
| 16 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.10 | 3.00 |
| 17 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.40 | 3.00 |
| 18 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.30 | 4.00 |
| 19 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.60 | 2.00 |
| 20 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.20 | 3.00 |
| | | ค่าเฉลี่ย | 4.08 | 3.15 |



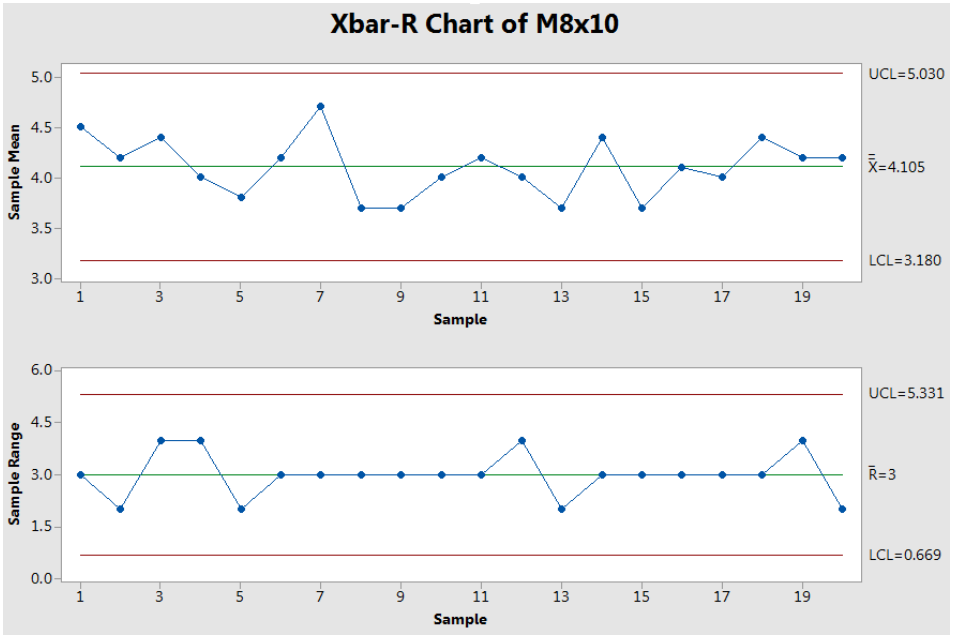

ภาพที่ 4-22 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนธันวาคม 2559



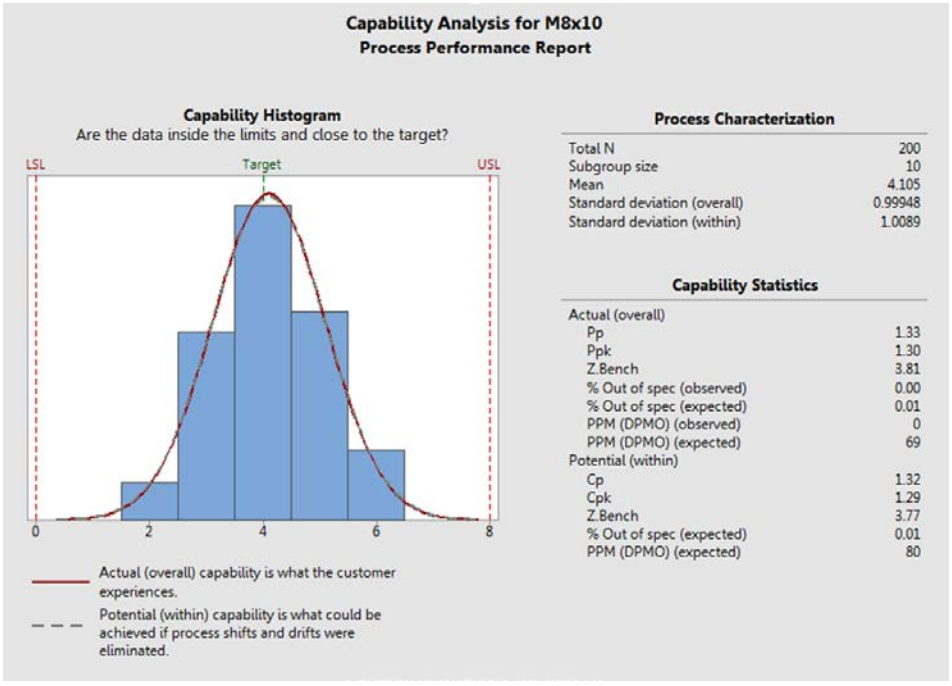

ภาพที่ 4-23 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนธันวาคม 2559

ตารางที่ 4-16 ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนมกราคม 2560

| ชุดข้อมูล | จำนวน สุ่มตัวอย่าง | ค่ามาตรฐาน (มิลลิเมตร) | ค่าเฉลี่ย X-bar (มิลลิเมตร) | ค่าพิสัย R-Chart (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.50 | 3.00 |
| 2 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.20 | 2.00 |
| 3 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.40 | 4.00 |
| 4 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.00 | 4.00 |
| 5 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.80 | 2.00 |
| 6 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.20 | 3.00 |
| 7 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.70 | 3.00 |
| 8 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.70 | 3.00 |
| 9 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.70 | 3.00 |
| 10 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.00 | 3.00 |
| 11 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.20 | 3.00 |
| 12 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.00 | 4.00 |
| 13 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.70 | 2.00 |
| 14 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.40 | 3.00 |
| 15 | 10 | 0.0 – 8.0 | 3.70 | 3.00 |
| 16 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.10 | 3.00 |
| 17 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.00 | 3.00 |
| 18 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.40 | 3.00 |
| 19 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.20 | 4.00 |
| 20 | 10 | 0.0 – 8.0 | 4.20 | 2.00 |
| | | ค่าเฉลี่ย | 4.11 | 3.00 |




ภาพที่ 4-24 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนมกราคม 2560




ภาพที่ 4-25 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M8 x 10 เดือนมกราคม 2560

สรุปผลการดำเนินงานในส่วนของขั้นตอนการควบคุม

จากการการสุ่มเก็บข้อมูลจากการวัดระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ซึ่งสามารถติดตามผลได้จากใบตรวจสอบปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย และแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R chart โดยชุดเฟืองท้ายที่ขนาดน็อตยึดชุดเฟืองท้าย M8 x 10 เป็นเวลา 3 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4-14, 4-15, 4-16 และภาพที่ 4-20, 4-21, 4-22, 4-23, 4-24 และ 4-25 พบว่าก่อนการปรับปรุง มีค่า $C_{pk}$ = 0.81 และหลังการปรับปรุง เดือนพฤศจิกายน 2559 มีค่า $C_{pk}$ = 1.24 เดือนธันวาคม 2559 มีค่า $C_{pk}$ = 1.20 เดือนมกราคม 2560 มีค่า $C_{pk}$ = 1.32 ในการควบคุมการผลิตนั้น พบว่าไม่เกิดปัญหาปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ที่ส่งผลต่อปัญหาเฟืองท้ายเสียงดัง และความสามารถของกระบวนการดีขึ้น ดังนั้นกระบวนการหลังการใช้เครื่องมือ POKA-YOKE ระบบป้องกันความผิดพลาด ในกระบวนการเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย สามารถควบคุมให้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนดไว้ได้ และใช้ใบตรวจสอบปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ในการตรวจติดตามความผิดปกติของกระบวนการที่อาจเกิดขึ้นในระยะยาวได้ต่อไป

# บทที่ 5
# สรุปและอภิปรายผล

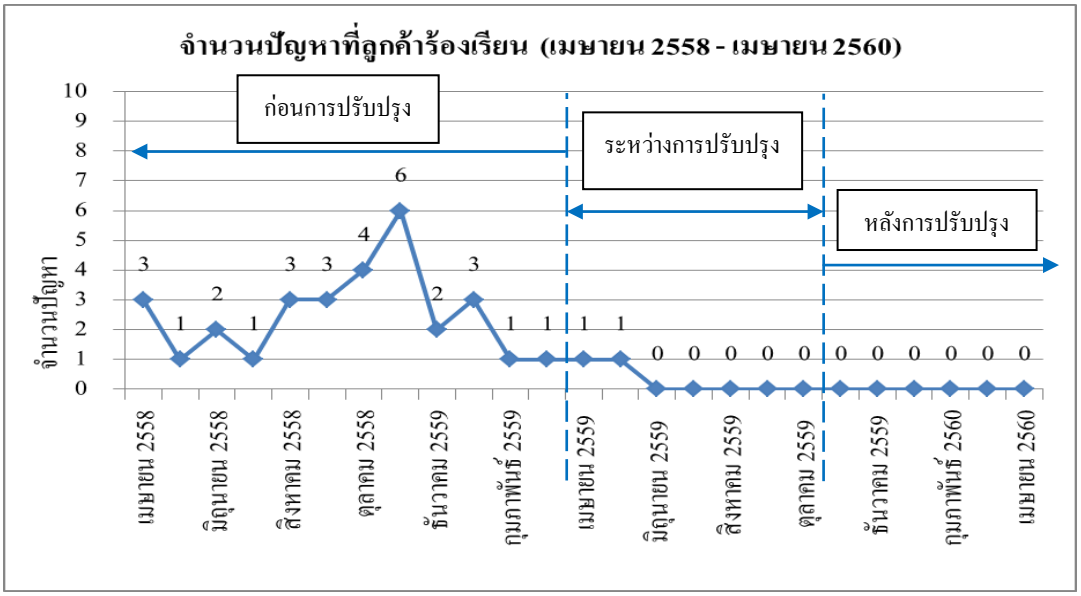
## สรุปผลการดำเนินงาน

1. จากการดำเนินงานวิจัย ทีมงานสามารถเปรียบเทียบค่าก่อนการปรับปรุง (เดือนเมษายน 2559-เดือนตุลาคม 2559) และหลังทำการปรับปรุง (เดือนพฤศจิกายน2559 - เดือนเมษายน 2560) โดยใช้ Check sheet ในการเฝ้าติดตามการเกิดปัญหาเพื่อเก็บข้อมูลปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง จากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน เป็นเวลา 3 เดือน เริ่มเดือนพฤศจิกายน 2559 เดือนธันวาคม 2559 และเดือนมกราคม 2560 โดยจะเน้นไปที่เฟืองท้ายขนาดน็อต M8 x 10 มีค่า $C_{pk} < 1$ หมายถึง กระบวนการมีขีดความสามารถที่ไม่ดี ควรได้รับการปรับปรุง ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ในขั้นตอนการวัด (Measure phase) และพบว่าตรงกับรุ่นที่ลูกค้าร้องเรียน ดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ผลเปรียบเทียบค่า $C_{pk}$, PPM และ Sigma ก่อนและหลังการปรับปรุง

| ผลเปรียบเทียบ รุ่นเฟืองท้าย ขนาดน็อต M8 x 10 | Mean (Standard) | Mean (Actual) | $C_{pk}$ | PPM | Sigma |
|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนปรับปรุง (เม.ย 59-ต.ค 59) | 4.00 | 4.53 | 0.81 | 8239 | 2.6 |
| หลังปรับปรุง (พ.ย 59) | 4.00 | 4.02 | 1.24 | 192 | 3.7 |
| หลังปรับปรุง (ธ.ค 59) | 4.00 | 4.07 | 1.20 | 323 | 3.6 |
| หลังปรับปรุง (ม.ค 60) | 4.00 | 4.10 | 1.32 | 80 | 3.9 |

2. หลังการปรับปรุงโดยใช้เครื่องมือ POKA-YOKE ระบบป้องกันความผิดพลาด เสร็จสิ้นเมื่อเดือนตุลาคม 2559 ทางทีมงานได้ทำการดึงข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้าในเรื่องปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง จากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน ช่วงเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนเมษายน 2560 พบว่าระหว่างการปรับปรุง (เดือนเมษายน 2559 - เดือนตุลาคม 2559) พบ 2 คัน จากข้อร้องเรียนจากลูกค้า และหลังการปรับปรุง (เดือนพฤศจิกายน 2559 - เดือนเมษายน 2560) ไม่พบข้อร้องเรียนจากลูกค้า ดังภาพที่ 5-1




ภาพที่ 5-1 จำนวนปัญหาเฟืองท้ายปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายไม่เพียงพอ ต่ำกว่าระดับมาตรฐาน ที่ลูกค้าร้องเรียนจากฐานข้อมูล ช่วงก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงในเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนเมษายน 2560

## อภิปรายผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต คือ ปัญหาเสียงดังมาจากชุดเฟืองท้ายและทำการตรวจสอบพบว่าปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐานโดยใช้แนวคิด ซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve and Control) มาเป็นแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุงปัญหา ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define phase)

การใช้เครื่องมือ SIPOC Diagram เพื่อดูผังการไหลของข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ พบว่าปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง จากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐานน่าจะเกิดจากกระบวนการเติมน้ำมันเฟืองท้าย โดยพิจารณาปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อบริษัท พบว่ามีการร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องปัญหาเสียงดังมาจากชุดเฟืองท้ายเนื่องจากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน จากฐานข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้า กล่าวคือ ในเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนมีนาคม 2559 ทางบริษัทได้รับข้อร้องเรียนจากผู้แทนจำหน่ายรถยนต์ในเรื่องปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง 65 คัน และเมื่อนำรายละเอียดข้อมูลปัญหา มาจัดเรียงตามลักษณะปัญหา โดยใช้หลักการพาเรโต เพื่อให้ทราบถึงลำดับความสำคัญของปัญหา พบว่าปัญหาชุดเฟือง

ท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง จากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐานเป็นลำดับที่ 1 ดังนั้นจึงทำการศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา

2. ขั้นตอนการวัด (Measure phase)

ใช้การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบ Attribute โดยใช้โปรแกรมมินิแทบเพื่อดูสมรรถนะระบบการวัดภายในบริษัท พบว่าระบบการวัดภายในบริษัทนี้อยู่ในเกณฑ์ที่เชื่อถือได้ เนื่องจากระบบการวัดมีความเที่ยงตรงเท่ากับ 100% ซึ่งเกณฑ์ของบริษัทกำหนดให้สมรรถนะของระบบการวัดต้องไม่ต่ำ กว่า 90% จากนั้นทำการประเมินความสามารถของกระบวนการปัจจุบันโดยใช้ $\bar{X}$-R chart ปัญหาเสียงดังมาจากเฟืองท้าย เนื่องจากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน โดยโปรแกรมมินิแทบ สามารถสรุปค่า $C_{pk}$ ของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายได้ดังนี้

ชุดเฟืองท้ายที่ขนาดน็อตยึดชุดเฟืองท้าย M8 x 10 มีค่า $C_{pk} = 0.81$

ชุดเฟืองท้ายที่ขนาดน็อตยึดชุดเฟืองท้าย M10 x 10 มีค่า $C_{pk} = 1.24$

ชุดเฟืองท้ายที่ขนาดน็อตยึดชุดเฟืองท้าย M10 x 12 มีค่า $C_{pk} = 1.39$

ในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าความสามารถของกระบวนการปัจจุบันอยู่ในค่าควบคุม $\bar{X}$-R chart ตามค่ามาตรฐานระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย 2 รุ่น คือ รุ่นขนาดน็อตที่ยึดชุดเฟืองท้ายที่ ขนาด M10 x 10 และ M10 x 12 สภาวะการการเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายในปัจจุบันอยู่ในมาตรฐานการผลิต และพบว่าในรุ่นขนาดน็อตที่ยึดชุดเฟืองท้ายที่ ขนาด M8x10 มีค่า $C_{pk} < 1$ หมายถึง กระบวนการมีขีดความสามารถที่ไม่ดี ควรได้รับการปรับปรุง เมื่อทีมงานได้เทียบกับที่ลูกค้าร้องเรียนพบว่าตรงกับรุ่นที่มีขนาดน็อตที่ยึดชุดเฟืองท้ายที่ ขนาด M8 x 1 0 ซึ่งตรงกันกับรุ่นที่ลูกค้าร้องเรียน

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis phase)

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ เริ่มต้นจากการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยใช้ผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect diagram) จากนั้นก็ทำการจัดลำดับความสัมพันธ์ของสาเหตุแต่ละสาเหตุให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการวิเคราะห์ ต่อมานำสาเหตุที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) สุดท้ายนำค่า RPN ที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาเรโต เพื่อหาสาเหตุเบื้องต้นที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาที่ทำการศึกษา พบว่าจากที่ได้กล่าวมาทั้งหมด ทีมงานได้สาเหตุหลัก 2 สาเหตุจากทั้งหมด 11 สาเหตุจากการระดมสมอง และการวิเคราะห์ด้วย FMEA คือ พนักงานกดจำนวนปริมาณการเติมน้ำมันผิดพลาด (ไม่ตั้งใจปฏิบัติงาน) และพนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากคน (Man)

4. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ พบสาเหตุหลักที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ พนักงานกดจำนวนปริมาณการเติมน้ำมันผิดพลาด (ไม่ตั้งใจปฏิบัติงาน) และพนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากคน (Man) จากนั้นระดมสมองจากทีมงาน (Brainstorming) เพื่อหาวิธีการปรับปรุง โดยได้ข้อสรุป คือ ใช้เครื่องมือ POKA-YOKE ระบบป้องกันความผิดพลาด เสร็จสิ้นเมื่อเดือนตุลาคม 2559 ทางทีมงานได้ทำการดึงข้อมูลการเรียกร้องการรับประกันสินค้าในเรื่องปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดัง จากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน ช่วงเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนเมษายน 2560 พบว่าระหว่างการปรับปรุง (เดือนเมษายน 2559-เดือนเมษายน 2560) พบ 2 คัน จากข้อร้องเรียนจากลูกค้า และหลังการปรับปรุง (เดือนพฤศจิกายน2559-เดือนพฤษภาคม 2559) ไม่พบข้อร้องเรียนจากลูกค้า

5. ขั้นตอนการควบคุม (Control phase)

ทีมงานได้ใช้เครื่องมือ POKA-YOKE ระบบป้องกันความผิดพลาด เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากคน ทำให้ประหยัดค่าอบรมซ้ำ ๆ และค่าความเสียหายที่เกิดจากของเสียในกระบวนการที่เกิดจากความผิดพลาดโดยคน และใช้ Check sheet เพื่อเฝ้าติดตามเครื่องจ่ายปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย โดยการตรวจปริมาณจ่ายตามจริงจากเครื่องจ่ายและทำการบันทึกข้อมูล ก่อนเริ่มกระบวนการผลิตในแต่ละวัน และการเฝ้าติดตามการเกิดปัญหาเพื่อเก็บข้อมูลปัญหาชุดเฟืองท้ายของรถยนต์มีเสียงดังจากปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายต่ำกว่าระดับมาตรฐาน เป็นเวลา 3 เดือน นับจากวันที่แก้ไขปัญหาแล้วเสร็จ คือ เดือนตุลาคม 2559 โดยเริ่มเดือนพฤศจิกายน 2559 เดือนธันวาคม 2559 และเดือนมกราคม 2560 พบว่าความสามารถของกระบวนการปัจจุบันอยู่ในค่าควบคุม $\bar{X}$-R chart ตามค่ามาตรฐานระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้ายทุกรุ่น กล่าวคือ สภาวะการผลิตในปัจจุบันอยู่ในมาตรฐานการเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย

## ข้อเสนอแนะ

1. ทางบริษัทที่ทำการวิจัยควรจัดอบรมเรื่องแนวคิด ซิกซ์ ซิกม่า ให้กับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดความเข้าใจ และมีความริเริ่มปรับปรุงปัญหาต่าง ๆ เนื่องจากพนักงานส่วนใหญ่ไม่มีความเข้าใจถึงเรื่องการแก้ปัญหาโดยอาศัยแนวคิด ซิกซ์ ซิกม่า

2. ทางบริษัทที่ทำการวิจัยควรให้ข้อมูลข่าวสารด้านคุณภาพกับพนักงานทุกคนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้พนักงานเกิดความตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น และเกิดความร่วมมือในการแก้ปัญหา

# บรรณานุกรม


กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2553). *การวิเคราะห์ระบบการวัด MSA (ประมวลผลด้วย Minitab 15)*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. (2557). *การควบคุมคุณภาพ*. กรุงเทพฯ: ท้อป.

เกรียงศักดิ์ ชูแสง, รัญชนา สินธวาลัย และนภิสพร มีมงคล. (2554). *การลดข้อบกพร่องจากกระบวนการผลิตอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง กรณีศึกษา: โรงงานตัวอย่างในเขตจังหวัดสงขลา*. บทความงานวิจัยการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2554, 872-881

ชีวรัตน์ กะฐินทอง. (2551). *การลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในการผลิตแกนหมุนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ โดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า*. สารนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ธเนศ สัจจวุฒิ. (2550). *การลดของเสียในกระบวนการผลิตพัดลมระบายความร้อนโดยวิธีการซิกซ์ซิกม่า*. งานนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ. (2553). *การปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement)*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิชิต สุขเจริญพงษ์. (2544). *การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ลำปาง แสนจันทร์. (2549). *การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ*. เชียงใหม่: สถานบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. (2548). *ปฏิวัติกระบวนการทางานด้วยเทคนิค Six Sigma ฉบับ Champion และ Black Belt* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ศิริวัฒนา อินเตอร์พริ้นท์.

วิบูลย์ พงศ์พรทรัพย์ (2554). *สถิติสำหรับวิศวกร โรงงาน ภาคปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์-สสท.

วรชัย เยาวปาณี. (2552). *กระบวนการคุณภาพซิกซ์ ซิกม่า*. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

ศิริยุพา เศวตจามร. (2559). *การลดของเสียปัญหาคราบเขม่าดำ จากกระบวนการเชื่อมเสาประตูรถยนต์ โดยอาศัยแนวทางแก้ปัญหาคุณภาพแบบซิกซ์ ซิกม่า*. งานนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุพิตา บ่อน้อย. (2558). *การปรับปรุงปัญหาเสียงรบกวนจากแผงประตูรถยนต์ ด้วยแนวคิดซิกซ์ซิกม่า.* งานนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม,คณะวิศวกรรมศาสตร์ , มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุรัตน์ดา คิดถูก. (2553). *การวิเคราะห์แนวทางการลดความสูญเสียจากการผลิตตามหลักซิกส์ ซิกม่า (Six Sigma).*งานวิจัยนิสิตปริญญาโทหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, วิทยาลัยพานิชยศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมศักดิ์ แก้วพลอย. (2550). *การควบคุมคุณภาพ.* พิมพ์ครังที่ 1. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

Dale H. Besterfield. (2013). *Quality improvement.* Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, c2013.

Harry M.J. (1987). *The Nature of Six Sigma. Arizona: Government Electronics Group, Motorola Inc.*

Juran & Gryna. (1993). *Quality Planning and Analysis (6th ed.)*. New York: McGraw-Hill.

Kane V.E. (1986). Process Capability Indices. *Journal of Quality Tachnology, 18(1),* 41-52.

Montgomery, D.C. (2001). *Introduction to Statistial Quality Control (5th ed.)*. New York: John Willey & Sons.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 10 และ M10 x 12 เดือนพฤศจิกายน 2559 ถึง เดือนมกราคม 2560

ตารางภาคผนวก ก-1 ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 10
เดือนพฤศจิกายน 2559

| ชุดข้อมูล | จำนวนสุ่มตัวอย่าง | ค่ามาตรฐาน (มิลลิเมตร) | ค่าเฉลี่ย X-bar (มิลลิเมตร) | ค่าพิสัย R-Chart (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.00 | 3.00 |
| 2 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.50 | 4.00 |
| 3 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.50 | 2.00 |
| 4 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.20 | 2.00 |
| 5 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.00 | 2.00 |
| 6 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.00 | 2.00 |
| 7 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.50 | 3.00 |
| 8 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.10 | 4.00 |
| 9 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.30 | 2.00 |
| 10 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.30 | 3.00 |
| 11 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.80 | 2.00 |
| 12 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.20 | 3.00 |
| 13 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.50 | 4.00 |
| 14 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.80 | 2.00 |
| 15 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.40 | 4.00 |
| 16 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.30 | 3.00 |
| 17 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.90 | 4.00 |
| 18 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.40 | 4.00 |
| 19 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.50 | 1.00 |
| 20 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.00 | 4.00 |
| | | ค่าเฉลี่ย | 10.01 | 2.90 |

ตารางภาคผนวก ก-2 ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 12
เดือนพฤศจิกายน 2559

| ชุดข้อมูล | จำนวน สุ่มตัวอย่าง | ค่ามาตรฐาน (มิลลิเมตร) | ค่าเฉลี่ย X-bar (มิลลิเมตร) | ค่าพิสัย R-Chart (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.20 | 2.00 |
| 2 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.70 | 3.00 |
| 3 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.80 | 4.00 |
| 4 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.60 | 3.00 |
| 5 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.00 | 2.00 |
| 6 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.00 | 4.00 |
| 7 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.00 | 4.00 |
| 8 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.60 | 3.00 |
| 9 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.70 | 4.00 |
| 10 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.20 | 4.00 |
| 11 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.20 | 3.00 |
| 12 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.40 | 3.00 |
| 13 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.80 | 4.00 |
| 14 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.60 | 4.00 |
| 15 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.70 | 4.00 |
| 16 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.30 | 3.00 |
| 17 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.40 | 2.00 |
| 18 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.80 | 4.00 |
| 19 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.40 | 3.00 |
| 20 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.10 | 3.00 |
| | | ค่าเฉลี่ย | 14.93 | 3.30 |

ตารางภาคผนวก ก-3 ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 10
เดือนธันวาคม 2559

| ชุดข้อมูล | จำนวน สุ่มตัวอย่าง | ค่ามาตรฐาน (มิลลิเมตร) | ค่าเฉลี่ย X-bar (มิลลิเมตร) | ค่าพิสัย R-Chart (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.70 | 3.00 |
| 2 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.00 | 4.00 |
| 3 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.20 | 2.00 |
| 4 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.70 | 4.00 |
| 5 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.50 | 3.00 |
| 6 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.90 | 3.00 |
| 7 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.50 | 2.00 |
| 8 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.00 | 2.00 |
| 9 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.20 | 4.00 |
| 10 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.20 | 3.00 |
| 11 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.70 | 2.00 |
| 12 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.70 | 4.00 |
| 13 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.50 | 4.00 |
| 14 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.30 | 4.00 |
| 15 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.60 | 3.00 |
| 16 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.00 | 4.00 |
| 17 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.80 | 3.00 |
| 18 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.70 | 2.00 |
| 19 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.20 | 4.00 |
| 20 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.20 | 4.00 |
| | | ค่าเฉลี่ย | 10.03 | 3.20 |

ตารางภาคผนวก ก-4 ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 12
เดือนธันวาคม 2559

| ชุดข้อมูล | จำนวน สุ่มตัวอย่าง | ค่ามาตรฐาน (มิลลิเมตร) | ค่าเฉลี่ย X-bar (มิลลิเมตร) | ค่าพิสัย R-Chart (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.70 | 3.00 |
| 2 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.70 | 3.00 |
| 3 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.50 | 4.00 |
| 4 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.80 | 3.00 |
| 5 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.80 | 4.00 |
| 6 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.60 | 4.00 |
| 7 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.40 | 3.00 |
| 8 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.70 | 4.00 |
| 9 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.20 | 4.00 |
| 10 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.80 | 4.00 |
| 11 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.10 | 4.00 |
| 12 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.90 | 4.00 |
| 13 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.80 | 2.00 |
| 14 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.20 | 3.00 |
| 15 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.90 | 3.00 |
| 16 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.10 | 3.00 |
| 17 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.40 | 3.00 |
| 18 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.90 | 4.00 |
| 19 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.80 | 4.00 |
| 20 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.90 | 2.00 |
| | | ค่าเฉลี่ย | 14.96 | 3.40 |

ตารางภาคผนวก ก-5 ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 10
เดือนมกราคม 2560

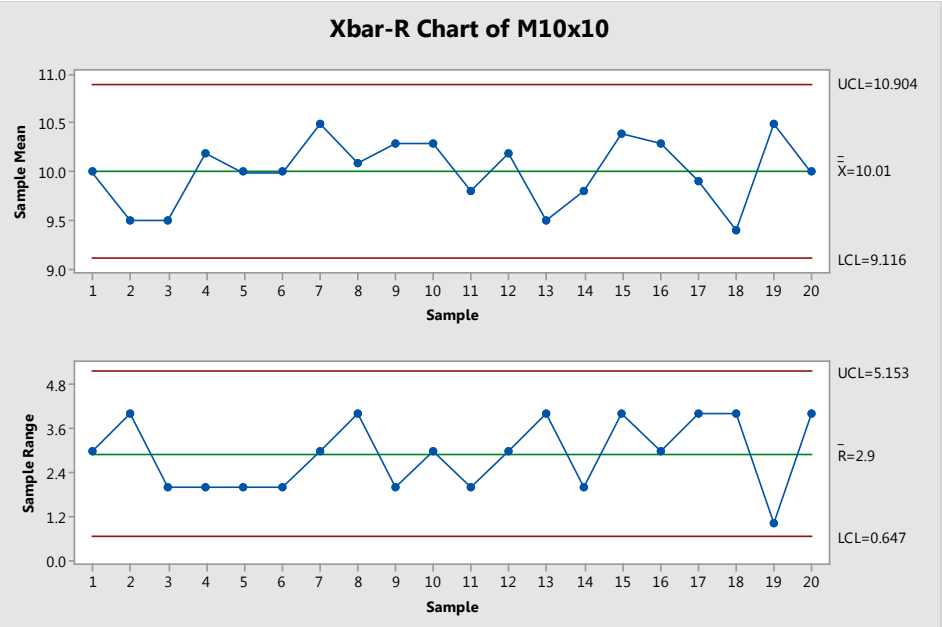
| ชุดข้อมูล | จำนวน สุ่มตัวอย่าง | ค่ามาตรฐาน (มิลลิเมตร) | ค่าเฉลี่ย X-bar (มิลลิเมตร) | ค่าพิสัย R-Chart (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.50 | 3.00 |
| 2 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.80 | 3.00 |
| 3 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.80 | 3.00 |
| 4 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.20 | 2.00 |
| 5 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.30 | 2.00 |
| 6 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.00 | 2.00 |
| 7 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.40 | 4.00 |
| 8 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.20 | 3.00 |
| 9 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.70 | 2.00 |
| 10 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.40 | 2.00 |
| 11 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.70 | 3.00 |
| 12 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.70 | 3.00 |
| 13 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.40 | 4.00 |
| 14 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.70 | 3.00 |
| 15 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.20 | 2.00 |
| 16 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.80 | 4.00 |
| 17 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.60 | 4.00 |
| 18 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.60 | 3.00 |
| 19 | 10 | 0.0 – 20.0 | 10.60 | 2.00 |
| 20 | 10 | 0.0 – 20.0 | 9.70 | 2.00 |
| | | ค่าเฉลี่ย | 10.07 | 2.80 |

ตารางภาคผนวก ก-6 ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 12
เดือนมกราคม 2560

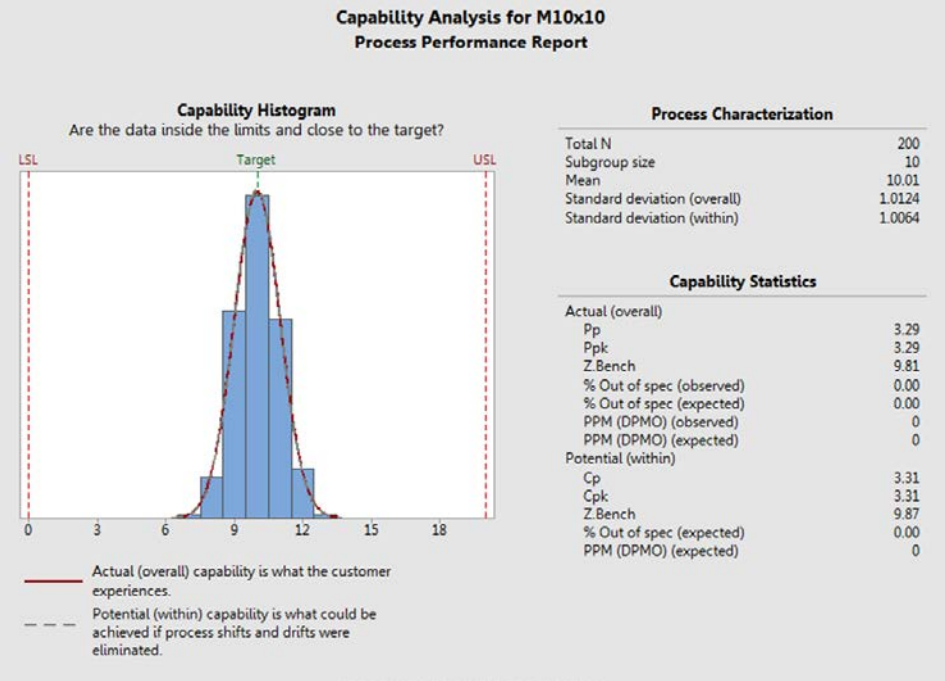
| ชุดข้อมูล | จำนวน สุ่มตัวอย่าง | ค่ามาตรฐาน (มิลลิเมตร) | ค่าเฉลี่ย X-bar (มิลลิเมตร) | ค่าพิสัย R-Chart (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.20 | 2.00 |
| 2 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.20 | 2.00 |
| 3 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.60 | 3.00 |
| 4 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.70 | 3.00 |
| 5 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.30 | 3.00 |
| 6 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.30 | 4.00 |
| 7 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.70 | 4.00 |
| 8 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.10 | 2.00 |
| 9 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.70 | 3.00 |
| 10 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.80 | 3.00 |
| 11 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.70 | 4.00 |
| 12 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.30 | 3.00 |
| 13 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.30 | 4.00 |
| 14 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.70 | 3.00 |
| 15 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.70 | 3.00 |
| 16 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.00 | 3.00 |
| 17 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.70 | 3.00 |
| 18 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.60 | 3.00 |
| 19 | 10 | 0.0 – 30.0 | 14.30 | 3.00 |
| 20 | 10 | 0.0 – 30.0 | 15.40 | 2.00 |
| | | ค่าเฉลี่ย | 15.02 | 3.00 |

**ภาคผนวก ข**

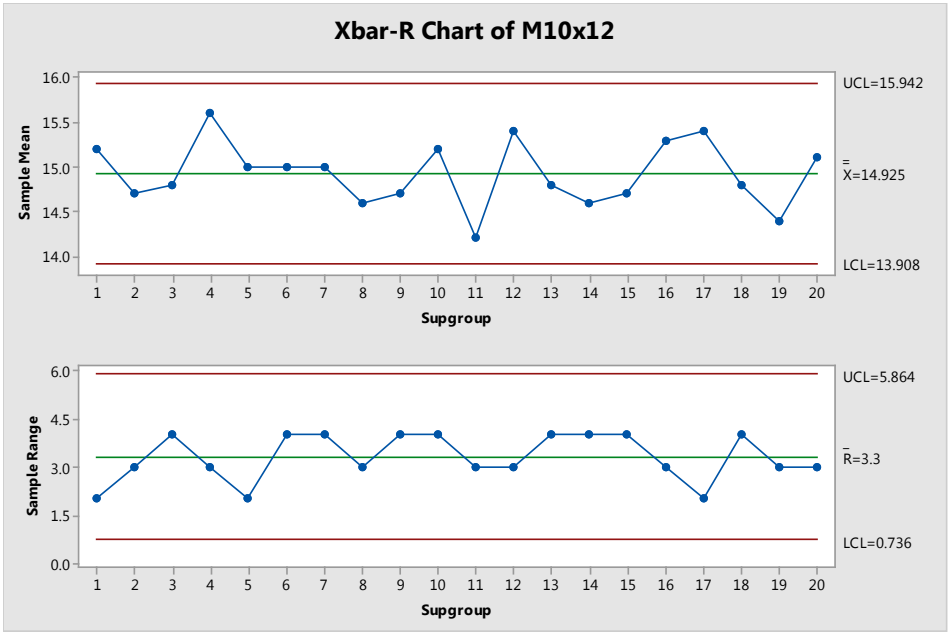
ข้อมูลระดับปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 10 และ M10 x 12 เดือนพฤศจิกายน 2559 ถึง เดือนมกราคม 2560



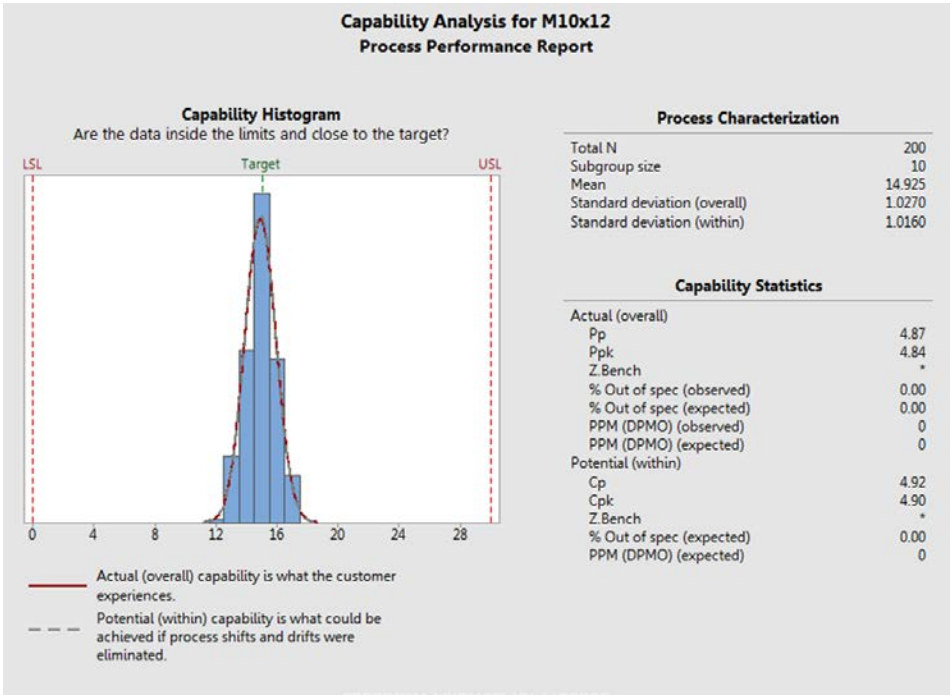

ภาพภาคผนวก ข-1 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 10 เดือนพฤศจิกายน 2559



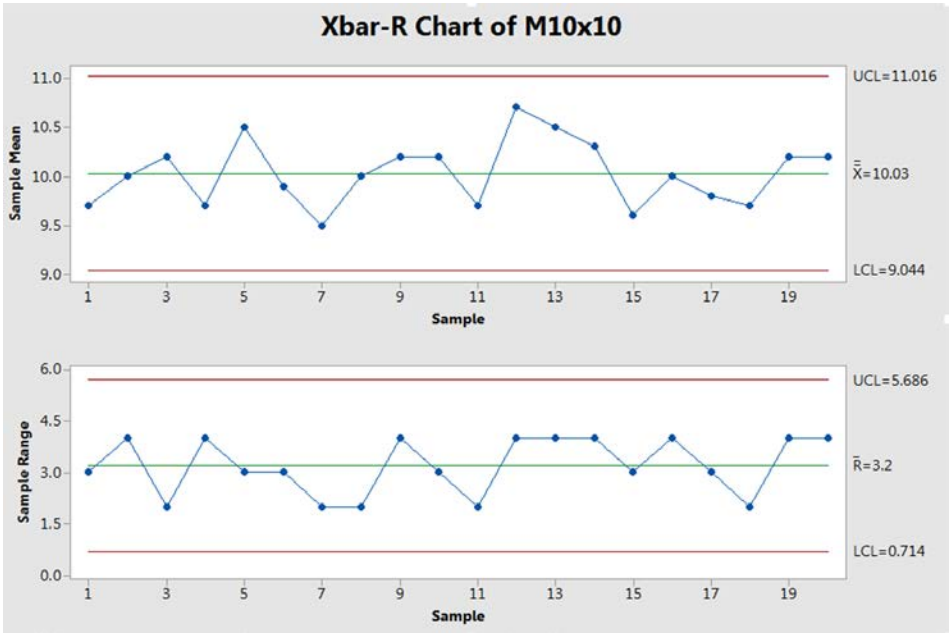

ภาพภาคผนวก ข-2 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ชุดเฟืองท้าย M10 x 10 เดือนพฤศจิกายน 2559



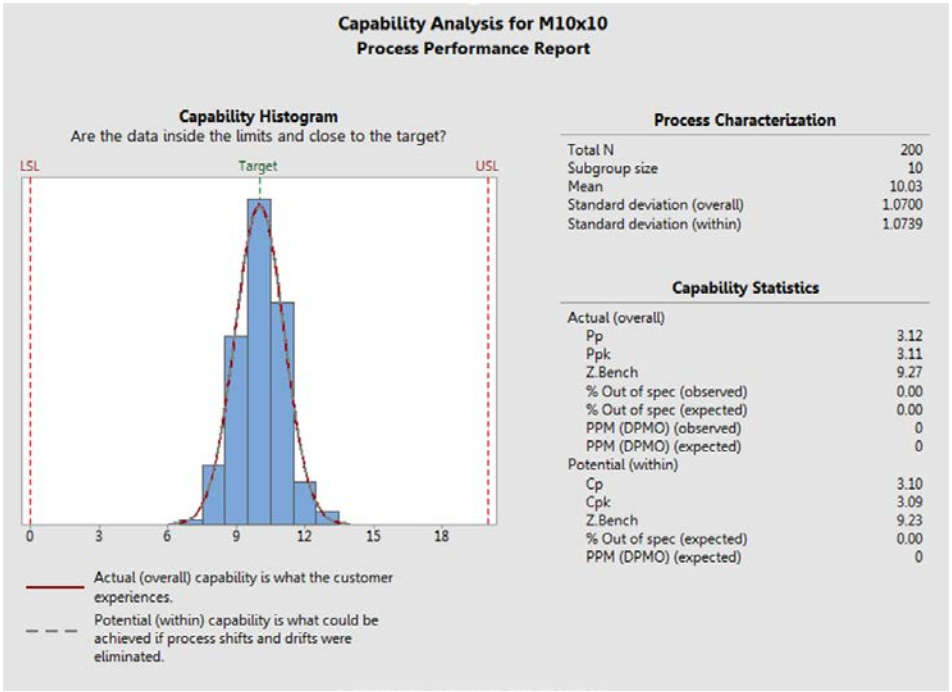

ภาพภาคผนวก ข-3 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 12 เดือนพฤศจิกายน 2559



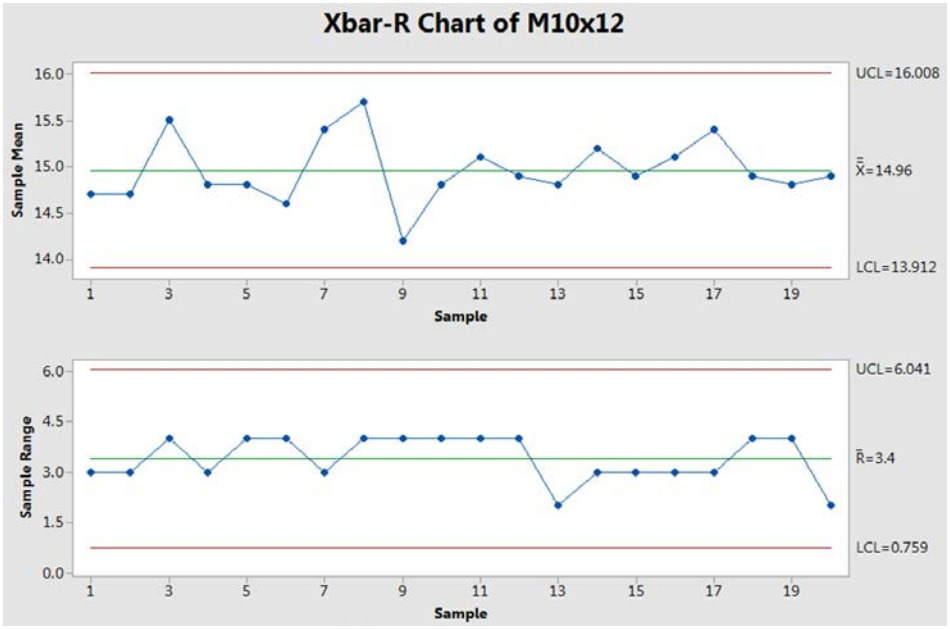

ภาพภาคผนวก ข-4 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 12 เดือนพฤศจิกายน 2559



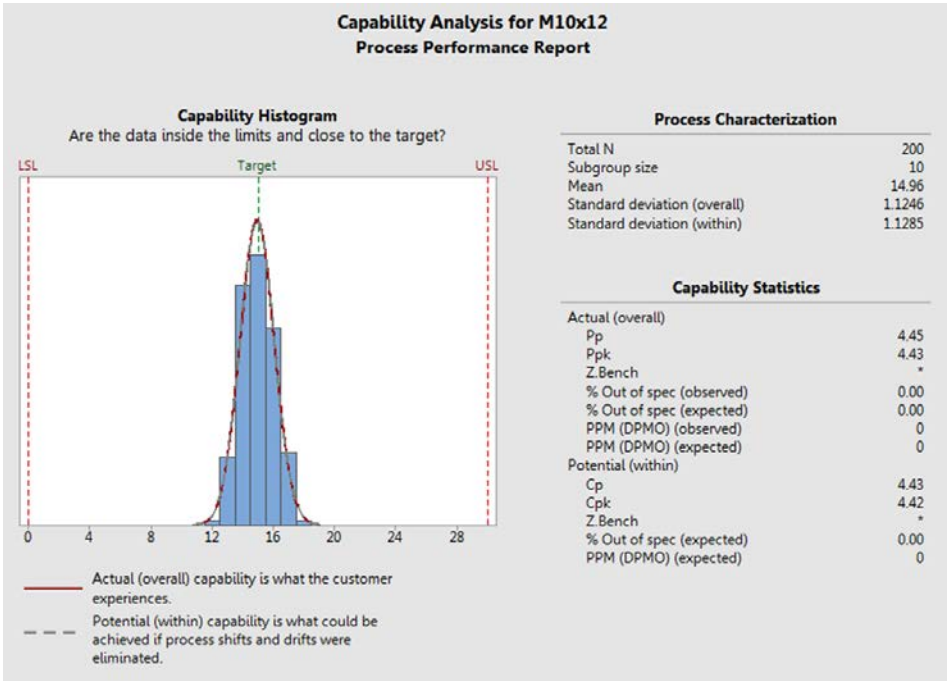

ภาพภาคผนวก ข-5 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 10 เดือนธันวาคม 2559



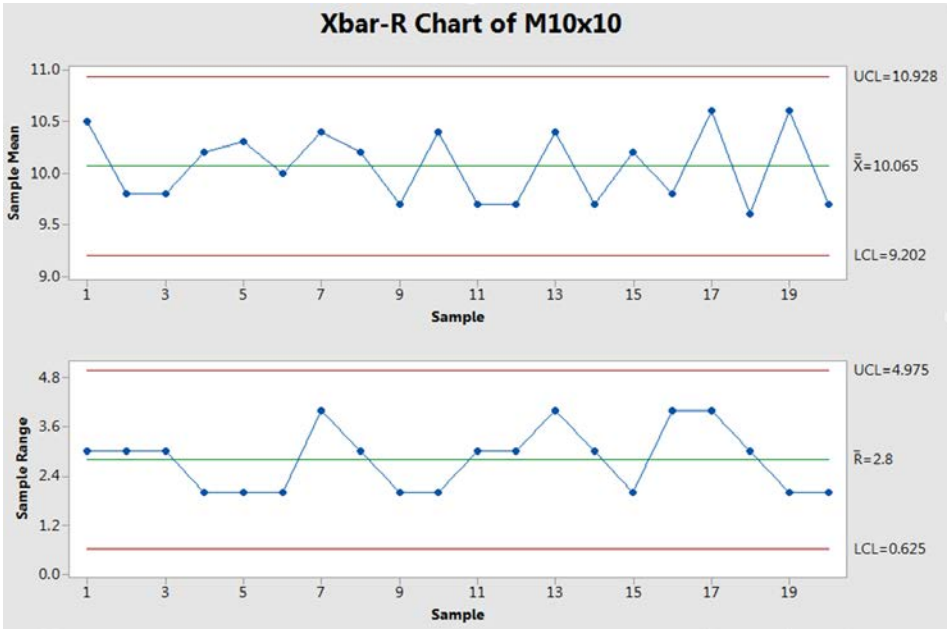

ภาพภาคผนวก ข-6 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 10 เดือนธันวาคม 2559



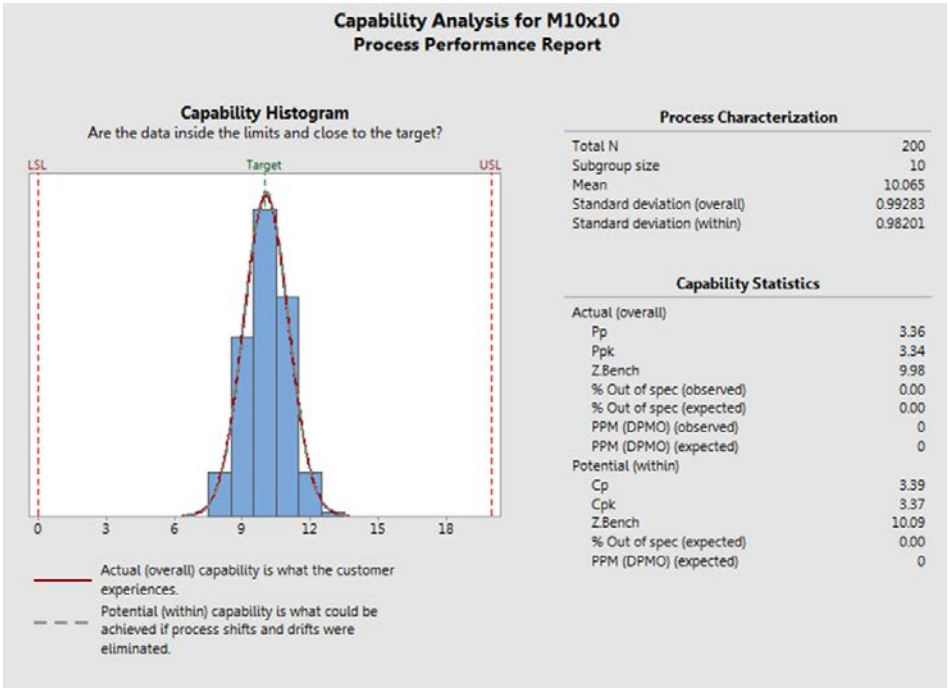

ภาพภาคผนวก ข-7 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 12 เดือนธันวาคม 2559



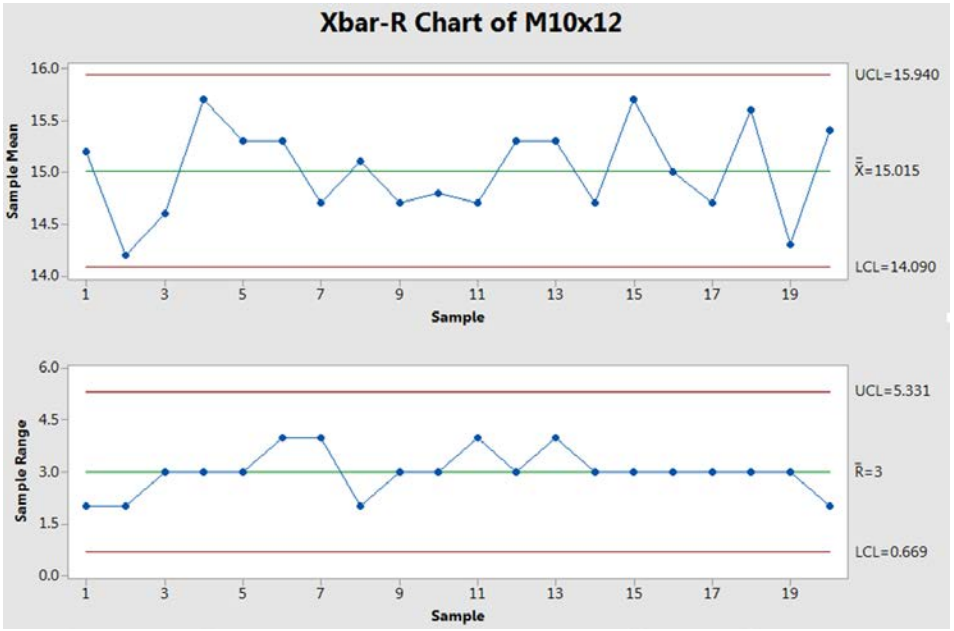

ภาพภาคผนวก ข-8 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 12 เดือนธันวาคม 2559



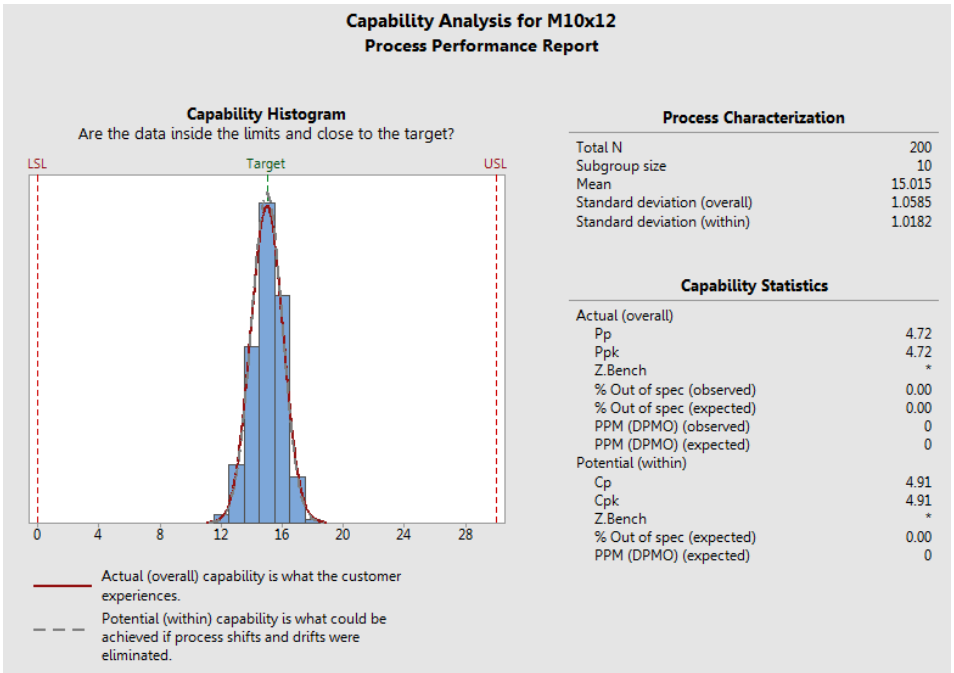

ภาพภาคผนวก ข-9 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 10 เดือนมกราคม 2560




ภาพภาคผนวก ข-10 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 10 เดือนมกราคม 2560




ภาพภาคผนวก ข-11 แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$-R chart ปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 12 เดือนมกราคม 2560




ภาพภาคผนวก ข-12 ความสามารถของกระบวนการ การเติมปริมาณน้ำมันเฟืองท้าย ขนาดน็อตที่ M10 x 12 เดือนมกราคม 2560