การควบคุมคุณภาพในกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า ในบริษัทผลิตรถยนต์แห่งหนึ่ง

MANUFACTURING QUALITY CONTROL OF PART OF WIPER USING SIX SIGMA TECHNIQUE IN AN AUTOMOTIVE COMPANY

บวรภพ หลงชิน

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
คณะบริหารธุรกิจ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การควบคุมคุณภาพในกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า ในบริษัทผลิตรถยนต์แห่งหนึ่ง

บวรภพ หลงชิน

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
คณะบริหารธุรกิจ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การควบคุมคุณภาพในกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝน โดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า ในบริษัทผลิตรถยนต์แห่งหนึ่ง Manufacturing Quality Control of Part of Wiper Using Six Sigma Technique in an Automotive Company
ชื่อ - นามสกุล	นายบวรภพ หลงชิน
วิชาเอก	การจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ศรากุล สุโคตรพรหมมี, ปร.ด.
ปีการศึกษา	2560

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์สวัสดิ์ วรรณรัตน์, D.B.A.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรมงคล นิ่มจิตต์, ปร.ด.)

..... กรรมการ
(อาจารย์ศรากุล สุโคตรพรหมมี, ปร.ด.)

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติการค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะบริหารธุรกิจ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นาถรพี ชัยมงคล, ปร.ด.)
วันที่ 5 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2561

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การควบคุมคุณภาพในกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า ในบริษัทผลิตรถยนต์แห่งหนึ่ง
ชื่อ-นามสกุล	นายบวรภพ หลงชิน
วิชาเอก	การจัดการวิศวกรรมธุรกิจ
อาจาร์ยที่ปรึกษา	อาจารย์ศรากุล สุโคตรพรหมมี, ปร.ด.
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนที่มีผลต่อการควบคุมคุณภาพของที่ปัดน้ำฝน เพื่อหาสาเหตุของปัญหา และเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการควบคุมคุณภาพของที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์ อันส่งผลกระทบทำให้ปัดน้ำฝนไม่สะอาด ในกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์ เพื่อให้ความสามารถของกระบวนการระยะยาว (Ppk) ได้ตามมาตรฐานที่ 1.33 โดยนำหลักการของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) มาประยุกต์ใช้

จากการนำหลักการซิกซ์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้ในการการควบคุมคุณภาพในกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนในกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของกระบวนการระยะยาว (Ppk) โดยได้ทำ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนระบุปัญหา การวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดปัญหามุมองศาที่ปัดน้ำฝนได้แก่มุมองศาที่ปัดน้ำฝนของชิ้นงานจากซัพพลายเออร์

ผลการศึกษา พบว่า ปัจจัยที่มีนัยยะสำคัญจากการทดลองทำ DOE (Design of Experiment) ได้แก่ มุมองศาที่ปัดน้ำฝนของชิ้นงานจากซัพพลายเออร์ โดยจากการทดลองปรับค่ามุมองศาของชิ้นงานจากซัพพลายเออร์จากค่าเฉลี่ย 4.36 เป็น 3.65 สามารถทำให้ค่าเฉลี่ยมุมองศาของที่ปัดน้ำฝนบนรถยนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับค่ากลางของค่ามาตรฐานการควบคุมคือ 4.8 องศา (มาตรฐาน 4.8 องศา บวก 3 องศา และลบ 3 องศา) ซึ่งจะทำให้ค่าขีดความสามารถของกระบวนการระยะยาว (Ppk) เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : ซิกซ์ ซิกม่า การควบคุมคุณภาพในกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝน

Independent Study Title	Manufacturing Quality Control of Part of Wiper Using Six Sigma Technique in an Automotive Company
Name-Surname	Mr. Bowornphop Longchin
Major Subject	Business Engineering Management
Independent Study Advisor	Mr. Sarakul Sukoteprommee, Ph.D.
Academic Year	2017

ABSTRACT

The purpose of this independent study were to study the assembly process of wipers, analyze factors that affected the wiper attack angle of vehicles, and improve assembly process to increase the performance process capability (Ppk) in order to meet the target of 1.33 Ppk by implementing Six Sigma technique.

The six sigma technique, used to increase the performance process capability, was composed of 1) Identifying problems, 2) Measurement, 3) Analysis and 4) Improvement. The analysis results showed that the main factor of the wiper attack angle in vehicles was the wiper twist angle from suppliers.

Based on DOE (Design of Experiment), the wiper twist angle from suppliers was the significant factor. When adjusting its average parameter from 4.36 to 3.65, the average degree of wiper attack angle was equal to 4.8 degrees of the nominal control rate (the standard of 4.8 degrees plus 3 degrees and minus 3 degrees). This led to an increase of the performance process capability.

Keywords: six sigma, manufacturing quality control of part of wiper

กิตติกรรมประกาศ

งานค้นคว้าอิสระฉบับนี้สามารถบรรลุผลสำเร็จได้ ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ดร.ศรากุล สุโคตรพรหมมี ที่ปรึกษางานค้นคว้าอิสระ ดร.สวัสดิ์ วรรณรัตน์ ประธานกรรมการสอบ ผศ.ดร.สุรมงคล นิ่มจิตต์ กรรมการสอบ ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา เพื่อให้เนื้อหาในการค้นคว้ามีความถูกต้องและสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ อันทำให้ผู้ศึกษาได้รับความรู้เพิ่มมากขึ้น จนสำเร็จการศึกษา โดยสามารถเข้าใจการบริหารวิศวกรรมธุรกิจอันก่อให้เกิดประโยชน์ในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้ศึกษาจะได้นำความรู้ไปใช้พัฒนาประเทศและสังคมสืบเนื่องต่อไป และขอขอบคุณบรรณารักษ์ห้องสมุดต่าง ๆ ที่อำนวยความสะดวกในการค้นคว้าและคำแนะนำ ที่มีคุณค่าสำหรับงานค้นคว้าอิสระนี้ผู้ศึกษา

สำหรับงานค้นคว้าอิสระนี้ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ บิดามารดา ครอบครัว เพื่อนพนักงานบริษัท และซัพพลายเออร์ที่ให้ความร่วมมือในการทำงาน รวมถึงเพื่อน ๆ BEX59 ที่เป็นกำลังใจและเป็นแรงผลักดันให้เกิดความมุ่งมั่นจนทำงานได้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

บวรภพ หลงชิน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (4)
กิตติกรรมประกาศ ..... (5)
สารบัญ ..... (6)
สารบัญตาราง ..... (8)
สารบัญภาพ ..... (9)
บทที่ 1 บทนำ 11
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 11
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 13
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 13
1.4 แผนการดำเนินการวิจัย 13
1.5 คำจำกัดความในการวิจัย 14
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 14
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 16
2.2 อุตสาหกรรมรถยนต์ 34
2.3 อุตสาหกรรมที่ปัดน้ำฝน 36
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 50
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 50
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 51
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 52
3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 52
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ 54
4.1 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการระบุปัญหา (D: Define Phase) 54
4.2 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวัด (M: Measure Phase) 58

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวิเคราะห์ (A: Analyze Phase) 61
4.4 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการปรับปรุง (I: Improve Phase) 69
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 77
5.1 สรุปผลการวิจัย 77
5.2 การอภิปรายผลการวิจัย 78
5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย 78
บรรณานุกรม 80
ภาคผนวก 83
ภาคผนวก ก ใบตรวจสอบ (Check Sheet) 84
ภาคผนวก ข เครื่องมือวัดมุมองศา ในการทำ Gage R&R 87
ภาคผนวก ค แสดงข้อมูลการทดลอง DOE 89
ภาคผนวก ง กิจกรรมการทดลอง DOE 91
ประวัติผู้เขียน 93

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินการ 13
ตารางที่ 2.1 ค่าแนะนำสำหรับค่าที่ต่ำที่สุดของดัชนี Cpk 30
ตารางที่ 2.2 แสดงยอดการผลิตและยอดขายเดือนตุลาคม เดือนมกราคม-ตุลาคม 2560
เปรียบเทียบ ณ เดือนตุลาคม 2560 36
ตารางที่ 3.1 เครื่องมือที่เป็นแนวทางที่ใช้ในการวิจัย 51
ตารางที่ 3.2 เกณฑ์ในการยอมรับความผันแปรของระบบการวัด Gage R & R Study 53
ตารางที่ 4.1 แสดงเกณฑ์การยอมรับและผลการวิเคราะห์ Gage R&R Study 59
ตารางที่ 4.2 แสดงตารางการออกแบบการทดลอง 71

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 อันดับการผลิตรถยนต์ของโลกปี พ.ศ.2558 11
ภาพที่ 1.2 ปัญหาคุณภาพที่ปัดน้ำฝนของรถยนต์ 12
ภาพที่ 1.3 ลักษณะการปัดน้ำฝนบนกระจกสะอาด 12
ภาพที่ 2.1 วงจร DMAIC 17
ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนในการดำเนินโครงการของซิกซ์ ซิกม่า 21
ภาพที่ 2.3 สภาวะของกระบวนการ 27
ภาพที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของ Cpk กับ Cpu และ Cpl 29
ภาพที่ 2.5 การเปรียบเทียบ Cp และ Cpk 30
ภาพที่ 2.6 ลักษณะการประกอบระบบปัดน้ำฝนในรถยนต์ 38
ภาพที่ 4.1 แผนภาพพาเรโตแสดงปัญหาที่เกี่ยวข้องกับที่ปัดน้ำฝน 54
ภาพที่ 4.2 ลักษณะมุมองศาที่ปัดน้ำฝนที่ทำการควบคุมคุณภาพในรถยนต์ 55
ภาพที่ 4.3 มาตรฐานการควบคุมมุมองศาที่ปัดน้ำในรถยนต์ 56
ภาพที่ 4.4 เอกสารแสดงรายละเอียดในการดำเนินการโปรเจค (Project Charter) 56
ภาพที่ 4.5 ศึกษาแผนผังของกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ (Process Map) 58
ภาพที่ 4.6 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของระบบการวัดค่าองศามุม ที่ปัดน้ำฝนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ 58
ภาพที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของระบบการวัดค่าองศามุมที่ปัด น้ำฝนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ 59
ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงผลการทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูลองศาใบปัดน้ำฝน 60
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการที่จุดงาน FCPA 61
ภาพที่ 4.10 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่อาจส่งต่อขีดความสามารถของกระบวนการ 62
ภาพที่ 4.11 แผนผังกระบวนการแสดงกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อมุมองศา ที่ปัดน้ำฝน 63
ภาพที่ 4.12 ภาพแสดงจุดประกอบคาวน์ทอป 63
ภาพที่ 4.13 ภาพแสดงจุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน 64

สารบัญภาพ (ต่อ)

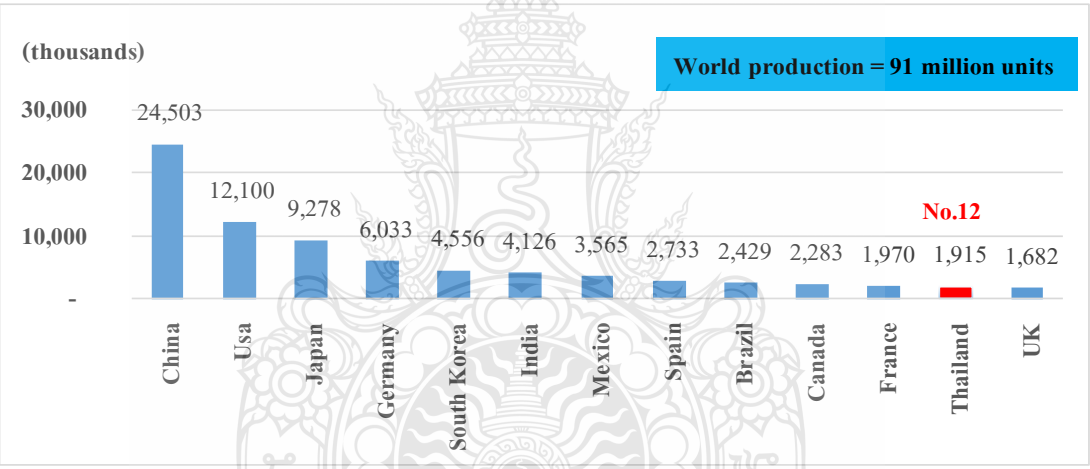
หน้า

ภาพที่ 4.14 ภาพแสดงชิ้นงานที่ปัดน้ำ (Wiper Arm Assembly) 64
ภาพที่ 4.15 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของมุมองศา
ของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ (X_1)..... 65
ภาพที่ 4.16 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจุดประกอบ
คาวน์ทอป (Cowl Top RH) ฝั่งขวา (X_2) 66
ภาพที่ 4.17 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจุดประกอบ
คาวน์ทอป (Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย (X_3) 67
ภาพที่ 4.18 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจุดประกอบ
คาวน์ทอปด้านใน (Inner Cowl Top RH) ฝั่งขวา (X_4)..... 68
ภาพที่ 4.19 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจุดประกอบ
คาวน์ทอปด้านใน (Inner Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย (X_5) 69
ภาพที่ 4.20 ภาพแสดงภาพรวมส่วนประกอบของฟังก์ชั่นปัดน้ำฝน (Wiper System) 69
ภาพที่ 4.21 ภาพแสดงการออกแบบการทดลองปรับตั้งปัจจัยที่ส่งผลต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝน 72
ภาพที่ 4.22 ภาพแสดงพาเรโตของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่ามุมองศาที่ปัดน้ำฝนบนรถยนต์ 72
ภาพที่ 4.23 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการมุมองศาที่ปัดน้ำฝน..... 73
ภาพที่ 4.24 ตัวอย่างการปรับตั้งค่ามุมองศาที่ปัดน้ำฝนของชิ้นงานจากซัพพลายเออร์..... 74
ภาพที่ 4.25 ค่าพิกัดของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลกระต่อมุมองศา (Attack Angle)..... 74
ภาพที่ 4.26 การปรับตั้งค่ามุมองศาที่ปัดน้ำฝนของชิ้นงานจากซัพพลายเออร์ที่ส่งผลกระทบ
ต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์ 76

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

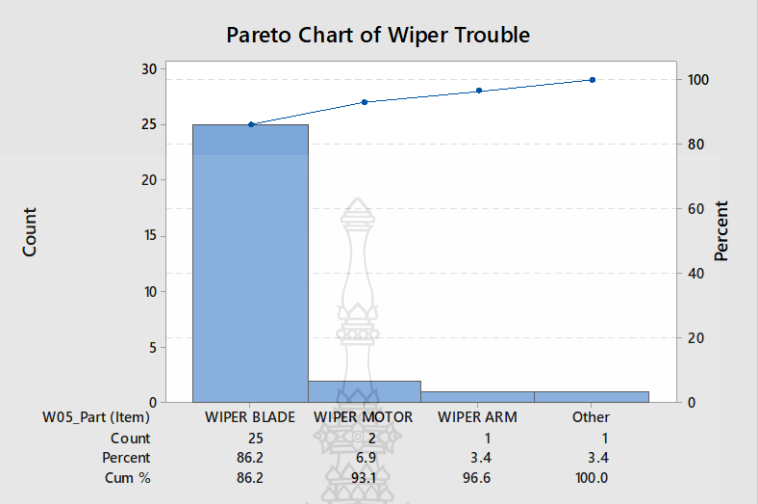
อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ในไทยมีพัฒนาการต่อเนื่องกว่า 50 ปี และมีความสามารถด้านการผลิตสูงสุดในอาเซียน (ศูนย์ข้อมูลข่าวอาเซียน, 2558) โดยเฉพาะภายหลังรัฐบาลประกาศนโยบายเปิดเสรียานยนต์ในปี 2534 ยอดจำหน่ายยานยนต์ในประเทศและการประกอบรถยนต์ขยายตัวอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านการผลิต การตลาด การจ้างงาน การพัฒนาเทคโนโลยี และความเชื่อมโยงต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ รวมทั้งการลงทุนในประเทศ ประเทศไทยถือเป็นฐานการผลิตของผู้ผลิตยานยนต์ทั่วโลก และเป็นฐานการผลิตรถยนต์ปิกอัพอันดับต้น ๆ ของโลก ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 อันดับการผลิตรถยนต์ของโลกปี พ.ศ. 2558
ที่มา : OICA (2015)

ประเทศไทยจึงมุ่งพัฒนาเทคโนโลยีด้านยานยนต์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้มาซึ่งกำไรในธุรกิจ ไม่จำกัดเฉพาะการแข่งขันทั้งในด้านราคา กำไร แต่รวมถึงด้านคุณภาพของสินค้า และนำไปพิจารณาเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดกลยุทธ์ของธุรกิจ ทำให้ได้เปรียบคู่แข่งในการแข่งขันทั้งในปัจจุบันและอนาคต ทำให้เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งด้านธุรกิจ เพราะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีจะต้องตอบสนองความต้องการและความคาดหวังของลูกค้าในขณะเดียวกันเพื่อเกิดความซื่อสัตย์ต่อตราสินค้าของกลุ่มลูกค้าตามมาทำให้เติบโตอย่างยั่งยืน ดังนั้นจึงเป็นที่มาของแนวความคิดที่จะปรับปรุงคุณภาพของชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์รถยนต์เพื่อตอบสนองความต้องการและเพิ่มระดับความพึงพอใจของลูกค้าในอนาคต

จากการสำรวจข้อร้องเรียนของลูกค้าในปี 2560 พบว่าปัญหากลุ่มชิ้นส่วนที่ปัดน้ำฝนของรถยนต์ (Wiper Blade) มีข้อร้องเรียนมากที่สุด จึงได้ถูกคัดเลือกมาทำการศึกษา ดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 ปัญหาคุณภาพที่ปัดน้ำฝนของรถยนต์

เมื่อพิจารณาความพึงพอใจของลูกค้า พบว่าลูกค้ามีความคาดหวังให้การทำงานของที่ปัดน้ำฝนมีประสิทธิภาพ เพื่อตอบสนองความต้องการในขณะที่ฝนตก โดยมีการปัดที่ราบรื่น ไม่สะดุดในขณะทำงาน ทำให้การปัดน้ำฝนบนกระจกสะอาด ดังภาพที่ 1.3

ภาพที่ 1.3 ลักษณะการปัดน้ำฝนบนกระจกสะอาด

ดังนั้นหากบริษัทผู้ผลิตรถยนต์สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ จะส่งผลให้การทำงานของที่ปัดน้ำของรถยนต์มีประสิทธิภาพ จะทำให้ความน่าเชื่อถือของบริษัทและตราสินค้าเพิ่มขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝน ที่มีผลต่อการควบคุมคุณภาพของที่ปัดน้ำฝน

1.2.2 เพื่อหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า

1.2.3 เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการควบคุมคุณภาพของที่ปัดน้ำฝน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษากระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝน ที่มีผลต่อการควบคุณภาพของที่ปัดน้ำฝน

1.3.2 ศึกษากระบวนการผลิต ที่มีผลต่อการควบคุณภาพโดยใช้ซิกซ์ ซิกม่า

1.3.3 ประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพและควบคุมกระบวนการผลิต

1.4 แผนการดำเนินการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งแสดงขั้นตอนและระยะการดำเนินการ ตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินการ			
	ธ.ค. 60	ม.ค 61	ก.พ. 61	มี.ค 61
1. ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลของปัญหาของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน				
2. การทำซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC)				
2.1 การกำหนดปัญหา (D-Phase)				
2.2 การวัดกระบวนการ (M-Phase)				
2.3 การวิเคราะห์ (A-Phase)				
2.4 การปรับปรุง (I-Phase)				
3. สรุป				

1.5 คำจำกัดความในการวิจัย

การควบคุมคุณภาพ	: กระบวนการในการรักษาไว้ซึ่งความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งกระบวนการของการควบคุมคุณภาพ จะประกอบด้วย กระบวนการรักษาไว้ (Maintenance) และกระบวนการปรับปรุง (Improvement)
Gage R&R	: ความสามารถของกระบวนการวัด (Gage Repeatability and Reproducibility) เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความถูกต้องในระบบการตรวจสอบ

ที่มา : กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2553)

ซิกซ์ ซิกม่า	: (6 Sigma) แนวคิดการปรับปรุงคุณภาพแบบก้าวกระโดด (Breakthrough) เพื่อให้บรรลุถึงความสามารถของกระบวนการ โดยใช้เครื่องมือ DMAIC
DMAIC	: กระบวนการพัฒนาแบบ Six Sigma ซึ่งแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ Define, Measure, Analyze, Improve และ Control
Cpk	: ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น
Ppk	: ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในระยะยาว
Twist Angle	: มุมองศาที่ปัดน้ำฝน ของชิ้นงานจากซัพพลายเออร์ ก่อนการประกอบในรถยนต์
Attack Angle	: มุมองศาที่ปัดน้ำฝน ที่ประกอบแล้วเสร็จในรถยนต์
Critical to Quality	: จุดวิกฤตต่อคุณภาพของกระบวนการหรือวิธีการปฏิบัติงาน ที่มีผลโดยตรงต่อความต้องการของลูกค้า
Voice of Customer	: สิ่งที่สะท้อนความต้องการ ข้อคิดเห็น และข้อร้องเรียนของลูกค้า เพื่อนำมาปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า

ที่มา : Juran (1993)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เพื่อเป็นแนวทางศึกษาวิจัยในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ เนื่องจากปัญหาที่ซับซ้อนต้องมีความเข้าใจถึงเครื่องมือที่จะใช้เพื่อหาสาเหตุของปัญหา ส่งผลให้สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง

1.6.2 เพื่อลดอัตราของเสียจากกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝน ที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน เนื่องจากการค้นพบสาเหตุของปัญหาและทำการควบคุมคุณภาพที่ดี ส่งผลให้อัตราของเสียลดลง

1.6.3 เพื่อปรับปรุงกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝน เนื่องจากการค้นพบสาเหตุของปัญหาต้องมีการนำไปใช้ปรับปรุงกระบวนการ ส่งผลคุณภาพในการผลิตเป็นไปตามมาตรฐาน

1.6.4 สามารถควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิต ให้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากการค้นพบสาเหตุปัญหาได้ถูกต้อง ส่งผลให้สามารถกำหนดแนวทาง วิธีการแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6.5 เพิ่มความสามารถการแข่งขันในตลาด เนื่องจากคุณภาพที่เป็นไปตามมาตรฐาน ส่งผลให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ ทำให้เพิ่มโอกาสที่ลูกค้าจะซื้อผลิตภัณฑ์ซ้ำ อีกทั้งลูกค้ารายปัจจุบันแนะนำผลิตภัณฑ์แก่ลูกค้ารายใหม่

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาทฤษฎีและวิธีการต่าง ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงในขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2 อุตสาหกรรมรถยนต์

2.3 อุตสาหกรรมที่ปัดน้ำฝน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การควบคุมคุณภาพ (Quality Control) ด้วยการบริหารแบบซิกซ์ ซิกม่า

ศุภชัย นาทะพันธ์ (2551) การบูรณาการซิกซ์ ซิกม่า (Six sigma) ร่วมกับแผนกลยุทธ์ขององค์กร จะช่วยส่งเสริมแผนที่มุ่งเน้นความสำคัญต่อลูกค้าโดยที่โครงการต่าง ๆ ขององค์กรจะมีเจ้าหน้าที่หรือพนักงานจากหลาย ๆ ฝ่ายมาร่วมกันคิด และโครงการที่พัฒนาจะมุ่งเน้นที่กระบวนการธุรกิจ (Business process) ซึ่งสอดคล้องกับ TQM ถ้าประยุกต์ซิกซ์ ซิกม่า กับโครงการที่ต้องการกำจัดข้อบกพร่องเท่านั้น ซิกซ์ ซิกม่าจะเป็นวิธีการที่ช่วยปรับปรุงได้ดี แต่จะไม่ได้ใช่คุณค่าที่แท้จริงของซิกซ์ ซิกม่า

TQM และซิกซ์ ซิกม่า ให้ความสำคัญกับการเป็นผู้นำและการทำงานร่วมกันเป็นทีม นอกจากนั้นทั้ง 2 วิธียังเน้นในเรื่องของการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง แต่การจัดการระหว่าง 2 วิธีจะแตกต่างกัน เนื่องจาก TQM ให้แนวทางอย่างกว้าง ๆ เพื่อให้องค์กรทั้งหลายปฏิบัติตาม ซึ่งพบว่าโอกาสที่องค์กรทั้งหลายจะบรรลุ TQM มีน้อย เมื่อเทียบกับการที่องค์กรเลือกที่จะประยุกต์ ISO 9000 เนื่องจากมีเกณฑ์ที่ชัดเจนในการประเมิน ขณะที่ซิกซ์ ซิกม่า มีเครื่องมือและเทคนิคที่ทรงพลังในการพัฒนาคุณภาพ

ซิกซ์ ซิกม่าในองค์กรเปรียบเสมือนชุดเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ แต่การจะนำเครื่องมือชนิดใดไปใช้ ก็ขึ้นอยู่กับความชำนาญและประสบการณ์ของผู้ที่จะนำเครื่องมือนั้น ๆ ไปใช้งาน ซิกซ์ ซิกม่า ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อประมาณปี พ.ศ.2523 โดย บิล สมิธ (2472-2536) ชาวอเมริกัน ซึ่งทำงานให้กับบริษัทโมโตโรล่า ทำให้ยอดขายและอัตราการเติบโตสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยการลดจำนวนข้อบกพร่อง (Defects) ส่งผลให้บริษัทได้รับรางวัลคุณภาพ

ซิกซ์ ซิกม่า คือ ส่วนผสมอันกลมกลืนกันระหว่างความฉลาดหลาย ๆ ด้านในการบริหารองค์กรโดยการพัฒนากลวิธีทางสถิติเพื่อเป็นอาวุธขององค์กร โดยมีเป้าหมายสูงสุดเพื่อเป็นกลยุทธ์ของกิจการมากกว่าที่จะเป็นวิธีการทางคุณภาพที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ คุณสมบัติพิเศษ 7 ประการของซิกซ์ ซิกม่า เพื่อเพิ่มความสำเร็จสำหรับการบริหารงานจากระดับล่างขององค์กรขึ้นมา คือ

1. เกิดผลลัพธ์สุดท้ายตามที่คาดหวัง

2. เป็นการแสดงภาวะการเป็นผู้นำ (Leadership) ของระดับบริหาร เพราะการทุ่มเทและผลักดันของผู้บริหารจะทำให้องค์กรประสบความสำเร็จตามที่คาดหวัง

3. มีกลยุทธ์ DMAIC ซึ่งเป็นการรวมตัวอักษรตัวแรกของแต่ละขั้นตอน อีกทั้งสามารถเขียน DMAIC เป็นวงจรเพื่อพลิกโฉมหน้าธุรกิจ ดังแสดงในภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1 วงจร DMAIC

ที่มา : ศุภชัย นาทะพันธ์ (2551)

จากภาพที่ 2.1 เริ่มจากขั้นตอนที่ 1 การเตรียมการ (Deployment หรือ Define Phase: D) เป็นการกำหนดปัญหา ขั้นตอนที่ 2 การตรวจวัด (Measurement phase: M) เป็นการระบุปัจจัยเข้า (Input) กระบวนการ (Process) ปัจจัยออก (Output) และผลลัพธ์ (Outcome) ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ (Analysis phase: A) เป็นการวิเคราะห์กระบวนการและปัญหา และหาต้นตอของสาเหตุทั้ง 5M1E (Man, Machine, Method, Material, Measurement และ Environment) ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุง (Improvement phase: I) เป็นการหาแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยการขจัดต้นเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย และขั้นตอนที่ 5 การควบคุมติดตาม (Control phase: C) เป็นการทำให้เกิดการคงสภาพของการปรับปรุงนั้นไว้ให้อยู่อย่างต่อเนื่อง โดยการพัฒนากระบวนการติดตาม เพื่อรักษาการปรับปรุงที่ได้ให้คงอยู่

4. เห็นความสำเร็จของโครงการได้เร็ว เนื่องจากโครงการที่ดีต้องไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป ดังนั้นโครงการแต่ละโครงการจะใช้ระยะเวลาประมาณ 4-6 เดือน จึงจะเหมาะสม

5. สามารถกำหนดมาตรการสำหรับการวัดผลได้ชัดเจน

6. เน้นที่ลูกค้าโดยการประเมินมุมมองของลูกค้าต่อระดับคุณภาพขององค์กร

7. ใช้กลวิธีในทางสถิติในการพัฒนาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ ซึ่งใช้วัดความแปรผันเฉลี่ยที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยต่างจากซิกม่าที่กล่าวมานั้น เนื่องจากซิกม่า คือ ค่าของระดับคุณภาพ (Quality level) ซึ่งค่ายิ่งสูงยิ่งมีคุณภาพดี โดยทั่วไปบริษัทจะกำหนดค่าของระดับคุณภาพอยู่ที่ระดับ 2 ถึง 3 ซิกม่า ในสหรัฐ ฯ กำหนดค่าของระดับคุณภาพอยู่ที่ระดับ 4 ซิกม่า ดังนั้น ซิกซ์ ซิกม่า จึงเป็นกลยุทธ์ที่ทำให้ธุรกิจมีค่าระดับคุณภาพสูงนั่นเอง

กลยุทธ์ของซิกซ์ ซิกม่า

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2553) กลยุทธ์ที่ใช้ในซิกซ์ ซิกม่า คือ DMAIC ในขั้นตอนการเตรียมการ (D) เป็นการค้นหาว่าลูกค้าคือใคร ลูกค้าต้องการอะไร ซึ่งต้องกำหนดบทบาทและหน้าที่ของสมาชิก พร้อมทั้งสร้างแผนการดำเนินงาน ซึ่งต้องมีแผนผังแสดงกระบวนการหลักของบริษัท เพื่อให้ทีมงานมีความเข้าใจที่ตรงกัน ในส่วนขั้นตอนการตรวจวัด (M) ต้องรวบรวมข้อมูลของปัญหา เช่น ปัจจัยเข้า ต้องศึกษาถึงจำนวนวัตถุดิบเสีย กระบวนการอาจศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานหรือต้นทุนต่อหน่วยปัจจัยออก อาจศึกษาจำนวนข้อบกพร่องหรือการส่งมอบสินค้าทันเวลาหรือไม่ และผลลัพธ์อาจศึกษาความพึงพอใจของลูกค้าหรือรายรับ สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ (A) ต้องรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในทีม สิ่งสำคัญของขั้นตอนการปรับปรุง (I) คือ การศึกษาให้ได้ว่า แต่ละปัจจัยที่สามารถปรับได้นั้นเข้ามาช่วย เพราะเกี่ยวข้องกับการทดลองที่จะนำเอาแนวทางแก้ปัญหาไปปฏิบัติและขั้นตอนการควบคุมการผลิต

ทีมงานซิกซ์ ซิกม่า ที่กำหนด ต้องมีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบที่ชัดเจน ทีมงานประกอบด้วย ผู้บริหารระดับสูงหรือผู้บริหารอาวุโส (Champions) ผู้เชี่ยวชาญทางสถิติหรือที่ปรึกษาให้กับผู้จัดการโครงการ (Master Black Belts) ผู้จัดการของกระบวนการ (Sponsors/Process Owners) ผู้จัดการโครงการ (Black Belts) ผู้ช่วยของผู้จัดการโครงการ (Green Belts) และผู้ร่วมทีม (Team members)

1. Champions (ผู้บริหารระดับสูงหรือผู้บริหารอาวุโส) มีหน้าที่สร้างแรงจูงใจและสร้างความมั่นใจ อนุมัติหรือปฏิเสธโครงการ อนุมัติเงื่อนไขในการคัดเลือกโครงการ กำกับดูแล และจัดสรรทรัพยากรให้กับทีม Champions ควรเป็นคนที่ผ่านการเป็น Black belts มาแล้ว

2. Master black belts (ผู้เชี่ยวชาญทางสถิติหรือที่ปรึกษาให้กับผู้จัดการโครงการ) เป็นผู้ฝึกสอนและจัดทำโครงการฝึกอบรมให้แก่ทีมงานซิกซ์ ซิกม่า และช่วย Black belt เตรียมการนำเสนอผลงานให้แก่ผู้บริหาร กล่าวได้ว่า ที่ปรึกษาต้องมีความเชี่ยวชาญ โดยมีความรับผิดชอบหรือให้การสนับสนุนโครงการด้วยความรอบรู้ในเรื่องของกลยุทธ์ การฝึกอบรม การให้คำปรึกษา และการจัดกำลังคน Master black belts (ผู้เชี่ยวชาญทางสถิติหรือที่ปรึกษาให้กับผู้จัดการโครงการ) 1 คนจะดูแล Black belt ได้หลายคน ดังนั้นควรเป็นคนที่ ผ่านการเป็น Black belt มาแล้ว

3. Sponsors/ Process owners (ผู้จัดการของกระบวนการ) เป็นคนเตรียมเรื่องขออนุมัติการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการ เพื่อให้กระบวนการที่ต้องปรับปรุงได้ถูกนำไปปฏิบัติ

4. Black belt (ผู้จัดการโครงการ) เป็นผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ทางเทคนิค ซึ่งเป็นผู้นำทีมในการใช้ประโยชน์จากเทคนิคของซิกซ์ ซิกม่า นอกจากนั้นยังเป็นผู้กำหนดการวัดผล ติดตามผล รายงานความคืบหน้าของโครงการ และเป็นพี่เลี้ยงให้กับ Green belts (ผู้ช่วยของผู้จัดการโครงการ) ผู้จัดการโครงการซิกซ์ ซิกม่า ต้องทำโครงการซิกซ์ ซิกม่า 4 ถึง 6 โครงการต่อปี ผู้จัดการโครงการซิกซ์ ซิกม่า จะมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป เช่น Black Belt, Top Guns, Change agent หรือ Pioneer เป็นต้น แล้วแต่บริษัทจะตั้งขึ้น โดยมาก Black belt จะถูกเลือกจากผู้บริหารระดับกลาง ซึ่งได้รับการฝึกอบรมซิกซ์ ซิกม่า ประมาณ 1 เดือน เกี่ยวกับการวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุม (มี 4 หัวข้อ หัวข้อละ 1 สัปดาห์)

5. Green belts (ผู้ช่วยของผู้จัดการโครงการ) เป็นผู้ช่วยของ Black belt (ผู้จัดการโครงการ) ดังนั้น จึงมีหน้าที่เหมือน Black belt โดยต้องมีส่วนร่วมประมาณ 2 โครงการต่อปี Green belts ต้องได้รับการฝึกอบรม 5 วัน เกี่ยวกับเครื่องมือของซิกซ์ ซิกม่า

6. Team members (ผู้ร่วมทีม) มีหน้าที่ปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย โดยนำมาตรการที่ต้องปรับปรุงไปปฏิบัติ

การคัดเลือกโครงการซิกซ์ ซิกม่า

โครงการเกิดจากการที่ทีมผู้บริหารและผู้นำองค์กรเป็นผู้กำหนดเป้าหมายให้กับแต่ละหน่วยงาน รวมถึงระยะเวลา เมื่อมีโครงการถูกเสนอมากมายในองค์กร ผู้บริหาร (Champion) ต้องคัดเลือกโครงการโดยการกำหนดระดับความสำคัญ ซึ่งพิจารณาจากความพึงพอใจของลูกค้า เมื่อคัดเลือกโครงการได้แล้ว จึงกำหนดรายละเอียดของโครงการและเป้าหมายเชิงกลยุทธ์ของโครงการนั้น องค์กรที่กำลังจะเริ่มโครงการซิกซ์ ซิกม่า ให้เลือกโครงการที่น่าจะประสบความสำเร็จได้ง่ายมาทำก่อน เพื่อทำให้พนักงานเกิดความมั่นใจ

1. เครื่องมือของซิกซ์ซิกม่ามีเครื่องมือ 8 อย่างที่ใช้ในการดำเนินการ

1.1 แผนผังกระบวนการ (Process map)

1.2 ตารางสาเหตุและผลกระทบ (Cause and Effect matrix)

1.3 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement system analysis) ซึ่งจะทำให้ทราบแหล่งของความแปรปรวน

1.4 การศึกษาความสามารถของกระบวนการ (Process capability analysis)

1.5 การวิเคราะห์ผลกระทบจากความเสียหาย (Failure mode and Effect analysis: FMEA)

1.6 การศึกษาผลกระทบแบบหลายด้าน (Multi-vary studies)

1.7 การออกแบบการทดลอง (Design of experiment: DOE)

1.8 แผนการควบคุม (Control plan)

2. ขั้นตอนกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า (Six sigma steps)

Besterfield (2013) ได้กล่าวถึงขั้นตอนกระบวนการของซิกซ์ ซิกม่า โดยมี DMAIC ประกอบด้วย การกำหนด (Define) การวัด (Measurement) การวิเคราะห์ (Analysis) การปรับปรุง (Improvement) และการควบคุม (Control) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การกำหนด (Define phase) ในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วย Project charter คือ เอกสารระบุถึงปัญหารวมไปถึงขั้นตอนการจัดการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งตัวอย่างการเขียนระบุปัญหา ซึ่งต้องมีการกำหนดขอบเขตในการตัดสิน เช่น ปัญหานี้สำคัญหรือไม่ การกำหนดปัญหานี้สามารถเป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่ เป็นต้น โดยการเลือกปัญหาที่จะมาแก้ไขนั้น เราสามารถเลือกใช้เครื่องมือการวิเคราะห์แบบพาเรโต เพื่อดูความสำคัญของปัญหาตามลำดับ ใน Project charter ยังต้องมีผู้บริหารโครงการมาเป็นที่ปรึกษาของโครงการ และยังต้องมีการกำหนดเป้าหมายของโครงการก่อนเริ่มดำเนินโครงการนั้น ๆ Process map จะช่วยให้ทีมงานเข้าใจถึงกระบวนการที่เกี่ยวกับธุรกิจหรือการผลิตขององค์กร โดยใช้ Supplier, Input, Process, Output, Customer (SIPOC) process model เป็นการระบุกระบวนการทำงานในภาพใหญ่ ในแบบตารางก่อนเริ่มเขียนแผนภาพ วัดผล หรือทำการพัฒนา

Voice of the Customer เป็นข้อมูลปัญหาหลัก ๆ ที่มีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงแก้ไขได้ดีที่สุด ปัญหาจะถูกแยกได้ตามปัจจัย ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากภายนอก คือ การร้องเรียนของลูกค้า หรือการเรียกคืนชิ้นส่วนที่เกิดปัญหา

1.2 ข้อเสนอจากผู้บริหาร หรือจากโครงการ

1.3 การระดมสมองของสมาชิกในโครงการ

1.4 การสอบถามลูกค้าหรือพนักงานภายในโรงงาน

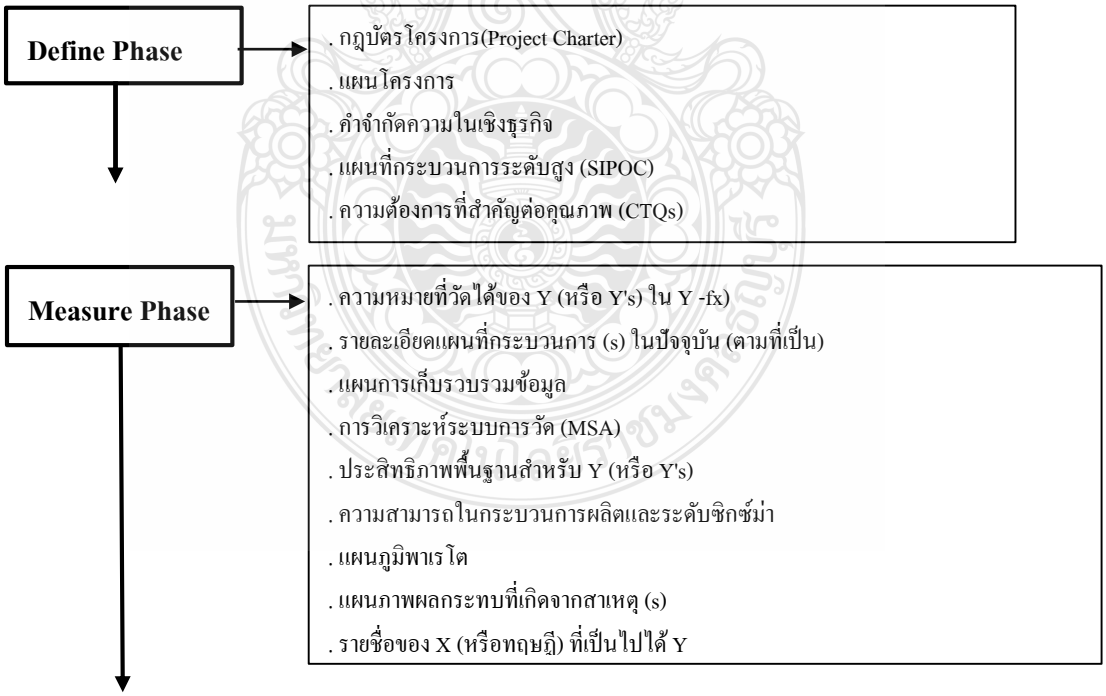
1.5 ข้อร้องเรียน หรือข้อติเตียนจากผู้ใช้ภายนอก เช่น ลูกค้า

2. การวัด (Measurement phase) เป็นขั้นตอนที่ต้องเข้าใจถึงกระบวนการ การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และการบ่งชี้ความสามารถของกระบวนการในปัจจุบันเพื่อนำมาวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ

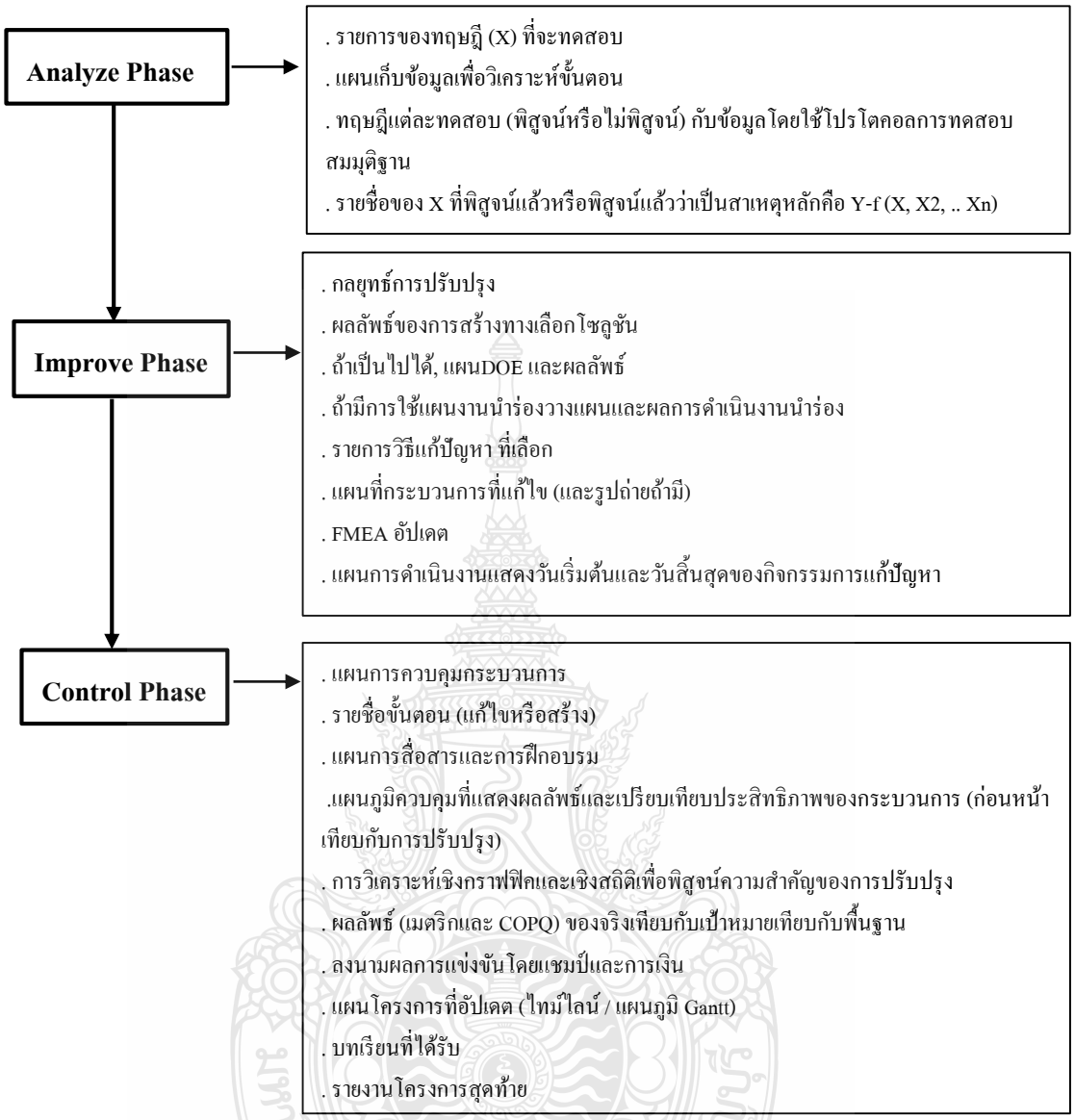
3. การวิเคราะห์ (Analysis) ในขั้นตอนการวิเคราะห์ (จากข้อมูลที่วัดมาได้) เพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้มากที่สุดของปัญหา ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์จากทีมงาน การระดมสมอง และความรู้คามสามารถของคนในทีมงาน

4. การปรับปรุง (Improvement) หลังจากที่ได้ตัวแปรที่มีผลมาก ๆ หรือสำคัญ ๆ จากนั้นจะเลือกวิธีแก้ไข/ ปรับปรุง ที่เหมาะสม เพื่อขจัดสาเหตุที่วิเคราะห์ได้ หรือในการออกแบบขั้นนี้จะเป็นการออกแบบกระบวนการ/ ผลิตภัณฑ์เพื่อขจัดหรือควบคุมตัวแปรที่วิเคราะห์ได้

5. การควบคุม (Control) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งต้องดำเนินการออกแบบระบบควบคุณคุณภาพของกระบวนการเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ากระบวนการจะไม่มีปัญหาเหมือนเดิมอีก และจากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปขั้นตอนในการดำเนินโครงการของซิกซ์ ซิกม่า ได้ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนในการดำเนินโครงการของซิกซ์ ซิกม่า



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนในการดำเนินโครงการของซิกซ์ ซิกม่า (ต่อ)

ที่มา : Juran (1993)

เครื่องมือที่นิยมใช้ในกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC)

กระบวนการทั้ง 5 ขั้นตอนของซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC) ซึ่งมีเครื่องมือที่นิยมนำมาใช้ดังนี้

1. แผนภูมิพาเรโต

สมศักดิ์ แก้วพลอย (2550) ได้กล่าวว่า แผนภาพพาเรโต (Pareto) หมายถึง เครื่องมือตัวแรกสำหรับการวิเคราะห์ความเสถียรภาพของข้อมูลแบบหลายพวก ตลอดจนใช้ในการพิจารณาถึงการจำแนกประเภทของข้อมูล (Stratification) เพื่อประกอบการวิเคราะห์ เช่น จำนวนสินค้าคุณภาพไม่ดี ข้อบกพร่อง คำร้องเรียนจากลูกค้า เป็นต้น

ในปี ค.ศ. 1897 นักเศรษฐศาสตร์ชาวอิตาเลี่ยนท่านหนึ่งชื่อ วีฟรีโด พาเรโต (Vilfredo pareto) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการกระจายรายได้ (Distribution of wealth) ของคนยุโรป ซึ่งพบว่า รายได้ส่วนมาก (Vital) ขึ้นอยู่กับบุคคลจำนวนเล็กน้อย (Few) อีกมากมาย (Many) มีรายได้เพียงจำนวนเล็กน้อย (Trivial) ซึ่งตรงกันกับงานวิจัยของนักเศรษฐศาสตร์ชาวอเมริกันท่านหนึ่งชื่อ เอ็ม ซี ลอ เรนซ์ (M.C Lorenz) ในปี ค.ศ. 1907 ซึ่งได้ใช้กราฟสะสมในการแสดงถึงการกระจายรายได้ โดยสรุปว่า จำนวนรายได้ในปริมาณมากได้อยู่ในมือของประชากรกลุ่มน้อยเท่านั้น ขณะที่ประชากรกลุ่มใหญ่กลับยังมีรายได้น้อย ซึ่งต่อมา Juran (1993) ชาวอเมริกันได้นำเอกสารหลักการของพาเรโตมาประยุกต์ใช้กับปัญหาทุก ๆ สาขา โดยจูรานได้ศึกษาอย่างจริงจังกับปัญหาทางวิศวกรรมคุณภาพ เพื่อแสดงให้เห็นว่าสาเหตุความบกพร่องเพียงไม่กี่สาเหตุกลับก่อให้เกิดความสูญเสียให้มากมาย ขณะที่ความสูญเสียเล็กน้อยที่เหลือนั้น กลับมาจากสาเหตุมากมาย และได้อธิบายลักษณะของข้อมูล ถ้าข้อมูลในสภาวะเสถียรภาพแล้ว ข้อมูลที่มีความสำคัญจะมีเพียงจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital few) ในขณะที่ข้อมูลที่เหลืออีกจำนวนมากมายจะมีความสำคัญเพียงเล็กน้อย (Trivial many) จึงเรียกว่า หลักการพาเรโต (Pareto principles)

ตัวแบบของความมีเสถียรภาพของข้อมูลนั้นจะมีลักษณะที่ข้อมูลที่มีความสำคัญมาก (ประมาณ 80% ของตัววัดความสำคัญทั้งหมด) จะมาจากประเภทข้อมูลจำนวนเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 20% ของประเภทของข้อมูลทั้งหมด) จึงเรียกกฎสำหรับหลักการพาเรโตนี้ว่า กฎ 80:20

2. ใบตรวจสอบ (Check sheet)

ลำปาง แสนจันทร์ (2549) กล่าวว่า ใบตรวจสอบคือแผนผังหรือตารางที่มีการออกแบบไว้ล่วงหน้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลได้ง่ายและถูกต้อง และเพื่อสะดวกต่อการอ่านข้อมูลและสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ต่อได้ง่ายขึ้น

การสร้างหรือออกแบบใบตรวจสอบสามารถทำได้หลากหลายแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของงานและลักษณะของข้อมูล เช่น งานที่ต้องการสำรวจหาของเสียหรือของชำรุด งานที่ต้องการหาค่าเฉลี่ยและการกระจายของกระบวนการผลิตหรืองานที่ต้องการหาตำแหน่งของของเสียหรือของชำรุดเป็นต้น โดยมีข้อแนะนำในการใช้ใบตรวจสอบ ดังนี้

2.1 ต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์การใช้ใบตรวจสอบให้ชัดเจน

2.2 ใบตรวจสอบต้องมีรายละเอียดของการจำแนกข้อมูลเพียงพอที่จะใช้ในการตัดสินใจ

3. ฮีสโตแกรม (Histogram)

ฮิสโตแกรม คือ กราฟแท่งแบบเฉพาะ โดยแกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดง “ความถี่” และมีแกนนอนเป็นข้อมูลของคุณสมบัติของสิ่งที่เราสนใจโดยเรียงลำดับจากน้อยไปมาก ใช้ดู

ความแปรปรวนของกระบวนการ โดยการสังเกตรูปร่างของฮิสโตแกรมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง การนำฮีสโตแกรมมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลเนื่องจาก

3.1 เมื่อต้องการตรวจสอบความผิดปกติโดยดูการกระจายของกระบวนการทำงาน

3.2 เมื่อต้องการเปรียบเทียบข้อมูลกับเกณฑ์ที่กำหนด หรือค่าสูงสุด-ต่ำสุด

3.3 เมื่อต้องการตรวจสอบสมรรถนะของกระบวนการทำงาน (Process capability)

3.4 เมื่อต้องการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา (Root cause)

3.5 เมื่อต้องการติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในระยะยาว

3.6 เมื่อข้อมูลมีจำนวนมาก ๆ

4. แผนภูมิกระบวนการ (Process map)

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

5. ผังก้างปลาหรือผังแสดงเหตุและผล (Fish bone or Cause and Effect Diagrams)

ฮิโตชิ คุเมะ (2546) ผังแสดงเหตุและผลเป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่เกิดขึ้นกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหานั้น ใช้ในการค้นหาสาเหตุต่าง ๆ ของปัญหาที่ทำให้กระบวนการไม่อยู่ภายใต้การควบคุม ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ คือ คน เครื่องจักร วัสดุ และวิธีการจากผลลัพธ์ คือ คุณลักษณะทางคุณภาพที่ต้องการปรับปรุง ส่วนสาเหตุหลัก เช่น คน เครื่องจักร วิธีการ และวัสดุ สามารถแตกกระจายออกเป็นสาเหตุรอง เช่น วิธีการทำงานแยกออกเป็นสาเหตุรอง ได้แก่ การฝึกอบรม ความรู้ และความสามารถ

การหาสาเหตุรองที่แยกออกมาจากสาเหตุหลัก โดยปกติทีมงานจะใช้วิธีการระดมสมองและการแสดงความคิดเห็นจากสมาชิกของทีมงาน ซึ่งเป็นความคิดอิสระไม่ขึ้นกับฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง

6. แผนภูมิควบคุม (Control charts)

ฮิโตชิ คุเมะ (2546) กล่าวว่า แผนภูมิควบคุม คือแผนภูมิหรือแผ่นกราฟที่เขียนขึ้นโดยอาศัยข้อมูลจากข้อกำหนดทางเทคนิคที่ระบุคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของชิ้นงานที่ทำการผลิตและต้องการจะควบคุม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตามผลการผลิตจากกระบวนการผลิตขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง โดยการวัดค่าซึ่งวัดได้ (Variable) ที่เรียกว่าค่าวัด หรือการนับจำนวนของมีค่าที่เป็นหน่วยนับ (Attribute) แล้วเขียนบันทึกลงในแผนภูมินั้น ๆ โดยปกติจะมี 3 เส้น ได้แก่ เส้นค่ากลาง คือ เส้นที่แสดงขนาดหรือจำนวนที่เป็นข้อกำหนดหรือเป้าหมายของการผลิต พร้อมกับเส้นแสดงขอบเขต

ควบคุมค่าสูงและเส้นแสดงขอบเขตควบคุมค่าต่ำที่อนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนในการผลิตเกิดขึ้นได้และหากอยู่ในขอบเขตควบคุมก็ถือว่า ผลการผลิตยอมรับได้ แต่หากว่าค่าที่อยู่นอกเหนือขอบเขตควบคุม ถือว่าการผลิตขณะนั้นยอมรับไม่ได้ จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องของกระบวนการโดยทันที

แผนภูมิควบคุมแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ โดยพิจารณาจากคุณลักษณะของตัวแปรที่ใช้เขียนแผนภูมิ คือ

6.1 แผนภูมิควบคุมชนิดข้อมูลมีค่าต่อเนื่องหรือเป็นข้อมูลจากหน่วยวัด (Continuous value)

6.2 แผนภูมิควบคุมชนิดข้อมูลมีค่าเป็นค่าแจงนับ (Discrete value) หรือมีค่าเต็มหน่วย

X bar– R chart เป็นแผนภูมิที่อาศัยค่าหน่วยวัด (X) และค่าเฉลี่ย(X bar) ของกลุ่มข้อมูลในการควบคุม โดยหน่วยวัด (X) อาจเป็นขนาดความยาว น้ำหนัก ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะของของเหลว เป็นต้น หรือปริมาณน้ำหนักต่อ 1 หน่วยบรรจุ X bar จะหาได้จากค่าเฉลี่ยของ X ในกลุ่มย่อย (Sub group) และค่า R หรือพิสัยเป็นค่าพิสัยของ X ภายในกลุ่มย่อยนั้น เรามักจะใช้ X chart คู่กับ R chart เพื่อควบคุมความผันแปรภายในกลุ่มย่อย X chart เป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้ตัวเลขค่าวัด (X) แต่ละตัวมาพล็อตลงในแผนภูมิ โดยไม่หาค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากกลุ่มย่อยก่อน อาจเป็นเพราะว่าการสุ่มตัวอย่างกระทำห่างกันและเก็บเป็นตัวข้อมูลโดด ๆ ก็ได้ ทำให้ค่าพิสัยของกลุ่มย่อยไม่มี จึงอาศัยพิสัยเคลื่อนที่ (Moving Range) ซึ่งวัดเทียบกันระหว่างค่าวัดที่อยู่ต่อเนื่องกันเป็นหลักในการคำนวณหาค่าขอบเขตควบคุม

pn chart, p chart เป็นแผนภูมิควบคุมสำหรับกรณีนับจำนวนของเสีย หรือชิ้นงานชำรุด (Defectives) หรือค่าสัดส่วนของเสียชำรุด (Fraction defectives) ที่เกิดจากกระบวนการผลิตหนึ่งหากขนาดของสิ่งตัวอย่างมีค่าคงที่ จะใช้ pn chart หากขนาดสิ่งตัวอย่างมีค่าไม่คงที่ จะใช้ p chart

c chart, u chart แผนภูมิควบคุมทั้งสองชนิดนี้ ใช้ควบคุมจำนวนรอบตำหนิ (Defects) ที่ปรากฏบน 1 หน่วยผลิตภัณฑ์ หรือต่อ 1 ครั้ง ที่มีการตรวจสอบ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดหรือหน่วยวัดคงที่ เช่น ชิ้นงานรุ่นหนึ่ง ๆ หรือต่อ 1 หน้ากระดาษ จะใช้แผนภูมิ c chart เพื่อกำหนดจำนวนรอยตำหนิต่อ 1 หน่วยผลิตภัณฑ์ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดหรือหน่วยวัดขณะทำการชักสิ่งตัวอย่างเก็บข้อมูลที่ไม่แน่นอน เช่น รอยตำหนิ/บกพร่อง บนผืนผ้าทอหรือผ้าพิมพ์จะใช้ u chart ในการควบคุม

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

Montgomery (อ้างถึงใน สมศักดิ์ แก้วพลอย, 2550) ได้ให้นิยามไว้ว่า ความสามารถของกระบวนการ หมายถึง ความสม่ำเสมอ (Uniformity) ของกระบวนการซึ่งจะทำการวัดได้จากค่าความ

ผันแปรของผลที่ได้ (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 จะหมายถึงความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ได้จากกระบวนการที่อยู่ภายใต้สภาวะควบคุมความมีเสถียรภาพของกระบวนการ

ในการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มิได้จำแนกประเภทจะสามารถวิเคราะห์ผ่านแผนควบคุม ในกรณีที่ข้อมูลมีการจำแนกประเภทสามารถวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพจากค่าสะสมของข้อมูลด้วยแผนภาพพาเรโต

โดยทั่วไปกระบวนการสามารถจำแนกออกเป็น 4 สภาวะ ดังต่อไปนี้

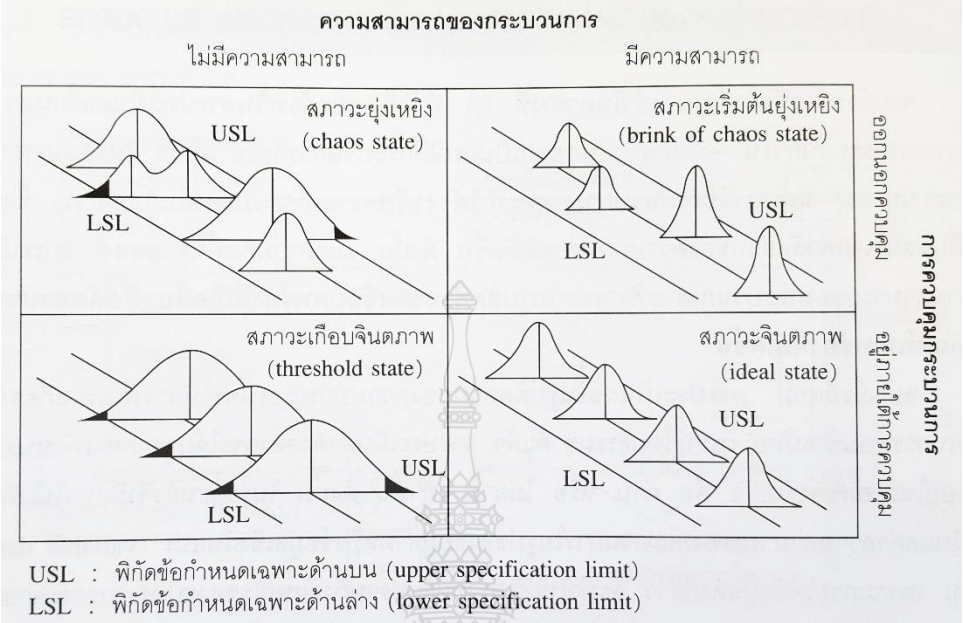
1. สภาวะจินตภาพ (Ideal state) เป็นสภาวะที่กระบวนการมีเสถียรภาพ (Stable) ภายใต้สภาวะการควบคุมหรือสภาวะที่ปกติจะทำให้ตัวแบบของกระบวนการได้รับการคาดการณ์ได้ และกระบวนการมีความสามารถต่อข้อกำหนดเฉพาะ

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

3. สภาวะเริ่มต้นยุ่งเหยิง (Brink of chaos state) เป็นสภาวะที่กระบวนการไม่มีเสถียรภาพทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ได้ แต่ความผันแปรของกระบวนการยังอยู่ภายในความผันแปรที่ยอมให้เกิดหรือพิกัดของสเปค

4. สภาวะยุ่งเหยิง (Chaos state) เป็นสภาวะที่กระบวนการไม่มีเสถียรภาพ ทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ได้ และความผันแปรของกระบวนการอยู่ภายนอกพิกัดของสเปค

จากรายละเอียดสภาวะกระบวนการทั้ง 4 สภาวะ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 สภาวะของกระบวนการ
ที่มา : กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551)

ในการประเมินความสามารถของกระบวนการมีความจำเป็นต้องประมาณค่าการกระจายของกระบวนการสำหรับกรณีทั่ว ๆ ไปจะประมาณค่าด้วยระดับความเชื่อมั่น 99.73% หรือ 6 เท่าของความเบี่ยงเบนมาตรฐานของสิ่งตัวอย่าง (6σ)

ดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ

ในการปรับปรุงคุณภาพมีความจำเป็นต้องกำหนดตัววัดที่จะทำให้ผู้เกี่ยวข้องได้ตระหนักถึงการลดความผันแปรรอบค่าเป้าหมายอย่างต่อเนื่อง Osuga (1964) จึงได้กำหนดให้การประเมินความสามารถของกระบวนการในรูปของความผันแปรของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิต ซึ่งถือเป็นดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Process capability index; PCI) โดยนิยามว่า

$$PCI = \frac{\textit{ความคลาดเคลื่อนอนุโลมที่ยอมให้เกิด}}{\textit{ความสามารถของกระบวนการ}}$$

โดย Osuga (1964) เรียก PCI สำหรับการศึกษาในระยะสั้นว่า ดัชนี C_P ดังนั้น

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_{ST}}$$

สำหรับดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการในระยะยาวจะแทนด้วยดัชนี P_P โดย

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_{LT}}$$

โดยที่

USL หมายถึง พิกัดของข้อกำหนดเฉพาะด้านบน (Upper specification limit)

LSL หมายถึง พิกัดของข้อกำหนดเฉพาะด้านล่าง (Lower specification limit)

$\hat{\sigma}_{ST}$ หมายถึง การกระจายตัวของกระบวนการแบบระยะสั้น (Short-term process spread)

$\hat{\sigma}_{LT}$ หมายถึง การกระจายตัวของกระบวนการแบบระยะยาว (Long-term process spread)

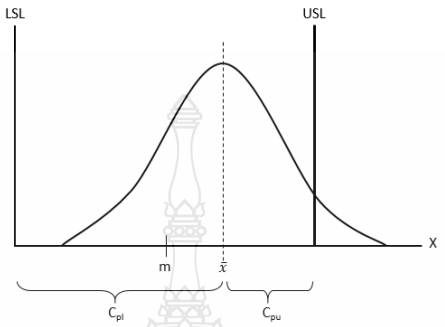
การประเมินความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ

การประเมินความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการที่ทำการศึกษาถึงการกระจายของกระบวนการเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ โดยถือว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ในตำแหน่งตรงกลางของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งการศึกษาดังกล่าวทำให้ทราบว่ากระบวนการที่ศึกษามีศักยภาพอันเนื่องมาจากการออกแบบเพียงใดต่อการผลิตให้ได้ตามเกณฑ์ของข้อกำหนดเฉพาะ ส่วนการประเมินด้านสมรรถนะของกระบวนการโดยจะทำการศึกษาถึงความสามารถในการผลิตของกระบวนการภายใต้ข้อกำหนดว่า กระบวนการอยู่ที่ตำแหน่งค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ซึ่งไม่จำเป็นต้องอยู่ในตำแหน่งค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ

ดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ

ในการวัดความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการจะเป็นผลจากการออกแบบเท่านั้น มิได้สะท้อนถึงผลจากการควบคุม Kane (1986) ได้กำหนดให้ใช้ดัชนีที่สะท้อนถึงค่าการเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะของตำแหน่งของกระบวนการและเรียกว่า C_{pk} โดยที่ k มาจาก Katayori ในภาษาญี่ปุ่น ในภาษาอังกฤษแทนด้วย Kurtosis ที่มีความหมายถึงความเบี่ยงเบนไปหรือในการเลื่อนออกไป

ในการประเมินค่าดัชนี C_{pk} ซึ่งเป็นการประเมินระยะสั้น สามารถประเมินค่าผ่านดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (PCI) โดยกรณีนี้ตำแหน่งของกระบวนการไม่จำเป็นต้องอยู่ที่ค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ จึงพิจารณาแยกกันระหว่างพิกัดด้านบน (Upper limit) และพิกัดด้านล่าง (Lower limit) ของข้อกำหนดเฉพาะ ดังแสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของ C_{pk} กับ C_{pu} และ C_{pl}

โดยเรียกพิกัดด้านบนและด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะว่า C_{pu} และ C_{pl} ตามลำดับ

โดยที่

C_{pk} = ค่าต่ำระหว่าง (C_{pu} , C_{pl})

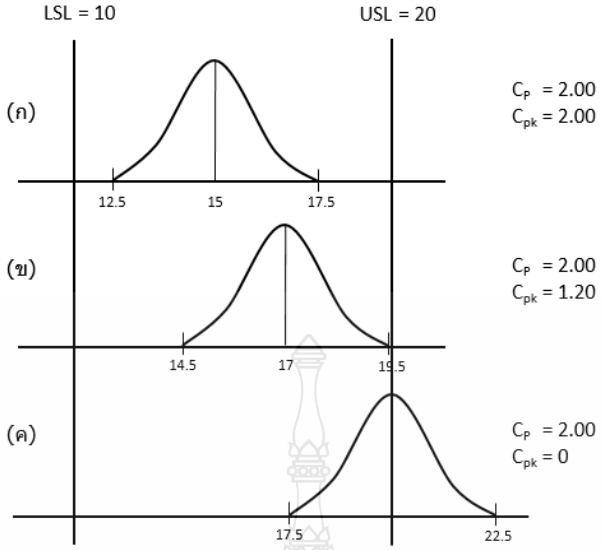
$$C_{pu} = \frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}_{ST}}$$

$$C_{pl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{\sigma}_{ST}}$$

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า

$$C_{pk} = \text{ค่าต่ำระหว่าง } \left[\frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}_{ST}}; \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{\sigma}_{ST}}\right]$$

ดัชนี Cpk ที่ได้จะประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญต่อการตัดสินใจทั้งสองประการ คือ ความแม่นยำ (Precision) ที่อธิบายผ่านดัชนี C_p และความถูกต้องที่อธิบายผ่านดัชนี C_{pk} ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การเปรียบเทียบ C_p และ C_{pk}

จากภาพที่2.5 แสดงถึงสภาวะต่าง ๆ ของกระบวนการ ซึ่งพบว่าไม่ว่าจะอยู่กระบวนการจะอยู่ ณ ตำแหน่งใดก็ตาม ดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ คือ C_p จะมีค่าเท่าเดิมเสมอ (ในที่นี้คือ 2.00) ในขณะที่ความสามาระด้านสมรรถนะของกระบวนการ จะมีค่ามากที่สุดเท่ากับ C_p เมื่อกระบวนการอยู่ที่ตำแหน่งตรงกลางสเปค และจะมีค่าลดลงโดยลำดับจนเป็นศูนย์เมื่อกระบวนการมีตำแหน่งอยู่ที่พิกัดของสเปค (ดังภาพ ค)

นอกจากนี้ Montgomery (2001) ได้กำหนดค่าดัชนี C_{pk} ที่เหมาะสมต่อกระบวนการแบบต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าแนะนำสำหรับค่าที่ต่ำที่สุดของดัชนี C_{pk}

กระบวนการ	ค่าดัชนีที่ต่ำที่สุดสำหรับ C_{pk}		ระดับคุณภาพ (ระยะสั้น)
	ข้อกำหนดเฉพาะแบบพิกัดด้านเดียว	ข้อกำหนดเฉพาะแบบพิกัดสองด้าน	
กระบวนการทั่วไป (ใช้งานอยู่)	1.25	1.33	4σ
กระบวนการทั่วไป (ใหม่)	1.45	1.50	4.5σ
กระบวนการที่เกี่ยวกับความปลอดภัย หรือพารามิเตอร์วิกฤต (ใช้งานอยู่)	1.45	1.50	5σ
กระบวนการที่เกี่ยวกับความปลอดภัย หรือพารามิเตอร์วิกฤต (ใหม่)	1.60	1.67	5.5σ

สำหรับการประเมินค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการแบบระยะยาว สามารถประเมินได้เช่นเดียวกับการศึกษาแบบระยะสั้น เพียงแต่ใช้ค่า $\hat{\sigma}_{LT}$ ในการประเมินค่าความผันแปรของกระบวนการ ดังนั้น

P_{pk} = ค่าต่ำระหว่าง (P_{pu} , P_{pl})

$$P_{pu} = \frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}_{LT}}$$

$$P_{pl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{\sigma}_{LT}}$$

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า

P_{pk} = ค่าต่ำระหว่าง $\left[\frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}_{LT}}; \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{\sigma}_{LT}}\right]$

การวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลด้วยค่า C_p และ C_{pk} นอกจากจะทำให้ผู้วิเคราะห์ได้รับการสารสนเทศเกี่ยวกับการกระจายของข้อมูลในเชิงเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะแล้วยังสามารถทราบถึงตำแหน่งค่าที่ควรจะเป็นของประชากร เมื่อเทียบกับค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะด้วย กล่าวคือ

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

2. ถ้า $C_p > C_{pk}$ แสดงว่า ค่าที่ควรจะเป็นของประชากรจะเยื้อง (Offset) ไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ ตามที่ได้กล่าวมาแล้วตามภาพที่ 2.5

จะเห็นได้ว่า การวิเคราะห์ดังกล่าวจะช่วยให้ผู้วิเคราะห์สามารถดำเนินการปฏิบัติการแก้ไขได้ดียิ่งขึ้น

ความหมายของระบบการวัด

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2553) ความหมายของระบบการวัดที่มีค่าสำคัญ 2 คำด้วยกัน คือ การวัด และระบบ เพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงความหมายก่อนที่จะศึกษาถึงคุณสมบัติต่อไป

ความสำคัญของค่าวัดจากระบบการวัดที่มีต่อการตัดสินใจในการประกันคุณภาพผลิตภัณฑ์ จนอาจเปรียบได้ว่า “การวัด” นี้ คือ ประตูสู่กระบวนการบริหารคุณภาพและการประกันคุณภาพ โดยจะเรียกศาสตร์ของการวัดนี้ว่า มาตรวิทยา (Metrology) ที่มีความหมายถึงศาสตร์ที่ว่าด้วยการวัด และเกี่ยวกับเรื่องนี้ได้มีนิยามของนักวิชาการจำนวนมากที่พยายามให้คำจัดความเอาไว้ แต่นิยามที่ได้รับการอ้างถึงค่อนข้างมากจะเป็นนิยามของ Eisenhart (1963) ที่ให้คำจำกัดความไว้ว่า การวัด หมายถึง

การกำหนดค่าตัวเลขให้แก่วัตถุเพื่อแสดงความสัมพันธ์ที่เป็นจริงของวัตถุดังกล่าวด้วยสมบัติเฉพาะ (The assignment of numbers to material things to represent the relations existing among them with respect to particular properties) โดยสมบัติเฉพาะที่กล่าวถึงนี้ อาจจะเป็นลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางเคมี ฯลฯ สำหรับ ISO 10012-1 ได้ให้คำจำกัดความของการวัดไว้ว่า คือ ชุดของการปฏิบัติการที่มีจุดประสงค์เพื่อพิจารณาถึงค่าของปริมาณหนึ่ง (Set of operations having the object of determining a value of quantity) โดยจะเรียกปริมาณใดก็ตามที่ได้รับการนำมาวัดนี้ว่า สิ่งที่ได้การวัด (Measurement) นอกจากนี้แล้ว Juran (1993) ยังได้ให้ความหมายสั้น ๆ ของการวัดไว้ว่า คือ การอธิบายให้อยู่ในรูปตัวเลข (Say it in numbers) โดยการวัดนี้จะประกอบด้วย หน่วยของการวัด (Unit of measure) และเครื่องมือวัดหรือวิธีการวัด (Sensor) โดยที่หน่วยของการวัดจะหมายถึง ปริมาณที่ได้รับการกำหนดค่าไว้ของคุณลักษณะด้านคุณภาพ และเครื่องมือวัด หมายถึง วิธีการหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการประเมินผลและกำหนดสิ่งที่สนใจให้อยู่ในรูปของตัวเลขในเทอมของหน่วยของการวัด ในประเด็นของหน่วยของการวัดนี้ Juran (1993) ได้จำแนกออกเป็นระดับต่าง ๆ ดังนี้

1. ระดับทางเทคโนโลยี (Technological level) ซึ่งประกอบด้วย หน่วยของการวัดที่คนทั่วไปคุ้นเคย อาทิ ระยะทางในรูปกิโลเมตรเวลาในรูปของชั่วโมง นาที อุณหภูมิในรูปขององศาเซลเซียส ฯลฯ และอาจจะรวมถึงหน่วยของการวัดที่คุ้นเคยเฉพาะนักวิชาการเท่านั้น อาทิ ความร้อนในรูปแบบของจูล (Joule) ความจุทางไฟฟ้าในรูปของฟารัด (Farad) เป็นต้น

2. ระดับของสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ (Product performance) ที่หมายถึง ค่าทางสมรรถนะของผลงาน อาทิ ประสิทธิภาพด้านพลังงาน เช่น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันในรูปของกิโลเมตรต่อลิตร ความตรงต่อเวลาในรูปของชั่วโมง วัน เป็นต้น

3. ระดับที่กำหนดในเทอมของความผิดพลาด (Error) และความบกพร่อง (Failure) อาทิ อัตราความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ในรูปของร้อยละของผลิตภัณฑ์บกพร่อง ค่าความไว้วางใจของอุปกรณ์ในรูปของ MTBF ค่าความผิดพลาดของงานบริการในรูปของความผิดพลาดของเอกสาร เป็นต้น

4. ระดับที่กำหนดในเทอมของสมรรถนะของฝ่ายงานตามหน้าที่ (Functional department performance) เช่น ฝ่าย R&D ในรูปของจำนวนผลิตภัณฑ์ใหม่ต่อเดือน ฝ่ายจัดซื้อในรูปของจำนวนร้านค้าที่ได้รับการประเมินคุณภาพ ฝ่ายผลิตในรูปของต้นทุนการผลิตต่อหน่วย ฝ่ายขายในรูปของจำนวนคำสั่งซื้อที่ได้รับการยกเลิกจากลูกค้า เป็นต้น

5. ระดับที่กำหนดในเทอมของสมรรถนะของผู้บริหาร (Upper management level) เช่น ต้นทุนด้านความบกพร่องของคุณภาพ (COPQ) ในรูปของอัตราส่วนของต้นทุนด้านคุณภาพที่บกพร่องต่อยอดขาย เป็นต้น

6. ระดับสูงสุด คือ ระดับที่เกี่ยวกับการประเมินผลของสมรรถนะของผู้จัดการ (Evaluation of manager's performance) เช่น ค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีข้อบกพร่อง ต้นทุนด้านความบกพร่องของคุณภาพต่อต้นทุนในการดำเนินงาน ฯลฯ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันของอุตสาหกรรมไทยยังคงให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ระบบการวัดในรูปของหน่วยของการวัดในระดับทางเทคโนโลยีเท่านั้น แม้ว่าจะมีการใช้หน่วยของการวัดในทุกระดับที่กล่าวมาแล้วก็ตาม สำหรับเครื่องมือวัด (Sensor or Gauge) จะหมายถึงเครื่องมือในการตรวจจับที่ได้รับการออกแบบเฉพาะเพื่อกำหนดปริมาณที่สนใจให้อยู่ในเทอมของตัวเลขที่สามารถกำหนดเป็นความรู้ในรูปของสารสนเทศ (Information) โดยเครื่องมือวัดอาจจะประกอบด้วย เครื่องมือที่วัดยาก (Hard measure) ที่ต้องอาศัยกลไกลและเครื่องมือที่ต้องมีการบำรุงรักษาและการสอบเทียบให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม และโดยทั่วไปมักจะใช้วัดหน่วยงานของการวัดในระดับทางเทคโนโลยี นอกจากนี้จะประกอบด้วย เครื่องมือที่วัดง่าย (Soft measure) ที่มักจะอาศัยการตัดสินใจจากบุคลากรเป็นหลัก และอาจจะเรียกวิธีการวัดแบบนี้ว่า การวัดโดยบุคคล (Human sensors)

คำว่า "ระบบ" จะมีความหมายถึงองค์ประกอบ (Combination) ดังนั้น ระบบการวัดจึงหมายถึง องค์ประกอบของปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ได้มาซึ่งค่าวัด และโดยทั่วไปจะแสดงในรูปของความต่อเนื่องของกิจกรรมของการวัด หรือ "กระบวนการ" เช่นเดียวกับกระบวนการทั่ว ๆ ไป และในด้านนิยามของระบบการวัดนี้ AIAG (2002) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ระบบการวัดคือ สิ่งที่รวบรวมไว้ซึ่งอุปกรณ์วัตถุดิบหรืออุปกรณ์การวัด (เกจ) มาตรฐาน ขั้นตอนการปฏิบัติการ วิธี อุปกรณ์จับยึดงาน ซอฟต์แวร์ บุคลากร สิ่งแวดล้อม และข้อสมมุติต่าง ๆ ที่ใช้ในการกำหนดปริมาณของหน่วยวัด หรือประเมินคุณลักษณะที่ได้รับการวัด

การพิสูจน์สมมุติฐานโดยใช้การทดลอง (Design of Experiment)

สิทธิศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล (2546) การพิสูจน์สมมุติฐานด้วยการทดลองเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูงนอกจากจะช่วยให้ทราบสาเหตุรากเหง้าที่แท้จริงแล้ว ยังช่วยให้ทราบได้อย่างชัดเจนว่ามีปัจจัยใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และแต่ละปัจจัยส่งผลมากน้อยเพียงใดต่อปัญหาที่เราศึกษา

การพิสูจน์สมมุติฐานโดยการทดลองอาจแบ่งง่าย ๆ เพื่อความเข้าใจดังนี้

1. การลองผิดลองถูก เป็นการทดลองแบบลองผิดลองถูกไปเรื่อย ๆ วิธีการนี้ง่าย เหมาะสำหรับกรณีที่ไม่ทราบจริง ๆ ว่าอะไรน่าจะเป็นสาเหตุรากเหง้าของปัญหา ก็ลองผิดลองถูกไปเรื่อย ๆ

จนกว่าจะพิสูจน์ได้ว่าอะไรคือสาเหตุของปัญหา ข้อเสียคือ เป็นการเดาสุ่ม และส่วนใหญ่มักเดาผิดมากกว่าเดาถูก ทำให้เสียเวลาและไม่น่าเชื่อถือ

2. การทดลองทีละปัจจัย เป็นการทดลองโดยที่ควบคุมปัจจัยทุกอย่างให้คงที่ แล้วทดสอบปัจจัยที่สงสัยแต่ละปัจจัย ข้อดีของวิธีนี้คือ ออกแบบการทดลองง่าย สรุปผลง่าย แต่จะใช้เวลานาน เพราะต้องทดสอบแต่ละปัจจัยไปเรื่อย ๆ และบางครั้งเป็นการยากที่จะคุมปัจจัยอื่นให้คงที่ตลอดเวลา

3. การทดลองแบบ Full Factorial เป็นการทดลองที่วางแผนไว้อย่างชัดเจนว่า มีปัจจัยที่สงสัยหรือต้องการทดลองทั้งหมดกี่ปัจจัย และมีทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดกี่ทาง แล้ววางแผนการทดลองให้ครอบคลุมทางเลือกทั้งหมด ข้อดีของวิธีนี้คือ สามารถสรุปผลได้อย่างชัดเจนว่าอะไรคือปัจจัยสำคัญที่เป็นสาเหตุรากเหง้าของปัญหา เพราะได้ทำการทำลองครบทุกทางเลือกที่เป็นไปได้ตลอดจนสามารถบอกได้อย่างชัดเจนว่าปัจจัยใดส่งผลมากกว่าปัจจัยใด อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้มีข้อจำกัด คือ เหมาะสำหรับปัญหาที่มีปัจจัยเกี่ยวข้องไม่มากเกินไป (โดยทั่วไปไม่เกิน 5) มิฉะนั้นจะใช้เวลาและทรัพยากรมาก เนื่องจากจะมีทางเลือกที่เป็นไปได้จำนวนมาก

4. การทดลองแบบ Fractional Factorial เป็นการทดลองที่คัดเลือกเฉพาะทางเลือกที่มีโอกาศเป็นไปได้ ไม่ได้ครอบคลุมทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดแบบใน Full Factorial ข้อดีของวิธีนี้คือ สามารถได้ข้อมูลของสาเหตุรากเหง้าที่ชัดเจน และไม่ต้องสูญเสียเวลาและทรัพยากรมากเท่ากับแบบ Full Factorial

2.2 อุตสาหกรรมรถยนต์

2.2.1 ประวัติอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย

50 ปีของยานยนต์ไทย มีความเจริญอย่างต่อเนื่อง และมียอดปริมาณการผลิตต่อปีที่ประมาณ 2 ล้านคัน ในปี พ.ศ. 2555 นั่นแสดงให้เห็นถึงการเติบโตและความสำเร็จด้านยานยนต์ของประเทศไทยที่เกิดขึ้น โดยมีประวัติเริ่มต้นของรถยนต์ที่เข้าสู่ประเทศไทยมายาวนาน

รถยนต์ เข้าสู่ประเทศไทยครั้งแรกเมื่อใดไม่ปรากฏแน่ชัด โดยผู้ที่สั่งรถยนต์เข้ามาในประเทศไทยคนแรกเป็นชาวต่างชาติ จากนั้นไม่นานชาวต่างชาติผู้นั้นได้ขายต่อให้แก่ จอมพล เจ้าพระยาสุรศักดิ์มนตรี (เจิม แสงชูโต) จากนั้นในปี พ.ศ. 2447 พระเจ้าลูกยาเธอในพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว กรมหลวงราชบุรีดิเรกฤทธิ์ทรงพระประชวร ต้องเสด็จไปรักษาพระองค์ที่ประเทศฝรั่งเศส ขณะที่ประทับอยู่ที่นั่น ได้ทรงสั่งซื้อรถยนต์คันหนึ่ง เป็นรถเดมเลอร์-เบนซ์ ซึ่งถือว่าเป็นรถชั้นเยี่ยมในยุคนั้น ทรงซื้อรถคันดังกล่าวจาก มองซิเออร์ เอมีเลอ เจลลีเนค ซึ่งเป็นตัวแทนจำหน่ายผู้มีบทบาทสำคัญในยุคนั้น

เมื่อเสด็จกลับประเทศไทยในปลายปีนั้นพระเจ้าลูกยาเธอกรมหลวง ราชบุรีดิเรกฤทธิ์ ได้น้อมเกล้าถวายรถคันดังกล่าวแด่ พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว นับได้ว่าเป็นรถยนต์พระที่นั่งคันแรกใน ประวัติศาสตร์ไทย โดยพระเจ้าลูกยาเธอ กรมหลวงราชบุรีดิเรกฤทธิ์ ทรงรับหน้าที่เป็นสารถีด้วยพระองค์เอง

พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ทรงโปรดปรานรถยนต์ พระที่นั่งดังกล่าวเพราะทรงเห็นว่าสะดวกสบายและเดินทางได้รวดเร็ว กว่ารถม้าพระที่นั่ง ต่อมาทรงเห็นว่ารถยนต์พระที่นั่งคันเดียวไม่เพียงพอ ใช้งานตามพระราชประสงค์ จึงโปรดเกล้าฯ ให้พระเจ้าลูกยาเธอ พระเจ้าลูกยาเธอ กรมหลวงราชบุรีดิเรกฤทธิ์ ทรงเลือกรถ เดมเลอร์-เบนซ์ โดยนำเข้าจากประเทศเยอรมนี รุ่นปี พ.ศ. 2448 เครื่องยนต์ 4 สูบ 28 แรงม้า ความเร็ว 73 กม.ต่อ ชั่วโมง นับว่าเร็วที่สุดในยุคนั้น เป็นที่พอพระราชหฤทัยมาก ได้พระราชทานนามว่า แก้วจักรพรรดิ์ ในทำนองเดียวกันกับโบราณราชประเพณีที่มีการพระราชทานนามแก่ช้างเผือกคู่บารมี

ครั้นถึงปี พ.ศ. 2451 ในวาระเฉลิมพระชนม์พรรษาครบ 56 พรรษา พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว มีพระราชดำริที่จะสั่งซื้อรถยนต์เป็นของขวัญพระราชทานแก่พระบรมวงศานุวงศ์และข้าราชการชั้นสูง เพื่อจะได้ใช้ประโยชน์แก่แผ่นดินสืบไป ในการนั้นทรงโปรดเกล้าให้ พระเจ้าลูกยาเธอ กรมหลวงราชบุรีดิเรกฤทธิ์ สั่งซื้อจากประเทศฝรั่งเศสจำนวน 10 คัน โดย พระองค์ได้พระราชทานนามแก่รถยนต์เหล่านี้ให้คล้องจองกัน อันได้แก่ มณีรัตนา ทัดมารุต ไอยราพตกังหัน ราชอนุยันต์ สละสลวย กระสวยทอง ลาพองทัพ พรายพยนต์ กลกาบังและสุวรรณมุขี

เมื่อเข้าสู่ปี พ.ศ. 2452 เพื่อเป็นการจัดระเบียบการจราจรและลดอุบัติเหตุ จากจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้น พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้โปรดเกล้าให้ตราพระราชบัญญัติรถยนต์ฉบับแรกของประเทศไทยขึ้น โดยให้มีผลบังคับใช้ในปีถัดมา พระราชบัญญัตินี้กำหนดให้เจ้าของรถยนต์ต้อง จดทะเบียนกระทรวงมหาดไทยและเสียค่าธรรมเนียม 10 บาท โดยรถยนต์นั่งและรถบรรทุกในพระราชอาณาจักรที่จดทะเบียนกับกระทรวงมหาดไทยในช่วงดังกล่าวมีจำนวนทั้งสิ้น 412 คัน ดังต่อไปนี้ (กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์, 2560)

- เมืองบางกอก และจังหวัดใกล้เคียง 401 คัน
- จังหวัดนครสวรรค์ 1 คัน
- จังหวัดนครศรีธรรมราช 2 คัน
- จังหวัดทางภาคเหนือ 6 คัน
- จังหวัดภูเก็ต 2 คัน

2.2.2 อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยในปัจจุบัน

ปัจจุบัน อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยเป็นหนึ่งใน อุตสาหกรรมยุทธศาสตร์ของชาติที่สร้างรายได้หลักให้กับประเทศอย่างมหาศาล หัวใจของอุตสาหกรรมยานยนต์คือ อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วน ความแข็งแกร่งของชิ้นส่วน ยานยนต์ไทยเป็นอีกแรงที่ดึงดูดให้ประเทศไทยกลายเป็นฐานการผลิตใหญ่ที่สุดในอาเซียน ในปัจจุบันมียอดการจำหน่ายโดยสามารถเปรียบเทียบกับช่วงเวลาที่ผ่านมาดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงยอดการผลิตและยอดขายเดือนตุลาคม เดือนมกราคม-ตุลาคม 2560 เปรียบเทียบ ณ เดือนตุลาคม 2560

Vehicle Record on October 2560				
	October	Jan-Oct	Growth YOY%	Growth YTD%
Production (Units)	163,487	1,641,231	1.48	0.21
Domestic Sales (Units)	68,551	689,266	13.06	11.68
Export (Units)	90,838	940,820	-11.97	-6.29

YOY (Year on Year: compare to the same month of this year to the last year)

YTD (Year to Date: the accumulate from January to the latest month)

ที่มา : สถาบันยานยนต์ (2560)

จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมไทยมีการเติบโต ซึ่งนั้นก็ยอมส่งผลให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์มีการผลิตที่เพิ่มขึ้นและคุณภาพก็เป็นสิ่งที่สำคัญเพื่อให้การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จตามเป้าหมาย โดยที่ยังคงรักษาคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้า ไม่เว้นแม้กระทั่งชิ้นส่วนที่ปัดน้ำฝนที่ต้องมีการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิต

2.3 อุตสาหกรรมที่ปัดน้ำฝน

ระบบปัดน้ำฝนประกอบด้วย มอเตอร์ปัดน้ำฝน (Wiper Motor) ก้านต่อปัดน้ำฝน (Wiper Link) แขนปัดน้ำฝน (Wiper Arm) และใบปัดน้ำฝน (Wiper Blade)

1. มอเตอร์ปัดน้ำฝน (Wiper Motor)

มอเตอร์ปัดน้ำฝนแบ่งตามวิธีการสร้างสนามแม่เหล็ก (Field Generation) ออกเป็น 2 แบบ

- แบบขดลวด (Wound-Rotor Type) แบบนี้ใช้ขดลวด พันรอบแกนเหล็กสร้างสนามแม่เหล็ก

- แบบแม่เหล็กถาวร (Ferrite Magnet Type) แบบนี้ใช้แม่เหล็กถาวรเฟอไรต์สร้างสนามแม่เหล็ก ปัจจุบันมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรได้ถูกพัฒนาขึ้นและมีขนาดกระทัดรัดน้ำหนักเบา มอเตอร์กระแสตรงมีการใช้แม่เหล็กถาวรกันอย่างกว้างขวาง

2. ก้านต่อปัดน้ำฝน (Wiper Link)

ก้านต่อปัดน้ำฝนมีหน้าที่เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่แบบหมุนของมอเตอร์ ปัดน้ำฝนมาเป็นการเคลื่อน ที่แบบส่ายไปมาของแกนหมุน

แขนปัดน้ำฝนแบ่งได้เป็น 2 แบบ

- แบบเส้นลวด (Wire Type)
- แบบก้านต่อ (Link Type)

ปัจจุบันแขนปัดน้ำฝน ที่ใช้กันทั่วไปคือ แบบก้านต่อ (Link Type)

3. แขนปัดน้ำฝน (Wiper Arm)

แขนปัดน้ำฝน ประกอบด้วยส่วนประกอบดังนี้

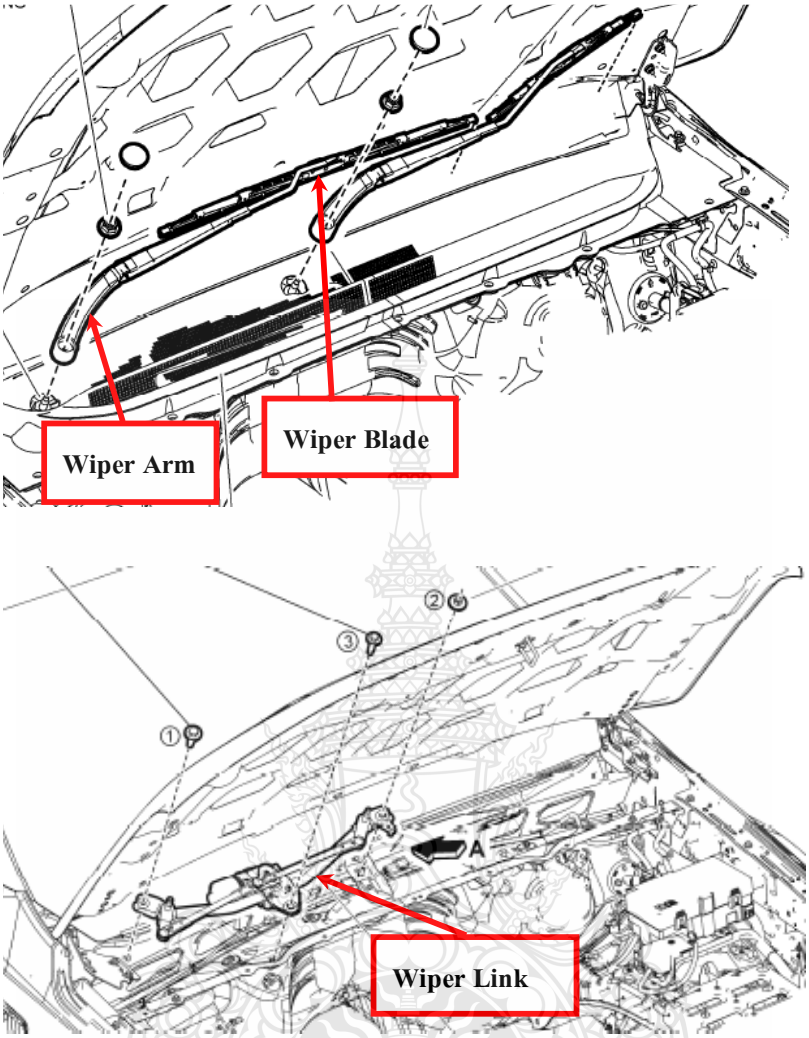
- ส่วนหัว (Arm Head) สำหรับยึดเข้ากับแกนหมุน (Wiper Shaft)
- สปริง (Spring) สำหรับทำให้ใบปัดน้ำฝน มีแรงกดแนบสนิทกับกระจก
- ส่วนแขน (Arm Piece) สำหรับติดตั้งใบปัดน้ำฝน
- ช่วงกลาง (Retainer) สำหรับครอบส่วนประกอบทั้งหมดไว้

4. ใบปัดน้ำฝน (Wiper Blade)

ใบปัดน้ำฝน ประกอบด้วยส่วนประกอบดังนี้

- แผ่นยาง (Rubber Blade) สำหรับกวาดผิวหน้ากระจก
- ชุดสปริงแผ่นหรือ แหนบ (Leaf Spring Packing) สำหรับกดให้แผ่นยางแนบสนิทกับผิวหน้ากระจก
- ก้านใบ (Levers) สำหรับยึดและติดตั้งแผ่นยาง
- ตัวล็อค (Clips) สำหรับการติดตั้งใบปัดน้ำฝนกับแขนปัดน้ำฝน

โดยมีลักษณะของชิ้นส่วนของชิ้นงานในระบบปัดน้ำฝนที่ทำการประกอบในรถยนต์สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ลักษณะการประกอบระบบปัดน้ำฝนในรถยนต์

ที่มา : พิธานเว็บบอร์ด (2550)

จากการศึกษาอุตสาหกรรมที่ปัดน้ำฝนทำให้ได้รับทราบถึงข้อมูลด้านชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องในการประกอบระบบปัดน้ำฝนในรถยนต์ ว่าแต่ละชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องมีลักษณะชิ้นงานและการประกอบเช่นไร ทำให้เข้าใจถึงกระบวนการมากยิ่ง อันเป็นประโยชน์ทำให้สามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วสันต์ พุกผาสุก (2551) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและปรับปรุงคุณภาพผิวงานชุบโครเมี่ยม โดยมีเป้าหมาย คือ การลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นลง 70 เปอร์เซ็นต์ การดำเนินงานจะเริ่มจากขั้นตอนการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น โดยระบุถึงขอบเขตปัญหาที่

จะทำการแก้ไข และกำหนดตัวชี้วัดการปรับปรุงกระบวนการ โดยอาศัยการวัดความสามารถกระบวนการ พบว่าการเกิดเม็ดหรือตามด บนผิวชิ้นงานเป็นเหตุทำให้เกิดของเสียมากที่สุด ขั้นตอนที่สองจะเป็นการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา โดยการสร้างแผนที่กระบวนการ ทำให้ทราบความสัมพันธ์ของปัจจัยแต่ละงานในกระบวนการ จากนั้นจะทำการวิเคราะห์สาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหา โดยสร้างแผนภาพสาเหตุและผล ซึ่งจะนำมาเชื่อมโยงกับค่าระดับความเสี่ยงที่ได้จากการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ เพื่อค้นหาสาเหตุที่น่าจะมีผลกระทบต่อปัญหามากที่สุด จากนั้นจะศึกษาระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบชิ้นงานก่อนชุบโครเมี่ยม เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความถูกต้องในระบบการตรวจสอบ ขั้นตอนที่สามเป็นการวิเคราะห์สาเหตุที่มีผลกระทบกับค่าความหยาบผิวชิ้นงานโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และนำมาหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ โดยเทคนิคการออกแบบการทดลองและการหาพื้นที่ตอบสนอง ขั้นตอนสุดท้ายจะดำเนินการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ โดยอาศัยคู่มือการปฏิบัติงาน และเทคนิคการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ ผลจากการปรับปรุงพบว่า ค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนลดลงจาก 146,295 PPM เหลือเพียง 25,780 PPM และทำให้ลดมูลค่าความสูญเสียจาก 774,714 เหลือ 128,648 บาทต่อเดือน โดยสามารถลดระดับการเกิดของเสียลง 82 เปอร์เซ็นต์ซึ่งบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

ทิชา แสนสม (2551) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ จากการศึกษาข้อมูลพบว่า ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นเป็นจำนวนมาก โดยวัดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นต่อปริมาณการผลิตเท่ากับ 151,259 DPPM (Defect Part per Million) ซึ่งสาเหตุหลักมาจากความสกปรกของอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการพ่นสี และระบบจ่ายอากาศในห้องพ่นสี ส่งผลให้บริษัทต้องสูญเสียต้นทุนนับหลายล้านบาทต่อปี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างเร่งด่วน ทีมงานจึงได้นำเอาแนวทางของซิกซ์ ซิกมา ทั้ง 5 ขั้นตอนมาใช้ คือ การนิยามปัญหา การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการตามลำดับ การดำเนินงานในการปรับปรุงคุณภาพนั้น เริ่มจากการศึกษากระบวนการทำงานเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดปัญหาเม็ดฝุ่น โดยจะทำไปพร้อมกับการศึกษาความแม่นยำและถูกต้องของระบบการวัด การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล และคัดเลือกตัวแปรที่จะนำมาศึกษาโดยการใช้เทคนิคลักษณะบกพร่องและผลกระทบ(FMEA) จากนั้นจึงนำเอาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อปัญหาเม็ดฝุ่นมาทำการทดสอบด้วยวิธีทางสถิติ และหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของกระบวนการโดยการประยุกต์การออกแบบการทดลอง และควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำอีก จากการปรับปรุงกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของ

รถยนต์ ด้วยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า พบว่าจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์หลังการปรับปรุงเท่ากับ 46,892 DPPM ซึ่งสามารถลดของเสียได้ 69% ของของเสียก่อนการปรับปรุง

ปวีณ์สุดา ปานอำไพ (2553) ได้ประยุกต์แนวทางในการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกม่า 5 ขั้นตอน (DMAIC) การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) และเครื่องมือคุณภาพต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตคอยล์เย็นในโรงงานกรณีศึกษา การดำเนินงานสามารถสรุปได้ดังนี้ 1. การนิยามปัญหา ศึกษาสภาพปัญหาของเสียที่เกิดจากความผิดพลาดของกระบวนการผลิต กำหนดเป้าหมาย ขอบเขตของการปรับปรุง และจัดจั้งทีมงาน 2. การวัดสภาพปัญหา เก็บข้อมูลแยกประเภทของเสียประเภทตัวงานคอยล์เย็นและชิ้นส่วน Core plate ซึ่งมีมูลค่าการทิ้งสูงสุด 3. การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสีย โดยการระดมสมองเพื่อทำแผนภูมิก้างปลา และ FMEA ซึ่งมีการประเมินค่าความรุนแรงของผลกระทบ (S), โอกาสที่จะเกิดผลกระทบ (O) และความสามารถในการตรวจพบข้อบกพร่อง (D) จากนั้นคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) เพื่อเลือกสาเหตุที่มีค่า RPN สูงกว่า 100 คะแนนมาทำการแก้ไข 4. การปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ค่า RPN ลดต่ำกว่า 100 คะแนน จึงทำการติดตั้งระบบควบคุมเครื่องจักร ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดขนาดชิ้นงาน และฝึกอบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องแก่พนักงาน และ 5. การควบคุม จัดทำบอร์ดชี้ควบคุมปริมาณของเสีย และจัดเอกสารควบคุมการผลิต เพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด จากนั้นเปรียบเทียบข้อมูลของเสียก่อนและหลังทำการแก้ไขปรับปรุง ผลของงานวิจัยนี้ พบว่าสามารถลดอัตราการเกิดของเสียตัวงานคอยล์เย็นจาก 0.216% ลดลงเหลือ 0.107% หรือลดลง 50.46% ลดจำนวนของเสียโดยเฉลี่ยของชิ้นส่วน Core plate จาก 3,333 ชิ้นต่อเดือนลดลงเหลือ 648 ชิ้นต่อเดือน ส่งผลให้มูลค่าของเสียของกระบวนการผลิตคอยล์เย็นลดลงจาก 0.019% ลงเหลือ 0.007% หรือลดลง 63.16%

สุภวรรณ ศรีวรรณ (2553) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่าและดำเนินการตามหลักการของ DMAIC เพื่อลดข้อบกพร่องและปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตเบาะนั่งหน้ารถยนต์ ทำการปรับปรุง 2กระบวนการคือ กระบวนการผลิตที่พิงศีรษะ (Headrest) และกระบวนการผนึกชิ้นงานด้วยกาวพ่นกาว (Bonding) ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (D) พบว่าที่กระบวนการผลิตที่พิงศีรษะจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือปัญหาเกิดโพรงอากาศที่พิงศีรษะ ส่วนที่กระบวนการ Bonding พบลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมากคือปัญหาของการ Bonding ไม่ติด นำปัญหาหลักของทั้งสองกระบวนการมาหาสาเหตุของปัญหา (M) ด้วยการระดมสมองและสร้างผังก้างปลาพบว่าสาเหตุหลักของปัญหาการเกิดโพรงอากาศที่พิงศีรษะพบมากที่ขั้นตอนการฉีด ส่วนปัญหาของการ Bonding ไม่ติดนั้นมีสาเหตุหลักมาจากแรงกดของอุปกรณ์จับยึด ชิ้นงานไม่เหมาะสม ไม่มีการควบคุมปริมาณและ

วิธีการในการพ่นกาว จากนั้นนำสาเหตุหลักของทั้งสองปัญหามาทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ไข (A)ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากความผิดพลาด (FMEA)ร่วมกับการออกแบบการทดลอง (DOE) พบว่าปัจจัยที่ส่งต่อปัญหาการเกิดโพรงอากาศคือชนิดของหลอดฉีด ส่วนที่กระบวนการBonding จะนำหลักการวิเคราะห์การไหลของงานพร้อมการออกแบบวิธีการทำงานใหม่มาแก้ไขปัญหาการพ่นกาวไม่ติด ในการแก้ไขปัญหา (I) ที่กระบวนการผลิตที่พิงศีรษะได้ทำการเปลี่ยนชนิดของหลอดฉีดจากการไหลทางเดียวมาเป็นการไหลออกสองทางแบบเฉียง ส่วนที่กระบวนการ Bonding ได้ทำการแก้ไขเป็น 2 แนวทางคือ (1) ปรับปรุงเครื่องพ่นกาวให้สามารถพ่นกาวอัตโนมัติสามารถควบคุม ปริมาณกาว เวลาที่ใช้ในการพ่นและทิศทางในการพ่นกาวได้ (2) ปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานเนื่องจากได้ปรับปรุงอุปกรณ์กดชิ้นงานโดยเพิ่มตำแหน่งกดชิ้นงาน จากการปรับเปลี่ยนการทำงานของทั้งสองกระบวนการโดยได้กำหนดเป็นมาตรฐานการทำงานใหม่ (C) และติดตามผล 3 เดือนพบว่าปริมาณของเสียที่เกิดจากชิ้นงานเป็นโพรงอากาศลดลงได้ 99.45% และที่กระบวนการ Bonding สามารถลดพนักงานลงได้ 1 คน และยังสามารถลดเวลาในการทำงานของพนักงานลง 24.41 วินาที/ชิ้น ส่งผลให้สามารถเพิ่มค่าผลิตผลภาพรวมของบริษัท(Yield) ให้สูงขึ้นจากเดิม 98.94% เป็น 99.87% และสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ 22,800 บาท/เดือน

สมพร วงษ์เพ็ง (2554) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า เพื่อแก้ไขปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการฉีดพลาสติก และปรับปรุงคุณภาพของชิ้นงาน จากข้อมูลในอดีตพบว่า มีของเสีย 19,041 ดีพีพีเอ็ม หรือ ร้อยละ 1.9 ซึ่งไม่เป็นไปตามเป้าหมายขององค์กรที่ตั้งไว้ คือของเสียจากการผลิตต้องไม่เกินร้อยละ 0.5 หรือ 5,000 ดีพีพีเอ็ม และค่าความสามารถของกระบวนการเท่ากับ 1.14 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานทั่วไปต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 1.33 วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากขั้นตอนการกำหนดปัญหาคือการฉีดไม่เต็มชิ้นงาน หรือประมาณร้อยละ 64 ของ ของเสียทั้งหมด และหาค่าความสามารถกระบวนการฉีดพลาสติก ขั้นตอนที่สองการวัดกำหนดสาเหตุปัญหาโดยการสร้างแผนภูมิกระบวนการ ทำให้ทราบความสัมพันธ์ของกระบวนการ จากนั้นหาสาเหตุของปัญหา โดยการสร้างแผนภูมิสาเหตุและผล ซึ่งจะนำไปเชื่อมโยงกับค่าระดับความเสี่ยงที่ได้มาจากการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดของกระบวนการ เพื่อหาสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหามากที่สุด จากนั้นศึกษาระบบการวัดของพนักงานตรวจสอบชิ้นงาน เพื่อให้ระบบการวัดถูกต้องและแม่นย่า ขั้นตอนที่สามวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่แท้จริงด้วยวิธีการทางสถิติ เพื่อให้ทราบสาเหตุที่แท้จริงที่มีผลกระทบกับปัญหา ขั้นตอนที่สี่การปรับปรุงตัวแปรต่าง ๆ ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง และขั้นตอนสุดท้ายคือการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากการปรับปรุงด้วยเทคนิคการควบคุมเชิงสถิติให้ธำรงรักษาไว้ ผลการวิจัยตามแนวทางเทคนิคซิกซ์ ซิกม่าสามารถลดปัญหาของเสีย จาก

กระบวนการฉีดพลาสติกเหลือ 4,064 ดีพีพีเอ็ม หรือ ร้อยละ 0.41 ซึ่งสามารถลดลงได้ร้อยละ 78.66 จึงสามารถบรรลุเป้าหมายขององค์กร และยังสามารถเพิ่มความสามารถของกระบวนการให้เป็น 1.94 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานทั่วไป

สมยศ วงษ์น้อย (2555) ได้ประยุกต์ใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่าเพื่อแก้ไขปัญหาจุดดำ (Black Dot) และปัญหาการฉีดไม่เต็ม(Short) ของกระบวนการฉีดพลาสติก จากข้อมูลในอดีตพบว่า ปัญหาฉีดชิ้นงานเสียอยู่ที่ ร้อยละ 0.86 (8,622 PPM) รวมไปถึงข้อร้องเรียนภายในและภายนอกรวมกันเฉลี่ยอยู่ที่ 2.5 ข้อร้องเรียนต่อเดือนขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามหลักการของ Six Sigma คือ 1.กำหนดปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อกระบวนการฉีดพลาสติก 2.เก็บข้อมูลเพื่อนำมาประเมินและวัดผลก่อนการปรับปรุง 3.วิเคราะห์หาสาเหตุที่เกิดขึ้นของแต่ละปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการฉีดพลาสติกมากที่สุด 4.นำเฉพาะปัจจัยและปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการฉีดพลาสติกมาแก้ไข ปรับปรุง 5.ตรวจสอบและควบคุมขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานผู้เกี่ยวข้องให้เป็นไปตามคู่มือ และมาตรฐานที่กำหนดอย่างเคร่งครัด ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหาใน 6 กระบวนย่อยคือ ขั้นตอนการล้างวัตถุดิบที่ค้างอยู่ ขั้นตอนการฉีดงาน (Injection) ขั้นตอนการตรวจสอบงาน ขั้นตอนการล้างหม้ออบ ขั้นตอนการตรวจสอบวัตถุดิบ และขั้นตอนการนาแม่พิมพ์ลงพร้อมบำรุงรักษาก่อนจัดเก็บ จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัดและประเมินความสามารถของกระบวนการรวมถึงการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง แล้วทำการปรับปรุงโดยใช้การออกแบบการทดลอง ขั้นตอนสุดท้ายคือ นำแนวทางหรือวิธีการที่ดีที่สุดไปควบคุมในขั้นตอนการปฏิบัติงานผลที่ได้หลังจากทำการปรับปรุงสามารถลดปริมาณชิ้นงานบกพร่องโดยสามารถแก้ 2ปัญหาใหญ่ซึ่งก็คือ ปัญหาชิ้นงานมีจุดดำ และปัญหาฉีดงานไม่เต็มจากเดิมปริมาณของเสียอยู่ที่ ร้อยละ 0.86 (8,622 PPM) หลังการปรับปรุงลดลงมาอยู่ที่ ร้อยละ 0.59 (5,900 PPM) และจะสามารถลดข้อร้องเรียนจาก 2.5 ข้อร้องเรียนต่อเดือนลดลงเหลือ 1 ข้อร้องเรียนต่อเดือน

จักริน ยิ้มย่อง (2555) ได้ใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่าวิเคราะห์กระบวนการทำงานและระบบการผลิตของการชุบโลหะ ค้นหาสาเหตุที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและทำให้เกิดของเสีย เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตของบริษัท เล็นตัส เทคโนโลยี่ส์ (ไทย) จำกัด จากการศึกษาข้อมูลของเสียจากการผลิตในปี 2555 พบว่าปัญหาประเภทงานยับเป็นปัญหาอันดับแรกที่ส่งผลให้อัตราผลผลิตต่ำลง ซึ่งมีสาเหตุมาจากความไม่ชัดเจนของเอกสาร (Check Sheet) ไม่มีมาตรฐานในการตรวจรับส่วนประกอบของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต และไม่มีจุดตรวจสอบของเครื่องจักรในส่วนที่กระทบกับปัญหาด้านคุณภาพ จึงทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลของลม กำหนดมาตรฐานการปรับแต่งหัวฉีดน้ำแรงดันสูง กำหนดมาตรฐานการตรวจสอบทางเข้าออกของ

ชิ้นงานไปที่บ่อชุบ และกำหนดมาตรฐานการตรวจรับส่วนประกอบของเครื่องจักรผลจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต สามารถลดปริมาณของเสียประเภทงานยับจาก 193 เหลือ 40 ชิ้นต่อ 1 ล้านชิ้นงาน หรือคิดเป็นร้อยละ 79.3 โดยไม่เพิ่มกระบวนการหรือทรัพยากรอื่น ๆ ที่ทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น

พโยม เหลือแก้ว (2555) ได้ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า เพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวด ของการผลิตออสซิลเลเตอร์โดยมีเป้าหมายเพื่อลดของเสียที่เกิดจากปัญหาลวดไม่ได้ขนาดจาก 2,640 PPM ให้เหลือต่ำกว่า 528 PPM หรือสามารถลดได้อย่างน้อย ร้อยละ 80 และต้องการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการเชื่อมลวดในส่วนของการควบคุมขนาดบอนด์โดยมีเป้าหมายที่จะสามารถปรับค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cpk หรือ Ppk) ให้สูงขึ้นอย่างน้อยร้อยละ 50 ในการปรับปรุงอาศัยขั้นตอนของซิกซ์ ซิกม่าซึ่งเริ่มจากการระบุปัญหา การวิเคราะห์กระบวนการวัด และตามด้วยการวิเคราะห์หาสาเหตุซึ่งใช้การระดมสมองผ่านแผนภาพก้างปลาและการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อขนาดบอนด์คือ แรงเวลา กำลังและอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมลวด จากนั้นน่าปัจจัยที่ได้ไปทดสอบเพื่อหาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อขนาดบอนด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดสอบพบว่า ปัจจัย แรง เวลาและกำลังเท่านั้นที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นจึงท่าขั้นตอนการปรับปรุงโดยการหาค่าของปัจจัยที่เหมาะสมโดยวิธีการออกแบบการทดลอง และได้ค่าที่เหมาะสมของปัจจัย แรง เวลา และกำลังเท่ากับ 42 กรัม 15 มิลลิวินาทีและ 1.54 ไมครอน (62 ไมโครนิ้ว) ตามล่าดับ แล้วน่าค่าที่ได้ไปทดลองและปรับใช้จากการวิเคราะห์ผลหลังการปรับปรุงพบว่าในระยะยาวสามารถลดของเสียจากเดิม 2,640 PPM ให้เหลือเพียง 23.10 PPM หรือสามารถลดได้ ร้อยละ 99.21 และความสามารถของกระบวนการ(Cpk) เพิ่มจากเดิม 0.89 ขึ้นเป็น 1.38 หรือเพิ่มขึ้นได้ ร้อยละ 74.68

อภิชาต สถิตธรรม (2555) ได้ประยุกต์ใช้การบริหารคุณภาพตามหลักการ Define-Measure-Analyze-Improve-Control (DMAIC) เพื่อแก้ไขปัญหาตำแหน่งของแม่เหล็กหลังจากการประกอบไม่ตรงตำแหน่งที่กำหนด (Magnet Position Out: MPO) เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนแม่เหล็กในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Voice Coil Motor: VCM) จากข้อมูลในอดีตแม่เหล็กในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเกิดปัญหาตำแหน่งของแม่เหล็กหลังจากการประกอบไม่ตรงตามข้อกำหนด จากการดำเนินงานภายในองค์กรมากถึง 0.043% ของจำนวนการผลิตทั้งหมดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามหลักการ DMAIC โดยเริ่มจากขั้นตอนการระบุปัญหาได้ศึกษาปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาใน 2 กระบวนการได้แก่ การปรับตำแหน่งของตัวกดยึดงานบนเครื่องจักรไม่เหมาะสม และการปรับตำแหน่งของชุดกลไกการผลักไม่เหมาะสม จากนั้นทำการวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้แผนผังต้นไม้และวิเคราะห์ เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้วสร้างสมมติฐานที่สามถูกนำ มาใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุ

ที่แท้จริง ทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง สุดท้ายคือขั้นตอนการควบคุม โดยการจัดทำมาตรฐานการงานให้กับกระบวนการผลิตเพื่อไม่เกิดปัญหานั้นซ้ำ ขึ้นอีกผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการบริหารคุณภาพตามหลักการ DMAIC สามารถลดปัญหาแม่เหล็กไม่ตรงตำแหน่งที่กำหนดจาก ร้อยละ 0.043 เหลือ ร้อยละ 0.000 ของจำนวนการผลิตทั้งหมดส่งผลให้สามารถเพิ่มผลผลิตให้กับสายการผลิตตัวอย่างและสามารถสร้างภาพลักษณ์ที่ดีของบริษัทอันจะนำไปสู่ยอดขายและผลกำไรที่ดีขึ้นในอนาคต

วลัยพร เหมโส (2556) ได้ประยุกต์ใช้หลักการดีเอ็มเอไอซี ของ ซิกส์ ซิกม่า เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์ โดยมุ่งหวังที่จะลดปริมาณของเสีย อันเกิดจากปัญหาชิ้นงานร้าวลง 30% ตามนโยบายของบริษัทตัวอย่าง กระบวนการที่เลือกมาทำการศึกษา คือ กระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานร้อนของผ้าเบรครถยนต์โมเดล X068 โดยการควบคุมค่าการอัดตัวของชิ้นงาน อยู่ที่ระหว่าง 50-100 ไมครอน จะทาให้ระบบการวัดดังกล่าวมีความถูกต้องและความแม่นยำสูงขึ้น ขั้นตอนการศึกษาทั้งหมดแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นตอนการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น โดยได้ทำการศึกษาความสามารถของกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์ 2) ขั้นตอนการวัด เพื่อกำหนดหาสาเหตุของปัญหา 3) ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยการวิเคราะห์ทีละสาเหตุ ทีละปัจจัย 4) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยทำการออกแบบการทดลองแบบ 2k Full Factorial เพื่อหาความสัมพันธ์และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และ 5) ขั้นตอนการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้นาวิธีการทางสถิติ มาช่วยในการควบคุมกระบวนการผลิต หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต ตามหลักการดีเอ็มเอไอซี ของ ซิกส์ ซิกม่า ทำให้พบว่า จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากชิ้นงานไม่ได้คุณภาพที่กระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานร้อนของผ้าเบรครถยนต์โมเดล X068 ลดลงจากเดิม 6.63% เหลือเพียง 2.58% ของปริมาณของเสียทั้งหมด ดังนั้นการปรับปรุงครั้งนี้สามารถลดปริมาณของเสียลงได้ 61.07% ซึ่งตรงกับเป้าหมายของบริษัทที่วางเอาไว้ที่ 30%

จีรนุช เล็กแข็ง (2557) ได้ประยุกต์ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อปรับปรุงระดับคุณภาพด้วยการลดอัตราการเสีย ลดค่าใช้จ่ายของความบกพร่อง และเพิ่มกำไรจากกระบวนการผลิตเครื่องจ่ายไปแบบคลื่นวิทยุ จากระดับคุณภาพปกติของผลิตภัณฑ์ร้อยล่ะ 97 ลดลงมาที่ร้อยละ 69 และส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายของข้อบกพร่อง 447,000 บาทต่อเดือน จากการศึกษาพบว่ามี 3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ของอิมพีแดนซ์ม ตำแหน่งการประกอบ ทรานส์ฟอร์เมอร์ และอิมพีแดซ์มิสแมทซ์ จากนั้นทำการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลในการปรับปรุงคุณภาพโดยวัดจำนวนของเสียที่ลดลงอย่างมากจากการทดสอบค่าความผันผวน

ปัญญา ลองนิล (2557) ได้นำวิธีการซิกซ์ ซิกม่าเพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก คือปัญหาลวดล้ม และโมลด์ไม่เต็ม และเพื่อลดอัตราการเกิดของเสียจากปัญหาทั้งสองประเภท ให้ลดลงอย่างน้อยร้อยละ 80 จากจำนวนของเสียในปัจจุบันที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติกแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการระบุปัญหา ขั้นตอนการวัด ขั้นตอนการวิเคราะห์ ขั้นตอนการปรับปรุง และขั้นตอนการควบคุม ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาลวดล้มและงานโมลด์ไม่เต็ม คือ โมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ไม่เหมาะสม และจากการออกแบบการทดลอง จะได้ค่าโมลด์พารามิเตอร์ในการฉีดคอมปาวด์ที่เหมาะสม คือ เวลาในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 1 Step ที่ 4 และ Step ที่ 5 มีค่าเท่ากับ 1.5 วินาที 5 วินาที และ 7 วินาที ตามลาดับและระยะทางในการฉีดคอมปาวด์ของพารามิเตอร์ Step ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 16 มิลลิเมตรผลการศึกษาพบว่าสามารถลดอัตราการเกิดของเสียจากปัญหาลวดล้ม และงานโมลด์ไม่เต็มโดยลดลงจาก 4560 PPM และ 6334 PPM ตามลา ดับ เหลือ 0 PPM ของปัญหาทั้งสองประเภท คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งมากกว่าเป้ าหมายที่ตั้งไว้ และยังสามารถปรับปรุงความสามารถของกระบวนการของปัญหาลวดล้มจาก 0.1 เพิ่มเป็น 1.84

พิทักษ์ นามกร (2558) ได้ประยุกต์ซิกซ์ ซิกม่าเพื่อศึกษาหาสาเหตุของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียและเพื่อลดเปอร์เซ็นต์การเกิดของเสีย ประเภทเจียรแกนเพลาเล็กที่เกิดจากกระบวนการผลิตแกนเพลา(Shaft) ที่เป็นชิ้นส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้า จากการศึกษาข้อมูลของเสียจากการผลิตในปี 2557 โดยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน คือขั้นตอนการระบุปัญหา การวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุม ผลการวิเคราะห์ พบว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาเจียรแกนเพลามีขนาดเล็กกว่าค่ามาตรฐาน คือ ตัว Sensor เกิดการเสื่อมสภาพผลการศึกษาพบว่าสามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดของเสียจากเดิม 1.48% เหลือ 0.12% คิดเป็นร้อยละ 91.89% และยังสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตให้สูงขึ้นได้ โดยพิจารณาจากดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ที่มีการปรับตัวสูงขึ้นจาก 0.72 เป็น 1.30 โดยสามารถประเมินหาค่าแนวโน้มของการเจียรแกนเพลาเล็กกว่าค่ามาตรฐานในอนาคต โดยพิจารณาจากค่า Expected Overall Performance พบว่าค่า PPM Total มีการลดลงจาก 14,632.08 PPM เป็น 103.14 PPM

ธเนส เหล่าเขตกิจ (2558)ได้ใช้หลักการของซิกส์ ซิกม่า เพื่อศึกษาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย ในกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้น โดยศึกษาการชิ้นงาน Oil Seal Case ศึกษาตั้งแต่กระบวนการฉีดขึ้นรูป ไปจนถึงการตรวจสอบขั้นตอนสุดท้าย ก่อนส่งมอบงานให้ลูกค้า จากการศึกษาตามขั้นตอนและวิธีการของซิกส์ ซิกม่า (Six

Sigma) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1.ขั้นตอนการนิยามปัญหา 2.ขั้นตอนการวัด 3.ขั้นตอนการวิเคราะห์ 4.ขั้นตอนการ ปรับปรุง 5.ขั้นตอนการควบคุม พบว่า ของเสียที่เกิดจากปัญหา Pin hole เป็นของเสียที่มีปริมาณมาก เป็นอันดับหนึ่ง โดยมีสาเหตุมาจาก การออกแบบแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม และของเสียปัญหา Roundness NG. เป็นของเสียที่มีปริมาณมากเป็นอันดับสอง โดยมีสาเหตุมาจาก Jig จับยึดชิ้นงานสึกหรอ ผลจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต สามารถลดของเสียปัญหา Pin hole ลงได้โดยลดลง จาก 10.17% เหลือ 5.57% คิดเป็นร้อยละ 45 และลดของเสียปัญหา Roundness NG. ลงได้โดยลดลง จาก 1.42% เหลือ 0.02% คิดเป็นร้อยละ 99 และสามารถเพิ่มความสามารถกระบวนการ (Cpk) เพิ่มขึ้น จาก 0.73 เป็น 1.20 ซึ่งยังสามารถใช้แนวคิดและหลักการ ขยายผลการปรับปรุงแก้ไขปัญหากับชิ้นงาน อื่นๆ ได้

Sokovi$\acute{c}$, Pavleti$\acute{c}$, & Krul$\check{c}$i$\acute{c}$ (2006) ได้นำหลักการซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งดำเนินการภายในบริษัท เพื่อการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดและการลดต้นทุนการผลิตในกระบวนการขัดสีสำหรับการหล่อตายด้วยแรงโน้มถ่วงและการปรับปรุงคุณภาพของชิ้นส่วนที่ผลิต การออกแบบ / วิธีการ / วิธีการ: บรรลุวัตถุประสงค์โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า เพื่อคุณภาพโครงการปรับปรุงในอุตสาหกรรมยานยนต์ แนวทางซิกซ์ ซิกม่า ที่มีผลบังคับใช้รวมถึงการทำงานเป็นทีมด้วยหลายขั้นตอน: กำหนด, วัด, วิเคราะห์, ปรับปรุงและควบคุม (DMAIC) ผลการวิจัย: การใช้เครื่องมือซิกซ์ ซิกม่า DMAIC อย่างเป็นระบบและวิธีการในชิ้นส่วนยานยนต์ ผลการผลิตที่มีความสำเร็จหลายอย่างเช่นการลดค่าใช้จ่ายเครื่องมือค่าใช้จ่ายที่มีคุณภาพไม่ดีและค่าแรงงาน แสดงให้เห็นว่าซิกซ์ ซิกม่า เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการหาว่าความต้องการของกระบวนการที่ยิ่งใหญ่ที่สุดและเป็นที่จุดอ่อนของกระบวนการ นอกจากนี้ ซิกซ์ ซิกม่ายังมีตัวชี้วัดที่สามารถวัดได้และมีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์เชิงวิเคราะห์ผลกระทบด้านการวิจัย ความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องมือซิกซ์ ซิกม่า หลายแบบเช่นการทำแผนที่กระบวนการ (process mapping) แผนภาพพาเรโต การทำแผนที่กระบวนการเมทริกซ์สาเหตุและผลกระทบและการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและการศึกษาความสามารถ การปรับปรุงโดยการลดเวลาในการผลิตเวลาในการควบคุมวัสดุและภายในเศษเหล็กได้รับผลตอบแทนที่สำคัญ นอกจากนี้โครงการนำร่องนี้ได้เปิดตัวซิกซ์ ซิกม่า แล้ววิธีการในกิจกรรมของผู้ผลิตที่กว้างขึ้น งานวิจัยนี้มีความเป็นไปได้ที่จะประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่า ในกระบวนการผลิต บทความนี้มีคุณค่าสำหรับนักวิจัยในด้านการจัดการคุณภาพและการปรับปรุงคุณภาพตลอดจนให้กับมืออาชีพในอุตสาหกรรมการผลิตทุกครั้งที่มีการปรับปรุงคุณภาพเป็นปัญหา

Gijo, Scaria, & Antony (2011) ซิกซ์ ซิกม่าเป็นแนวทางความเป็นผู้นำที่ขับเคลื่อนโดยข้อมูลโดยใช้เครื่องมือและวิธีการเฉพาะที่นำไปสู่การตัดสินใจตามความเป็นจริง เกี่ยวข้องกับการ

ประยุกต์ใช้ระเบียบวิธี ซิกซ์ ซิกม่าในการลดข้อบกพร่องในกระบวนการขัดละเอียดของ บริษัท ยานยนต์ในอินเดีย ใช้วิธี DMAIC (Define-Measure-Analyze-Control-Control) เพื่อแก้ปัญหาพื้นฐานในการลดความแปรปรวนของกระบวนการและปรับปรุงผลผลิตของกระบวนการ กระบวนการผลิตสามารถใช้วิธีการอย่างเป็นระบบเพื่อก้าวไปสู่ระดับคุณภาพระดับโลก การใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่าทำให้มีการลดข้อบกพร่องในกระบวนการบดละเอียดจาก 16.6 เป็น 1.19% วิธีการของ DMAIC มีผลกระทบทางการเงินอย่างมีนัยสำคัญต่อความสามารถในการทำกำไรของ บริษัท ในด้านการลดต้นทุนเศษเหล็กการประหยัดเวลาในการทำงานซ้ำและการเพิ่มผลผลิต ได้รับรายงานจากโครงการนี้ประมาณ 2.4 ล้านเหรียญสหรัฐ

Gijo & Scaria (2013) ได้ใช้วิธีซิกซ์ ซิกม่าDMAIC (Define-Measure-Analyze-Control-Control) ที่ประสบความสำเร็จพร้อมกับเทคนิคการแก้ไขเบต้าในบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ การดำเนินการตามแนวทาง Six Sigma ทำให้ลดปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในกระบวนการและเพิ่มอัตราการผ่านครั้งแรกจาก 94.86% เป็น 99.48% หลังจากได้ศึกษากระบวนการพื้นฐานของกระบวนการแล้วได้มีการระดมความคิดกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหมดเพื่อระบุสาเหตุที่อาจเป็นไปได้ของปัญหา ข้อมูลถูกเก็บรวบรวมจากสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดและมีการวิเคราะห์ทางสถิติต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์การถดถอยการทดสอบสมมติฐานและวิธีการ Taguchi เพื่อหาสาเหตุ มีการระบุและดำเนินการเพื่อหาสาเหตุของรากและผลลัพธ์ที่ได้รับ เทคนิคการแก้ไขเบต้าถูกนำมาใช้เพื่อติดตามกระบวนการในขั้นตอนการควบคุม การดำเนินการตามหลักการซิกซ์ ซิกม่า ด้วยเทคนิคการแก้ไขเบต้ามีผลกระทบทางการเงินอย่างมีนัยสำคัญต่อความสามารถในการทำกำไรของ บริษัท มีการรายงานการประหยัดค่าใช้จ่ายประมาณ 87,000 เหรียญสหรัฐต่อปีซึ่งเป็นผลมาจากการที่ลูกค้าหันมาใช้ประโยชน์จากคุณภาพที่ดีขึ้นในด้านผลตอบแทนและการขาย การศึกษาครั้งนี้มีส่วนช่วยในการอธิบายถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการแก้ไขเบต้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรมซิกซ์ ซิกม่าในอุตสาหกรรมวิศวกรรม

Srinivasan, Muthu, Devadasan, & Sugumaran (2014) ได้ใช้งานซิกซ์ ซิกม่า DMAIC (Define-Measure-Analyze-Control-Control) ขั้นตอนเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวแลกเปลี่ยนความร้อนเปลือกและหลอดใน บริษัท ผลิตเตาเผาขนาดเล็ก เชลล์และหลอดแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นหนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญของเตาเผา วัตถุประสงค์ที่สำคัญคือการปรับปรุงคุณภาพของเตาเผาผ่านขั้นตอน DMAIC ในขั้นตอนการกำหนดพารามิเตอร์ที่สำคัญต่อคุณภาพ (CTQ) ได้รับการระบุว่ามีประสิทธิภาพในเปลือกและตัวแลกเปลี่ยนความร้อนหลอดผ่านเสียงของลูกค้า (VOC) และแผนภูมิ Pareto ในระยะการวัดประสิทธิผลในปัจจุบันวัดได้เท่ากับ 0.61 ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของ

การลดประสิทธิภาพได้ถูกระบุว่าเป็นพื้นที่การถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าแผนภาพสาเหตุและผลกระทบ ในการปรับปรุงเฟสการออกแบบที่มีอยู่ได้รับการแก้ไขผ่านทางโซลูชันทางเลือกต่าง ๆ โดยการประชุมระดมความคิด ในขั้นตอนนี้การแก้ปัญหาถูกระบุด้วยการแนะนำของครีบกลมบนท่อเปลือยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนเปลือกและหลอด ดังนั้นประสิทธิภาพจึงเพิ่มขึ้นจาก 0.61 เป็น 0.664 ในขั้นตอนการควบคุมแนะนำให้ใช้กลยุทธ์การควบคุมเพื่อปรับปรุงการแลกเปลี่ยนความร้อนเปลือกและหลอด ในท้ายที่สุดการประหยัดค่าใช้จ่ายประจำปีของ Rs.0.34 ล้านได้สำเร็จโดยการใช้ขั้นตอน DMAIC ใน บริษัท ผู้ผลิตเตาเผา

Hakim, Zagloel, & Wulandari (2016) ได้ประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่าเป็นกรอบที่ใช้ในการระบุถึงความไร้ประสิทธิภาพเพื่อไม่ให้เกิดความไม่ได้ผลและการปรับปรุงที่ถูกต้องเพื่อเอาชนะสาเหตุของการไม่ได้ผลเป็นที่น่าพอใจบทความนี้นำเสนอผลการดำเนินงานซิกซ์ ซิกม่า เพื่อปรับปรุงสายการผลิตลูกสูบในห้องปฏิบัติการการผลิต มหาวิทยาลัยอินโดนีเซีย กรอบ ซิกซ์ ซิกม่า จะถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญของการขาดประสิทธิภาพที่ต้องได้รับการปรับปรุงซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดคอขวดในสายการผลิต หลังจากการวิเคราะห์ตามกรอบซิกซ์ ซิกม่า ดำเนินการวิธีการปรับสมดุลเส้นถูกเลือกเพื่อปรับปรุงเพื่อเอาชนะปัจจัยก่อให้เกิดความไร้ประสิทธิภาพซึ่งเป็นเวลาที่แตกต่างกันระหว่างเวิร์กสเตชันที่เป็นสาเหตุคอขวดสายการประกอบ. จากนั้นหลังจากการปรับสมดุลเส้นในลูกสูบสายการประกอบการผลที่ได้คือการเพิ่มประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพจะแสดงขึ้นในการลดจำนวนข้อบกพร่องต่อโอกาสล้าน (DPMO) จาก 900,000 ถึง 700,000 การเพิ่มขึ้นของระดับการผลิตแรงงานจาก 0.0041 ถึง 0.00742 การลดเวลาว่างจาก 121.3 วินาทีเป็น12.1 วินาทีและการเพิ่มกำลังการผลิตซึ่งอยู่ระหว่าง 1 ลูกสูบ 5 นาทีกลายเป็น 3 ลูกสูบภายใน 5 นาที

Dumitrascu, Dumitrascu, & Chiru (2016) ได้นำเอาวิธีการเพื่อศึกษากระบวนการดำเนินงานซิกซ์ ซิกม่าในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ วัตถุประสงค์ซิกซ์ ซิกม่าประกอบด้วยการลดการเกิดข้อบกพร่องรอยขีดข่วนและการเปลี่ยนรูปเฉพาะของประตูที่ประกอบกันประหยัดวัสดุและลดต้นทุนภายในการซ่อมแซม จากการใช้งานซิกซ์ ซิกม่า คุณสามารถปรับปรุง DPMO ได้ (Defects per Million Opportunities) โดยมีร้อยละ 70 และวิเคราะห์ข้อมูล ลักษณะคุณภาพถือว่าสำคัญสำหรับกระบวนการตรวจสอบเพื่อให้กำหนดระดับประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ผลการวิจัยพบว่าด้วยการดำเนินการตามแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่าอย่างเหมาะสมจะสามารถเกิดผลดีได้ส่งผลกระทบต่อชิ้นส่วนที่มีคุณภาพโดยการลดข้อบกพร่องเพิ่มความยืดหยุ่นของกระบวนการประกอบและความพึงพอใจของลูกค้าด้วย

สรุปจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการซิกซ์ซิกม่า จะทำให้สามารถลดความแปรปรวนในกระบวนการผลิตให้ลดลงได้ ซึ่งจะสามารถลดลงได้มากหรือน้อยเพียงใด จะขึ้นอยู่กับการค้นหาสาเหตุของการเกิดปัญหาที่แท้จริงและการควบคุมกระบวนการหลังการปรับปรุงอย่างเข้มแข็งและต่อเนื่อง และต้องได้รับการสนับสนุนจากฝ่ายบริหารระดับสูง เพื่อให้เกิดความร่วมมือในการจัดทำโครงการ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อการควบคุมคุณภาพในกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนและรักษาคุณภาพให้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนดซึ่งสามารถสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า ด้วยเหตุนี้จึงมุ่งเน้นการดำเนินการแก้ไข ปรับปรุง ให้อยู่ในมาตรฐานตามที่กำหนดไว้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การควบคุมคุณภาพในกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า มีวิธีปฏิบัติ 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนการระบุปัญหาและขอบเขตของการแก้ไขปัญหา (D: Define Phase) ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นกับลูกค้า Voice of Customer (VOC) ณ ปัจจุบัน และนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ เทียบกับคุณภาพในปัจจุบันของกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝน โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ควบคุมว่าอยู่ในระยะพิกัดความเผื่อที่กำหนดหรือไม่ และค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในระยะยาว (Ppk) เพื่อใช้ในการระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไขตามจุดประสงค์และขอบเขตในการปรับปรุงกระบวนการ

3.1.2 ขั้นตอนการวัด (M: Measure Phase) ค้นหาความผันแปรของกระบวนการ กำหนดตัวชี้วัดของกระบวนการ กำหนดชนิดของข้อมูลที่จะเก็บ กำหนดวิธีการเก็บตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดผล ทำการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ

3.1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (A: Analyze Phase) ทำการวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์กระบวนการ วิเคราะห์หาต้นตอของความผันแปร ประยุกต์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางแผนภาพ ประยุกต์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางสถิติ สรุปสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา

3.1.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (I: Improve phase) ทำการระดมสมอง เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา จากนั้นทำการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อหา

แนวทางการแก้ไขที่ดีที่สุด และนำไปทดลองปฏิบัติจริงเพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้เป็นแนวทางในการวิจัยตามหลักการซิกซ์ ซิกม่า ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือที่เป็นแนวทางที่ใช้ในการวิจัย

Project Phase	Candidate Six Sigma Tools	วัตถุประสงค์การใช้งาน
Define	-Project charter	-เพื่อบ่งบอกวัตถุประสงค์ของการดำเนินโครงการ ที่ประกอบด้วยเป้าประสงค์ของโครงการ บทบาทและความรับผิดชอบของโครงการตามขอบเขตที่กำหนด และอำนาจความรับผิดชอบ
	-Process map	-เพื่อแสดงลำดับของกระบวนการผลิตอย่างเป็นขั้นตอน ทำให้มีความเข้าใจในกระบวนการได้ดีขึ้น สามารถนำไปใช้วิเคราะห์กระบวนการได้
Measure	-Gage R&R	-เพื่อศึกษาความแม่นยำและความเที่ยงตรงของระบบการวัด
	-Process capablity	-เพื่อการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในด้านศักยภาพ และสมรรถนะ
Analyze	-Cause-and-effect	-เพื่อการค้นหาสาเหตุต่าง ๆ ของปัญหาที่ทำให้กระบวนการไม่อยู่ภายใต้การควบคุม ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ คือ คน เครื่องจักร วัสดุ และวิธีการ
	-Process capablity	
	-Process maps	
Improve	-Design of experiments	-เพื่อการพิสูจน์สมมุติฐานด้วยการทดลอง ช่วยให้ทราบสาเหตุรากเหง้าที่แท้จริงแล้ว ว่ามีปัจจัยใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และแต่ละปัจจัยส่งผลมากน้อยเพียงใด
	-Process capablity	

ที่มา : Pyzdek (2003)

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาในครั้งนี้ เป็นการควบคุมคุณภาพในกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝน โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจะใช้เอกสารใบตรวจสอบ

3.3.1 ข้อมูลค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการผลิตชิ้นส่วน (Ppk) ของซัพพลายเออร์ ที่ส่งมอบให้แก่สายการประกอบรถยนต์

3.3.2 ข้อมูลค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการในระยะยาว (Ppk) ของกระบวนการประกอบรถยนต์ในสายการผลิตรถยนต์

3.3.3 เก็บรวบรวมข้อมูล พฤศจิกายน-ธันวาคม 2560

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการควบคุมและปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ เพื่อลดปริมาณการเกิดของเสียในกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝน ซึ่งสามารถวิเคราะห์ ได้ดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยการเปรียบเทียบปริมาณหน่วยของเสียต่อปริมาณการผลิตหนึ่งล้านชิ้น (PPM) หลังขั้นตอนการประกอบที่ปัดน้ำฝนของมุมองศา (Attack Angle) ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

3.4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการในระยะยาว (Ppk) ก่อนและหลังแก้ไขปรับปรุง

3.4.3 การวิเคราะห์ระบบการวัด Gage R&R ของมุมองศาที่ปัดน้ำฝน โดยค่าความแปรปรวนของระบบการวัดต้องเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับความผันแปรของระบบการวัดด้วยโปรแกรม Minitab ร่วมกับเกณฑ์การยอมรับ ดังตารางที่ 3.2

3.4.4 ใช้การออกแบบการทดลอง (DOE) วิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลให้ค่ามุมองศา (Attack Angle) เปลี่ยนแปลงออกนอกเกณฑ์ควบคุม เพื่อนำไปพิจารณาแนวทางการแก้ไขปรับปรุงเพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์ในการยอมรับความผันแปรของระบบการวัด Gage R & R Study

ความผันแปรของระบบการวัด	เกณฑ์การยอมรับความผันแปรของระบบการวัด		
	ยอมรับ	ยอมรับแบบมีเงื่อนไข	ไม่สามารถยอมรับได้
Contribution	<3%	3 - 10 %	> 3%
Study Variance	<10%	10 - 30%	> 30%
Tolerance	<10%	10 - 30%	> 30%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์

กรณีศึกษานี้เป็นการศึกษาโดยนำเอาวิธีการซิกส์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการและลดอัตราการเกิดของเสียที่เกิดจากการประกอบที่ปัดน้ำฝน ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

4.1 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการระบุปัญหา (Define Phase)

4.2 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

4.3 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

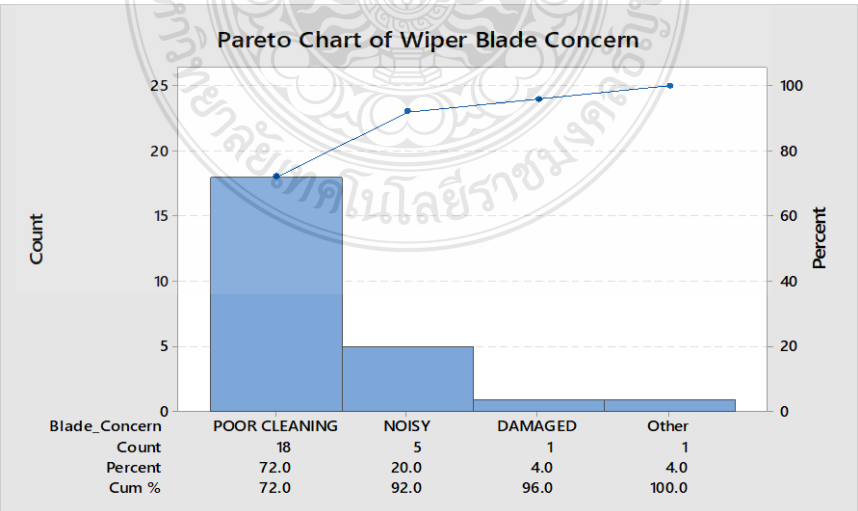
4.4 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

4.5 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

เนื่องด้วยระยะเวลาในการค้นคว้าวิจัยค่อนข้างจำกัด ผู้ศึกษาจึงตัดสินใจประยุกต์ใช้เพียงขั้นตอนการ 4.1-4.4 และแนะนำแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงเพื่อควบคุมให้เป็นมาตรฐานในบทต่อไป

4.1 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการระบุปัญหา (Define Phase)

1. ผู้ศึกษาได้รวบรวมข้อมูลปัญหาของที่ปัดน้ำฝนในระหว่างเดือน พฤศจิกายน-ธันวาคม 2560 พบว่า ปัญหาปัดน้ำฝนไม่สะอาด (Poor Cleaning) ส่งผลต่อภาพรวมของปัญหาระบบที่ปัดน้ำฝนคิดเป็น 72 เปอร์เซ็นต์ ดังแผนภาพพาเรโตที่ 4.1



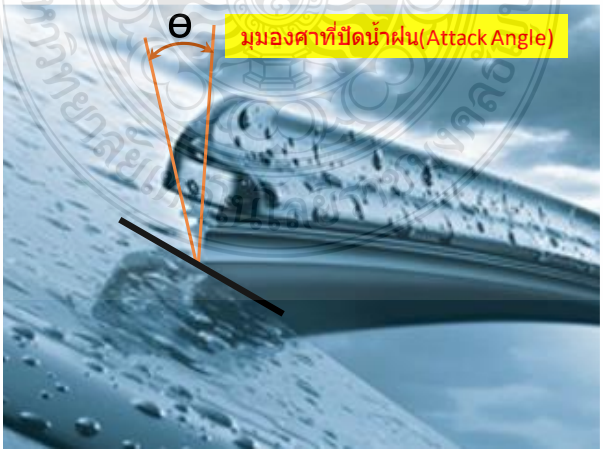
ภาพที่ 4.1 แผนภาพพาเรโตแสดงปัญหาที่เกี่ยวข้องกับที่ปัดน้ำฝน

หลังจากระดมสมองกับแผนกวิศวกรรมพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการปัดน้ำฝนไม่สะอาดสามารถเกิดจากการใช้งานลูกค้าที่ใช้สารเคมีเคลือบบนผิวกระจก คุณภาพวัสดุของใบปัด (Wiper Blade Properties) แรงกดของที่ปัดน้ำฝน (Arm load) และมุมองศาของที่ปัดน้ำฝน (Attack Angle)

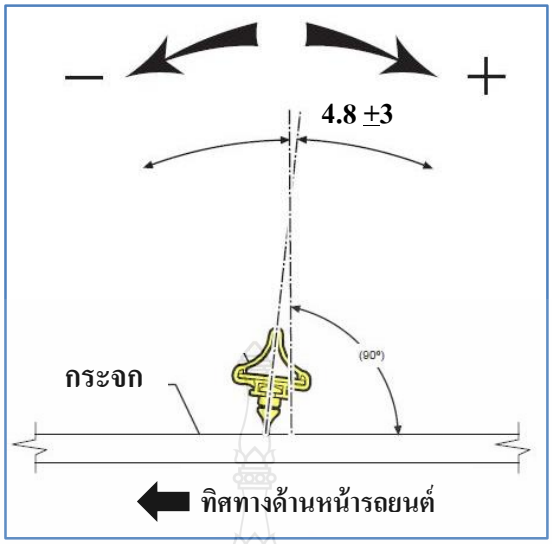
แต่เนื่องการใช้งานของลูกค้าและคุณภาพวัสดุของใบปัด มีข้อจำกัดต่อการแก้ไข เพราะอยู่นอกเหนือหน้าที่ความรับผิดชอบของผู้วิจัย จึงอาจส่งผลให้การดำเนินงานวิจัยเป็นไปด้วยความยากลำบาก ซึ่งแตกต่างจากกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนในบริษัทผลิตรถยนต์ ที่สามารถหาแนวทางการแก้ไขได้จากการกระบวนการประกอบ

เมื่อทำการตรวจสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์พบว่า ที่ปัดน้ำฝนด้านผู้โดยสาร (Passenger Side) มีมาตรฐานแรงกด 673 นิวตัน (N) เผื่อค่าบวกลบ 71.38 นิวตัน มีค่าขีดความสามารถของกระบวนการที่ 1.44 และที่ปัดน้ำฝนด้านผู้โดยสารมีมาตรฐานมุมองศา 3.8 องศา เผื่อค่าบวกลบ 3 องศา มีค่าขีดความสามารถของกระบวนการที่ 1.55 อีกทั้งที่ปัดน้ำฝนด้านคนขับ (Driver Side หรือ DS) มีมาตรฐานแรงกด 1050 นิวตัน (N) เผื่อค่าบวกลบ 112.17 นิวตัน มีค่าขีดความสามารถของกระบวนการที่ 1.64 ก็อยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนดเช่นกัน ยกเว้นมุมองศาที่ปัดน้ำฝนด้านคนขับที่มีค่าขีดความสามารถต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งมีมาตรฐานการควบคุม 4.8 องศา เผื่อค่าบวกลบเท่ากับ 3 องศา นั่นคือค่าปรับตั้งองศาระหว่าง 1.8 ถึง 7.8 องศา ฉะนั้นในการแก้ไขปัญหาที่ปัดน้ำฝนไม่สะอาดจึงทำการแก้ปัญหาที่มุมองศาที่ด้านคนขับ เพื่อให้อยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนด

ในการวัดค่าขีดความสามารถของกระบวนได้ทำการเก็บข้อมูลอย่างต่ำ 60ข้อมูล โดยใช้เครื่องมือชั่งน้ำหนักขนาดเล็กที่มีหน่วยวัดเป็นนิวตันในการเก็บข้อมูลแรงกด และใช้เครื่องมือวัดมุมองศาที่มีหน่วยวัดเป็นองศาในการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 4.2 ลักษณะมุมองศาที่ปัดน้ำฝนที่ทำการควบคุมคุณภาพในรถยนต์



ภาพที่ 4.3 มาตรฐานการควบคุมมุมองศาที่ปัดน้ำในรถยนต์

จากภาพที่ 4.2 และ ภาพที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงมุมองศาที่ปัดน้ำฝนที่ต้องทำการควบคุมคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐาน เพื่อให้การทำงานของที่ปัดน้ำฝนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถส่งผลให้เกิดความพึงพอใจแก่ลูกค้า

2. การระบุปัญหา กำหนดเป้าหมาย ขอบเขตในการศึกษาค้นคว้างานวิจัย รวมถึงกลุ่มคนทำงานในครั้งนี้ ได้ประยุกต์ใช้เอกสาร Project Charter เพื่อแสดงรายละเอียดได้ดียิ่งขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.4

Project Title:

การควบคุมคุณภาพในกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝน

Problem Statement:

ลูกค้าร้องเรียนปัญหาการปัดน้ำฝนบนกระจกรถยนต์ไม่สะอาด ซึ่งหลังจากตรวจสอบความสามารถของกระบวนผลิตพบว่าขีดความสามารถของกระบวนการระยะยาว (Ppk) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 1.33 โดยข้อมูลการตรวจวัดมุมองศา (Attack Angle)ที่ปัดน้ำฝนด้านคนขับ (Driver Side หรือ DS) ณ ปัจจุบันคือ 0.87 Ppk

Linkage to Key Business Plan Objectives: (Identify linkage to your organization/department's key business plan objectives)

ต้นทุนของที่ปัดน้ำฝนที่ไม่ได้คุณภาพเป็นมูลค่า 0.33 บาท/ต่อคัน (W05 Wiper Poor Cleaning CPU= $0.01) จากการคาดการณ์สัดส่วนของเสียระยะยาวจะได้ 4,714PPM ซึ่งคิดเป็นมูลค่าต้นทุนของเสียรวม 1,556 บาท (4,714PPM X 0.33 Bath)

ภาพที่ 4.4 เอกสารแสดงรายละเอียดในการดำเนินการโปรเจค (Project Charter)

Defect Definition/CTQ (measurable):

ส่วนงาน FCPA ทำการตรวจสอบมุมองศาที่ปัดน้ำฝนด้วนคนขับพบว่ามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน1.33 Ppk โดยค่าการวัดในปัจจุบันคือ 0.87 Ppk

Definition of Project Scope:

โครงการนี้มุ่งเน้นในการปรับปรุงกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์และชิ้นงานที่รับมาจากซัปพลายเออร์

Project Key Business Plan Deliverables/Objectives (Cost/Quality/Timing):

มุมองศาที่ปัดน้ำฝนด้านคนขับมีค่าขีดความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้น โดยการปรับปรุงที่ได้รับมีค่ามากกว่าเกณ์มาตรฐาน 1.33 Ppk จากค่าปัจจุบันอยู่ที่ 0.87 Ppk

Enablers: (What resources/people/funds are available to assist with this project? Describe any interactions with other projects or major initiatives.)

วิศวกรแผนกประกอบตัวถังรถยนต์,แผนกประกอบชุดภายนอก (PVT Engineer ,VRT Body Exterior Lead)

Performance Metric(s)		**Present**	**Expected**
Process capability		0.87 Ppk	Meet Target 1.33 Ppk

Proj Champ/BB Meetings Scheduled: Y / N : **Y**

Proj Champion (Dept. Manager) Name/Signature/Date: **K.R**

Process Owner /Customer Name/Signature/Date: **K.J / K.T**

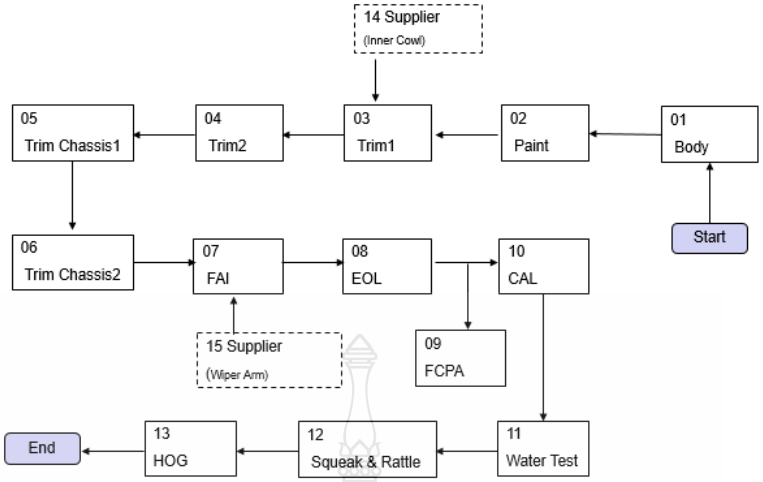
ภาพที่ 4.4 เอกสารแสดงรายละเอียดในการดำเนินการโปรเจค (Project Charter) (ต่อ)

จากข้อมูลใน Project charter สามารถแสดงตัวอย่างของปัญหาและมูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นตามด้านล่าง

Problem Statement: ลูกค้าร้องเรียนปัญหาการปัดน้ำฝนบนกระจกรถยนต์ไม่สะอาด ซึ่งหลังจากตรวจสอบความสามารถของกระบวนผลิตพบว่าขีดความสามารถของกระบวนการระยะยาว (Ppk) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 1.33 โดยข้อมูลการตรวจวัดมุมองศา (Attack Angle) ที่ปัดน้ำฝนด้านคนขับ (Driver Side หรือ DS) ณ ปัจจุบันคือ 0.87 Ppk

Linkage to Key Business Plan Objectives: ต้นทุนของที่ปัดน้ำฝนที่ไม่ได้คุณภาพเป็นมูลค่า 0.33 บาท/ต่อคัน (W05 Wiper Poor Cleaning CPU= $0.01) จากการคาดการณ์สัดส่วนของเสียระยะยาวจะได้ 4,714PPM ซึ่งคิดเป็นมูลค่าต้นทุนของเสียรวม 1,556 บาท (4,714PPM X 0.33 Bath)

3. ศึกษาแผนผังของกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ (Process Map) และได้รวมกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนจะเป็นกระบวนการส่วนหนึ่งของกระบวนการประกอบชิ้นส่วนท้ายสุด (Final Assembly Inspection) ดังแสดงในภาพที่ 4.5

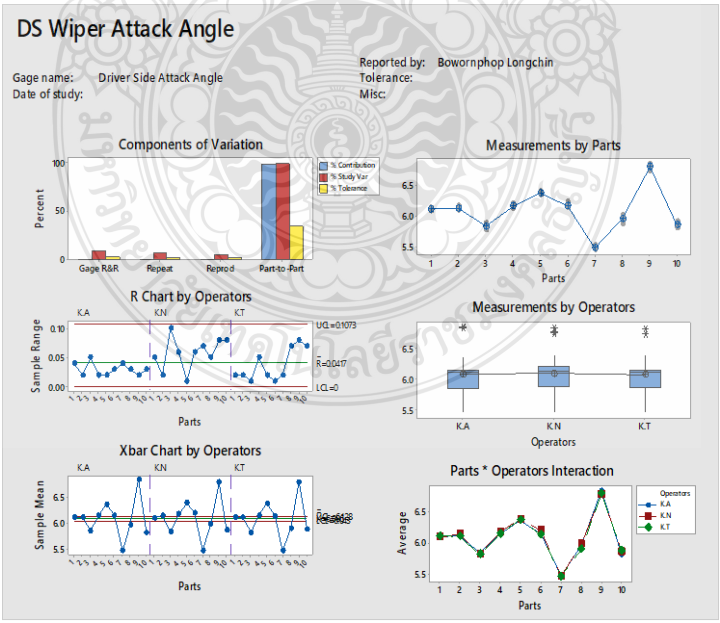


ภาพที่ 4.5 ศึกษาแผนผังของกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ (Process Map)

4.2 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

1. การวิเคราะห์ระบบการวัด

ในขั้นตอนการวัด (Measure Phase) จำเป็นที่จะต้องศึกษาความสามารถของระบบการวัดของเครื่องมือ และพนักงานก่อนทุกครั้ง เพื่อเป็นการยืนยันว่าพนักงาน วิธีการ และเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัด เป็นที่ยอมรับได้ และข้อมูลที่ได้จากระบบการวัดที่เป็นมาตรฐานจะเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของระบบการวัดค่าองศามุมที่ปัดน้ำฝน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

เมื่อพิจารณาในส่วนของ Components of Variation พบว่า ค่าความแปรปรวนของระบบการวัดส่วนใหญ่มาจากความแตกต่างระหว่างค่าองศาของใบปัดน้ำฝน ดังเห็นได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนที่มาจากความแตกต่างระหว่างค่าองศาของใบปัดน้ำฝน มีค่ามากกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของระบบการวัด

เมื่อพิจารณาในส่วนของ R Chart by operator พบว่าค่าองศาของใบปัดน้ำฝน ของพนักงานแต่ละคนอยู่ในการควบคุม

เมื่อพิจารณาในส่วนของ Sample mean พบว่าค่าที่ได้จากการวัดเกือบทั้งหมด อยู่นอกเหนือการควบคุม แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของระบบการวัดเกิดจากค่าองศาของใบปัดน้ำฝน

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.001077	0.85
Repeatability	0.000649	0.51
Reproducibility	0.000429	0.34
Operators	0.000045	0.04
Operators*Parts	0.000384	0.30
Part-To-Part	0.125457	99.15
Total Variation	0.126534	100.00

Process tolerance = 6

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.032824	0.19694	9.23	3.28
Repeatability	0.025473	0.15284	7.16	2.55
Reproducibility	0.020701	0.12420	5.82	2.07
Operators	0.006704	0.04022	1.88	0.67
Operators*Parts	0.019585	0.11751	5.51	1.96
Part-To-Part	0.354198	2.12519	99.57	35.42
Total Variation	0.355716	2.13430	100.00	35.57

Number of Distinct Categories = 15

ภาพที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดของระบบการวัดค่าองศามุมที่ปัดน้ำฝนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

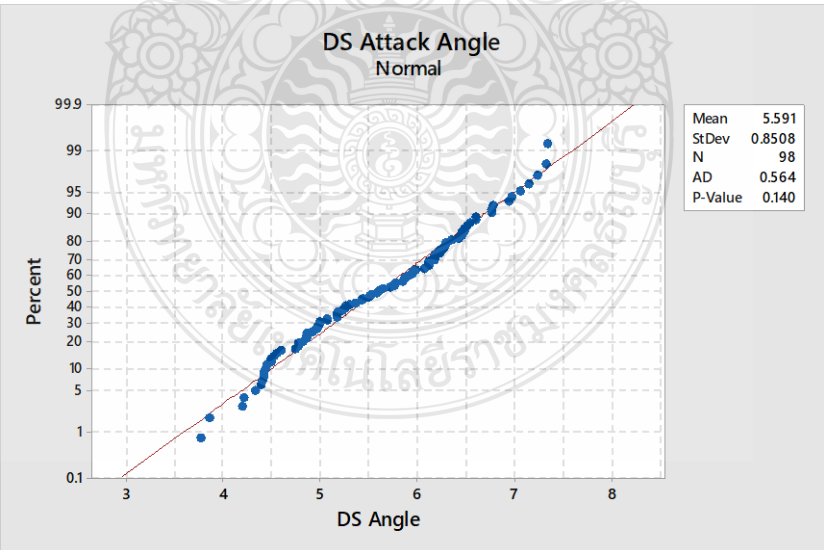
ตารางที่ 4.1 แสดงเกณฑ์การยอมรับและผลการวิเคราะห์ Gage R&R Study

ความผันแปรของระบบการวัด	เกณฑ์การยอมรับความผันแปรของระบบการวัด			ผลการวิเคราะห์	
	ยอมรับ	ยอมรับแบบมีเงื่อนไข	ไม่สามารถยอมรับได้		
Contribution	<3%	3 - 10 %	> 3%	0.85%	ยอมรับ
Study Variance	<10%	10 - 30%	> 30%	9.23%	ยอมรับ
Tolerance	<10%	10 - 30%	> 30%	3.28%	ยอมรับ

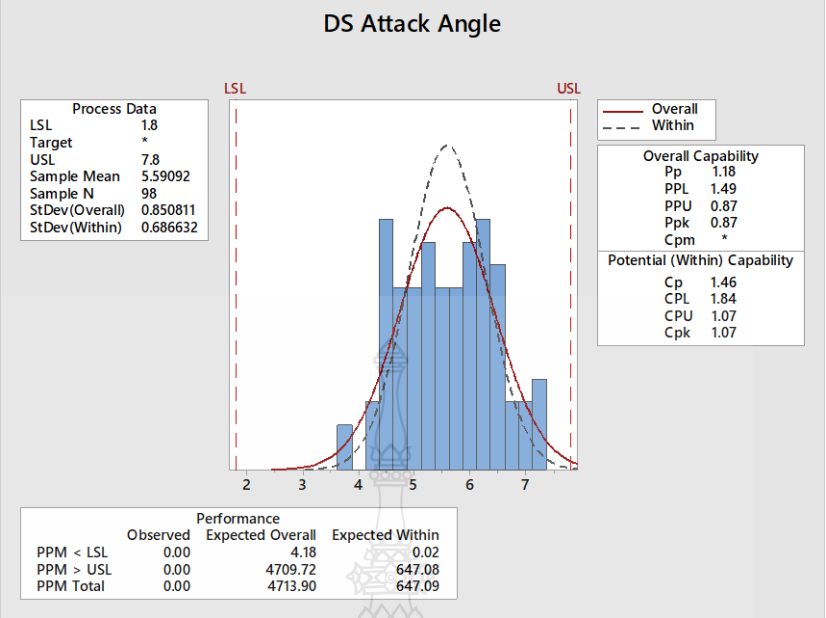
จากผลการวิเคราะห์ Gage R & R Study ดังภาพที่ 4.7 และ ตารางที่ 4.1 พบว่าผลการวิเคราะห์ค่า Contribution มีค่าเท่ากับ 0.85% หมายความว่า ค่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นจากการวัดและส่งผลต่อความแปรปรวนโดยรวมของระบบการวัด มีค่าเท่ากับ 0.85% และค่า Study Variance และ Tolerance มีค่าเท่ากับ 9.23% และ 3.28% ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบการวัดเป็นที่ยอมรับได้

2. การศึกษาความสามารถของกระบวนการ (Process capability)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของมุมองศาใบปัดน้ำฝนในรถยนต์ด้านคนขับ (Driver Side Attack Angle หรือ DS Attack Angle) จะเริ่มจากการนำข้อมูลที่เก็บได้จำนวน 98 ข้อมูล มาทำทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูล และพบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.140 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลการวัดค่าองศาใบปัดน้ำฝนที่เก็บมาเป็นข้อมูลที่มีความแจกแจงเป็นปกติ ดังแสดงในภาพที่ 4.8 และสามารถนำไปใช้ในการศึกษาหาความสามารถของกระบวนการต่อไป



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงผลการทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูลองศาใบปัดน้ำฝน



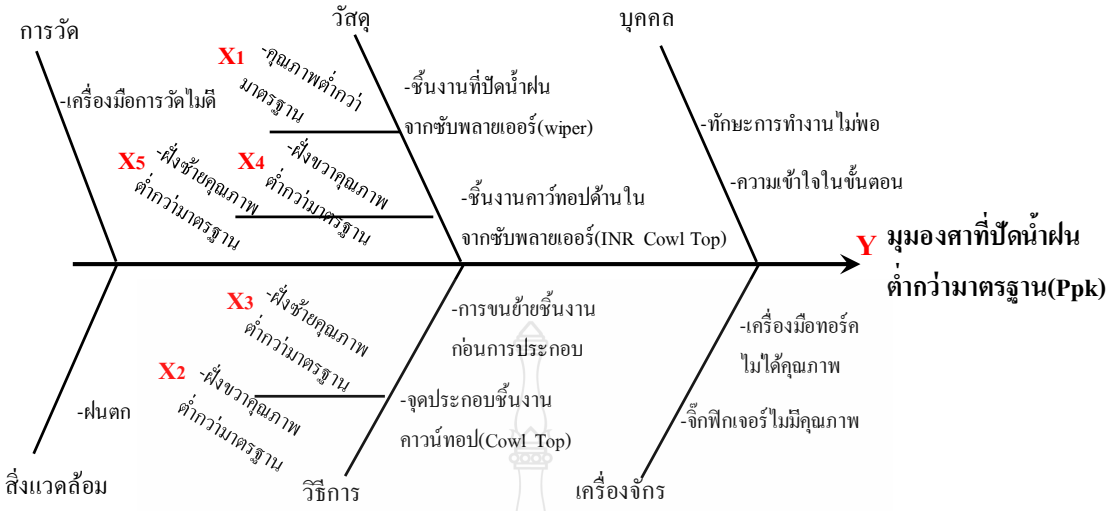
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการที่จุดงาน FCPA

จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Ppk) จากจุดงานตรวจสอบคุณภาพ (FCPA) ดังแสดงในภาพที่ 4.9 พบว่าค่า Ppk มีค่าเท่ากับ 0.87 ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกระบวนการผลิต ซึ่งโดยปกติแล้วค่าขีดความสามารถสำหรับกระบวนการในปัจจุบันควรมีค่ามากกว่า 1.33 อันอาจเกิดจากความผิดปรกติเกิดขึ้นกับกระบวนการผลิต ส่งผลต่อคุณภาพมุมองศาที่ปัดน้ำฝนบนรถยนต์ที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานให้หลุดลอดจากการกระบวนการผลิต อาจทำให้การทำงานของที่ปัดน้ำฝนไม่มีทำงานมีประสิทธิภาพ

4.3 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

จากการรวบรวมข้อมูลขีดความสามารถของกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝน พบว่ามุมองศาที่ปัดน้ำฝนด้านคนขับมีคุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจค้นหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่ามุมองศาของที่ปัดน้ำฝน ตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดปัญหา (Cause and Effect)



ภาพที่ 4.10 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่อาจส่งต่อขีดความสามารถของกระบวนการ

จากผลการระดมสมองด้วยทีมงาน ตามแผนผังก้างปลาข้างต้น พบว่ามี 5 ปัจจัยที่อาจส่งผลต่อขีดความสามารถของกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนลดลง ได้แก่

X_1 : มุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ (Twist Angle)

X_2 : จุดประกอบคาวน์ทอป (Cowl Top RH) ฝั่งขวา

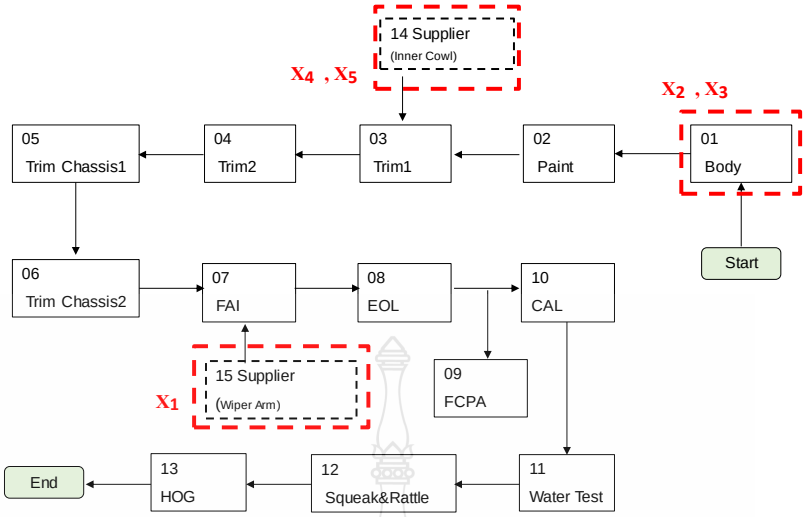
X_3 : จุดประกอบคาวน์ทอป (Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย

X_4 : จุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน (Inner Cowl Top RH) ฝั่งขวา

X_5 : จุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน (Inner Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย

2. การศึกษาขีดความสามารถของกระบวนการในแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝน

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของของเสียจากมุมองศาใบปัดน้ำฝน ในการศึกษานี้ได้ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมดจำนวน 60 ข้อมูล โดยใช้เอกสารการตรวจสอบ (check sheet) โดยวิธีการสุ่มตัวอย่าง 3 ข้อมูลต่อการผลิต 1 ครั้ง และทีมงานได้จัดกลุ่มปัจจัยที่ส่งผลจำแนกตามกระบวนการที่เกิดปัญหา เพื่อสะดวกต่อการปรับปรุงกระบวนการภายหลัง ดังภาพที่ 4.11



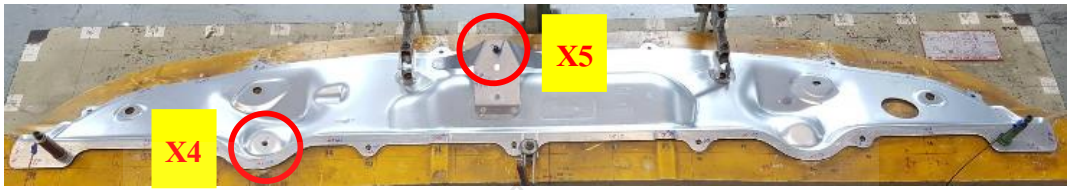
ภาพที่ 4.11 แผนผังกระบวนการแสดงกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝน

จากแผนผังกระบวนการดังภาพที่ 4.11 สามารถจำแนกปัจจัยที่เกิดในแต่ละกระบวนการได้ดังนี้

1) จุดประกอบบนชิ้นงานคาวน์ทอป (Cowl Top) ฝั่งขวาและฝั่งซ้าย (01-Body) ที่ตัวถังรถยนต์ ดังภาพที่ 4.12

ภาพที่ 4.12 ภาพแสดงจุดประกอบคาวน์ทอป

2) จุดประกอบบนชิ้นงานคาวน์ทอปด้านใน (Inner Cowl Top) ฝั่งขวาและฝั่งซ้าย (14-Supplier) ที่รับมาจากซัปพลายเออร์ ดังภาพที่ 4.13



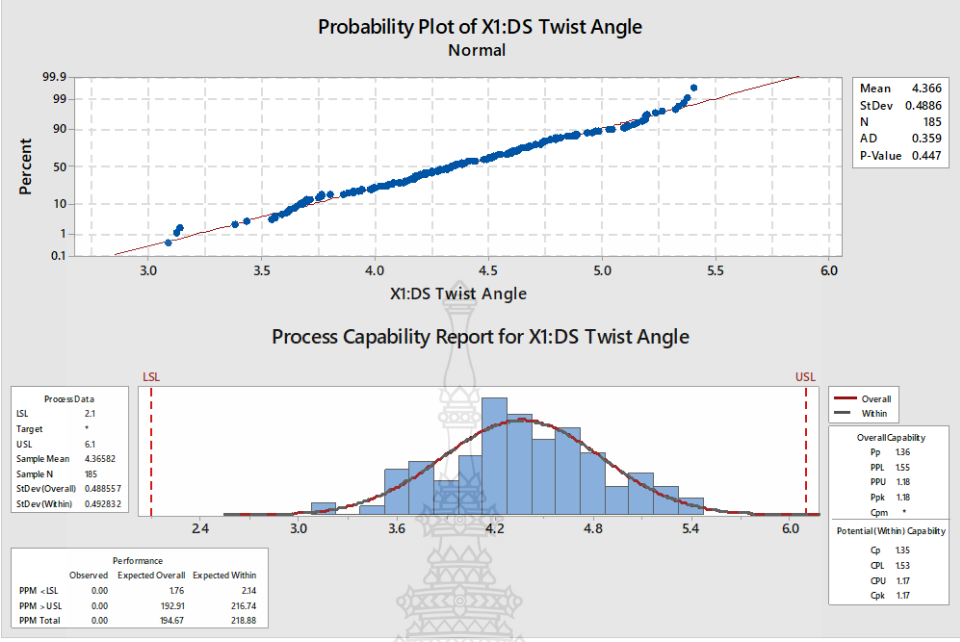
ภาพที่ 4.13 ภาพแสดงจุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน

3) ชิ้นงานที่ปัดน้ำฝน (Wiper Arm Assembly) (15-Supplier) ที่รับมาจากซัพพลายเออร์อาจส่งผลการการประกอบและมุมองศาไม่ได้ ดังภาพที่ 4.14

ภาพที่ 4.14 ภาพแสดงชิ้นงานที่ปัดน้ำ (Wiper Arm Assembly)

2.1 แสดงค่าความสามารถของกระบวนการของมุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ (X_1)

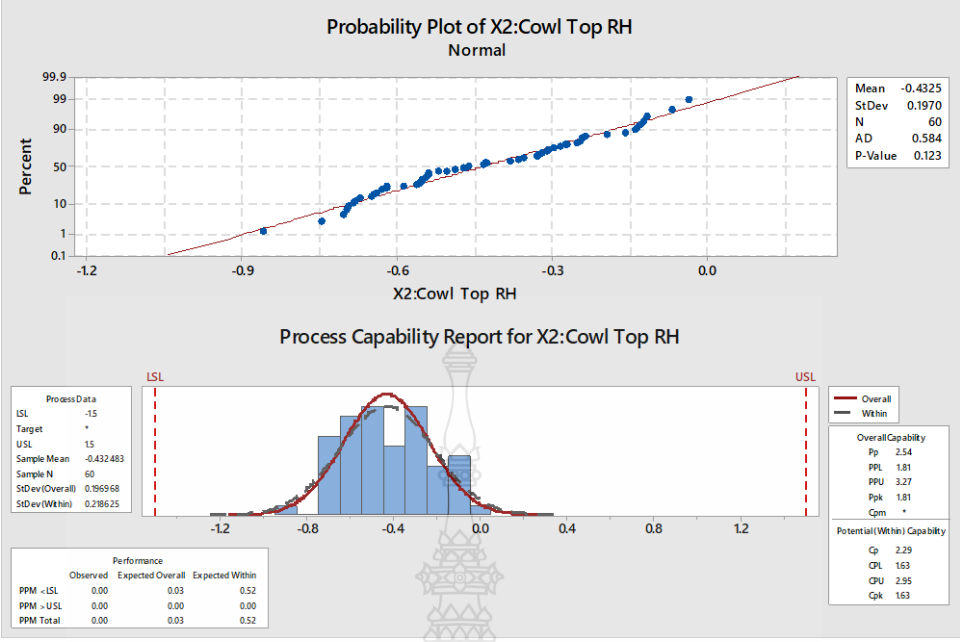
ค่ามาตรฐานการควบคุมกระบวนการคือ 4.1 องศา เผื่อค่าบวกลบเท่ากับ 2 องศา นั่นคือช่วงการควบคุมระหว่าง 2.1 ถึง 6.1 องศา จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของมุมองศาใบปัดน้ำฝน (Twist Angle) จากซัพพลายเออร์ (X_1) จะเริ่มจากการนำข้อมูลที่เก็บได้จำนวน 185 ข้อมูล มาทำทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูล และพบว่าค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลการวัดค่าองศาใบปัดน้ำฝนที่เก็บมาเป็นข้อมูลที่มีความแจกแจงแบบปกติ และขีดความสามารถของกระบวนการมีค่า 1.18 น้อยกว่า 1.33 แสดงว่าซัพพลายเออร์จำเป็นต้องดำเนินการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ เพื่อให้ผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานและส่งผลให้ขีดความสามารถของกระบวนการผลิตมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นดังแสดงในภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของมุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ (X_1)

2.2 แสดงค่าความสามารถของกระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอป (Cowl Top RH) ฝั่งขวา (X_2)

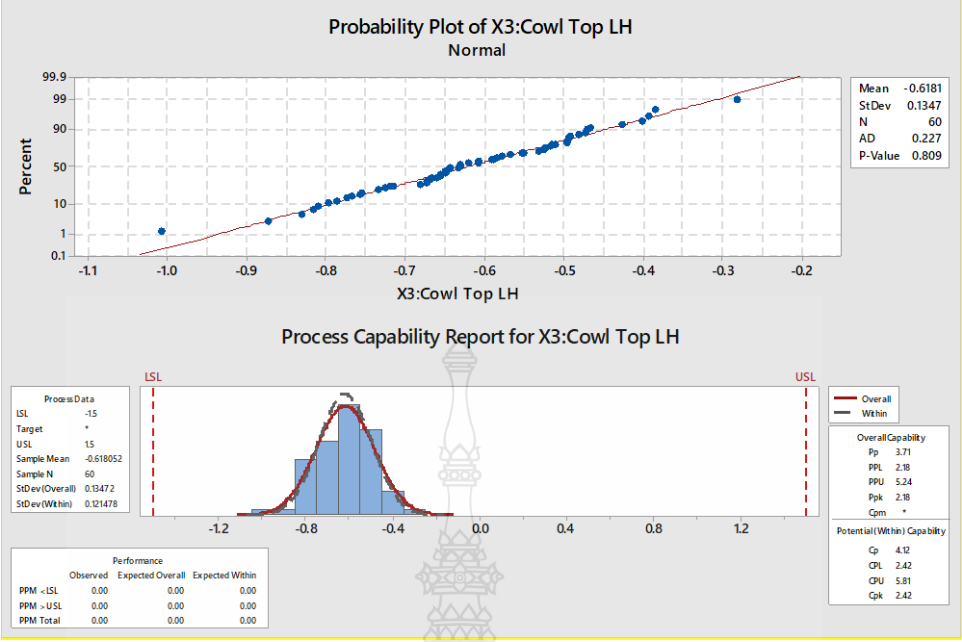
ค่ามาตรฐานการควบคุมกระบวนการคือ 0 มิลลิเมตร เผื่อค่าบวกลบเท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร นั่นคือช่วงการควบคุมระหว่าง -1.5 ถึง 1.5 มิลลิเมตร จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของกระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอป (Cowl Top RH) ฝั่งขวา (X_2) จะเริ่มจากการนำข้อมูลที่เก็บได้จำนวน 60 ข้อมูล มาทำทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูล และพบว่าค่า P-Value ที่คำนวณได้เท่ากับ 0.123 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความแจกแจงแบบปกติ และขีดความสามารถของกระบวนการมีค่า 1.81 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1.33 แสดงว่า กระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งขวามีความสามารถในการผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพตรงตามความมาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอป (Cowl Top RH) ฝั่งขวา (X_2)

2.3 แสดงค่าความสามารถของกระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอป (Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย (X_3)

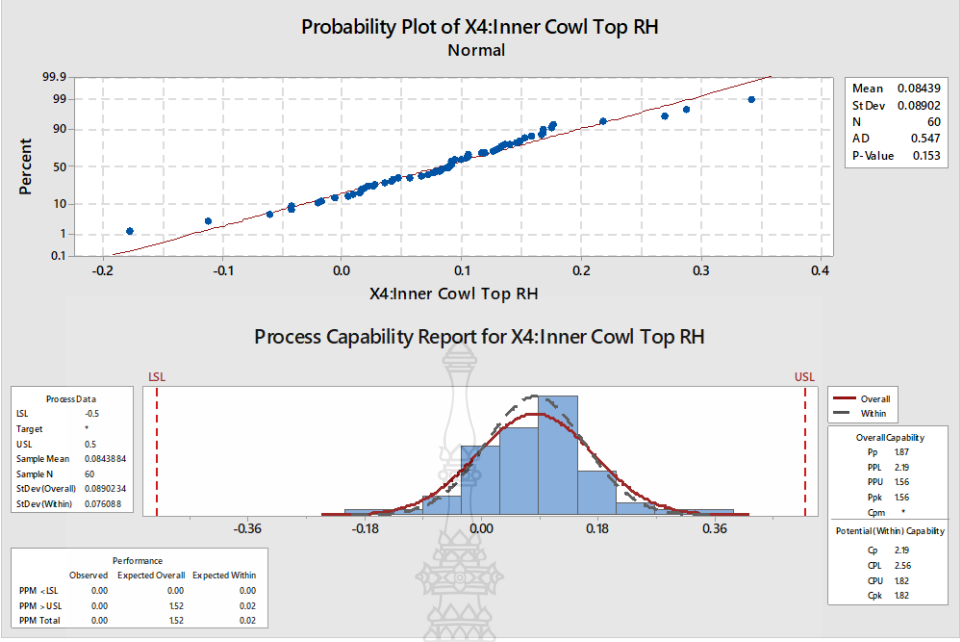
ค่ามาตรฐานการควบคุมกระบวนการคือ 0 มิลลิเมตร เผื่อค่าบวกลบเท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร นั่นคือช่วงการควบคุมระหว่าง -1.5 ถึง 1.5 มิลลิเมตร จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของกระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอป (Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย (X_3) จะเริ่มจากการนำข้อมูลที่เก็บได้จำนวน 60 ข้อมูล มาทำทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูล และพบว่าค่า P-Value ที่คำนวณได้เท่ากับ 0.809 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความแจกแจงแบบปกติ และขีดความสามารถของกระบวนการมีค่า 2.18 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1.33 แสดงว่า กระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งซ้ายมีความสามารถในการผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพตรงตามความมาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอป (Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย (X_3)

2.4 แสดงค่าความสามารถของกระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน (Inner Cowl Top RH) ฝั่งขวา (X_4)

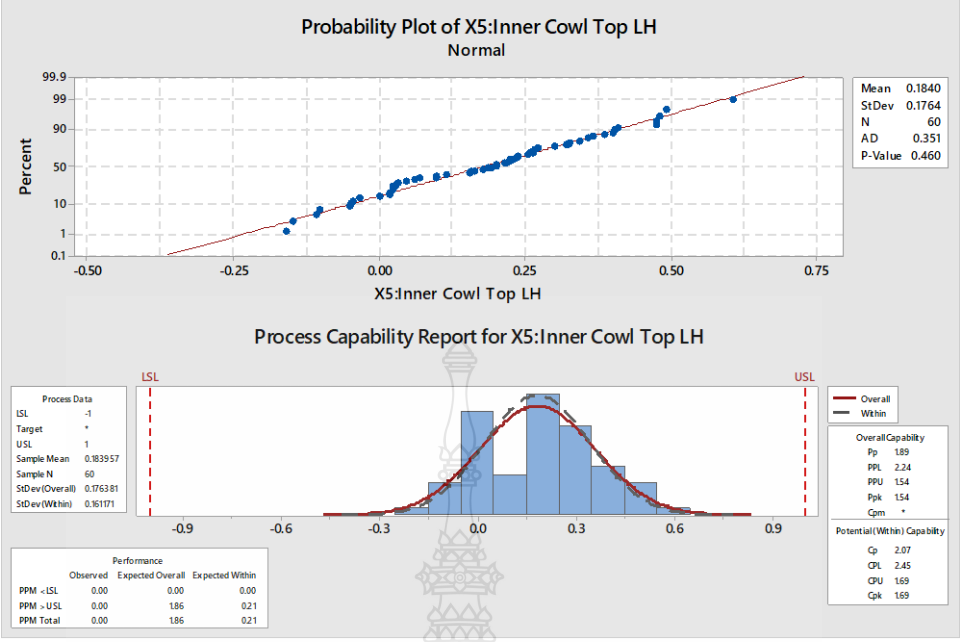
ค่ามาตรฐานการควบคุมกระบวนการคือ 0 มิลลิเมตร เผื่อค่าบวกลบเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร นั่นคือช่วงการควบคุมระหว่าง -0.5 ถึง 0.5 มิลลิเมตร จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของกระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน (Inner Cowl Top RH) ฝั่งขวา (X_4) จะเริ่มจากการนำข้อมูลที่เก็บได้จำนวน 60 ข้อมูล มาทำทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูล และพบว่าค่า P-Value ที่คำนวณได้เท่ากับ 0.153 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความแจกแจงแบบปกติ และขีดความสามารถของกระบวนการมีค่า 1.56 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1.33 แสดงว่า กระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอปด้านในฝั่งขวา มีความสามารถในการผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพตรงตามความมาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน (Inner Cowl Top RH) ฝั่งขวา (X_4)

2.5 แสดงค่าความสามารถของกระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน (Inner Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย (X_5)

ค่ามาตรฐานการควบคุมกระบวนการคือ 0 มิลลิเมตร เผื่อค่าบวกลบเท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร นั่นคือช่วงการควบคุมระหว่าง -1.0 ถึง 1.0 มิลลิเมตร จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของกระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน (Inner Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย (X_5) จะเริ่มจากการนำข้อมูลที่เก็บได้จำนวน 60 ข้อมูล มาทำทดสอบความปกติของการแจกแจงข้อมูล และพบว่าค่า P-Value ที่คำนวณได้เท่ากับ 0.460 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีความแจกแจงแบบปกติ และขีดความสามารถของกระบวนการมีค่า 1.54 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1.33 แสดงว่า กระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอปด้านในฝั่งขวา มีความสามารถในการผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพตรงตามความมาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน (Inner Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย (X_5)

จากการเก็บข้อมูลเพื่อทำการวัดขีดความสามารถของกระบวนการแต่ละปัจจัยมีดังนี้

X_1 : มุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ มีค่า Pp 1.36 และ Ppk 1.18

X_2 : จุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งขวา มีค่า Pp 2.54 และ Ppk 1.81

X_3 : จุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งซ้าย มีค่า Pp 3.71 และ Ppk 2.18

X_4 : จุดประกอบคาวน์ทอปด้านในฝั่งขวา มีค่า Pp 1.87 และ Ppk 1.56

X_5 : จุดประกอบคาวน์ทอปด้านในฝั่งซ้าย มีค่า Pp 1.89 และ Ppk 1.54

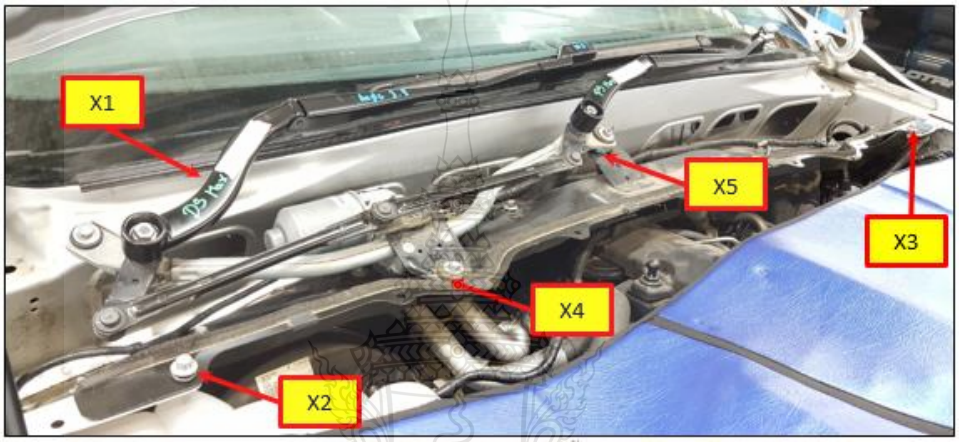
สามารถสรุปได้ว่าขีดความสามารถของมุมองศาที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด เมื่อนำมาประกอบในรถยนต์อาจส่งผลต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝน (Attack Angle) ทำให้ค่ามุมมีค่าความแปรปรวน ออกนอกขอบเขตมาตรฐานวิศวกรรมที่กำหนด

4.4 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase) พบว่าปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝน (Attack Angle) ไม่ได้ตามมาตรฐาน คือ มุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ (X_1) เนื่องจากขีดความสามารถของกระบวนการ (Ppk) มีค่าต่ำกว่า 1.33 สะท้อนให้เห็นว่าการควบคุม

กระบวนการผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ต่ำ จึงจำเป็นต้องหาวิธีการแก้ไขปรับปรุงเพื่อยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นและเป็นไปตามมาตรฐาน

หลังจากทีมงานได้ทำการระดมสมองพบว่านอกจากปัจจัยที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์แล้ว ปัจจัยที่เหลืออีกก็จำเป็นต้องได้รับการควบคุมกระบวนการอย่างสม่ำเสมอเช่นเดียวกัน ดังภาพที่ 4.20 เพื่อให้ภาพรวมของขีดความสามารถของกระบวนการเกี่ยวกับมุมองศาที่ปัดน้ำฝนที่ตรวจจับที่จุดงาน FCPA มีการปรับปรุงขึ้นด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 4.20 ภาพแสดงภาพรวมส่วนประกอบของฟังก์ชั่นปัดน้ำฝน (Wiper System)

1. ทำการออกแบบการทดลอง DOE (Design of Experiment)

ดังนั้นผู้ศึกษาได้นำเสนอวิธีการ DOE (Design Of Experiment) มาประยุกต์ใช้เพื่อหาสมการสหสัมพันธ์ที่ส่งผลให้มุมองศาที่ปัดน้ำฝนอยู่ในเกณฑ์ที่ได้มาตรฐานและสามารถปรับปรุงภาพรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้ง 5 ตัว เช่นเดียวกัน

จากภาพที่ 4.20 จะเห็นได้ถึงจุดประกอบของชิ้นงานแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพมุมองศาที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์ โดยแต่ละปัจจัยมีมาตรฐานการควบคุมคุณภาพดังต่อไปนี้

X_1 : มุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ มีค่ามาตรฐาน 2.1-6.1 องศา

X_2 : จุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งขวา มีค่ามาตรฐาน -1.5 ถึง 1.5 มิลลิเมตร

X_3 : จุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งซ้าย มีค่ามาตรฐาน -1.5 ถึง 1.5 มิลลิเมตร

X_4 : จุดประกอบคาวน์ทอปด้านในฝั่งขวา มีค่ามาตรฐาน -0.5 ถึง 0.5 มิลลิเมตร

X_5 : จุดประกอบคาวน์ทอปด้านในฝั่งซ้าย มีค่ามาตรฐาน -1.0 ถึง 1.0 มิลลิเมตร

วิธีการกำหนดค่าระดับการทำลองของแต่ละปัจจัยมีวิธีการดังต่อไปนี้

X_1 : มุมองศาที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ จะทำชิ้นงานทำลองค่าต่ำ 1 ชิ้นและค่าสูง 1ชิ้น โดยวัดด้วยเครื่องมือวัดมุมองศา

X_2 -X_5 : จุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งขวา จุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งซ้าย จุดประกอบคาวน์ทอป ด้านในฝั่งขวา และจุดประกอบคาวน์ทอปด้านในฝั่งซ้าย จะทำการวัดจุดประกอบบนรถยนต์ที่ทำการทำลอง ด้วยเครื่องมือวัดสามมิติ (CMM หรือ Coordinate Measuring Machine) ซึ่งจะทำการดัดจุดประกอบให้มีค่าต่ำ เพื่อสามารถเพิ่มแผ่นแหวนรอง (Spacer ring) ขนาดความหนา 3.0 มิลลิเมตรในการกำหนดค่าสูง ซึ่งจำทำให้ได้ค่าการทำลองทั้งค่าต่ำและค่าสูง

ในการทดลองได้ออกแบบการทดลองโดยกำหนดระดับ (Level) การทำลองต่ำสุด (Low) และสูงสุด(High)ของค่าความเผื่อพิกัดให้ครอบคลุมค่ามาตรฐาน ยกเว้นค่ามุมองศาที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ในระดับสูงสุด เนื่องจากข้อจำกัดด้านเครื่องมือและชิ้นงานตัวอย่างที่จะทำการทดลองจึงที่ไม่สามารถทำชิ้นงานให้มีพิกัดสูงครอบคลุม แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงตารางการออกแบบการทดลอง

Factor			Level	
			Low	High
X2 : จุดประกอบคาวน์ทอป(Cowl Top RH) ฝั่งขวา	(Cowl Top RH)	mm	-1.5	1.5
X4 : จุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน(Inner Cowl Top RH) ฝั่งขวา	(INR Cowl RH)	mm	-1.5	1.5
X5 : จุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน(Inner Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย	(INR Cowl LH)	mm	-1.5	1.5
X3 : จุดประกอบคาวน์ทอป(Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย	(Cowl Top LH)	mm	-1.5	1.5
X1 : มุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์	(DS Angle)	degree	1.81	4.63

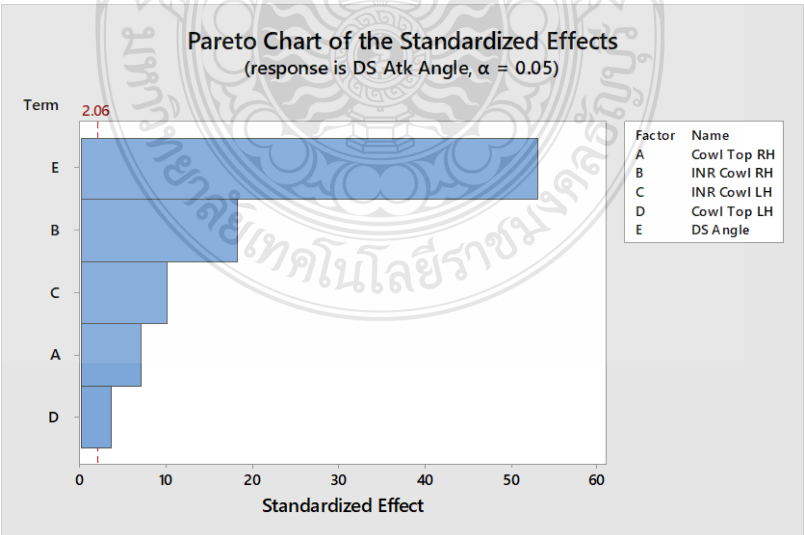
จากตารางที่ 4.2 ใช้การออกแบบการทดลอง แบบ 2^k full fractorial โดยมี 5 factors, 2 levels .ซึ่งจะได้จำนวนในการทำการทดลองทั้งหมด 32 Run ($2^5 = 32$) เป็นการทดลองให้ครอบคลุมทางเลือกทั้งหมดดังภาพที่ 4.21 โดยการเก็บข้อมูลของค่าตอบสนอง (Response) จะทำการวัดซ้ำ 3 ครั้งแล้วจึงเก็บค่าเฉลี่ย

StdOrder	RunOrder	Cowl Top RH	INR Cowl RH	INR Cowl LH	Cowl Top LH	DS Angle
21	1	1.5	-1.5	1.5	-1.5	1.81
19	2	1.5	-1.5	-1.5	1.5	1.81
20	3	1.5	-1.5	-1.5	1.5	4.63
1	4	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	1.81
27	5	1.5	1.5	-1.5	1.5	1.81
10	6	-1.5	1.5	-1.5	-1.5	4.63
2	7	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	4.63
26	8	1.5	1.5	-1.5	-1.5	4.63
16	9	-1.5	1.5	1.5	1.5	4.63
3	10	-1.5	-1.5	-1.5	1.5	1.81
13	11	-1.5	1.5	1.5	-1.5	1.81
14	12	-1.5	1.5	1.5	-1.5	4.63
15	13	-1.5	1.5	1.5	1.5	1.81
18	14	1.5	-1.5	-1.5	-1.5	4.63
25	15	1.5	1.5	-1.5	-1.5	1.81
12	16	-1.5	1.5	-1.5	1.5	4.63
23	17	1.5	-1.5	1.5	1.5	1.81
17	18	1.5	-1.5	-1.5	-1.5	1.81
9	19	-1.5	1.5	-1.5	-1.5	1.81
8	20	-1.5	-1.5	1.5	1.5	4.63
5	21	-1.5	-1.5	1.5	-1.5	1.81
22	22	1.5	-1.5	1.5	-1.5	4.63
11	23	-1.5	1.5	-1.5	1.5	1.81
29	24	1.5	1.5	1.5	-1.5	1.81
4	25	-1.5	-1.5	-1.5	1.5	4.63
7	26	-1.5	-1.5	1.5	1.5	1.81
28	27	1.5	1.5	-1.5	1.5	4.63
32	28	1.5	1.5	1.5	1.5	4.63
24	29	1.5	-1.5	1.5	1.5	4.63
30	30	1.5	1.5	1.5	-1.5	4.63
6	31	-1.5	-1.5	1.5	-1.5	4.63
31	32	1.5	1.5	1.5	1.5	1.81

ภาพที่ 4.21 ภาพแสดงการออกแบบการทดลองปรับตั้งปัจจัยที่ส่งผลต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝน

2. ผลการวิเคราะห์การหาปัจจัยที่มีผลต่อองศาที่ปัดน้ำฝน

หลังจากทำผลการทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ตามภาพที่ 4.21 พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อองศาที่ปัดน้ำฝนมากที่สุดคือ ชิ้นงานที่ปัดน้ำฝนที่รับมาจากซัพพลายเออร์ตามภาพที่ 4.22



ภาพที่ 4.22 ภาพแสดงพาเรโตของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่ามุมองศาที่ปัดน้ำฝนบนรถยนต์

จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหามุมองศาที่ปัดน้ำฝนอย่างมีนัยสำคัญคือ ชิ้นงานที่ปัดน้ำฝนที่รับมาจากซัพพลายเออร์ (DS Angle) อันดับสองคือ จุดประกอบคาวน์ทอปด้านในฝั่งขวา (INR Cowl RH) อันดับสามคือ จุดประกอบคาวน์ทอปด้านในฝั่งซ้าย (INR Cowl LH) อันดับสี่คือ จุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งขวา (Cowl Top RH) และอันดับห้าคือ จุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งขวา (Cowl Top LH) ตามลำดับ ซึ่งมีค่า P-Value น้อยกว่าค่า 0.05 ดังแสดงในภาพที่ 4.23

Factorial Regression: DS Atk Angle versus Cowl Top RH, INR Cowl RH, INR Cowl LH, ...

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	98.7494	19.7499	667.96	0.000
Linear	5	98.7494	19.7499	667.96	0.000
Cowl Top RH	1	1.4835	1.4835	50.17	0.000
INR Cowl RH	1	9.8679	9.8679	333.74	0.000
INR Cowl LH	1	3.0690	3.0690	103.80	0.000
Cowl Top LH	1	0.3806	0.3806	12.87	0.001
DS Angle	1	83.9484	83.9484	2839.21	0.000
Error	26	0.7688	0.0296		
Total	31	99.5182			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.171952	99.23%	99.08%	98.83%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		4.4347	0.0304	145.89	0.000	
Cowl Top RH	0.4306	0.2153	0.0304	7.08	0.000	1.00
INR Cowl RH	1.1106	0.5553	0.0304	18.27	0.000	1.00
INR Cowl LH	-0.6194	-0.3097	0.0304	-10.19	0.000	1.00
Cowl Top LH	0.2181	0.1091	0.0304	3.59	0.001	1.00
DS Angle	3.2394	1.6197	0.0304	53.28	0.000	1.00

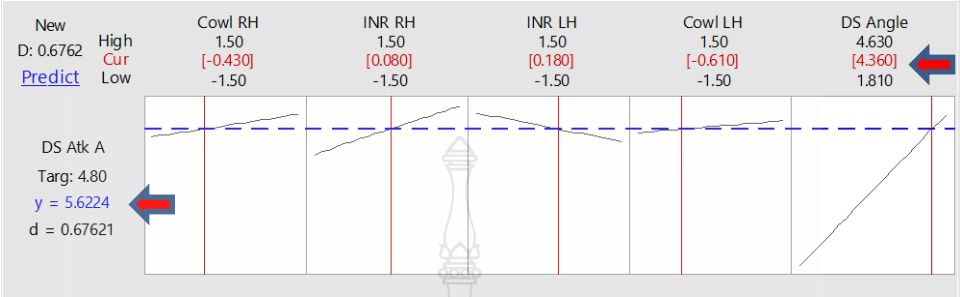
DS Atk Angle = 0.7358 + 0.1435 Cowl Top RH + 0.3702 INR Cowl RH - 0.2065 INR Cowl LH
+ 0.0727 Cowl Top LH + 1.1487 DS Angle

ภาพที่ 4.23 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการมุมองศาที่ปัดน้ำฝน

ค่าตอบสนอง (DS Atk Angle หรือ DS Attack Angle)ในสมการความสัมพันธ์ คือค่ามุมองศาที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์ จากภาพที่ 4.23 จะได้สมการความสัมพันธ์ [Y =f(x)] ของมุมองศา ดังนี้

DS Atk Angle = 0.7358 + 0.1435 Cowl Top RH + 0.3702 INR Cowl RH - 0.2065 INR Cowl LH
+ 0.0727 Cowl Top LH + 1.1487 DS Angle

จากค่าสมการความสัมพันธ์ จะเห็นได้ว่าค่าขีดความสามารถในปัจจุบันของแต่ล่ะปัจจัยจะส่งผลกระทบต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์ (Attack Angle) เท่ากับ 5.62 องศา ดังแสดงในภาพที่ 4.24



ภาพที่ 4.24 ตัวอย่างการปรับตั้งค่ามุมองศาที่ปัดน้ำฝนของชิ้นงานจากซัพพลายเออร์

เมื่อทำการประยุกต์ใช้สมการความสัมพันธ์ เพื่อหาการค่าของแต่ล่ะปัจจัยที่มีผลกระทบต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์ สามารถแสดงรายละเอียดดังภาพที่ 4.25

ปัจจัย	รายละเอียด	Attack Angle หรือ DS Atk Angle	ค่าความแตกต่างจากความสามารถปัจจุบัน	ค่าตอบสนองที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้
	ความสามารถกระบวนการปัจจุบัน	5.63		
X1	ปรับค่าพิกัด Max(6.10) ของ Twist Angle	7.63	-2.00	**4.93**
	ปรับค่าพิกัด Min(2.10) ของ Twist Angle	2.70	2.93	
X4	ปรับค่าพิกัด Max(0.5) ของ INR Cowl RH	5.79	-0.16	**0.37**
	ปรับค่าพิกัด Min(-0.5) ของ INR Cowl RH	5.42	0.21	
X5	ปรับค่าพิกัด Max(1.0) ของ INR Cowl LH	5.46	0.17	**0.41**
	ปรับค่าพิกัด Min(-1.0) ของ INR Cowl LH	5.87	-0.24	
X2	ปรับค่าพิกัด Max(1.5) ของ Cowl Top RH	5.91	-0.28	**0.43**
	ปรับค่าพิกัด Min(-1.5) ของ Cowl Top RH	5.48	0.15	
X3	ปรับค่าพิกัด Max(1.5) ของ Cowl Top LH	5.78	-0.15	**0.22**
	ปรับค่าพิกัด Min(-1.5) ของ Cowl Top LH	5.57	0.06	

ภาพที่ 4.25 ค่าพิกัดของแต่ล่ะปัจจัยที่ส่งผลกระต่อมุมองศา (Attack Angle)

จากภาพที่ 4.25 สามารถสรุปปัจจัยที่มีนัยยะสำคัญตามลำดับ และค่าพิกัดที่ส่งผลกระทบต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์ ได้ดังนี้

X_1 : มุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ มีนัยยะสำคัญเป็นอันดับที่ 1 และเมื่อทำการปรับค่าพิกัด พบว่าส่งผลกระทบต่อมุมองศาโดยรวมเท่ากับ 4.93

X_4 : จุดประกอบคาวน์ทอปด้านในฝั่งขวา มีนัยยะสำคัญเป็นอันดับที่ 2 และเมื่อทำการปรับค่าพิกัด พบว่าส่งผลกระทบต่อมุมองศาโดยรวมเท่ากับ 0.37

X_5 : จุดประกอบคาวน์ทอปด้านในฝั่งซ้าย มีนัยยะสำคัญเป็นอันดับที่ 3 และเมื่อทำการปรับค่าพิกัด พบว่าส่งผลกระทบต่อมุมองศาโดยรวมเท่ากับ 0.41

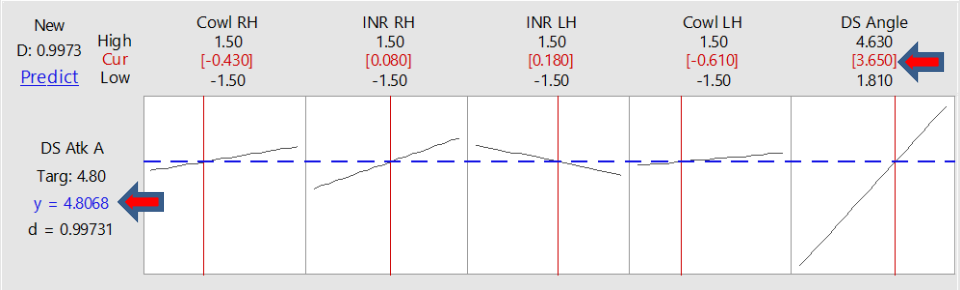
X_2 : จุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งขวา มีนัยยะสำคัญเป็นอันดับที่ 4 และเมื่อทำการปรับค่าพิกัด พบว่าส่งผลกระทบต่อมุมองศาโดยรวมเท่ากับ 0.43

X_3 : จุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งซ้าย มีนัยยะสำคัญเป็นอันดับที่ 5 และเมื่อทำการปรับค่าพิกัด พบว่าส่งผลกระทบต่อมุมองศาโดยรวมเท่ากับ 0.22

จากปัจจัย X_4 , X_5 , X_2 และ X_3 พบว่าถึงแม้ปัจจัยจะมีระดับนัยยะสำคัญแต่ไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์ อีกทั้งความสามารถของกระบวนการในปัจจุบันของแต่ละปัจจัยก็มีค่ามากกว่ามาตรฐานที่กำหนดคือ 1.33 จึงไม่ใช่ปัจจัยที่จะทำการแก้ไขกระบวนการผลิต

ฉะนั้นเมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีนัยยะสำคัญ พบว่ามุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ (Twist Angle) เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์ (Attack Angle) ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถของกระบวนการในปัจจุบันที่ได้ศึกษามาก่อนหน้าที่พบว่า มุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์มีค่าความสามารถของกระบวนการที่ 1.18 น้อยกว่ามาตรฐาน 1.33 และมีค่าเฉลี่ย 4.36 องศา จากค่ามาตรฐาน 4.1 องศา เผื่อค่าบวกลบเท่ากับ 2 องศา ด้วยเหตุนี้จึงต้องทำการปรับปรุงคุณภาพและควบคุมกระบวนการผลิต

ในการปรับปรุงคุณภาพของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ ควรทำการปรับค่ามุมองศาเฉลี่ยจาก 4.36 องศา เป็น 3.65 องศา ซึ่งจะทำให้ค่ามุมองศาที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับค่ากลางของค่ามาตรฐานการควบคุมคือ 4.8 องศา (มาตรฐาน 4.8 องศา พิกัดเผื่อค่าบวกลบ 3 องศา) ตามผลแสดงทดลองการปรับเปลี่ยนค่าในการทดลอง DOE ดังภาพที่ 4.26



ภาพที่ 4.26 การปรับตั้งค่ามุมองศาที่ปัดน้ำฝนของชิ้นงานจากซัพพลายเออร์ที่ส่งผลกระทบต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์

จากผลที่ได้จากการทดลอง ซัพพลายเออร์ควรทำการศึกษากระบวนการผลิต เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด และทำการควบคุมกระบวนการผลิตให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน เพื่อป้องกันผลกระทบต่อคุณภาพของมุมองศาที่ปัดน้ำฝนที่ประกอบในรถยนต์โดยตรง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเรื่องการควบคุมคุณภาพในกระบวนการที่ปัดน้ำฝนโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า (Six-sigma) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝนที่มีผลต่อการควบคุมคุณภาพของที่ปัดน้ำฝน เพื่อหาสาเหตุของปัญหา และเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการควบคุมคุณภาพของที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์ อันส่งผลกระทบทำให้ปัดน้ำฝนไม่สะอาด

1. สรุปผลการศึกษาและวิจัย

ปัจจัยที่มีนัยยะสำคัญ พบว่ามุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ (Twist Angle) เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์ (Attack Angle) โดยพบว่า มุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์มีค่าความสามารถของกระบวนการที่ 1.18 น้อยกว่ามาตรฐาน 1.33 และมีค่าเฉลี่ย 4.36 องศา จากค่ามาตรฐาน 4.1องศา เผื่อค่าบวกลบเท่ากับ 2 องศา

2. สรุปผลการดำเนินการวิจัย

จากการประยุกต์ใช้ซิกส์ ซิกม่าในการควบคุมคุณภาพในกระบวนการประกอบที่ปัดน้ำฝน สามารถสรุปผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

1) สรุปการดำเนินงานการวิจัยในขั้นตอนการระบุปัญหา

จากข้อมูลพบพบว่าลูกค้าร้องเรียนปัญหาการปัดน้ำฝนบนกระจกรถยนต์ไม่สะอาดซึ่งหลังจากตรวจสอบความสามารถของกระบวนผลิตพบว่าขีดความสามารถของกระบวนการระยะยาว (Ppk) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 1.33 Ppk

2) สรุปการดำเนินงานการวิจัยในขั้นตอนการวัด

จากการศึกษาระบบการวัด Gage R&R พบว่าค่าความปรวนแปรของระบบการวัดผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการพบว่าค่า Ppk มีค่าเท่ากับ 0.87

3) สรุปการดำเนินงานการวิจัยในขั้นตอนการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์ โดยใช้การวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดปัญหา (Cause and Effect) ความเสี่ยงของปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุการเกิดของปัญหามุมองศาของที่ปัดน้ำฝนในรถยนต์ พบว่า มุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ จุดประกอบคาวน์ทอป (Cowl Top RH) ฝั่งขวา จุดประกอบคาวน์ทอป (Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย จุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน (Inner Cowl Top RH) ฝั่งขวา และจุดประกอบคาวน์ทอปด้านใน (Inner Cowl Top LH) ฝั่งซ้าย

4) สรุปการดำเนินงานการวิจัยในขั้นตอนการปรับปรุง

จากการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าตัวแปรที่มีนัยยะสำคัญพบว่า X_1 : มุมองศาของที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ (Twist Angle) มีนัยยะสำคัญมากที่สุด โดยมีผลกระทบต่อค่ามุมองศาที่ปัดน้ำฝนบนรถยนต์โดยรวมเท่ากับ 4.93 องศา ด้วยเหตุนี้ซัพพลายทำการผลิตชิ้นงานที่ปัดน้ำฝนจึงต้องทำการปรับปรุงคุณภาพในสายการผลิตเพื่อให้ได้คุณภาพของมุมองศามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.65 องศา และพัฒนาขีดความสามารถของกระบวนการผลิตระยะยาวให้ได้ตามมาตรฐาน คือค่า Ppk มากกว่า 1.33

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองทำ DOE (Design of Experiment) จะเห็นได้ว่ามุมองศาที่ปัดน้ำฝนของชิ้นงานจากซัพพลายเออร์ (Twist Angle) เป็นปัจจัยที่มีนัยยะสำคัญ หากต้องการปรับปรุงขีด ความสามารถของกระบวนการในระยะยาวให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ควรมุ่งเน้นการแก้ไขคุณภาพชิ้นงานที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์เป็นหลัก ดั่งจะเห็นได้จากการทดลองปรับค่ามุมองศาของชิ้นงานจากซัพพลายเออร์ (Twist Angle) จากค่าฉลี่ย 4.36 เป็น 3.65 สามารถทำให้ค่าเฉลี่ยมุมองศาของที่ปัดน้ำฝนบนรถยนต์ (Attack Angle) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับค่ากลางของค่ามาตรฐานการควบคุมคือ 4.8 องศา (มาตรฐาน 4.8 องศา บวก 3 องศา และลบ 3 องศา) ซึ่งจะทำให้ค่าขีดความสามารถของกระบวนการระยะยาว (Ppk) เพิ่มขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

5.3.1 ในการปรับปรุงขีดความสามารถของกระบวนควรมุ่งเน้นการปรับปรุงแก้ไขคุณภาพชิ้นงานที่ปัดน้ำฝนจากซัพพลายเออร์ โดยทำการผลิตที่ปัดน้ำฝนให้ได้ค่าค่าเฉลี่ยของชิ้นงาน เป็น 3.65 และปรับปรุงพัฒนาค่าขีดความสามารถระยะยาวให้ได้ตามมาตรฐาน 1.33 เนื่องจากปัจจัยอื่นได้แก่ จุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งขวา จุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งซ้าย จุดประกอบคาวน์ทอปด้านในฝั่งขวา และจุดประกอบคาวน์ทอปด้านในฝั่งซ้าย มีค่าขีดความสามารถตามมาตรฐาน จึงต้องรักษามาตรฐานกระบวนการประกอบชิ้นส่วนในแต่ละปัจจัยให้คงที่ ในกรณีซัพพลายเออร์ผู้ผลิตชิ้นงานที่ปัดน้ำฝนส่งชิ้นงานที่มีองศาเอียงมากว่าปกติมา ทางฝ่ายประกอบชิ้นงาน (Assembly) ในบริษัทผลิตรถยนต์ไม่สามารถปรับตั้งที่ตัวรถยนต์เพื่อชดเชยองศาที่ผิดปกติ เนื่องจากอาจจะส่งผลกระทบต่อปัญหาคุณภาพการประกอบชิ้นส่วนอื่น เช่น ระยะช่องว่าง (Gap) ระยะความต่างพื้นผิว (Flushness) ระหว่างฝากระโปรงรถยนต์กับตัวถัง เป็นต้น อีกทั้งค่าปรับตั้งที่ตัวรถยนต์ไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อค่ามุมองศาที่ปัดน้ำฝนบนรถยนต์ เช่น จุดประกอบคาวน์ทอปฝั่งขวา เมื่อทำการปรับตั้งพิกัดค่าต่ำสุดที่ -1.5

มิลลิเมตร จะส่งผลต่อมุมองศาที่ปัดน้ำฝนบนรถยนต์ที่ 0.15 องศา ด้วยเหตุนี้จึงควรมุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพที่ซัพพลายเออร์ผู้ผลิตที่ปัดน้ำฝนนั้นเอง

5.3.2 ซัพพลายเออร์ควรมุ่งเน้นการผลิตและควบคุมคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด โดยพิจารณาทบทวนกระบวนการผลิตในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะเครื่องมือ (Tooling) เพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานที่มีค่าเฉลี่ยของมุมองศาที่ลูกค้าต้องการ อีกทั้งพัฒนาขีดความสามารถของกระบวนการระยะยาว (Ppk) เพื่อให้ได้ตามมาตรฐาน

บรรณานุกรม

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2553). **การวิเคราะห์ระบบการวัด**. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.สืบค้นจาก www.eng.su.ac.th/ie/six%20sigma.ppt

จีรนุช เล็กแข็ง. (2557). **การลดของเสียจากกระบวนการทดสอบความผันผวนโดยวิธีการซิกซ์ ซิกม่า**. (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์)

จักริน ยิ้มย่อง. (2555). **การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า : กรณีศึกษา บริษัท เล็นตัส เทคโนโลยี่ส์ (ไทย) จำกัด**. (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

ทิชา แสนสม. (2551). **การลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

ธเนส เหล่าเขตกิจ. (2558). **การปรับปรุงกระบวนการผลิตงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม โดยใช้หลักการของซิกส์ ซิกม่า กรณีศึกษาชิ้นงาน Oil Seal Case**. (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

ปวีณ์สุดา ปานอำไพ. (2553). **การลดของเสียผลิตภัณฑ์คอยล์เย็นในอุตสาหกรรมยานยนต์โดยการประยุกต์ใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกมา (DMAIC)**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

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

โพยม เหลือแก้ว. (2555). **การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเชื่อมลวดโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า**. (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

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

พิทักษ์ นามกร. (2558). **การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า**. (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

บรรณานุกรม (ต่อ)

ลำปาง แสนจันท์. (2549). **การควบคุณภาพเชิงสถิติ**. เชียงใหม่: ภาควิชาสถิติ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วลัยพร เหมโส. (2556). **การลดของเสียจากกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์โดยประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

วสันต์ พุกผาสุก และ อรรถกร เก่งพล. (2551). การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมี่ยมโดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษา : บริษัทในอุตสาหกรรมชุบโครเมี่ยม. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 18**(2), 33-42.

วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. (2546). **วิธีทางสถิติเพื่อการพัฒนาคุณภาพ/ฮิโตชิ คุเมะ**. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ศุภชัย นาทะพันธ์. (2551). **หลักการควบคุมคุณภาพ (Quality Control) ด้วยการบริหารแบบซิกซ์ซิกม่า**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สมพร วงษ์เพ็ง. (2554). **การประยุกต์ใช้เทคนิค ซิกซ์ ซิกม่าเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

สมยศ วงษ์น้อย. (2555). **การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการฉีดพลาสติกด้วยเทคนิคซิกส์ ซิกม่า : กรณีศึกษา บริษัท โคคูโย-ไอเค (ประเทศไทย) จำกัด**. (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

สมศักดิ์ แก้วพลอย. (2550). **การควบคุมคุณภาพ**. สงขลา: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

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

สุภวรรณ ศรีวรรณ. (2554). **การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตเบาะรถยนต์ โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

อภิชาต สถิตธรรม. (2555). **การปรับปรุงคุณภาพในการผลิตตามแนวความคิดของซิกซ์ ซิกม่า : กรณีศึกษา บริษัทชิ้นส่วนฮาร์ดดิส โดยหลักการ DMAIC**. (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

AIAG. (2010). **Measuring Systems Analysis Reference Manual** (4th ed.) Chrysler Group LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Dumitrascu, Dorin-Ion & Dumitrascu, Adela-Eliza, & Chiru, A. (2017). A Case Study Regarding the Implementation of Six Sigma in an Assembly Process for the Automotive Parts. **CONAT 2016 International Congress of Automotive and Transport Engineering**, 643-650.

Gijo, E. V., Scaria, J., & Antony, J. (2011). Application of six sigma methodology to reduce defects of a grinding process. **Quality and Reliability Engineering International**, 27, 1221-1234.

Gijo, E. V. & Scaria, J. (2013). Process improvement through Six Sigma with Beta correction: a case study of manufacturing company. **Springer-Verlag London**, 717-718.

Hakim, M. I., Yuri, T., Zagloel, M., & Wulandari, A. (2016). Framework Study on Single Assembly Line to Improve Productivity with Six Sigma and Line Balancing Approach. **International Journal of Mechanical Aerospace Industrial Mechatronic and Manufacturing Engineering**, 10, 1808-1813.

Juran, J. M. & Gryan, F. M. (1993). **Quality Planning and Analysis** (6th ed.). New York: McGraw-Hill.

Pyzdek, T. (2003). **The Six Sigma Handbook**. United States of America: McGraw-Hill Companies, Inc.

Soković, M., Pavletić, D., & Krulčić, E. (2006). Six Sigma process improvements in automotive parts Production. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**, 19, 96-102.

Srinivasan, K., Muthu, S., Devadasan, S. R., & Sugumarand, C. (2014). Enhancing effectiveness of Shell and Tube Heat Exchanger through Six Sigma DMAIC phases. **12th Global congress on manufacturing and management GCMM**, 2065-2071.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ใบตรวจสอบ (Check Sheet)

Engineering Spec / Functional Test (ES TEST) Check Sheet

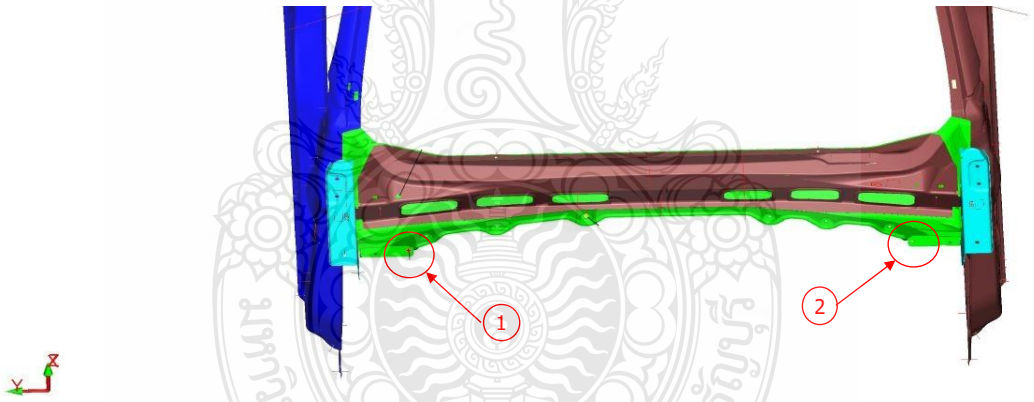
Item No.	Component	Characteristic	Model / Vin No. / Rot # / Engine / Transsimion / Driver Side / Series / Destination	Min	Max	Unit	1 RH	1 LH	2 RH	2 LH	3 RH	3 LH
			Date :..... Auditor :.....				Build Phase : (TT) (PP) (MP1) (MP2) (Job1) (MP) Other :.....					
			Specifications				1		2		3	
1	Wiper arm	Wiper Arm Attack Angle (4.8±3°) (Driver)		1.8°	7.8°	Degrees						

GIS 1 Item Number : 28.02
GIS 2 Classification : Public
Retention : S+1

F-QPS-All Model-VEC/012.01 Rev.00
Date Issued : 28-Nov-16
Date Effective : 28-Nov-16

ใบตรวจสอบ มุมองศาที่ปัดน้ำฝนบนรถยนต์

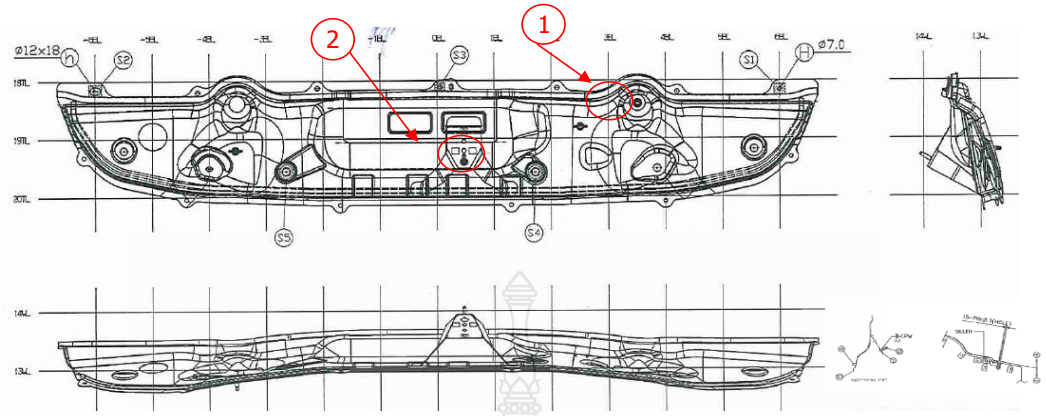
Inspection Sample Report
ชื่อชิ้นงาน : คาว์ทอป



จุดที่	รายการตรวจสอบ	AXIS	NOMINAL	+ TOL	- TOL	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
1	คาว์ทอปฝั่งขวา	X	1815.59	1.5	-1.5					
		Y	599.98	1.5	-1.5					
		Z	1339.61	1.5	-1.5					
2	คาว์ทอปฝั่งซ้าย	X	1815.59	1.5	-1.5					
		Y	-599.98	1.5	-1.5					
		Z	1339.61	1.5	-1.5					

ใบตรวจสอบ คาว์ทอป

Inspection Sample Report
ชื่อชิ้นงาน : คาว์ทอปด้านใน

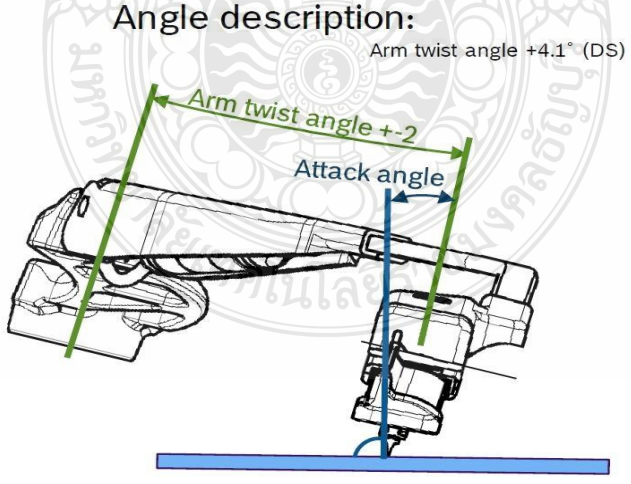


Part Setup H → h → S1 → S2 → S3 → S4 → S5

จุดที่	รายการตรวจสอบ	มาตรฐาน	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
1	คาว์ทอปด้านในฝั่งขวา	0±0.5					
2	คาว์ทอปด้านในฝั่งซ้าย	0±1.0					

ใบตรวจสอบ คาว์ทอปด้านใน

Inspection Sample Report
ชื่อชิ้นงาน : ที่ปัดน้ำฝน(Twist Angle)



	NOMINAL	+ TOL	- TOL	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
Twist Agle	4.1	2.0	-2.0					

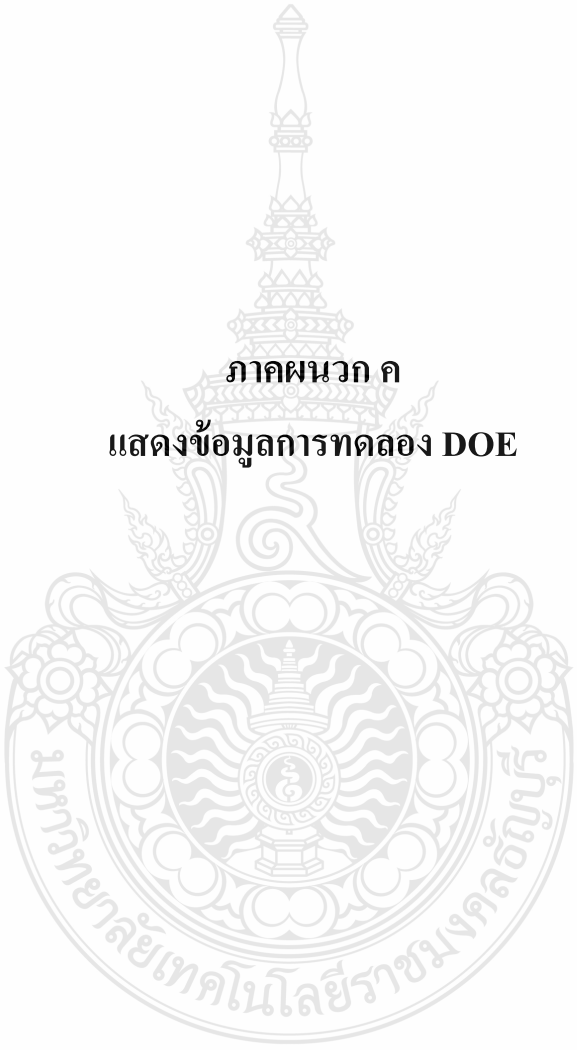
ใบตรวจสอบ มุมองศาที่ปัดน้ำฝน (Twist Angle)

ภาคผนวก ข
เครื่องมือวัดมุมองศา ในการทำ Gage R&R

เครื่องมือวัดมุมองศาที่ปัดน้ำฝน

ลักษณะการวัดมุมที่ปัดน้ำฝนบนรถยนต์ด้านคนขับ

ภาคผนวก ค
แสดงข้อมูลการทดลอง DOE



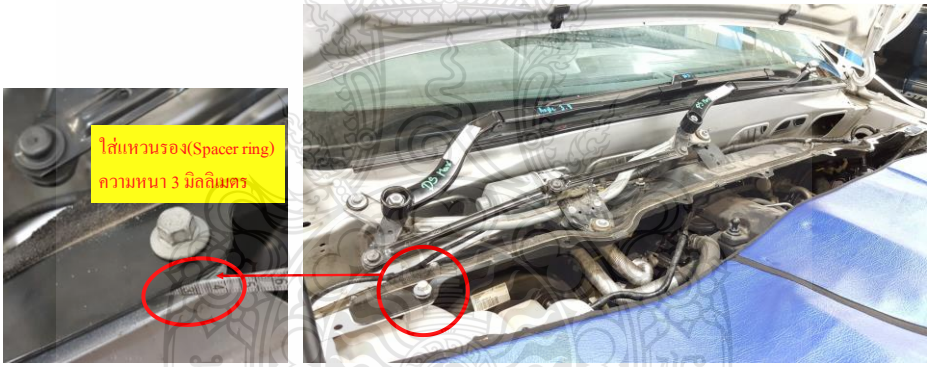
แสดงข้อมูลการทดลอง (DOE)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Cowl Top RH	INR Cowl RH	INR Cowl LH	Cowl Top LH	DS Angle	DS Atk Angle
21	1	1	1	1.5	-1.5	1.5	-1.5	1.81	1.92
19	2	1	1	1.5	-1.5	-1.5	1.5	1.81	2.83
20	3	1	1	1.5	-1.5	-1.5	1.5	4.63	6.10
1	4	1	1	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	1.81	2.62
27	5	1	1	1.5	1.5	-1.5	1.5	1.81	3.89
10	6	1	1	-1.5	1.5	-1.5	-1.5	4.63	6.35
2	7	1	1	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	4.63	5.62
26	8	1	1	1.5	1.5	-1.5	-1.5	4.63	6.95
16	9	1	1	-1.5	1.5	1.5	1.5	4.63	6.45
3	10	1	1	-1.5	-1.5	-1.5	1.5	1.81	2.36
13	11	1	1	-1.5	1.5	1.5	-1.5	1.81	2.61
14	12	1	1	-1.5	1.5	1.5	-1.5	4.63	5.79
15	13	1	1	-1.5	1.5	1.5	1.5	1.81	3.14
18	14	1	1	1.5	-1.5	-1.5	-1.5	4.63	5.86
25	15	1	1	1.5	1.5	-1.5	-1.5	1.81	4.00
12	16	1	1	-1.5	1.5	-1.5	1.5	4.63	6.80
23	17	1	1	1.5	-1.5	1.5	1.5	1.81	2.07
17	18	1	1	1.5	-1.5	-1.5	-1.5	1.81	2.78
9	19	1	1	-1.5	1.5	-1.5	-1.5	1.81	3.05
8	20	1	1	-1.5	-1.5	1.5	1.5	4.63	5.10
5	21	1	1	-1.5	-1.5	1.5	-1.5	1.81	1.45
22	22	1	1	1.5	-1.5	1.5	-1.5	4.63	5.34
11	23	1	1	-1.5	1.5	-1.5	1.5	1.81	3.69
29	24	1	1	1.5	1.5	1.5	-1.5	1.81	3.39
4	25	1	1	-1.5	-1.5	-1.5	1.5	4.63	5.67
7	26	1	1	-1.5	-1.5	1.5	1.5	1.81	1.83
28	27	1	1	1.5	1.5	-1.5	1.5	4.63	7.34
32	28	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	4.63	6.48
24	29	1	1	1.5	-1.5	1.5	1.5	4.63	5.54
30	30	1	1	1.5	1.5	1.5	-1.5	4.63	6.50
6	31	1	1	-1.5	-1.5	1.5	-1.5	4.63	4.98
31	32	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.81	3.41

ภาคผนวก ง

กิจกรรมการทดลอง DOE

วัดจุดประกอบบนตัวรถด้วยเครื่องมือวัด 3 มิติ (CMM)



ลักษณะการกำหนดค่าสูงในการทำลองโดยใส่แหวนรอง(Spacer ring)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายบวรภพ หลงชิน
วัน เดือน ปีเกิด	25 มิถุนายน 2522
ที่อยู่	55/477 หมู่ 13 ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ. 2545
ประสบการณ์การทำงาน	บริษัท ฟอร์ด ไทยแลนด์ เมนูเฟคเจอริ่ง จำกัด พ.ศ. 2555 ถึง ปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	09-3582-7929
อีเมล์	bowornphop_l@mail.rmutt.ac.th