การลดของเสียที่เกิดจากปัญหาน้ำรั่วในกระบวนการประกอบกระจกหน้ารถยนต์

นายปฑกรณ์ มหาศิริชวรัตน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEFECTIVE REDUCTION OF WATER LEAK PROBLEM IN FRONT WINDSHIELD ASSEMBLY PROCESS

Mr.Pathakorn Mahasirichawarat

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียที่เกิดจากปัญหาน้ำรั่วในกระบวนการประกอบกระจกหน้ารถยนต์
โดย	นาย ปฑกรณ์ มหาศิริชวรัตน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปฑกรณ์ มหาศิริชวรัตน์ : การลดของเสียที่เกิดจากปัญหาน้ำรั่วในกระบวนการประกอบกระจกหน้ารถยนต์. (DEFECTIVE REDUCTION OF WATER LEAK PROBLEM IN FRONT WINDSHIELD ASSEMBLY PROCESS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 132 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แนวคิดซิกซ์ ซิกมามาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการประกอบกระจกรถยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาน้ำรั่วที่เกิดจากกระบวนการประกอบกระจกหน้ารถยนต์ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมปัญหาเป็นจำนวนเงิน 1,837,296.68 บาท/ปี

งานวิจัยประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนตามระยะของซิกซ์ ซิกมา เริ่มจากระยะการนิยามปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสภาพปัญหา กำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการปรับปรุง ต่อมาในระยะการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลตามลักษณะในเรื่องความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด จากนั้นระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าโดยใช้แผนภาพแสดงสาเหตุและผล และจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยนำเข้าโดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ในระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อสัดส่วนของเสีย ในระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการได้หาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม และระยะสุดท้ายคือระยะการติดตามควบคุม ได้ทำการทดสอบยืนยันผล และจัดทำแผนควบคุมเพื่อควบคุมปัจจัยนำเข้าและได้จัดทำกราฟเพื่อติดตามสัดส่วนของเสีย เพื่อรักษามาตรฐานหลังการปรับปรุง

หลังการปรับปรุง พบว่าสัดส่วนของรถยนต์ที่พบปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าลดลงจาก 1.90% ลงเหลือ 0.53% (คิดเป็น 72.1%) และลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการซ่อมแซมปัญหาดังกล่าวลงได้ 961,515.43 บาท/ปี

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2553

5271433321 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : SIX SIGMA / WINDSHIELD / WATER LEAK / ATTRIBUTE DATA

PATHAKORN MAHASIRICHAWARAT: DEFECTIVE REDUCTION OF WATER LEAK PROBLEM IN FRONT WINDSHIELD ASSEMBLY PROCESS. ADVISOR : ASST.PROF.NAPASSAVONG ROJANAROWAN, Ph.D., 132 pp

Six Sigma has been applied in this thesis for improving automobile assembly production with the objective to reduce proportion of defectives due to water leak in front windshield assembly process. This problem caused rework cost of 1,837,296.68 baht/year.

The research follows the five stages of Six Sigma. Firstly, in the Define phase, the problem, objective and scope of the project were identified. Secondly, in the Measure phase, an attribute agreement analysis was performed to assess both accuracy and precision of the measurement system. Then, potential causes of problem were brainstormed and list out in the Cause and Effect Diagram. Next, the Key Process Input Variables (KPIVs) were identified and prioritized by applying Cause and Effect Matrix and Failure Mode and Effects Analysis. In the Analysis phase, the Design of Experiment was applied to find out factors that statistically affecting the proportion of defectives. In the Improvement phase, the most suitable factor levels were discovered. Finally, in the Control phase, confirmatory experiment was performed. Moreover, control plan was developed to control KPIVs and graph was used to monitor the proportion of defectives.

After improvement, it was found that the proportion of defectives due to water leak in front windshield was reduced from 1.90% to 0.53%, which was 72.1% reduction. Furthermore, the rework cost was reduced by 961,515.43 baht/year.

Department : INDUSTRIAL ENGINEERING Student's Signature .....

Field of Study : INDUSTRIAL ENGINEERING Advisor's Signature .....

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งเป็นผู้ชี้แนะความรู้ทางทฤษฎีหลักการ ตลอดจนแนวทางการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิจัยอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย และรองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอบขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้โอกาสในการทำงานวิจัย รวมทั้งให้การสนับสนุนในการเก็บรวบรวมข้อมูล การทำการทดลอง การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างทำวิจัย และขอขอบพระคุณคณะทำงานที่ให้ความร่วมมือและความช่วยเหลือทุกอย่างที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้คำแนะนำจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจตลอดจนการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้กล่าวไว้ใน ณ ที่นี้ที่คอยให้ความช่วยเหลือและกำลังใจจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

สุดท้ายนี้สิ่งใดๆ จากงานวิจัยฉบับนี้ที่พึงมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ ผู้ทำวิจัยขออุทิศเป็นกุศลกรรมแด่นายดิษฐพงษ์ มหาศิริชวรัตน์ พี่ชายผู้ประพฤติตนเป็นแบบอย่างที่ดี ทำให้ผู้ทำวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการดำเนินชีวิตตราบทุกวันนี้และตลอดไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา..... 1

1.1.1 โครงสร้างองค์กรของโรงงานกรณีศึกษา..... 4

1.1.2 ผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา..... 5

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 6

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 11

1.4 ขอบเขตของการดำเนินงานวิจัย..... 11

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 11

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 12

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 12

1.8 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย..... 15

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 16

2.1 ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)..... 16

2.1.1 ความหมายของ ซิกซ์ ซิกมา..... 16

2.1.2 ตัววัดระดับของคุณภาพ..... 16

2.1.3 กระบวนการมาตรฐานของ ซิกซ์ ซิกมา..... 17

2.2 หลักสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์..... 18

2.1.1 แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram)..... 18

2.2.2 การระดมความคิด (Brainstorming)..... 19

2.2.3 ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)..... 19

2.2.4 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis)..... 20

2.2.5 การวัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)..... 29

หน้า

2.2.6 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ
(Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)..... 30
2.2.7 การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (Design of Experiment, DOE)..... 32
2.2.8 หลักการทางสถิติที่จำเป็นในการวิเคราะห์ข้อมูล..... 38
2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์..... 41
2.3.1 กลุ่มงานการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์..... 41
2.3.2 บัญญัติ 10 ประการของฝ่ายประกอบชิ้นส่วน..... 42
2.3.3 เอกสารที่ใช้ในการประกอบชิ้นส่วน..... 43
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 44
2.4.1 การควบคุมและปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิตรถยนต์..... 44
2.4.2 ซิกซ์ ซิกมา กับการประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรม..... 45
2.4.3 การออกแบบการทดลอง กับการประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรม..... 46
บทที่ 3 ระยะนิยามปัญหา..... 48
3.1 การจัดตั้งคณะทำงาน..... 48
3.2 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์..... 48
3.2.1 กระบวนการผลิตโดยแบ่งแยกตามขั้นตอนการประกอบ..... 48
3.2.2 แผนภาพการผลิต..... 49
3.2.3 กำลังการผลิต..... 50
3.3 การนิยามปัญหา..... 50
3.3.1 ประเภทของปัญหา (ตามความรุนแรงของผลกระทบต่อสายการผลิต)... 50
3.3.2 การตรวจสอบและเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้น..... 51
3.3.3 ค่าใช้จ่ายในการซ่อมจากปัญหาที่รถไม่สามารถวิ่งตรงไปได้..... 54
3.4 สรุประยะนิยามปัญหา..... 56
บทที่ 4 ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา..... 57
4.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูล
ตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis)..... 57
4.1.1 การตรวจสอบรอยน้ำรั่วและมาตรฐานการตรวจสอบปัญหาน้ำรั่ว..... 57
4.1.2 การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ
(Attribute Agreement Analysis)..... 59

หน้า

4.2 สภาพปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าของรถยนต์รุ่นเล็ก 1..... 64
4.2.1 ความสามารถของกระบวนการ..... 64
4.2.2 ลักษณะของแนวซีลที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่ว..... 64
4.3 การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า
(Key Process Input Variable หรือ KPIV)..... 65
4.3.1 การระดมความคิดผังก้างปลาหรือผังสาเหตุและผล
(Cause and Effect Diagram)..... 66
4.3.2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล
(Cause and Effect Matrix)..... 69
4.3.3 ตารางแสดงการประเมินผล (Evaluation Matrix)..... 77
4.4 สรุประยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา..... 86
บทที่ 5 ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา..... 88
5.1 การเลือกรูปแบบในการทดลอง..... 88
5.1.1 การทดสอบที่นำมาพิจารณา..... 89
5.1.2 ขนาดตัวอย่างในการทดสอบ..... 89
5.2 การกำหนดระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ..... 90
5.3 การออกแบบการทดลอง..... 93
5.4 ตัวแปรตอบสนอง (Response)..... 95
5.4.1 การกำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response)..... 95
5.4.2 การแปลงค่าตัวแปรตอบสนอง (Response)..... 96
5.5 การทำการทดลอง..... 97
5.5.1 การเตรียมการทดลอง..... 97
5.5.2 ขั้นตอนในการทดลอง..... 97
5.6 ผลการทดลอง..... 99
5.7 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง..... 100
5.7.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง..... 100
5.7.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 103
5.8 สรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา..... 108
บทที่ 6 ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ..... 109

หน้า

6.1 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ..... 109
6.2 สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ..... 111
บทที่ 7 ระยะการติดตามควบคุม..... 112
7.1 การทดสอบยืนยันผล..... 112
7.1.1 การทำการทดลอง..... 112
7.1.2 การตรวจติดตามผลโดยใช้กราฟ..... 113
7.1.3 การวิเคราะห์ผลและสรุปการทดสอบยืนยันผล..... 114
7.2 แผนการควบคุม..... 114
7.2.1 การควบคุมปัจจัยนำเข้า..... 114
7.2.2 การตรวจติดตามคุณภาพของปัญหาน้ำรั่ว..... 115
7.3 ผลการปรับปรุง..... 116
บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 118
8.1 บทสรุประยะนิยามปัญหา..... 118
8.2 บทสรุประยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา..... 118
8.3 บทสรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา..... 119
8.4 บทสรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ..... 120
8.5 บทสรุประยะการติดตามควบคุม..... 120
8.6 ข้อจำกัดในงานวิจัย..... 121
8.7 ข้อเสนอแนะ..... 121
รายการอ้างอิง..... 122
ภาคผนวก..... 125
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 132

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	สัดส่วนข้อบกพร่องต่อจำนวนการผลิตรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ปี พ.ศ.2552.....	6
1.2	ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย.....	15
2.1	ขนาดสิ่งตัวอย่างที่แนะนำในการประเมินผลระบบการตรวจสอบ.....	27
2.2	การตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐาน.....	40
3.1	มูลค่าค่าใช้จ่ายในการซ่อมปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าหรือหลัง.....	55
4.1	เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด.....	60
4.2	ผลลัพธ์ของการตรวจสอบระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ.....	61
4.3	ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะโดยใช้โปรแกรม Minitab.....	62
4.4	เกณฑ์การให้คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและปัญหาน้ำรั่ว……....	70
4.5	ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix).....	71
4.6	ปัจจัยนำเข้า 32 ปัจจัยที่มีคะแนนสะสม 80% แรก….....	73
4.7	เกณฑ์การให้คะแนนระดับความรุนแรง (S).....	80
4.8	เกณฑ์การให้คะแนนความถี่ (O).....	81
4.9	เกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหา(D).....	82
4.10	การประเมินผล (Evaluation Matrix)….....	83
4.11	ปัจจัยนำเข้า 6 ปัจจัยที่มีคะแนนสะสม 80% แรก.....	86
5.1	ขนาดตัวอย่างของการออกแบบการทดลอง….....	90
5.2	ปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทำการทดลอง.....	91
5.3	รายละเอียดของการออกแบบการทดลองโดยโปรแกรม Minitab.....	94
5.4	ตารางการออกแบบการทดลอง (Design Matrix).....	95
5.5	สมการแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey เมื่อปัจจัยผลตอบเป็นสัดส่วนของของเสีย.....	96
5.6	ตารางการออกแบบการทดลองและผลการแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey.....	99
5.7	ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab.....	104
6.1	ผลการหาค่าผลตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยโปรแกรม Minitab.....	110
6.2	ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่เหมาะสมทั้ง 5 ปัจจัย โดยโปรแกรม Minitab...	111

ตารางที่		หน้า
7.1	ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่เหมาะสมทั้ง 5 ปัจจัย เพื่อใช้ทดสอบยืนยันผล.	112
7.2	แผนควบคุม.....	117
8.1	ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่เหมาะสมทั้ง 5 ปัจจัย.....	120

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ขั้นตอนการผลิตรถยนต์	2
1.2	สายการประกอบชิ้นส่วน 1	3
1.3	ผังองค์กรโรงประกอบชิ้นส่วนรถยนต์	4
1.4	จำนวนการผลิตรถยนต์รุ่นเล็ก 1 และรุ่นเล็ก 2 ของฝ่ายประกอบชิ้นส่วน 1	5
1.5	ค่าใช้จ่ายในการซ่อมปัญหาต่างๆ ของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ปีพ.ศ.2552	7
1.6	จำแนกปัญหาน้ำรั่วบริเวณต่างๆ ของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ปี พ.ศ.2552	8
1.7	ค่าใช้จ่ายในการซ่อมปัญหาน้ำรั่วบริเวณต่างๆ ของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ปี พ.ศ.2552	9
1.8	จำนวนเปอร์เซ็นต์ปัญหาน้ำรั่วที่บริเวณกระจกรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ปี พ.ศ.2552	10
2.1	การจำแนกสาเหตุของการวิเคราะห์ระบบการวัด	20
2.2	ประเภทความผันแปรของระบบการวัด	23
2.3	การออกแบบบล็อกแบบสุ่มบริบรูณ์	37
3.1	ขั้นตอนของกระบวนการประกอบกระจกหน้าและหลัง	49
3.2	เปอร์เซ็นต์ของรถที่ไม่สามารถวิ่งตรงเพื่อส่งสายการประกอบขั้นสุดท้าย	51
3.3	ตัวอย่างเอกสารการเก็บข้อมูล	52
3.4	ค่าใช้จ่ายในการซ่อมปัญหาน้ำรั่วบริเวณต่างๆ ของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ปี พ.ศ.2552	53
3.5	รถรอซ่อมปัญหาน้ำรั่ว	54
4.1	การตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วกระจกหน้ารถยนต์	58
4.2	กระจกหน้ารถยนต์รุ่นเล็ก 1	58
4.3	กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์	63
4.4	กราฟสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วของรถยนต์เล็ก 1 ตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึง ธ.ค. ปี พ.ศ.2552	64
4.5	ใบบันทึกผลการตรวจสอบ	65
4.6	ผังก้างปลาจากการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดปัญหาน้ำรั่ว	67

ภาพที่ หน้า

4.7 ผังก้างปลาจากการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดปัญหาช่องว่างระหว่างแนวซีล..... 68

4.8 กราฟเรียงลำดับคะแนน Cause and Effect Matrix..... 72

4.9 กราฟเรียงลำดับคะแนน ARPN..... 85

5.1 แผนภูมิการไหลของวิธีการทดลอง..... 98

5.2 ผลลัพธ์ของการทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ..... 101

5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูล.... 102

5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต..... 103

5.5 กราฟ Normal Plot ของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง.. 105

5.6 แผนภูมิพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง..... 106

5.7 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์.. 107

5.8 ผลของอัตรกิริยาที่มีผลต่อสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์.... 107

6.1 Optimization Plot จากโปรแกรม Minitab..... 110

7.1 กราฟแสดงสัดส่วนน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้า..... 114

7.2 กราฟแสดงสัดส่วนของเสียเทียบกับเป้าหมาย..... 116

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

วิกฤติสถาบันการเงินในสหรัฐ และยุโรปที่ปะทุขึ้นในเดือนกันยายน-ตุลาคม 2551 ส่งผลให้ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการชะลอตัวของเศรษฐกิจโลก ทำให้ธุรกิจทุกประเภทรวมถึงอุตสาหกรรมยานยนต์ได้รับผลกระทบจากสภาวะถดถอยทางเศรษฐกิจ ทำให้แต่ละบริษัทมีการแข่งขันกันในอัตราที่สูงมากขึ้น เพื่อบริษัทของตนจะสามารถอยู่รอดและมีส่วนแบ่งทางการตลาดได้มากที่สุด นั้นการตอบสนองความต้องการของลูกค้าเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด ซึ่งลูกค้ามักจะคำนึงถึงคุณภาพของสินค้าเป็นสำคัญ เพราะถ้าหากไม่สามารถควบคุมและพัฒนาคุณภาพให้เป็นไปตามมาตรฐาน ก็จะส่งผลให้ลูกค้าเกิดการเปลี่ยนแปลงการเลือกซื้อสินค้าไปยังผู้ผลิตรายอื่นๆ จะเห็นได้ว่าในกระบวนการผลิตมักพบข้อบกพร่องและความไม่สมบูรณ์แบบของสินค้าอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งข้อบกพร่องดังกล่าวจะส่งผลต่อความเชื่อมั่นของลูกค้า ดังนั้นการปรับปรุงและพัฒนาสินค้าเพื่อทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจนั้น เป็นปัจจัยอันดับแรกที่ทุกอุตสาหกรรมไม่ควรมองข้าม เพราะถ้าหากเกิดความบกพร่องซ้ำๆ ก็จะส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้า การปรับปรุงคุณภาพเพิ่มผลผลิต และลดการสูญเสียจากของเสียต่าง ๆ นั้นจึงเป็นหัวใจสำคัญของการอยู่รอดทางธุรกิจและการเติบโตทางอุตสาหกรรม โดยโรงงานกรณีศึกษานี้มีความมุ่งมั่นที่จะปรับปรุงคุณภาพเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันตลอดเวลา

งานวิจัยนี้จึงได้มีการประยุกต์ใช้แนวคิด ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) มาช่วยในการปรับปรุงกระบวนการและลดจำนวนข้อบกพร่อง เนื่องจากเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่ามีประสิทธิภาพอย่างมากในการปรับปรุงคุณภาพและลดต้นทุนในกระบวนการผลิต โดยในงานวิจัยนี้ได้นำแนวคิด ซิกซ์ ซิกมามาใช้ทั้ง 5 ระยะคือ ระยะการนิยามปัญหา ระยะการวัดและเก็บข้อมูลสภาพปัญหา ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ระยะการปรับปรุงแก้ไข และระยะการกำหนดเป็นมาตรฐานในการควบคุมและตรวจสอบ ซึ่งเป็นการปรับปรุงกระบวนการและยังเป็นการลดต้นทุนในการผลิตลงได้อีกด้วย

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานประกอบรถยนต์เพื่อการพาณิชย์ และได้ก่อตั้งขึ้น เมื่อปี พ.ศ.2539 ที่สวนอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา นับเป็นโรงงานที่มีเทคโนโลยีการผลิตอันทันสมัยและครบวงจรแห่งหนึ่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โรงงานแห่งนี้ประกอบไปด้วย 2 สายการผลิต โดยทั้ง 2 สายการผลิตประกอบด้วย 7 ฝ่ายผลิต คือ ฝ่ายผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์, ฝ่ายปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วน, ฝ่ายเชื่อมประกอบตัวถัง, ฝ่ายพ่นสีและตรวจสอบคุณภาพสี,

ฝ่ายประกอบเครื่องยนต์, ฝ่ายประกอบชิ้นส่วน และฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูป โดยมีขั้นตอนการผลิตรถยนต์ดังรูปที่ 1.1 ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเฉพาะฝ่ายประกอบชิ้นส่วน 1 เนื่องจากเป็นฝ่ายที่เปรียบกับหัวใจหลักของการผลิตรถยนต์ เพราะเป็นฝ่ายที่ทำหน้าที่ในการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้ากับตัวถัง และทำให้รถยนต์สามารถขับเคลื่อนได้ครั้งแรก และในกรณีที่มีปัญหาต้องรอวิเคราะห์หรือซ่อมแซม จึงเป็นฝ่ายที่ได้รับผลกระทบทำให้เกิดรถค้างนาน ไม่สามารถส่งรถไปยังฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูปได้ตามแผนการผลิต

รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการผลิตรถยนต์

เส้นทางการผลิตรถยนต์ของฝ่ายประกอบชิ้นส่วน 1 แสดงดังรูปที่ 1.2 เริ่มต้นจากทางฝ่ายรับรถยนต์ที่ผ่านกระบวนการพ่นสีและตรวจสอบคุณภาพสีจากฝ่ายพ่นสี (Painting, PA) โดยสายการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ 1 มีกระบวนการผลิต ในสายการผลิตหลัก (Main Line) ดังนี้

1) Wiring Zone กลุ่มงานการประกอบชิ้นส่วนที่เป็นระบบสายไฟ และระบบท่อต่างๆ

2) Interior Zone กลุ่มงานการประกอบชิ้นส่วนภายในของรถยนต์

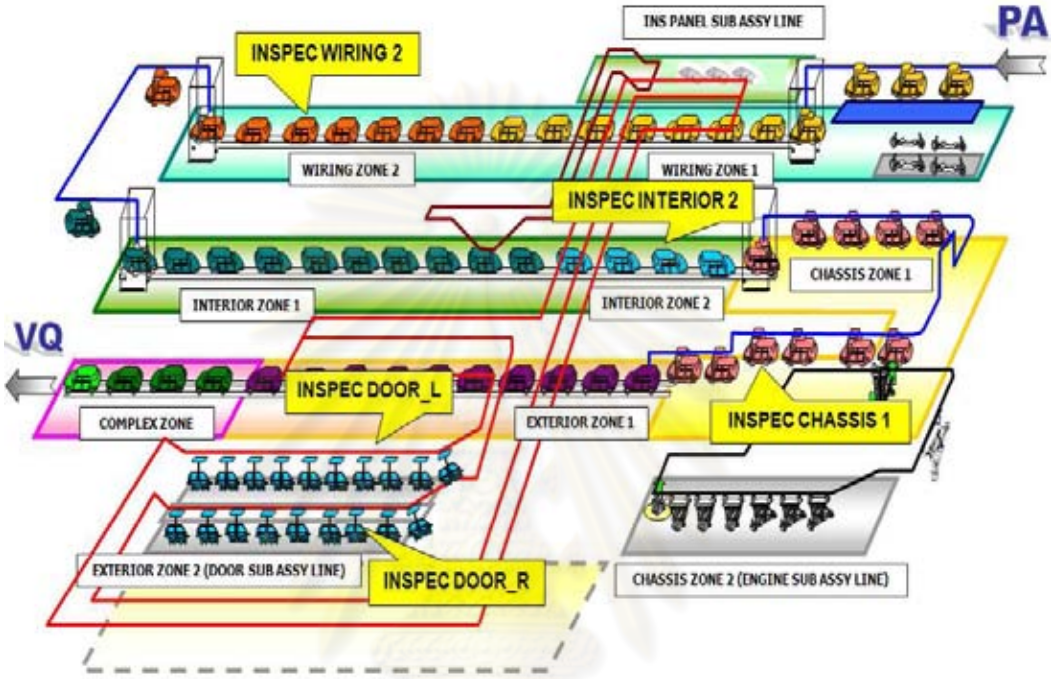
3) Chassis Zone กุล่มงานการประกอบชิ้นส่วนช่วงล่างของรถยนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) Exterior Zone กลุ่มงานการประกอบชิ้นส่วนภายนอกรถยนต์

5) Complex Zone กลุ่มงานติดตั้งระบบต่างๆ และเติมระบบน้ำยา, น้ำมัน และของเหลวต่างๆ

หลังจากที่ฝ่ายประกอบชิ้นส่วน 1 ประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้ากับตัวถังได้คุณภาพ คือ ไม่มีข้อบกพร่อง (Defect) จึงส่งรถยนต์สำเร็จรูปนี้ไปยังฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูป

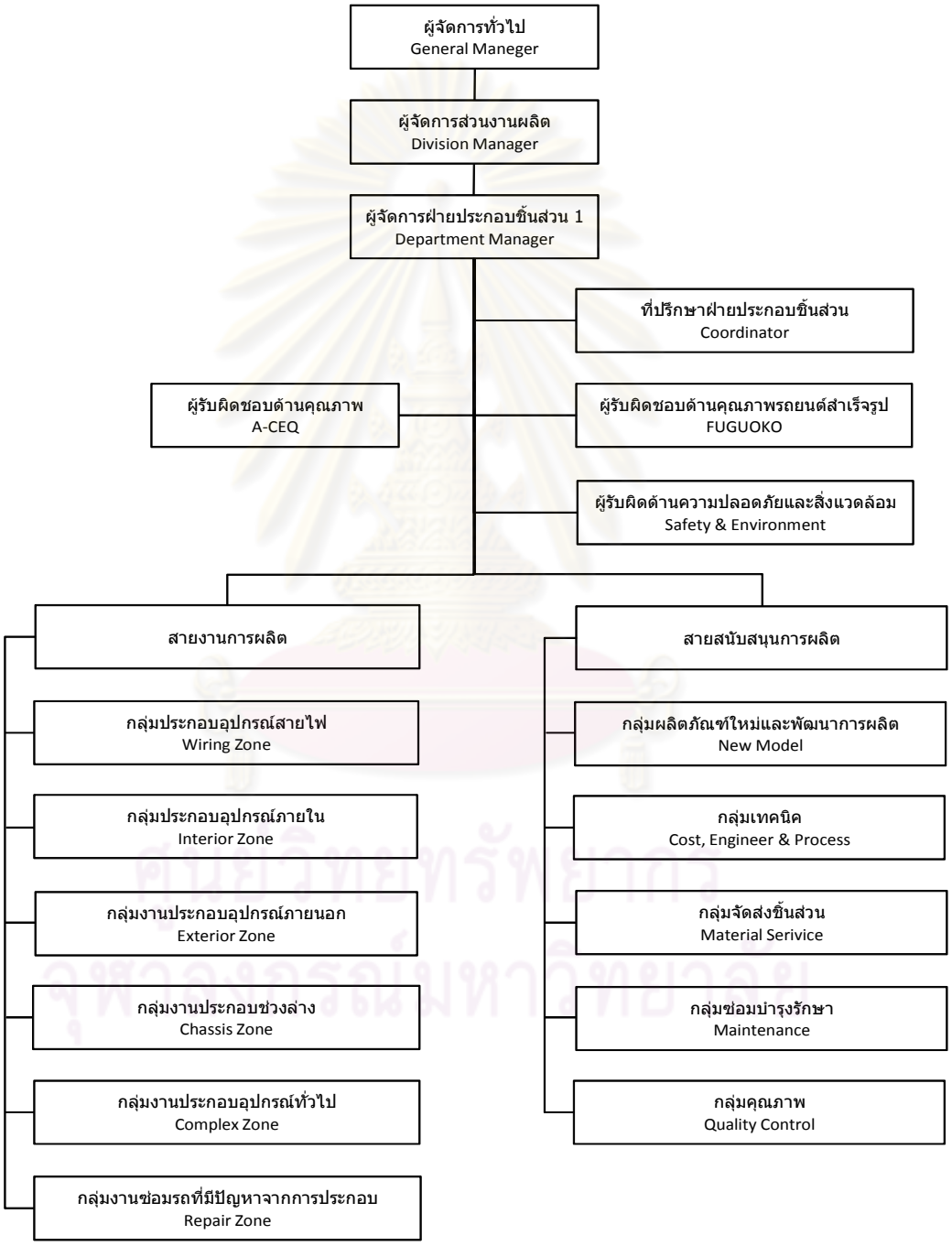


รูปที่ 1.2 สายการประกอบชิ้นส่วน 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1.1 โครงสร้างองค์กรของโรงงานกรณีศึกษา

โครงสร้างองค์กรของโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์จะแบ่งออกเป็น 2 สายงานหลัก คือ สายงานการผลิตและสายสนับสนุนการผลิต โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มงานย่อยอีกในแต่ละกลุ่มงาน โดยที่ในโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์มีลักษณะผังองค์กรในระดับบริหารเป็นดังรูปที่ 1.3

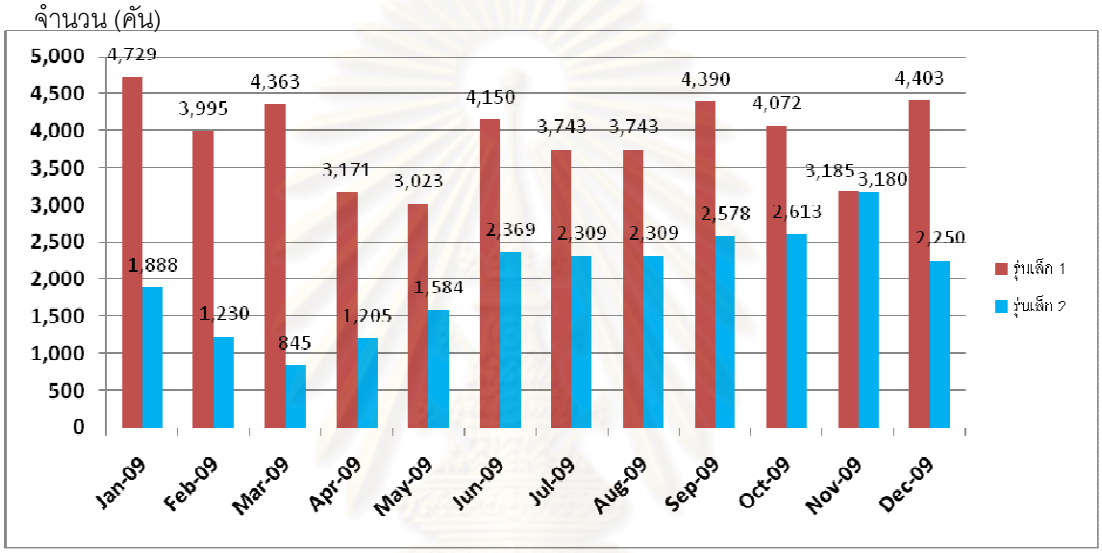


รูปที่ 1.3 ผังองค์กรโรงประกอบชิ้นส่วนรถยนต์

1.1.2 ผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา

เนื่องจากผู้ทำวิจัยทำงานอยู่ในโรงงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเฉพาะฝ่ายประกอบชิ้นส่วน 1 ซึ่งทำการผลิตรถยนต์นั่งประเภทซับคอมแพค คือ รุ่นเล็ก 1 และรุ่นเล็ก 2 เท่านั้น

จากข้อมูลจำนวนการผลิตของรถยนต์ของฝ่ายประกอบชิ้นส่วน 1 ในแต่ละรุ่นดังกล่าวตั้งแต่เดือน มกราคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2552 พบว่าโรงงานกรณีศึกษามีจำนวนการผลิตรถยนต์แบ่งตามจำนวนรุ่น ดังแสดงได้ในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 จำนวนการผลิตรถยนต์รุ่นเล็ก 1 และรุ่นเล็ก 2 ของฝ่ายประกอบชิ้นส่วน 1

จะเห็นได้ว่าจำนวนการผลิตรถยนต์รุ่นเล็ก 1 มีจำนวนการผลิต 45,967 คัน (คิดเป็น 66 เปอร์เซ็นต์) และจำนวนการผลิตรถยนต์รุ่นเล็ก 2 มีจำนวนการผลิต 24,360 คัน (คิดเป็น 34 เปอร์เซ็นต์) รวมจำนวนการผลิตทั้งหมดของฝ่ายประกอบชิ้นส่วน 1 ในปี พ.ศ.2552 จำนวนทั้งสิ้น 71,327 คันและยังมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มุ่งทำการศึกษาโดยการลดจำนวนข้อบกพร่องและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการประกอบรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ของสายการผลิต 1 ฝ่ายประกอบชิ้นส่วน 1

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาที่เกิดจากกระบวนการประกอบรถยนต์ของฝ่ายประกอบชิ้นส่วน 1 สามารถแบ่งได้ 5 ปัญหาหลัก คือ ประกอบไม่ดี (MISS ASSY: MA), รอยขีดข่วน (SCRATCH: SC), น้ำรั่ว (WATER LEAK: W/L), เสียงดัง (NOISE) และอื่นๆ (OTHER: OTH) จำนวนสัดส่วนข้อบกพร่องที่เกิดจากการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ต่อจำนวนการผลิตในปี พ.ศ.2552 แสดงในตารางที่ 1.1

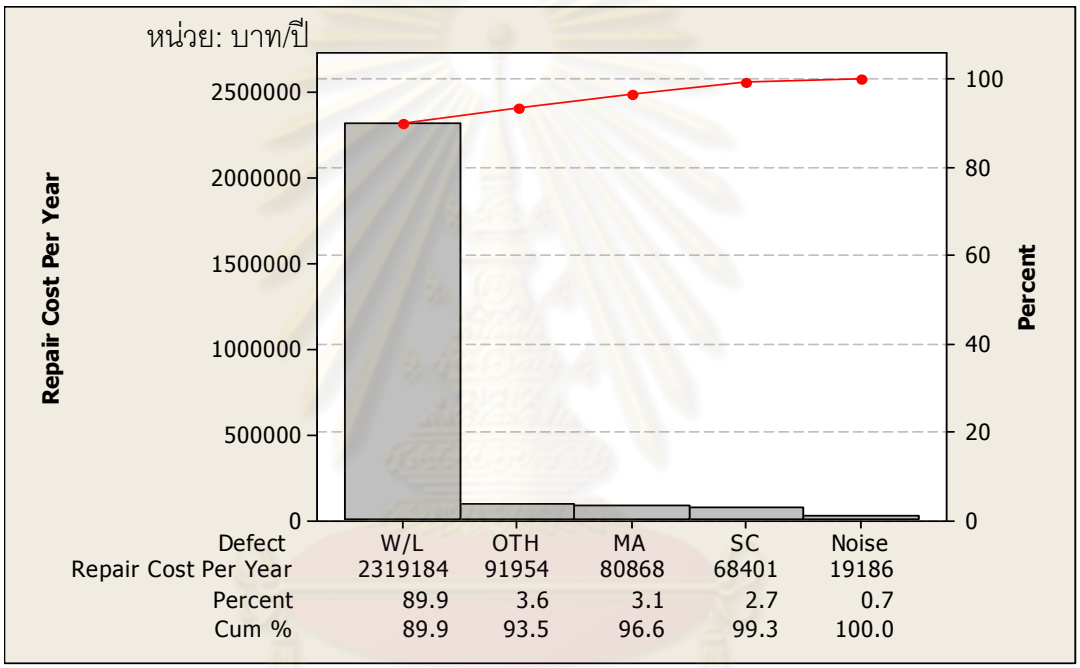
ตารางที่ 1.1 สัดส่วนข้อบกพร่องต่อจำนวนการผลิตรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ปี พ.ศ.2552

หน่วย: คัน/เดือน

ประเภทข้อบกพร่อง	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.	เฉลี่ย
รอยขีดข่วน SC	0.014	0.020	0.013	0.013	0.014	0.018	0.026	0.015	0.029	0.048	0.063	0.060	0.028
ประกอบไม่ดี MA	0.002	0.009	0.031	0.023	0.030	0.034	0.019	0.021	0.015	0.031	0.094	0.014	0.027
น้ำรั่ว W/L	0.015	0.015	0.018	0.017	0.032	0.023	0.027	0.037	0.025	0.027	0.019	0.024	0.023
อื่นๆ OTH	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.004	0.026	0.009	0.009	0.005
เสียงดัง Noise	0.026	0.027	0.034	0.031	0.021	0.018	0.023	0.017	0.014	0.046	0.026	0.017	0.025

ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูป เป็นฝ่ายที่ทำหน้าที่บันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ โดยระบุฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการผลิตทำให้เกิดปัญหา ซึ่งตารางที่ 1.1 เป็นสัดส่วนข้อบกพร่องต่อจำนวนรถที่ผลิตของฝ่ายประกอบชิ้นส่วน 1 โดยปัญหารอยขีดข่วน (SC) เป็นปัญหาที่มีสัดส่วนข้อบกพร่องสูงที่สุด สาเหตุหลักมาจากอุปกรณ์ป้องกันรอยขีดข่วนนั้นมีอายุการใช้งานนานทำให้อุปกรณ์ป้องกันชำรุด และส่งผลให้สัดส่วนของข้อบกพร่องสูงขึ้นในเดือนตุลาคม-ธันวาคม พ.ศ.2552 ปัญหาประกอบไม่ดี (MA) เป็นปัญหาที่มีสัดส่วนข้อบกพร่องสูงเป็นอันดับ 2 สาเหตุหลักมาจากทักษะความชำนาญของพนักงาน ปัญหาน้ำรั่ว (W/L) เป็นปัญหาที่มีสัดส่วนข้อบกพร่องสูงเป็นอันดับ 3 ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากน้ำรั่วซึมเข้าไปภายในรถยนต์ ปัญหาอื่นๆ (OTH) เป็นปัญหาที่มีสัดส่วนข้อบกพร่องสูงเป็นอันดับ 4 โดยเป็นปัญหาที่นอกเหนือจากปัญหาหลัก เช่น ปัญหาสกปรก, ฟังก์ชั่นไม่ทำงาน, ชิ้นส่วนมีปัญหา, จัดส่งชิ้นส่วนไม่ทัน เป็นต้นและปัญหาเสียงดัง (Noise) เป็นปัญหาที่มีสัดส่วนข้อบกพร่องต่ำที่สุด ซึ่งเป็นปัญหาที่ตรวจพบขณะขับรถยนต์ทดสอบในทางขรุขระ โดยลักษณะปัญหาที่พบ เช่น การเบียดชนของชิ้นส่วน, การขันแน่นปีนเกลียว เป็นต้น

จากนั้นจึงนำทั้ง 5 ปัญหาหลักมาพิจารณาในแง่ของมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนเงินพบว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซ่อมแซมปัญหาน้ำรั่ว (W/L) เป็นปัญหาที่มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมสูงที่สุดเป็นจำนวนเงิน 2,319,183.54 บาท/ปี, ปัญหาอื่นๆ (OTH) มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเป็นจำนวนเงิน 91,953.86 บาท/ปี, ปัญหาประกอบไม่ดี (MA) มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเป็นจำนวนเงิน 80,868.24 บาท/ปี, ปัญหารอยขีดข่วน (SC) มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเป็นจำนวนเงิน 68,401.10 บาท/ปี และปัญหาเสียงดัง (NOISE) มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเป็นจำนวนเงิน 19,186.44 บาท/ปี ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 ค่าใช้จ่ายในการซ่อมปัญหาต่างๆ ของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ปี พ.ศ.2552

หลังจากที่พิจารณาค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมปัญหาต่างๆ ของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ในปี พ.ศ.2552 พบว่าปัญหาน้ำรั่วเป็นปัญหาที่มีค่าใช้จ่ายสูงในการแก้ไขปัญหา ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้ในบทที่ 3 เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาในการตรวจสอบและวิเคราะห์ปัญหา โดยบางกรณีจำเป็นต้องใช้เวลาในการแก้ไขปัญหาเป็นเวลานาน เพราะจำเป็นต้องรอตรวจสอบผลการแก้ไขปัญหาด้วย

เมื่อฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูป ตรวจสอบพบน้ำรั่วเข้าภายในห้องโดยสาร พนักงานจะบันทึกปัญหา และเลี้ยวรถวนออกไปให้ฝ่ายประกอบชิ้นส่วนทำการซ่อมข้อบกพร่อง

พนักงานงานซ่อมของฝ่ายประกอบชิ้นส่วนพิจารณาตามมาตรฐานการพิจารณา และการซ่อมปัญหาเรื่องปัญหาน้ำรั่ว (WATER LEAK) ตามขั้นตอน ดังนี้

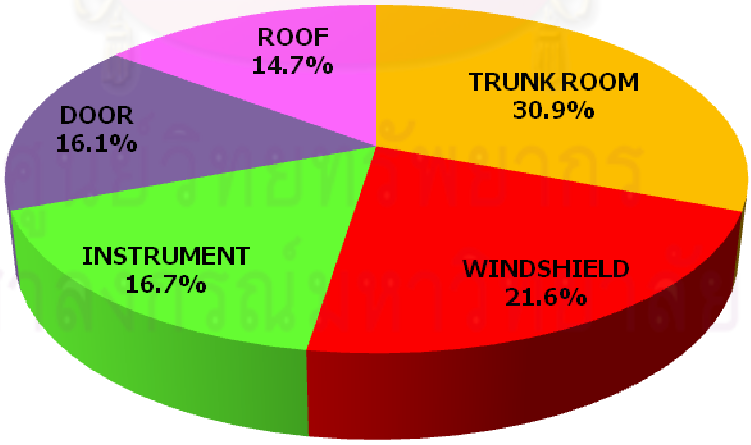
1) ตรวจสอบตำแหน่งปัญหาน้ำรั่ว

2) ทำการแก้ไขตามตำแหน่งที่พบ เช่น

- รั่วเพราะแนวซีล ให้อุดซีล
- รั่วเพราะเซ็ตยางไม่ดีที่ประตู ให้เซ็ตยางหรือปรับตั้งประตูทดสอบ
- รั่วเพราะซีลกระจกไม่ดี ให้ตัดกระจก, ประกอบใหม่ และตรวจสอบน้ำรั่วซ้ำก่อนปล่อย
- รั่วเพราะซีลตัวถังไม่ดี ให้ยกคอนโซลหน้าออก ซีลใหม่ประกอบและตรวจสอบน้ำรั่วซ้ำก่อนปล่อย
- รั่วเพราะประกอบชิ้นส่วนไม่ครบ ให้หาตำแหน่งและประกอบ เช่น BLIND PLUG ไม่ประกอบ

3) เมื่อแก้ไขปัญหาน้ำรั่วแล้วเสร็จทุกปัญหา ต้องทดสอบซ้ำ ก่อนส่งมอบ

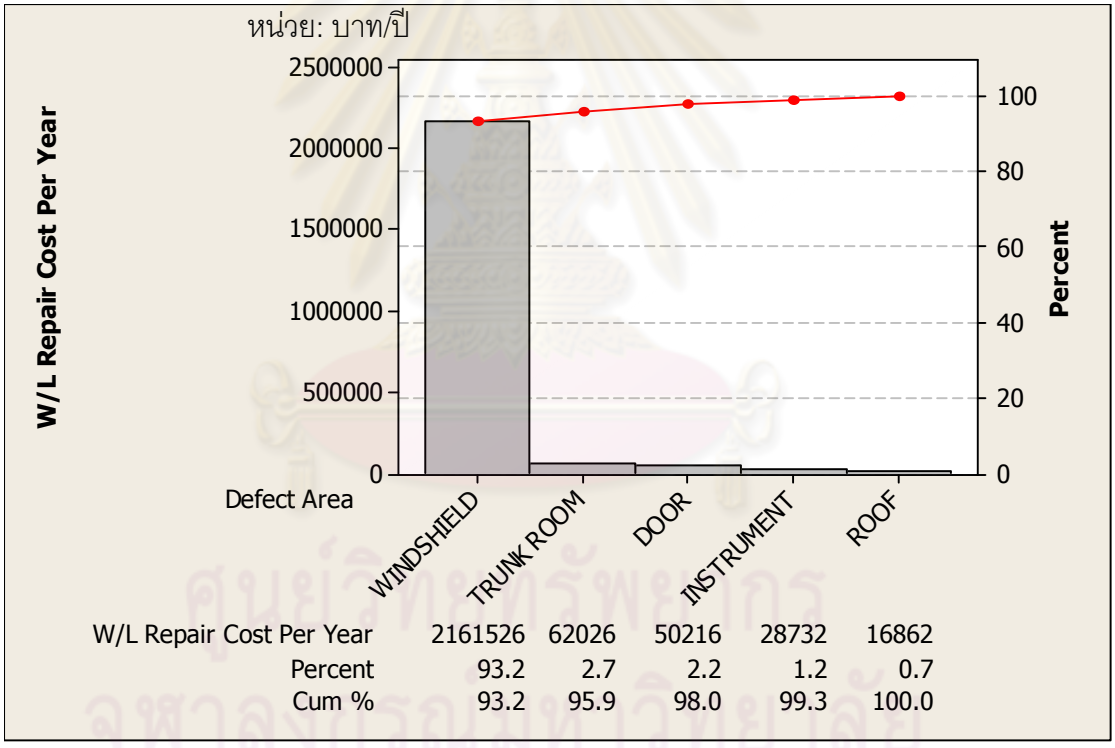
จากนั้นจึงนำประเด็นปัญหาน้ำรั่วมาจำแนกตามบริเวณที่เกิดปัญหาพบว่าสามารถแยกได้ 5 บริเวณ ดังนี้ ฝาท้าย (TRUNK ROOM), กระจกหน้าและหลัง (WINDSHIELD), คอนโซลหน้า (INSTRUMENT), ประตู (DOOR) และหลังคา (ROOF)



รูปที่ 1.6 จำแนกปัญหาน้ำรั่วบริเวณต่างๆ ของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ปี พ.ศ.2552

หลังจากนำประเด็นปัญหาน้ำรั่วมาจำแนกตามบริเวณที่เกิดปัญหาแล้ว พบว่าจำนวนปัญหามีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ฝาท้าย (TRUNK ROOM) 30%, กระจกหน้าและหลัง (WINDSHIELD) 21.6%, คอนโซลหน้า (INSTRUMENT) 16.7%, ประตู (DOOR) 16.1% และหลังคา (ROOF) 14.7% ดังรูปที่ 1.6

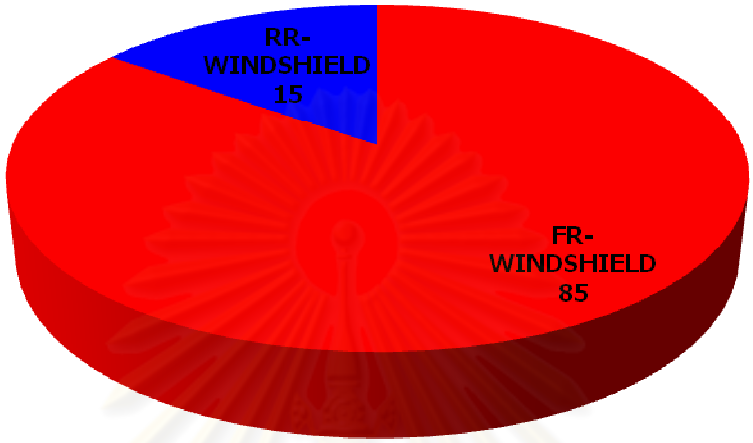
แต่ถ้าพิจารณาค่าใช้จ่ายในการซ่อมข้อบกพร่องที่เกิดจากปัญหาน้ำรั่ว จะได้ว่าการซ่อมปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าและหลัง (WINDSHIELD) ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการซ่อมมากที่สุด รองลงมาเป็นฝาท้าย (TRUNK ROOM), ประตู (DOOR), คอนโซลหน้า (INSTRUMENT) และหลังคา (ROOF) โดยค่าใช้จ่ายในการซ่อมปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าและหลัง (WINDSHIELD) คิดเป็น 93.19% ของปัญหาน้ำรั่วทั้งหมด โดยการคำนวณค่าใช้จ่ายของการซ่อมเป็นจำนวนเงิน 2,404,053.66 บาท/ปี ดังรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 ค่าใช้จ่ายในการซ่อมปัญหาน้ำรั่วบริเวณต่างๆ ของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ปี พ.ศ.2552

ปัญหาน้ำรั่วกระจกหน้าและหลังเป็นปัญหาหนึ่งของปัญหาน้ำรั่วที่มีความซับซ้อนของปัญหา ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงวิธีการทำงาน, การกำหนดค่าของปัจจัยต่างๆ ในกระบวนการฉีดซีลที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการเกิดน้ำรั่วกระจกหน้าและหลังเข้าห้องโดยสาร และหลังจากที่พบว่าค่าใช้จ่ายในการซ่อมปัญหาน้ำรั่วโดยส่วนใหญ่แล้วอยู่ที่บริเวณกระจกหน้าและหลัง

(WINDSHIELD) จึงนำจำแนกปริมาณปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างกระจกหน้า (FR-WINDSHIELD) และกระจกหลัง (RR-WINDSHIELD) พบว่ากระจกปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่กระจกหน้า (FR-WINDSHIELD) ถึง 85% ส่วนที่เหลือ 15% เป็นปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นที่กระจกหลัง (RR-WINDSHIELD) ดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 จำนวนเปอร์เซ็นต์ปัญหาน้ำรั่วที่บริเวณกระจกรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ปี พ.ศ.2552

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งประเด็นในการลดปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นบริเวณกระจกหน้า (FR-WINDSHIELD) ของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 เนื่องจากปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อสายการผลิตคือ ทำให้เกิดการสูญเสียแรงงานและวัตถุดิบที่ต้องใช้ในการแก้ไขปัญหา โดยปัญหาน้ำรั่วจะก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการซ่อมที่นอกเหนือไปจากการขัดซ่อมในสายการตรวจสอบคือ รถที่มีปัญหาน้ำรั่วจะต้องตรวจสอบยืนยันการแก้ไขปัญหาน้ำรั่ว โดยการทดสอบน้ำรั่วเป็นเวลานาน 30 นาที จึงสามารถส่งรถไปยังฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูป เพื่อทำการตรวจสอบขั้นสุดท้าย

ในการฉีดซีลของกระบวนการประกอบกระจกหน้า (FR-WINDSHIELD) นั้น คุณภาพของการประกอบจะเสร็จสิ้นกระบวนการประกอบขึ้นอยู่กับ การปรับตั้งค่าต่าง ๆ ในเครื่องจักรอุปกรณ์ วิธีการทำงานของพนักงาน สภาพแวดล้อมในการทำงาน ฯลฯ โดยที่ตัวแปรและข้อกำหนดต่าง ๆ นั้นไม่ได้เป็นสาเหตุของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าและหลังแต่อย่างเดียว แต่ยังสามารถก่อให้เกิดปัญหาน้ำรั่วกระจกด้านข้างในรถรุ่นเล็ก 2 อีกด้วย

จากความสูญเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมปัญหาน้ำรั่วในระยะเวลา 1 ปีที่เก็บข้อมูลรถยนต์รุ่นเล็ก 1 (มกราคม-ธันวาคม พ.ศ. 2552) นั้นหากคิดเป็นจำนวนเงินจะมีมูลค่าถึง 2,319,183.54 บาท/ปี จำแนกเป็นปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจก (WINDSHILD) คิดเป็นจำนวนเงิน 2,161,525.50

บาท/ปี และในการศึกษาครั้งนี้ได้มุ่งประเด็นที่บริเวณกระจกหน้า (FR-WINDSHIELD) ซึ่งมีมูลค่าความสูญเสียถึง 1,837,296.68 บาท/ปี ที่เป็นค่าใช้จ่ายในการซ่อมแก้ไขปัญหาน้ำรั่ว โดยปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นมีสาเหตุที่เป็นไปได้หลายสาเหตุ โดยอาจเกิดได้ทั้งสาเหตุจากวิธีการทำงานของพนักงาน, การปรับตั้งค่าในเครื่องจักรอุปกรณ์ หรือเกิดจากสภาพแวดล้อมการทำงานไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงเห็นว่าการนำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา เข้ามาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ และลดข้อบกพร่องนั้นเป็นวิธีการที่เหมาะสม เนื่องจากข้อบกพร่องบางประเภทนั้นจำเป็นต้องใช้วิธีการทางสถิติและเครื่องมืออื่น ๆ นอกเหนือจาก 7 QC Tools เช่นการนำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการ (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) มาใช้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยนำเข้าที่น่าจะส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำรั่ว และแนวซีลที่ไม่ได้ตามมาตรฐานนั้นยังต้องมีการปรับตั้งของหุ่นยนต์ (Robot) หรือเครื่องฉีดซีลกึ่งอัตโนมัติที่มีค่าที่ใช้ในการปรับตั้งอยู่ 3 ชนิด ซึ่งทำให้ต้องมีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) เพื่อให้ได้ค่าปรับตั้งที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงเห็นว่าการนำแนวคิดซิกซ์ ซิกม่ามาใช้นั้นเนื่องจากซิกซ์ ซิกมาเป็นวิธีการที่มีกระบวนการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการอย่างมีระบบและขั้นตอน โดยมีการนำเครื่องมือทางสถิติ เช่น การทดสอบสมมติฐาน และการออกแบบการทดลองเข้ามาช่วย เพื่อให้ได้สาเหตุในการเกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าที่จะนำมาใช้ในการกำหนดวิธีการทำงานที่เหมาะสม และทำให้ได้ค่าในการปรับตั้งเครื่องฉีดซีลซึ่งมีหลายปัจจัยเกี่ยวข้องกันที่เหมาะสม

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ลดสัดส่วนของเสียเฉลี่ยต่อวัน เนื่องจากน้ำรั่วซึมเข้าภายในห้องผู้โดยสารที่เกิดขึ้นจากการฉีดซีลของกระบวนการประกอบกระจกหน้าและหลังของรถยนต์

1.4 ขอบเขตของการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะรถยนต์รุ่นเล็ก 1
2. แก้ไขเฉพาะปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้า
3. ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมข้อบกพร่องต่อหน่วย ประมาณการไว้คงที่

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระดับของค่าปรับตั้งที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่มีผลในการลดจำนวนปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นในการฉีดซีลของกระบวนการประกอบกระจกหน้า

2. มาตรฐานการทำงาน (Operation Manual) ในสถานีงานที่ต้องมีการปรับปรุง ซึ่งมี

การแก้ไขเพิ่มเติมข้อกำหนดใหม่ในเรื่องของคน (Man), เครื่องจักร (Machine), วัตถุดิบ (Material) และวิธีการทำงาน (Method)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปริมาณของเสียที่เกิดจากคุณภาพ ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดจากกระบวนการผลิต

2. ลดต้นทุนความสูญเสียด้านแรงงานและวัตถุดิบที่ต้องใช้ในการซ่อมปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้น

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การลดปัญหาน้ำรั่วเข้าห้องโดยสารในกระบวนการประกอบกระจกหน้า ได้ดำเนินการวิจัยตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมาทั้ง 5 ระยะดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ระยะการนิยามปัญหา (Define Phase: D)

2.1 จัดตั้งคณะทำงานเพื่อเข้าร่วมในโครงการโดยพิจารณาคัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้และความชำนาญในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์

2.2 ศึกษากระบวนการประกอบรถยนต์พร้อมทั้งรวบรวมข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา และเก็บข้อมูลจำนวนรวมถึงค่าใช้จ่ายในการซ่อมข้อบกพร่องหลักที่ทำให้รถไม่สามารถวิ่งตรงไปโรงประกอบขั้นสุดท้ายได้ในสายการผลิต ระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคม 2552

2.3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยแผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) เพื่อทำการกำหนดประเภทของข้อบกพร่องที่จะแก้ไข, วัตถุประสงค์, เป้าหมาย, ตัวชี้วัด และระยะเวลาของโครงการ

3. ระยะการวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา (Measure Phase: M)

3.1 วิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด (Gage R&R) ในการตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วกระจกบังลมด้วยสายตา

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเช่น ลักษณะของข้อบกพร่องหลัก รวมถึงค่าปรับตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีการใช้งานอยู่ เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่อง เก็บข้อมูลจำนวนข้อบกพร่องและจำนวนการตรวจสอบเพื่อนำไปพิจารณาหาความสามารถของกระบวนการในปัจจุบัน

3.3 ระดมความคิด (Brainstorming) เพื่อหาปัจจัยนำเข้า (Key Process Input Variable, KPIV) ที่อาจมีผลต่อข้อบกพร่องหลักที่ได้เลือกว่าจะทำการแก้ไข โดยอาศัยแผนภาพก้างปลา (Cause and Effect Diagram) และทำการเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยเพื่อทำการ

ตัดปัจจัยที่คาดว่ามีผลน้อยออกไป โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix)

3.4 การประเมินผล (Evaluation Matrix)

1) เลือกปัจจัยนำเข้าที่จะนำไปทดสอบความมีนัยสำคัญต่อไป

2) วางแผนการทดลองและการเก็บข้อมูลในขั้นตอนต่อไป

4. ระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis: A)

4.1 นำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (KPIV) ที่ได้จากผลการประเมินผลด้วยตารางแสดงการประเมินผล (Evaluation Matrix) ในขั้นตอนก่อนหน้ามาทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) เพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อสัดส่วนของเสีย

4.2 กำหนดปัจจัยและพิจารณาปัญหาข้อจำกัดต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อการทดลอง และกำหนดระดับปัจจัยที่จะนำมาทดลองแต่ละตัวตามความเหมาะสม

4.3 พิจารณาเลือกรูปแบบการทดลอง และขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง จากนั้นวางแผนการทดลอง โดยกำหนดขั้นตอนการทดลอง และวิธีการเก็บข้อมูลของน้ำรั่วกระจกหน้า

4.4 ทำการทดลองตามแผนที่ได้กำหนดไว้

4.5 สรุปผลและวางแผนขั้นตอนถัดไป

5. ระยะการปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve: I)

5.1 หลังจากทำการทดลองปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญ ด้วยการออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลสองระดับแบบเพิ่มจุดศูนย์กลาง (Center Point) จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่และเลือกทำการทดลองเพิ่ม โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของข้อมูลและข้อจำกัดที่มีอยู่ด้วย เช่น หากพบปัจจัยที่แสดงผลตอบที่มีลักษณะเป็นส่วนโค้ง (Curvature) จะนำไปออกแบบการทดลอง เพื่อการกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสมต่อไป โดยการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology, RSM)

1) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

2) จากผลการทดลอง ทำการกำหนดปัจจัยและระดับที่สามารถปรับปรุงจำนวนปัญหาน้ำรั่วกระจกหน้าและหลังให้ลดลงได้ เพื่อนำไปปรับปรุงจริงในกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไป

6. ระยะการตรวจติดตามควบคุม และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control: C)

6.1 ทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลการทดลอง (Confirmation)

6.2 จัดทำแผนควบคุม (Control Plan) และกำหนดเป็นมาตรฐานในการทำงานแต่ละกระบวนการ

6.3 กำหนดวิธีการวัดและตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วกระจกหน้ารถยนต์, ขนาดตัวอย่างและความถี่ในการวัด

6.4 สรุปผลการปรับปรุงที่ได้ โดยพิจารณาเปรียบเทียบผลการปรับปรุงจากสัดส่วนของจำนวนข้อบกพร่องที่สามารถลดลงได้ และค่าใช้จ่ายในการซ่อมที่สามารถลดลงได้หลังการปรับปรุงด้วย

7. สรุปผลและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.8 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.2 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ลำดับที่	ขั้นตอนการดำเนินงาน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1	ระยะศึกษาข้อมูล และระยะการนิยามปัญหา (Define : D)												
2	นำเสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์												
3	ระยะการวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา (Measure : M)												
4	ระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis : A)												
5	ระยะการปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve : I)												
6	ระยะการตรวจติดตามควบคุม และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control : C)												
7	สรุปผลการวิจัย, ข้อเสนอแนะ												
8	จัดเตรียมส่งผลงานเข้าร่วมประชุมงานทางวิชาการ												
9	จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ และนำเสนอวิทยานิพนธ์												

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)

ปัจจุบันเทคนิค Six Sigma ได้ถูกนำมาใช้กันในวงกว้างในภาคธุรกิจต่าง ๆ มากมายไม่ว่าจะเป็น ธุรกิจระดับ SMEs องค์กรขนาดใหญ่ อุตสาหกรรมการผลิต รวมไปถึงงานการบริการ โดยมีรูปแบบการนำไปใช้ที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับรูปแบบของธุรกิจ

2.1.1 ความหมายของ ซิกซ์ ซิกมา

วชิรพงษ์ สาลีสิงห์ (2548) กล่าวว่า Sigma หรือ s เป็นอักษรกรีกโบราณ ในทางสถิติใช้แทนความหมายระดับความผันแปรของกระบวนการ หรือเรียกเป็นภาษาวิชาการว่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: s, SD) แต่ถ้ายกกำลังสองของ s ก็จะมีชื่อใหม่ว่า ความแปรปรวน (Variance : s^2 , SD2) โดยความหมายทางกายภาพ ทั้งส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความแปรปรวนนั้น จะกล่าวถึงระดับความผันแปรของกระบวนการนั่นเอง

ความหมายของ ซิกซ์ ซิกมา สามารถตีความเป็นสองนัยสำคัญเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติได้ดังนี้

ความหมายเชิงทฤษฎี ซิกซ์ ซิกมา คือ ความพยายามในการลดความแปรผันของกระบวนการ โดยพยายามบีบให้ความผันแปรทั้งหมดของกระบวนการตกอยู่ภายในขีดจำกัดของข้อกำหนดด้านคุณภาพ (USL และ LSL) และยอมให้มีของเสีย (หรือการ off Spec ของกระบวนการ) ได้ไม่เกิน 3.4 ครั้งใน 1 ล้านครั้ง (3.4 PPM) หรือเรียกอีกอย่างว่า ความสูญเสียโอกาสลงให้เหลือเพียงแค่ 3.4 หน่วยนั่นเอง (Defect per Million Opportunities, DPMO)

ความหมายเชิงปฏิบัติ เป็นเรื่องของการใช้หลักสถิติในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ โดยใช้ควบคู่กับการบริหารโครงการที่ชาญฉลาด และเน้นผลสำเร็จในรูปของมูลค่าการลดต้นทุนจากการดำเนินโครงการ โดยไม่ได้เน้นว่าต้องจบโครงการที่ 3.4 PPM

2.1.2 ตัววัดระดับของคุณภาพ

ในการดำเนินโครงการซิกซ์ ซิกมา สิ่งที่สำคัญที่สุดก็คือการเลือกตัวชี้วัดเพื่อบอกถึงระดับของคุณภาพในกระบวนการที่เหมาะสม ซึ่งความเหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์, กระบวนการผลิต และความต้องการของลูกค้าเป็นสำคัญ เช่น โอกาสของการเกิดของเสียหรือความผิดพลาดต่อการทำงาน 1 ล้านครั้ง (Defect Per Million Opportunities), ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ Cp, Cpk, ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากคุณภาพที่ไม่ดีของผลิตภัณฑ์

(Cost of Poor Quality) ในงานวิจัยนี้คิดส่วนหนึ่งของค่าใช้จ่ายทั้งหมดคือคิดเฉพาะค่าใช้จ่ายที่ทำให้รถไม่วิ่งตรงไปสายการประกอบขั้นสุดท้าย, First Yield หรือ Rolled Throughput Yield ที่เป็นหนึ่งในตัววัดของงานวิจัยนี้ (จำนวนของรถวิ่งตรงไปสายการประกอบขั้นสุดท้าย) และค่า Sigma Quality Levelระดับคุณภาพของคุณภาพของกระบวนการในแนวคิดของซิกซ์ ซิกมา จะอ้างอิงถึง Sigma Quality Level ที่บ่งบอกถึงโอกาสในการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตที่ระดับของ Sigma นั้น ๆ คือหากคิดค่าเฉลี่ยที่กึ่งกลางของกระบวนการจะได้ว่าที่ระดับ Sigma ที่ 6 นั้นมีโอกาสเกิดของเสียในกระบวนการเท่ากับ 0.002 ชิ้นต่อ 1 ล้านชิ้น แต่ในทางปฏิบัติเมื่อคิดค่าเผื่อของการขยับไปมาของกระบวนการที่ทำให้กระบวนการเลื่อนออกไปจากจุดกึ่งกลางเท่ากับ $\pm 1.5\sigma$ จะได้ว่าอัตราของเสียที่ค่าระดับ 6σ จึงมีค่าเท่ากับ 3.4 ชิ้นต่อ 1 ล้านชิ้น

2.1.3 กระบวนการมาตรฐานของ ซิกซ์ ซิกมา

ภานุ ชุดเจือจีน (2550) กล่าวว่ากระบวนการมาตรฐานของ Six Sigma ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสำคัญ คือ D: Define, M: Measure, A: Analyze, I: Improve, C: Control ซึ่งเรียกย่อๆ ว่า DMAIC โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน สรุปได้ ดังนี้

การนิยามปัญหา (D: Define) เป็นขั้นตอนแรกของการประยุกต์แนวคิดของซิกซ์ ซิกมา ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่การกำหนดทีมงาน, เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต และวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยแผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (M: Measure) ประกอบด้วยการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gauge R&R), พิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน โดยอาจจะพิจารณาจากปริมาณของเสียในปัจจุบัน, ทำการระดมความคิด(Brain Storming) เพื่อหาปัจจัยนำเข้า (Key Process Input Variable) ที่อาจมีผลให้เกิดของเสียในกระบวนการ, การวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของกระบวนการด้วยผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram รวมถึงการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis, FMEA) โดยขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาและเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญเพื่อคัดเลือกปัจจัยต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (A: Analyze) เป็นขั้นตอนถัดมาในวิธีการซิกซ์ ซิกมา โดยอาศัยวิธีการทางสถิติวินิจฉัยเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนอง โดยนำเอาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (KPIV) ที่ได้จากการประเมินผลโดยตารางแสดงการประเมินผล (Evaluation Matrix) มาออกแบบการทดลอง (Design of Experiment หรือ DOE) ทดสอบความมี

นัยสำคัญของปัจจัยนำเข้า เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) หรือการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) แล้ววิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อเลือกปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญที่จะนำไปทำการทดลองในขั้นตอนถัดไป

การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (I: Improve) เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับ การกำหนดขั้นตอนของการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล การทำการทดลองตามแผนการที่วางไว้ และการวิเคราะห์สรุปผลการทดลอง จากนั้นก็ต้องทำการทดสอบยืนยันผล เพื่อยืนยันข้อสรุปที่ได้จากการทดลองก่อนที่จะนำเอาผลที่ได้ไปใช้ในกระบวนผลิตจริง

การควบคุมกระบวนการผลิต (C: Control) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของวิธีการซิกซ์ ซิกมา ซึ่งเป็นการนำแนวทางที่ได้จากขั้นตอนการปรับปรุงไปปฏิบัติตาม โดยมีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบและควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่ได้จากการวิเคราะห์ผล ซึ่งจะต้องพิจารณาคัดเลือกแผนภูมิควบคุมที่เหมาะสมกับตัวแปรนั้นๆ ด้วยการกำหนดวิธีการวัด ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ความถี่ในการวัด และกำหนดวิธีการแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาว่าค่าที่ควบคุมไม่ตกอยู่ในขอบเขตที่ต้องการ

2.2 หลักสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.2.1 แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram)

ศุภชัย นาทะพันธ์ (2551) กล่าวว่า แผนภาพพาเรโตมีลักษณะเป็นกราฟแท่งที่แบ่งแยกข้อมูลเป็นช่วงๆ จากมากไปน้อย และจากซ้ายไปขวา โดยแกน y มี 2 แกน คือ แกนแทนความถี่และแกนแทนเปอร์เซ็นต์ ส่วนแกน x แทนสาเหตุ ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภท ซึ่งกลไกการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพ แบ่งออกเป็น 2 กรณีคือกรณีข้อมูลมีเสถียรภาพในระยะเวลานั้นจะสามารถคาดการณ์ได้ว่าข้อมูลประเภทใดควรมีค่ามากที่สุด ซึ่งหากมีการเก็บข้อมูลนานๆ จะเกิดการสะสม และทำให้ค่าสะสมของข้อมูลแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน และกรณีข้อมูลไม่มีเสถียรภาพที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ ซึ่งเป็นลักษณะของความไร้เสถียรภาพ โดยลักษณะดังกล่าวจะพบว่าข้อมูลจะมีการสะสม และค่าสะสมจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน คือ แตกต่างกันอย่างไม่เด่นชัด

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2550) กล่าวถึงประโยชน์ของแผนผังพาเรโตไว้ดังนี้

1) สามารถบ่งชี้ให้เห็นว่าหัวข้อใดเป็นปัญหามากที่สุด

2) สามารถเข้าใจว่าแต่ละหัวข้อมีอัตราส่วนเป็นเท่าใดในส่วนทั้งหมด

3) ใช้กราฟแท่งบ่งชี้ขนาดของปัญหา ทำให้โน้มน้าวจิตใจได้ดี

4) ไม่ต้องใช้การคำนวณที่ยุ่งยาก ก็สามารถจัดทำได้และใช้ในการเปรียบเทียบผลได้

5) ใช้สำหรับการตั้งเป้าหมาย ทั้งตัวเลขและปัญหา

ถ้าหากข้อมูลอยู่ในสภาวะเสถียรภาพ ข้อมูลที่มีความสำคัญจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital Few) ในขณะที่ข้อมูลที่เหลืออีกจำนวนมากจะมีความสำคัญเพียงเล็กน้อย (Trivial Many) ตัวแบบของความมีเสถียรภาพของข้อมูลนั้น จะมีลักษณะข้อมูลที่มีความสำคัญมาก (ประมาณ 80% ของตัววัดความสำคัญทั้งหมด) มาจากประเภทข้อมูลจำนวนเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 20% ของประเภทของข้อมูลทั้งหมด) เรียกกฎหลักการพาเรโตนี้ว่า กฎ 80-20

2.2.2 การระดมความคิด (Brainstorming)

ซูซาน เทอร์เนอร์ (2550) กล่าวว่า การระดมความคิด คือ การแสดงความคิดเห็นร่วมกันระหว่างสมาชิก เพื่อเป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหา โดยการระดมความคิดเป็นกระบวนการที่รวบรวมความคิดจากกลุ่มคนที่เกี่ยวข้องให้มากที่สุดในระยะเวลาอันสั้น

หลักในการระดมความคิดมีดังนี้

1) ทำความเข้าใจในปัญหาหรือประเด็นที่ต้องการหารือให้ชัดเจน และให้แน่ใจว่าทุกคนในกลุ่มเข้าใจตรงกัน

2) ขอให้สมาชิกแต่ละคนเสนอความคิดเห็น เรียงลำดับไปทีละคน ถ้าคนไหนยังคิดไม่ออกให้ข้ามไปก่อน

3) บันทึกทุกความคิดตามที่สมาชิกเสนอ อย่าได้ทำการดัดแปลง อย่าวิจารณ์หรือออกความเห็นใดๆ จนกว่าจะระดมความคิดจนจบ

4) หลังจากรวบรวมความคิดทั้งหมดไว้แล้ว ให้ตรวจทานกับสมาชิกอีกครั้งหนึ่ง

5) จากนั้นในสมาชิกแลกเปลี่ยนกันพิจารณาความคิด ขยายความคิดออกไป หรือรวมเข้าด้วยกัน หรือตัดบางความคิดทิ้งไป

6) อาจจะรวมความคิดต่างๆ เข้าเป็นหมวดหมู่

2.2.3 ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

ศุภชัย นาทะพันธ์ (2551) กล่าวว่า ผังแสดงเหตุและผล เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) หรือแผนภาพของอิชิกาวา (Ishigawa Diagram) เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล โดยพิจารณาสาเหตุ (Cause) ที่มีผล (Effect) โดยตรงกับลักษณะคุณภาพ (Quality Characteristic) ของปัญหาที่สนใจศึกษา โดยลักษณะคุณภาพที่ต้องการปรับปรุงอยู่ทางด้านขวา และสาเหตุที่ก่อให้เกิดลักษณะคุณภาพอยู่ทางด้านซ้าย โดยสาเหตุหลัก (Major Causes) ที่นิยมวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

1) สาเหตุที่เกิดจากพนักงาน (Man)

2) สาเหตุจากเครื่องจักร (Machine)

3) สาเหตุจากวัตถุดิบ (Material)

4) สาเหตุจากวิธีการทำงาน (Method)

5) สาเหตุจากระบบการวัด (Measurement)

6) สาเหตุจากสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิต (Environment)

การใช้แผนผังก้างปลาที่สมบูรณ์ต้องได้รับการประเมินจนพบสาเหตุที่แท้จริง โดยอาศัยการระดมความคิดจากบุคคลหลาย ๆ ฝ่าย ถือเป็นเทคนิคหนึ่งของการระดมความคิด (Brainstorming) อย่างไรก็ตามการระดมความคิดแบบใช้แผนผังก้างปลาถึงแม้จะให้ผลดี แต่ก็ทำได้ยากเพราะการเขียนก้างปลาให้ถูกต้องและครอบคลุมสาเหตุของปัญหาให้กว้างขวางมากขึ้น จำเป็นต้องอาศัยผู้นำกลุ่มหรือประธานในการระดมความคิดที่ดีมีความสามารถและมีประสบการณ์มาก เนื่องจากจำเป็นต้องพิจารณาในเรื่องของค่าใช้จ่าย ความเป็นไปได้ และความต่อต้านต่อการเปลี่ยนแปลงจากมติส่วนใหญ่ เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการแก้ไขปัญหาจากสาเหตุที่ถูกคัดเลือก จากที่ปัญหาได้รับการแก้ไขจึงปรับแผนผังก้างปลาใหม่ และกำหนดเป็นมาตรฐานการปฏิบัติงาน

2.2.4 **การวิเคราะห์ระบบการวัด** (Measurement System Analysis)

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2550) การวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ถึงแหล่งของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด ด้วยการจำแนกสาเหตุออกได้ดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 การจำแนกสาเหตุของการวิเคราะห์ระบบการวัด

เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของค่าวัดมีทั้งปริมาณที่สามารถกำจัดได้และกำจัดไม่ได้ จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการกำจัดปริมาณที่สามารถควบคุมได้ก่อน ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาด หลังจากนั้นให้ดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือ เพื่อกำจัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ หลังจากนั้นจะมีการลดความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มด้วยการประเมินแหล่งความผันแปรต่างๆ

ทั้งจากเครื่องมือวัด พนักงานวัด ตลอดจนสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อค่าวัด ถ้าพิจารณาถึงองค์ประกอบของค่าวัดแต่ละค่าแล้ว จะได้ว่า

$$X_{ij} = \mu + b + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij} \qquad (2.1)$$

โดยที่ X_{ij} คือ ค่าวัด

μ คือ ค่าจริงของงาน

b คือ ค่าไบอัส

α_i คือ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุด้านชิ้นงาน

β_j คือ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุด้านพนักงาน

$(\alpha\beta)_{ij}$ คือ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุร่วมของชิ้นงานกับพนักงาน

ε_{ij} คือ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุแบบสุ่ม

$$\sigma_x^2 = \sigma_\alpha^2 + \sigma_\beta^2 + \sigma_{\alpha\beta}^2 + \sigma^2 \qquad (2.2)$$

โดยที่ σ_x^2 คือ ค่าความผันแปร

σ_α^2 คือ ค่าความผันแปรจากชิ้นงาน

σ_β^2 คือ ค่าความผันแปรจากพนักงานวัด

$\sigma_{\alpha\beta}^2$ คือ ค่าความผันแปรร่วมของชิ้นงานกับพนักงานวัด

α^2 คือ ค่าความผันแปรอื่นๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัด</u>

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดหัวข้อปัญหาขั้นตอนนี้ ทำการกำหนดหัวข้อปัญหาของกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์ที่จะทำการแก้ไข จากนั้นทำการสังเกตการณ์ปัญหาโดยการทวนสอบระบบการวัดเพื่อพิจารณาว่าระบบการวัดมีผลค่าความผันแปรของตัวแปรตอบสนองที่ใช้ระบุปัญหามากน้อยเพียงไร กรณีที่ระบบการวัดมีความผันแปรค่อนข้างมาก ให้กำหนดเป็นหัวข้อปัญหาสำหรับการแก้ไขปัญหาระบบการวัดต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดทีมแก้ไขปัญหากรณีปัญหาของระบบการวัดไม่มีความสลับซับซ้อน ผู้แก้ไขปัญหากระบวนการอาจจะดำเนินการแก้ไขปัญหาระบบการวัดได้โดยลำพัง แต่ถ้าระบบการวัดมีความสลับซับซ้อนและใช้เทคโนโลยีสูง มีความจำเป็นต้องแก้ไขปัญหาโดย

อาศัยทีมงานแบบข้ามสายงาน (Cross-Functional Team) ซึ่งอาจจะประกอบด้วยฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายผลิต และฝ่ายประกันคุณภาพ โดยจำนวนสมาชิกจะขึ้นอยู่กับความสลับซับซ้อนของปัญหา โดยทั่วไปควรมีสมาชิกประมาณ 5-7 คนและไม่ควรเกิน 10 คน เพราะจะทำให้ทีมงานใหญ่เกินไป ทำให้การแก้ไขปัญหาไม่มีความคล่องตัวและทีมงานแก้ไขปัญหานี้ควรจะกำหนดหน้าที่ให้ชัดเจน พร้อมกำหนดแผนการประชุมและแผนดำเนินงานไว้ล่วงหน้า

ขั้นตอนที่ 3 การแสดงแผนภาพการไหลของระบบการวัดทีมแก้ไขจะต้องทำความเข้าใจกับแผนภาพการไหลของกระบวนการ ตลอดจนแผนภาพการไหลของระบบการวัด พร้อมการอภิปรายถึงสารสนเทศทั้งที่ทราบและไม่ทราบของระบบระบบการวัดที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการ โดยประเด็นสำคัญที่สุดที่ทีมแก้ไขปัญหาจะต้องหาข้อสรุปในขั้นตอนนี้คือ แนวความคิดในการวัดงานของระบบการวัดที่พิจารณา ดังนั้น ในกรณีที่มีความจำเป็นอาจจะมีการเสนอชื่อผู้เชี่ยวชาญเข้ามาร่วมทีมแก้ไขปัญหาเพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์สาเหตุและผลทีมแก้ไขปัญหาจะต้องอาศัยหลักการระดมสมอง (Brain Storming) ในการระดมความคิด เพื่อค้นหาสมมติฐานของสาเหตุความผันแปรของระบบการวัด โดยทีมแก้ไขปัญหาอาจจะกำหนดให้อยู่ในรูปของแผนภาพก้างปลา และเมื่อระดมสมองพร้อมจัดความคิดแล้ว ให้ทีมแก้ไขปัญหาทำการอภิปรายถึงสารสนเทศทั้งที่ทราบและไม่ทราบ เพื่อกำหนดว่าปัจจัยใดคือสิ่งที่ควรจะเป็นแนวโน้มของสาเหตุ

ขั้นตอนที่ 5 การพิสูจน์สาเหตุและกำหนดมาตรการตอบโต้หลังจากกำหนดสมมติฐานของสาเหตุความผันแปรแล้ว จะดำเนินการพิสูจน์สมมติฐานโดยอาศัยตรรกะหรือข้อเท็จจริงจากกลวิธีทางสถิติ อาทิ การทดสอบด้วย ANOVA และเมื่อทราบสาเหตุรากเหง้าของความผันแปรแล้วให้กำหนดแนวความคิดในการแก้ไขปัญหา พร้อมสร้างทางเลือกเป็นมาตรการตอบโต้ เพื่อทำการเลือกมาตรการตอบโต้ที่มีความเหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจความถูกต้องของมาตรการตอบโต้เป็นการพิจารณาถึงความถูกต้องของมาตรการตอบโต้ที่เลือกมา ซึ่งส่วนใหญ่มักจะอาศัยการดำเนินการด้วยหลักการออกแบบการทดลอง จากนั้นจึงจะประยุกต์ในระดับการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) ภายใต้ปัจจัยที่แปรเปลี่ยนไปโดยสาเหตุธรรมชาติ

ขั้นตอนที่ 7 การจัดทำมาตรฐานภายหลังจากการนำมาตรการตอบโต้ไปใช้และมีการปรับแก้จนกระทั่งมั่นใจว่าได้ผลที่ดีแล้ว ให้ทำการแก้คู่มือการทำงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งคู่มือการทำงาน (Work Instruction Manual) ระเบียบวิธีทำงาน (Procedure Manual) และให้ผู้มีอำนาจลงนามอนุมัติ (Buy-in) โดยการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้เกิดความมั่นใจได้ว่า สิ่งที่ได้รับการปรับแก้นี้จะได้รับการปฏิบัติต่อไป เพื่อป้องกันไม่ให้ปัญหาระบบการวัดดังกล่าวเกิดขึ้นซ้ำอีก

การวิเคราะห์ผลระบบการวัด

การวิเคราะห์ผลระบบการวัดมีประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณา 3 ประการคือ

1) ความไว (Sensitivity) ของระบบการวัดคือ อินพุตที่เล็กที่สุดที่ทำให้เกิดสัญญาณเอาต์พุตที่สามารถตรวจจับได้หรือสามารถใช้ได้ โดยการพิจารณาความไวว่ามีความเพียงพอหรือไม่

2) ความเสถียร (Stable) คือ ความแตกต่างของค่าความผันแปรตลอดช่วงการใช้งานของเกจวัด โดยถือเป็นค่ารีพีททะบิลิตี้ตลอดขนาดชิ้นงาน (Repeatability Over Size)

3) ความสม่ำเสมอ (Consistent) หมายถึง ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจากระบบการวัดต้องสม่ำเสมอตลอดช่วงที่คาดหมาย (Expected Range) และมีความผันแปรอย่างเพียงพอต่อการควบคุมผลิตภัณฑ์และกระบวนการ หรือความแตกต่างของค่าความผันแปรตลอดช่วงการใช้งานของเกจวัด โดยถือเป็นค่ารีพีททะบิลิตี้ตลอดเวลา (Repeatability Over Time)

รูปที่ 2.2 ประเภทความผันแปรของระบบการวัด

จากรูปที่ 2.2 ความผันแปรของระบบการวัด ประกอบด้วย

1) ความผันแปรของตำแหน่ง (Location Variation) เป็นคุณสมบัติของการเข้าใกล้ของค่าเฉลี่ยจากผลจากการวัดหลายๆ ครั้ง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง (Reference Value) สามารถกำหนดได้ด้วยค่าความผันแปร ดังนี้

ไบอัส (Bias) หรือปริมาณความเอนเอียง หมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าจริง (หรือค่าอ้างอิง) กับค่าเฉลี่ยของค่าวัดที่วัดได้บนคุณลักษณะและชิ้นงานวัดเดียวกันโดยคุณสมบัติด้านไบอัสนี้จะเป็นตัววัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบของระบบการวัด

ความเสถียร (Stability) หรือการเลื่อนออกไปแบบค่อยเป็นค่อยไปของค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากระบบการวัด หมายถึง ความผันแปรทั้งหมดในการวัดที่ได้จากกระบวนการวัดหนึ่งโดอาศัยชิ้นงานหรือค่ามาสเตอร์เดียวกันในการวัดคุณลักษณะประการหนึ่งตลอดช่วงเวลาที่ยาวนานขึ้น

เชิงเส้นตรง (Linearity) หมายถึง ความแตกต่างของค่าไบอัสตลอดช่วงการใช้งานของอุปกรณ์วัด หรือค่าความแตกต่างของไบอัสเมื่อมีการเปลี่ยนย่านวัดไป

2) ความผันแปรของความกว้าง (Width Variation)โดยทั่วไปเรียกความผันแปรของความกว้างของระบบการวัดว่าความแม่น (Precision) ซึ่งหมายถึง อิทธิพลโดยรวมของความสามารถในการแยกความแตกต่าง(Dis-crimination) ความไว (Sensitivity) และความสามารถในการทำซ้ำหรือรีพีททะบิลิตี้ ตลอดช่วงการใช้งานของระบบการวัด ซึ่งค่าของความแม่นจะเป็นตัววัดความผันแปรของระบบการวัดในรูปความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของระบบการวัด สามารถแบ่งความผันแปรออกเป็น

รีพีททะบิลิตี้ (Repeatability) หรือความผันแปรภายในเงื่อนไขของระบบการวัด หมายถึง ความผันแปรของค่าวัดรอบค่าที่ควรจะเป็น (Expected Value) ของระบบการวัดที่ทำการวัดโดยการใช้พนักงานวัดคนเดียว อุปกรณ์วัดเดียวกันในการวัดงานชิ้นเดียวกันซ้ำๆ ซึ่งโดยทั่วๆ ไปในอุตสาหกรรมหมายถึง ความผันแปรของอุปกรณ์ (Equipment Variation, EV) ทั้งนี้เพราะความผันแปรภายในเงื่อนไขเดียวกันของระบบการวัดมักจะมีผลมาจากตัวอุปกรณ์

รีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) หรือความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของระบบการวัด หมายถึง ความผันแปรที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากการใช้อุปกรณ์วัดเดียวกันในการวัดชิ้นงานเดียวกันด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ซึ่งในอุตสาหกรรมทั่วไปมักจะหมายถึง ความแตกต่างระหว่างพนักงานวัด

<u>การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความแม่นของระบบการวัด</u>

การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความผันแปรของความกว้างของระบบการวัด ซึ่งหมายถึงความผันแปรจากความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของระบบการวัด ในการศึกษามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเริ่มจากการวางแผนการศึกษา โดยมีประเด็นพิจารณาดังนี้

1) วิธีการและเวลาที่จะมีการสอบเทียบเครื่องมือวัด

การสอบเทียบเครื่องมือวัดถือเป็นการดำเนินการที่มีความสำคัญมากต่อการพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนด้านความถูกต้องในระบบการวัด โดยปกติจะต้องมีการสอบเทียบก่อการศึกษารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ และไม่ควรมีการสอบเทียบใหม่ถ้าหากการศึกษายังไม่สิ้นสุดลง เพราะถ้ามีการสอบเทียบใหม่ในระหว่างการศึกษาแล้ว จะทำให้เกิดความผันแปรจาก

การสอบเทียบรวมอยู่กับค่ารีพีททะบิลิตี้ของระบบการวัดด้วย จึงต้องพยายามลดค่าความผันแปรโดยพยายามให้พนักงานวัดทุกคนมีความเข้าใจในกระบวนวิธีการสอบเทียบและดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ

2) จำนวนพนักงานวัดที่ใช้สำหรับการศึกษา GR&R

3) ในการกำหนดจำนวนพนักงานวัดที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานั้นมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาก่อนว่าในระบบการผลิตมีพนักงานวัดจำนวนเท่าใด ถ้าหากเครื่องมือวัดดังกล่าวไม่ใช้พนักงานในการดำเนินการวัดเลย หรือมีการใช้พนักงานวัดเพียงคนเดียว แสดงว่าค่าความผันแปรในระบบการวัดไม่ได้มีผลจากสาเหตุด้านพนักงานวัด

4) จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับสิ่งตัวอย่างแต่ละชิ้นโดยปกติแล้วแนะนำให้ทำการวัดซ้ำที่แต่ละสิ่งตัวอย่างด้วยจำนวนซ้ำเท่าๆ กัน ซึ่งโดยทั่วไปกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนจำนวน 2-3 ครั้งต่อชิ้นงานแต่ละชิ้น

5) วิธีการลดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษา GR&R ในการศึกษา GR&R บางกรณีนั้น จะไม่สามารถกำจัดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างออกจากการวัดซ้ำ ซึ่งทำให้ไม่สามารถเฉลี่ยออกความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างออกไปได้ในกรณีนี้ถ้ามีความจำเป็นต้องประมาณการค่ารีพีททะบิลิตี้ให้มีความถูกต้องที่สุด ก็จำเป็นต้องทำการทดลองขึ้นมาเพื่อชี้บ่งถึงปริมาณความผันแปรดังกล่าว

6) วิธีการวิเคราะห์ผลรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้เมื่อการทดลองสิ้นสุดลงต้องมีวิเคราะห์ผลคุณภาพของข้อมูล คือ การวิเคราะห์ผลความสามารถในการแยกความแตกต่างของค่าวัด ความเสถียร และความสม่ำเสมอของระบบการวัด จากนั้นจึงทำการประเมินผลรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ ซึ่งมีทั้งหมด 3 วิธี คือ

วิธีอาศัยค่าพิสัย (Range Method) ซึ่งเหมาะกับกรณีการทดลองในช่วงสั้นๆ และไม่มีการวัดซ้ำ ข้อดีของวิธีการนี้คือ วิเคราะห์ผลได้ง่าย แต่มีข้อเสียที่สำคัญคือ ไม่สามารถแยกรีพีททะบิลิตี้ออกจากรีโปรดิวซิบิลิตี้ได้

วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method) ซึ่งเหมาะสมกับการทดลองซ้ำในแต่ละสิ่งตัวอย่างของพนักงานวัดแต่ละคน ซึ่งวิธีการนี้ทำให้สามารถแยกรีพีททะบิลิตี้ออกจากรีโปรดิวซิบิลิตี้ได้ แต่ไม่สามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่ารีพีททะบิลิตี้ได้

วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ซึ่งเหมาะกับการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้มาจากการออกแบบการทดลองเพื่อพิจารณาว่าพนักงานและชิ้นงานเป็นสาเหตุความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยกความผันแปร

จากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่ารีพีททะบิลิตี้ได้ แต่อย่างไรก็ดีวิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่ความยุ่งยากในการคำนวณ จึงต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Minitab) ช่วยในการคำนวณ

การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลนับ

การประเมินผลและวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบเมื่อข้อมูลเป็นข้อมูลนับ (Attribute Data) เป็นการประเมินผลในลักษณะเชิงคุณภาพคือ เป็นเรื่องของรสชาติ ความสวยงาม ความเรียบร้อย ฯลฯ หรือบางครั้งพารามิเตอร์อาจเป็นลักษณะเชิงผันแปร แต่ทำการนับเนื่องจากเป็นการเอาไปเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ หรือ Go/No Go Gauge ดังนั้นในการศึกษากระบวนการวัดแบบอาศัยข้อมูลนับ จะเป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็นที่ยอมรับหรือปฏิเสธ และผ่านหรือไม่ผ่าน จึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ตรวจสอบนั้นดีหรือไม่ดีอย่างไร

การศึกษาความสามารถของกระบวนการวัดเมื่อเป็นข้อมูลนับสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือวิธีการประเมินผลระยะสั้น (Gauge Performance Curve, GPC) ที่แสดงถึงโอกาสในการตรวจสอบแล้ววัดคุณภาพของสิ่งตัวอย่างงานกับข้อกำหนดในรูปของค่าอ้างอิงเพื่อพิจารณาค่าไบอัสและค่ารีพีททะบิลิตี โดยอาศัยตัวสถิติสำหรับทดสอบ t โดย

$$t = \frac{31.3 \times |\text{ค่าไบอัส}|}{\text{ค่ารีพีททะบิลิตี}} \qquad (2.3)$$

ค่ารีพีททะบิลิตีจะพิจารณาได้จากค่าความแตกต่างของค่าวัดค่าอ้างอิงที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นในการตรวจสอบแล้ว “ยอมรับ” (Pa) 0.995 กับค่าวัดอ้างอิงที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นในการตรวจสอบแล้ว “ยอมรับ” (Pa) 0.005 แล้วหารด้วยตัวประกอบเพื่อการปรับค่า 1.08

การประเมินผลการตรวจสอบระยะสั้นมีกระบวนการประเมินผลดังนี้

1) เลือกผู้ชำนาญการซึ่งเป็นบุคคลที่มีความสามารถพิเศษในการแยกแยะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีหรือเสีย และลูกค้าให้การยอมรับในผลการตรวจสอบดังกล่าว

2) กำหนดล็อตมาตรฐานสำหรับการตรวจสอบ เพื่อประเมินความสามารถของระบบการวัด โดยล็อตดังกล่าวควรประกอบด้วยสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี, สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพไม่ดี และ

สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพก้ำกึ่งอย่างละ 1 ใน 3 ของสิ่งตัวอย่างทั้งหมด โดยงานก้ำกึ่งควรประกอบด้วยงานดีก้ำกึ่งและงานไม่ดีก้ำกึ่งอย่างละครึ่ง

3) เลือกพนักงานวัดหรือพนักงานตรวจสอบ 2-4 คนโดยพนักงานที่เลือกมาต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบคุณภาพและได้ผ่านการฝึกอบรมมาอย่างดี รวมทั้งผ่านการประเมินผลแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบที่อาศัยความรู้สึก

4) กำหนดจำนวนชิ้นงานตัวอย่าง และจำนวนครั้งในการทดสอบซ้ำโดยจำนวนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับจำนวนของพนักงานทดสอบ

โดยการประเมินความสามารถของระบบการวัดหรือการตรวจสอบ ทำได้โดยการคัดเลือกชิ้นงานมาประมาณ 15-30 ชิ้นงาน ซึ่งจำแนกเป็นสิ่งตัวอย่างที่ดีอย่างชัดเจนและไม่ดีอย่างชัดเจนอย่างละ 1 ใน 3 และอีก 1 ใน 3 ควรเป็นชิ้นงานแบบก้ำกึ่ง โดยแบ่งเป็นงานดีแบบก้ำกึ่ง (marginal conformity) และงานบกพร่องแบบก้ำกึ่ง (marginal nonconformity) อย่างละเท่าๆ กัน จากนั้นสุ่มพนักงานที่ผ่านการประเมินผลด้านทักษะแล้วประมาณ 2 ถึง 4 คนมาทำการวัดหรือตรวจสอบอย่างสุ่ม ซึ่ง Fasser and Brettner (1992, p.204) ได้ให้คำแนะนำถึงจำนวนพนักงานที่ใช้ในการตรวจสอบ จำนวนชิ้นงานที่ควรตรวจสอบ และจำนวนครั้งการวัดซ้ำที่เหมาะสมดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดสิ่งตัวอย่างที่แนะนำในการประเมินผลระบบการตรวจสอบ

จำนวนพนักงานตรวจสอบ	จำนวนชิ้นงาน	จำนวนครั้งการวัดซ้ำของการตรวจ
1	24	5
2	18	4
มากกว่า/เท่ากับ 3	12	3

5) สุ่มพนักงานตรวจสอบขึ้นมาหนึ่งคนแล้วตรวจสอบตัวอย่างแบบสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพของสิ่งตัวอย่างว่าผ่าน (Good-G) หรือ ไม่ผ่าน (No Good-NG) และทำเช่นนี้จนครบจำนวนพนักงานที่จะทำการทดสอบ

6) การประเมินผลการตรวจสอบระยะสั้น ซึ่งมีวิธีการที่ง่าย ในการประเมินผลการตรวจสอบระยะสั้น ซึ่งกิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2549) ได้กล่าวถึงดัชนีการประเมินผลดังนี้

6.1) เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ เป็นตัววัดที่ใช้บอกว่า สำหรับพนักงานแต่ละคน จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน มีสัดส่วนเท่าไร เพื่อใช้ในการวัดผลความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\%\ \text{รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2.4)$$

6.2) เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ เป็นตัววัดที่ใช้บอกว่าจำนวนครั้งที่ผลการตรวจ สอบเหมือนกันและถูกต้อง มีสัดส่วนเท่าไร เพื่อใช้ในการวัดผลความถูกต้องของการตรวจสอบของพนักงานแต่ละคน ซึ่งมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\%\ \text{ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2.5)$$

6.3) เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ เป็นตัววัดที่ใช้บอกว่าจำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบของทุกคนเหมือนกัน มีสัดส่วนเท่าไร เพื่อใช้ในการวัดผลความสามารถในการวัดซ้ำของระบบการตรวจสอบ ซึ่งมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\%\ \text{ด้านประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2.6)$$

6.4) เปอร์เซ็นต์ด้านประสิทธิผลด้านไบอัส เป็นตัววัดที่ใช้บอกว่าจำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ถูกต้องเหมือนกัน มีสัดส่วนเท่าไร เพื่อใช้ในการวัดผลประสิทธิผลด้านความถูกต้องของการตรวจสอบของระบบ โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\%\ \text{ด้านประสิทธิผลด้านไบอัส} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \quad (2.7)$$

7) หากค่าเปอร์เซ็นต์รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้วให้ทำการอบรมพนักงานใหม่รวมทั้งประเมินผลของพนักงานใหม่เพื่อปรับปรุงค่ารีพีททะบิลิตี้ให้ดีขึ้น แต่หากเปอร์เซ็นต์ความไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% Attribute Score) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้วจะต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบใหม่หรือต้องกำหนดให้ชิ้นงานได้รับการตรวจสอบโดยผู้ชำนาญการเฉพาะเท่านั้น สำหรับเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ (% Attribute Effective Score) ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดแล้วมีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากดัชนีข้างต้น เพื่อปรับปรุงให้ได้ค่าที่ดีขึ้น

2.2.5 **การวัดความสามารถของกระบวนการ** (Process Capability)

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551) ให้ความหมายของการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Study) ว่าคือการกำหนดตัวพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากกระบวนการแล้วทำการวัดเพื่อการรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงพารามิเตอร์ดังกล่าว และถ้าข้อมูลอยู่ในสภาวะภายใต้การควบคุมก็จะทำการอนุมานทางสถิติสำหรับกระบวนการที่ศึกษาต่อไป

ส่วนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) หมายถึง การประเมินความผันแปรของกระบวนการ (อาจออยู่ในรูปของฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นที่ระบุทั้งรูปทรง, ค่ากลาง และปริมาณของการกระจายของการแจกแจง) และวิเคราะห์ความผันแปรนี้กับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนพิจารณาถึงแหล่งความผันแปรต่าง ๆ เพื่อหาทางลดความผันแปรที่ศึกษาต่อไป

ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการมีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1) การทวนสอบของกำหนดเฉพาะ (Specification) ซึ่งสามารถดำเนินการได้จากการทวนสอบแบบ (Design output) ของผลิตภัณฑ์และทบทวนข้อตกลงกับลูกค้าว่ายอมรับข้อกำหนดเฉพาะดังกล่าวหรือไม่

2) การชักสิ่งตัวอย่างจากกระบวนการ ทั้งแบบระยะสั้นและระยะยาว

3) การทวนสอบสภาวะเสถียรของกระบวนการโดยอาศัยแผนภูมิควบคุมเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ได้จากสิ่งตัวอย่างอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติสำหรับกำหนดคุณสมบัติในด้านความสามารถคาดการณ์ได้หรือไม่

4) การประเมินค่ามาตรฐานข้อกำหนด (Z-Score)

5) การประเมินค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ พร้อมการวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรเพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

<u>การประเมินความสามารถของกระบวนการที่มีข้อมูลแบบนับ</u>

ข้อมูลแบบนับเป็นข้อมูลที่ไม่มีคุณสมบัติอธิบายความผันแปรจึงมีความจำเป็นต้องกำหนดข้อมูลนับให้อยู่ในรูปของจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องเพื่อการเปรียบเทียบให้อยู่ในรูปของสเกลของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Z) สำหรับการแปลงให้เป็นดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ

ในการกำหนดค่าความสามารถของกระบวนการที่กรณีในการกำหนดค่าความสามารถของกระบวนการในกรณีข้อมูลแบบนี้ จะขึ้นอยู่กับเกณฑ์การตัดสินใจของผู้วิเคราะห์เป็นสำคัญ เช่น ถ้าหากต้องการประเมินถึงความสามารถของกระบวนการในรูปแบบของสัดส่วนผลิตภัณฑ์

บกพร่องที่เกิดขึ้นแล้ว ก็สามารถใช้ค่าสัดส่วนโดยเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) เป็นตัววัดความสามารถของกระบวนการได้ แต่ถ้าหากต้องการประเมินในรูปดัชนีความสามารถของกระบวนการเพื่อการเปรียบเทียบผลการปรับปรุงกระบวนการก็สามารถแสดงในรูปของดัชนี Pp, Ppk ดังนั้นในการประเมินความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลแบบนับจะต้องเริ่มต้นจากการหาค่า p ก่อนเสมอโดย

$$p = \frac{\text{จำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องโดยรวม } \sum np}{\text{จำนวนการตรวจสอบโดยรวม } \sum n} \qquad (2.8)$$

ดังนั้นในการประเมินค่า p จะต้องประเมินจากข้อมูลโดยรวมค่าดัชนีที่ประเมินจากค่า p จึงถือเป็นดัชนีความสามารถของกระบวนการแบบระยะยาวเสมอ โดยความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการอาจจะประเมินได้ในรูปอัตราส่วนความสามารถ (P_R) หรือดัชนีความสามารถ (Pp) สำหรับความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการจะประเมินได้ในรูปดัชนีความสามารถ (Ppk) คือ

$$P_{p\,Bench} = \frac{1}{3} Z_{Bench} \qquad (2.9)$$

โดยที่ Z_{Bench} จะได้จากกรณีกำหนดสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มีค่าเท่ากันทั้งสองด้าน

$$P_{RBench} = \frac{1}{PpBench} \qquad (2.10)$$

และ

$$P_{pk\,Bench} = \frac{1}{3} Z_{Bench} \qquad (2.11)$$

โดยที่ Z_{Bench} ได้จากการกำหนดให้สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องอยู่ที่ด้านใดด้านหนึ่งของค่ากลางเพียงด้านเดียว

2.2.6 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2550) การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต เป็นการศึกษาความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นเพื่อจะระบุผล

จุดประสงค์ของ FMEA คือ เพื่อกำหนดแง่มุมของการออกแบบผลิตภัณฑ์ การผลิตหรือการปฏิบัติงาน ซึ่งมีความวิกฤตต่อความล้มเหลวในรูปแบบต่างๆ เพื่อที่จะลดความล้มเหลวนั้น

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ เป็นเทคนิคทางวิศวกรรมตัวหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษา ซึ่ง FMEA มีประโยชน์ดังนี้

1) ระบุถึงผลกระทบ และความรุนแรงของข้อบกพร่องเหล่านั้น จะนำไปสู่การบ่งชี้และสาเหตุของข้อบกพร่องเหล่านั้น รวมถึงการพิจารณาอัตราการเกิดขึ้นของสาเหตุนั้นๆ

2) ตรวจสอบการควบคุมในปัจจุบันว่า มีการควบคุมหรือป้องกันไม่ให้สาเหตุที่ถูกระบุมานั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร มีประสิทธิภาพในการควบคุม ตรวจสอบและป้องกันได้ดีเพียงไร

3) จัดลำดับความสำคัญและเร่งด่วนในการแก้ปัญหา

4) ทำการแก้ปัญหา (Corrective Action) สำหรับปัญหาและสาเหตุที่วิกฤต

5) รวบรวมแนวทางในการแก้ปัญหาโดยจัดเก็บเป็นลักษณะเอกสาร

เพื่อให้สามารถนำมาศึกษาถึงแนวทางการปฏิบัติที่ผ่านมา จุดประสงค์หลักของ FMEA คือ การลดข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น หรือเกิดขึ้นในการผลิตหรือการปฏิบัติงาน ซึ่งจำเป็นจะต้องใช้ประสบการณ์ความสามารถและความเชี่ยวชาญจากแผนกต่างๆ เพื่อที่จะได้มาประชุมร่วมกันเพื่อระบุถึงข้อบกพร่อง, ผลกระทบและความรุนแรง, สาเหตุและอัตราการเกิด, วิธีการควบคุมและประสิทธิภาพในการควบคุม และแนวทางแก้ไข

FMEA มีหลายประเภท ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น

1) Design FMEA เป็นการวิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความล้มเหลวนั้นในการใช้งานผลิตภัณฑ์ โดยผู้ออกแบบ (Design) จะต้องคำนึงว่าในการใช้งานจริงนั้น จะเกิดความล้มเหลว (Failure) แบบใดขึ้นบ้าง และจะส่งผลกระทบไปยังชิ้นส่วนอื่นๆ อย่างไร

2) Process FMEA เป็นการวิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวและผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการการผลิต หรือกระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ FMEA

1) ระบุผลิตภัณฑ์หรือองค์ประกอบของระบบหรือส่วนของกระบวนการ

2) ทำรายการ Mode ของความล้มเหลวแต่ละส่วนนั้น

3) กำหนดผลที่แต่ละ Mode ของความล้มเหลวจะมีต่อส่วนต่างๆ ในข้อ 1.

4) ทำรายการสาเหตุที่เป็นไปได้ของแต่ละ Mode ของความล้มเหลว

5) ให้ประเมิน Mode ของความล้มเหลวนั้นเป็นตัวเลข มีสเกล 1-10 อาจจะใช้ประสบการณ์ หรือข้อมูลความเชื่อถืออื่นใด ร่วมกับวิจารณญาณเพื่อกำหนดค่าดังกล่าวให้กับ

O : โอกาสในการเกิดความล้มเหลว (1=low, 10=high)

S : ความร้ายแรงหรือความวิกฤตของความล้มเหลวนั้น (1=low, 10=high)

D : ความยากในการค้นพบความเสียหายก่อนที่จะส่งถึงมือลูกค้า (1= ง่าย, 10 = ยาก)

6) คำนวณผลคูณของ O X S X D ซึ่งเรียกค่านี้ว่า RPN (Risk Priority Number) ทำให้การคำนวณทุก Mode ของความล้มเหลว ค่า RPN แสดงถึงความเร่งด่วนเมื่อเทียบกับ Mode อื่นๆ

7) ให้ระบุวิธีการดำเนินการแก้ไข

2.2.7 การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (Design of Experiment, DOE)

ปารเมศ ชุติมา (2545) การออกแบบการทดลอง หมายถึง การออกแบบทดลองเพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยหรือตัวแปรใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา โดยมีจุดมุ่งหมายดังนี้

1) เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ การพิสูจน์ข้อเท็จจริงหรือความเชื่อจากประสบการณ์หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต

2) เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือ การศึกษาถึงอิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

ส่วนประกอบของการทดลอง

1) ทรีทเมนต์ (Treatment) คือ สิ่งหรือวิธีที่ปฏิบัติต่อสิ่งทดลอง เพื่อวัดผลเปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2) หน่วยทดลอง (Experiment Unit) เป็นมาตราหรือหน่วยใช้วัดอิทธิพลของทรีทเมนต์ ซึ่งโดยคำจำกัดความ หมายถึง สิ่งหนึ่งหรือกลุ่มหนึ่งของการทดลอง ซึ่งได้รับจากทรีทเมนต์เดียวกันในการกระทำครั้งใดครั้งหนึ่ง หน่วยทดลองมีขนาดไม่จำกัด อาจผันแปรไปได้จากการทดลองหนึ่งไปสู่อีกการทดลองหนึ่ง แม้ว่าจะใช้สิ่งทดลองเหมือนกันก็ตาม ในการทำการทดลองแต่ละครั้งจึงต้องให้คำจำกัดความของหน่วยทดลองให้ชัดเจน

3) ปัจจัย (Factor) ได้แก่ กลุ่มของทรีทเมนต์ทั้งหลายที่มีความเกี่ยวข้องกัน (A Particular Class of Related Treatment) อาจใช้คำว่าตัวแปรอิสระก็ได้ ปัจจัยนั้นอาจเป็นได้ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและปริมาณ

ปัจจัยสามารถแบ่งออกเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการดำเนินการทดลองปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้

(Uncontrollable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยได้ เนื่องมาจากมีข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีและต้นทุน ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมแบ่งออกเป็น

1) ตัวแปรรบกวน (Noise Variable) หรือ Background Variableหรือตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) ในการทดลอง แต่ไม่ใช่ปัจจัยที่กำลังทำการศึกษา ส่วนใหญ่มักได้แก่ เวลา หรือเครื่องมืออุปกรณ์ เป็นต้น

2) Nuisance Variable คือ ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง แต่ไม่ทราบมาก่อน สามารถกำจัดอิทธิพลของ Nuisance Variable ได้โดยการสุ่ม

3) ตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) คือ ตัวแปรที่ถูกสังเกตหรือวัดค่าในการทดลอง เรียกอีกอย่างว่า ตัวแปร ซึ่งเป็นตัวแปรที่สะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระ ในการทดลองหนึ่งๆ อาจวัดค่าตัวแปรตามมากกว่า 1 ก็ได้ การเลือกตัวแปรตามที่ดีควรพิจารณาจากความไว (Sensitivity) ความเชื่อถือได้ (Reliability) การแจกแจงของตัวแปรและความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ในการเลือกตัวแปรตามจะต้องพิจารณาค่าสังเกตที่ได้รับจากทรีทเมนต์หนึ่งๆ ควรมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งสมมติฐานความเป็นปกติ (Normality) นี้เป็นสิ่งจำเป็นในการออกแบบการทดลอง ซึ่งอาจจะใช้การแปลงข้อมูล (Transformation) ค่าสังเกตที่มีการแจกแจงไม่ปกติเป็นแบบปกติ

หลักการพื้นฐาน 3 ประการสำหรับการออกแบบการทดลองมีดังนี้

1) เรพลิเคชัน (Replication) หมายถึง การทำการทดลองซ้ำ เรพลิเคชันมีคุณสมบัติ 2 ประการคือ ประการแรกทำให้ผู้ทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ ตัวประมาณค่าความผิดพลาดนี้กลายเป็นหน่วยของการวัดขั้นพื้นฐานสำหรับพิจารณาว่าความแตกต่างสำหรับข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นมีความแตกต่างกันในเชิงสถิติหรือไม่ ประการที่สองถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งในการทดลองดังนั้นเรพลิเคชันทำให้ผู้ทดลองสามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลกระทบ

2) แรนดอมไมเซชัน (Randomization) หมายถึง การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (Random) วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูลหรือความผิดพลาดจะต้องเป็นตัวแปรแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ แรนดอมไมเซชันจะทำให้สมมติฐานนี้เป็นจริง สามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจจะปรากฏในการทดลองได้

3) บล็อกกิง (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง (Precision) ให้แก่การทดลอง บล็อกอันหนึ่งอาจจะหมายถึงส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซ็ตทั้งหมดของวัสดุ

แนวทางในการออกแบบการทดลอง

การใช้วิธีการเชิงสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกคนที่เกี่ยวข้องในการทดลองจะต้องเข้าใจอย่างถ่องแท้ว่า กำลังศึกษาอะไร จะเก็บข้อมูลได้อย่างไร และจะวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้อย่างไร ขั้นตอนในการดำเนินการมีดังนี้

1) ทำความเข้าใจถึงปัญหา (Recognition of and statement of the problem) เป็นการระบุว่าความต้องการในการผลิตคืออะไร และต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้ผู้ทดลองต้องทำความเข้าใจต่อสภาพปัญหาที่จะเกี่ยวโยงไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลอง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการวางแผนและดำเนินการทดลองต่อไป

2) การเลือกปัจจัย ระดับ และขอบเขต (Choice of factors, levels and scope) เป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์จากงานวิจัยต่างๆ เพื่อระบุว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไร สุดท้ายคือ ระบุว่าเป็นแบบกำหนดตายตัว (Fixed Effect) แบบสุ่ม (Random Effect) หรือแบบผสม (Mixed Effect) ซึ่งสามารถอธิบายได้พอสังเขปดังนี้

- แบบกำหนดตายตัว (Fixed Effect) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน

- แบบสุ่ม (Random Effect) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน

- แบบผสม (Mixed Effect) หมายถึง การผสมระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดตายตัวและแบบสุ่ม

3) การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Choice of response variable) การเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทดลองต้องแน่ใจว่าตัวแปรตอบสนองนี้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่กำลังศึกษาอยู่และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง ซึ่งมักจะเป็นค่าเฉลี่ยหรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานองกระบวนการ และเป็นไปได้ว่าในการทดลองหนึ่งอาจมีตัวแปรตอบสนองหลายตัว จึงจำเป็นต้องกำหนดว่า อะไรบ้างคือตัวแปรตอบสนองและสามารถวัดค่าดังกล่าวได้อย่างไร ก่อนเริ่มดำเนินการทดลองควรมีการวิเคราะห์ระบบการวัดค่าตัวแปรตอบสนองนั้น เพื่อให้มั่นใจได้ว่าระบบการวัดดังกล่าวสามารถใช้กับการทดลองได้

4) การเลือกการออกแบบการทดลอง (Choice of experiment design) การเลือกการออกแบบเกี่ยวกับการทดลองขนาดของสิ่งตัวอย่าง (Replications) การเลือกลำดับที่เหมาะสมของการทดลองที่จะใช้ในการเก็บข้อมูล การเลือกใช้หลักการพื้นฐานใดบ้างในการออกแบบ ซึ่งในการเลือกการออกแบบจำเป็นต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองตลอดเวลา

5) การดำเนินการทดลอง (Performing for experiment) การดำเนินการทดลองเป็นการทำตามแผนการทดลองที่ออกแบบไว้ ซึ่งจำเป็นต้องติดตามกระบวนการดำเนินการอย่างระมัดระวัง เนื่องจากหากมีสิ่งผิดพลาดเกิดขึ้นจะทำให้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้

6) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ (Statistical analysis of data) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะนำวิธีการทางสถิติมาใช้ เพื่อพิจารณาว่าผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการทดลองหรือไม่ ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ควรใช้ความรู้ทางวิศวกรรมหรือความรู้เกี่ยวกักระบวนการเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่มีเหตุผลและมีความน่าเชื่อถือ

7) การทดสอบเพื่อยืนยันผล (Confirmation Testing) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว ผู้ทดลองต้องหาข้อสรุปในทางปฏิบัติของกระบวนการที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนนี้ควรนำเอาวิธีการทางกราฟเข้ามาช่วยในการนำเสนอข้อมูล นอกจากนี้ควรทำการทดลองเพื่อยืนยัน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อสรุปอีกครั้ง

การเลือกรูปแบบการทดลอง

1) การออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เป็นแผนการทดลองแบบง่ายที่สุด เหมาะสมกับการทดลองที่ไม่สามารถแยกได้ว่าหน่วยทดลองที่นำมาใช้นั้นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรก่อนการทดลอง การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองนี้จะแยกสาเหตุของความผันแปรของข้อมูลทั้งหมดว่าเนื่องมาจากอิทธิพลของทรีทเมนต์แต่เพียงอย่างเดียว ไม่มีสาเหตุจากปัจจัยอื่น จึงเรียกข้อมูลนี้ว่าข้อมูลแบบแจกแจงทางเดียว (One-Way Classification)

ตามแผนการทดลองแสดงว่า เมื่อหน่วยทดลองได้รับทรีทเมนต์ที่ต้องการทดสอบแล้ว ความแตกต่างของข้อมูลที่เก็บได้จากแต่ละหน่วยทดลองจะต้องเกิดจากอิทธิพลของทรีทเมนต์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้แผนการทดลองมีประสิทธิภาพสูงสุด หน่วยทดลองที่นำมาใช้ควรมีลักษณะที่สม่ำเสมอหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุด (Homogenous) หรือมีความผันแปรระหว่างหน่วยทดลองที่น้อยที่สุด หลักสำคัญของแผนการทดลองนี้คือ การจัดทรีทเมนต์ให้กับหน่วยทดลองหรือจัดหน่วยทดลองให้กับทรีทเมนต์จะต้องเป็นไปโดยสุ่ม ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับการสุ่ม

โครงสร้างข้อมูล

สมมติให้การทดลองมี	a	ทรีทเมนต์ (หรือ a ระดับ)
	n	คือ จำนวนค่าสังเกตในแต่ละทรีทเมนต์
	Yij	คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

Treatment	1	2	...	i	...	a	
	Y11	Y21		Yi1		Ya1	
	Y12	Y22		Yi2		Ya2	
	Y13	Y23		Yi3 Y		a3	
	.	.		.		.	
	Y1n	Y2n		Yin		Yan	
Totals	Y1	Y2		Yi		Ya	y..= Grand Total
Sample means	Y1	Y2		Yi		Ya	y..= Grand Mean

ตัวแบบทางสถิติของแผนการทดลองนี้ คือ

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1,2,...,a \qquad (2.12)$$

$$j = 1,2,...,n \text{ มนต์ i}$$

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τ_i คือ อิทธิพลอันเกิดจากทรีทเมนต์ i

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

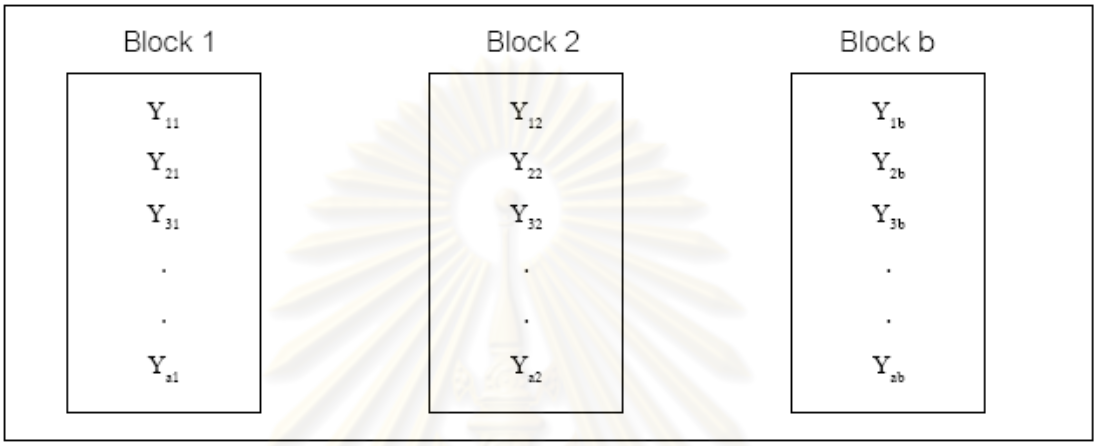
2) การออกแบบการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCB)

ในบางการทดลองอาจประสบปัญหาเกี่ยวกับหน่วยการทดลองที่ใช้ไม่มีความสม่ำเสมอ ทำให้การทดลองแบบสุ่มตลอดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากความผันแปรของข้อมูลจะไม่ใช่ผลของทรีทเมนต์เพียงอย่างเดียว แต่ยังมีความผันแปรที่เกิดจากหน่วยทดลองรวมอยู่ด้วย ซึ่งความผันแปรส่วนหลังนี้จะไปรวมอยู่กับความคลาดเคลื่อนของการทดลองทำให้ผลรวมของผลบวกของกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าสูงขึ้น มีผลต่อการทดสอบทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงต้องพยายามแยกผลอันเกิดจากอิทธิพลอื่น ที่ไม่ใช่ทรีทเมนต์ออกจากความแปรปรวนทั้งหมด เพื่อให้แน่ใจว่าผลที่นำมาวิเคราะห์นั้นเป็นอิทธิพลของทรีทเมนต์ (Treatment Effect) แต่เพียงอย่างเดียว

แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม เป็นวิธีหนึ่งในหลายๆ วิธีของการจำแนกแบบสองทาง (Two-Way Classification) จะใช้เมื่อหน่วยทดลองมีความแตกต่างกัน 2 ลักษณะคือ ทางแนวนอน (Row) และทางแนวตั้ง (Column) มีหลักการคือ พยายามจัดหน่วยทดลองที่มีความคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งจะเรียกว่า บล็อก ดังนั้นความแปรปรวนระหว่างหน่วยทดลองในบล็อก

เดียวกันจึงมีค่าต่ำ และให้ความแตกต่างระหว่างบล็อกมีค่าสูง ในแต่ละบล็อกกระทำโดยสุ่ม กรณีนี้จะทำให้แยกความแตกต่างระหว่างบล็อกออกมาจากยอดรวมของผลบวกของกำลังสองได้

โครงสร้างข้อมูล สมมติให้การทดลองมี a ทรีทเมนต์ และ b บล็อก ตามแผนภาพจะเห็นว่ามีค่าสังเกต 1 ค่าต่อ 1 ทรีทเมนต์ในแต่ละบล็อก



รูปที่ 2.3 การออกแบบบล็อกแบบสุ่มบริบูรณ์

ตัวแบบทางสถิติของแผนการทดลองนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1,2,...,a \quad (2.13)$$

$$j = 1,2,...,b$$

โดยที่ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τ_i คือ อิทธิพลอันเกิดจากทรีทเมนต์ i

β_j คือ อิทธิพลการเกิดจากบล็อกที่ j

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

3) การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design)

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล เป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ในกรณีที่มีปัจจัย ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป โดยทุกๆ Treatment Combination ของปัจจัยทุกตัวที่ศึกษาจะถูกพิจารณาไปพร้อมๆ กัน

ผลที่เกิดขึ้นจากปัจจัยหนึ่ง หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบที่เกิดจากการเปลี่ยนระดับของปัจจัยนั้นๆ ซึ่งเรียกว่า ผลหลัก (Main Effect) ในการทดลองที่มีผลแตกต่างของผลตอบที่เกิดขึ้นบนระดับต่างๆ ของปัจจัยหนึ่งมีค่าไม่เท่ากันที่ระดับอื่นๆ ทั้งหมดของปัจจัยอื่น ซึ่งหมายถึง ผลตอบของปัจจัยหนึ่งขึ้นอยู่กับระดับของปัจจัยอื่นๆ นั่นเอง เรียกเหตุการณ์นี้ว่า การมีอันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยค่าที่จุดต่างๆ คือตัวแปรตอบสนองเมื่อมีปัจจัย 2 ตัวคือ A และ B โดยแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับคือ – หรือ Low และ + หรือHigh ประโยชน์ของการทดลองแบบแฟคทอเรียล คือ มีจำนวนการทดลองน้อยกว่าการทดลองแบบอื่นและยังให้ผลที่เกี่ยวข้อง (Interaction Effect) ซึ่งมีความสำคัญมาก และไม่สามารถหาค่าได้จากการทดลองแบบเปรียบเทียบอย่างง่ายและการทดลองทีละปัจจัย (One factor at a time)ทั้งนี้ถ้าหากมีการละเลยผลของ Interaction อาจทำให้ข้อสรุปผิดพลาด

4) การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2k (2k Factorial Design)

การออกแบบแฟคทอเรียลที่มีความสำคัญที่สุดคือ กรณีที่มีปัจจัย K ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ระดับเหล่านี้อาจจะเกิดข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิ ความดันหรือเวลา เป็นต้น หรืออาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพก็ได้ เช่น เครื่องจักร หรือคนงาน เป็นต้นและ 2 ระดับจะแทนด้วยระดับสูง หรือต่ำ ของปัจจัยหนึ่งๆ หรือการมี หรือไม่มี ของปัจจัยนั้นๆ ก็ได้

ใน 1 เรพลิเคตที่บริบูรณ์สำหรับการออกแบบ ประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น 2 x 2 x 2 x ... x 2 = 2^k ข้อมูล เรียกการออกแบบลักษณะนี้ว่า การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2k

โดยกำหนด

- ปัจจัยทั้งหมดมีค่าตายตัว
- การออกแบบเป็นแบบเชิงสุ่มบริบูรณ์ (Completely Randomized)
- สมมติฐานเกี่ยวกับความเป็นปกติเป็นที่ยอมรับได้

2.2.8 หลักการทางสถิติที่จำเป็นในการวิเคราะห์ข้อมูล

1) การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (Model Adequacy Checking)

จากสมการ $y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ (2.14)

โดยที่ μ คือ ค่าเฉลี่ย

τ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย

ε คือ ความคลาดเคลื่อน

ในการออกแบบการทดลองส่วนใหญ่ มักตั้งสมมติฐานในการวิเคราะห์จากการที่ y ตัวแปรมีการกระจายแบบแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ดังนั้น y จะมีการกระจายแบบนี้ได้ต้องให้ ε มีการกระจายแบบปกติด้วย และต้องเป็นการกระจายที่เป็นอิสระ $\varepsilon_{ij} \sim NID(0,\sigma^2)$

การตรวจสอบ ε_{ij} มี 3 ขั้นตอน คือ

1. การตรวจสอบการกระจายว่าเป็นแบบแจกแจงปกติ (Normal Distribution) หรือไม่ โดยการใช้วิธีการดังนี้

- การทดสอบแบบไคร์สแควร์ ($x2$ – Goodness of Fit Test)
- การทดสอบแบบโคโกโมรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolgomorov-Smirnov Test)
- การทดสอบโดยใช้กระดาษตรวจสอบการแจกแจงปกติ (Normality Probability Plot: NOPP)

2. การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) แล้วดูลักษณะการกระจายของจุดที่แทนข้อมูลบนแผนภูมิว่าเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่

3. การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)โดยใช้แผนภูมิการกระจายค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ในแต่ละระดับของปัจจัย ถ้ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน(Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

2) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

การทดสอบสมมติฐานเชิงสถิติ เป็นถ้อยแถลงที่เกี่ยวกับความน่าจะเป็นของตัวแปรแบบสุ่มที่มีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ที่มากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งค่าพารามิเตอร์สมมติฐานแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

- สมมติฐานที่กำหนด (Null Hypothesis) เป็นข้อสงสัยหรือข้อสมมติเกี่ยวกับลักษณะต่างๆ ในประชากรที่ต้องการพิสูจน์ว่าจริงหรือไม่ โดยใช้สัญลักษณ์ H_0
- สมมติฐานแย้ง (Alternative Hypothesis) เป็นข้อความหรือความคิดเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่หวังว่าจะเป็น โดยจะต้องมีความหมายที่แย้งกับสมมติฐานที่กำหนด โดยใช้สัญลักษณ์ H_1 โดยโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะทำการปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด(Reject H_0) จะถูกกำหนดโดยระดับนัยสำคัญ ซึ่งเป็นโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่น้อยมากที่ค่าพารามิเตอร์จะตกอยู่ในช่วงของการปฏิเสธสมมติฐานเป็นจริง โดยทั่วไปมักจะทำการเปลี่ยนช่วงของการปฏิเสธสมมติฐานหรือระดับความมีนัยสำคัญเป็นค่าวิกฤติ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหรือตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนดการตัดสินใจที่ยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนดอาจเกิดความผิดพลาดได้ 2 กรณี คือ

กรณี 1 ความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด โดยที่สมมติฐานที่กำหนดมีความถูกต้องหรือมีความเป็นจริง เรียกว่า ความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error) ซึ่งความผิดพลาดนี้คือ ระดับความมีนัยสำคัญในการตรวจสอบสมมติฐาน

กรณี 2 ความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานที่กำหนด โดยที่สมมติฐานที่กำหนดมีความไม่ถูกต้องหรือไม่มีความจริง เรียกว่า ความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type IIError) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานที่กำหนด	สมมติฐานที่กำหนดมีความถูกต้อง	สมมติฐานที่กำหนดไม่มีความถูกต้อง
ยอมรับ	การตัดสินใจที่ถูกต้อง	ความผิดพลาดแบบที่ 2
ปฏิเสธ	ความผิดพลาดแบบที่ 1	การตัดสินใจที่ถูกต้อง

โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดแบบที่ 1 และแบบที่ 2 สามารถแสดงได้ดังนี้

α = P (ความผิดพลาดแบบที่ 1)

= P (การปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด: สมมติฐานที่กำหนดถูกต้อง)

β = P (ความผิดพลาดแบบที่ 2)

= P (การยอมรับสมมติฐานที่กำหนด: สมมติฐานที่กำหนดไม่ถูกต้อง)

โดยที่ $1-\beta$ = อำนาจของการทดสอบ

= P (การปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด: สมมติฐานที่กำหนดถูกต้อง)

3) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)

ภายหลังจากที่ได้ออกแบบการทดลอง และทำการทดลองแล้ว ขั้นต่อไปก็คือ การนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ เพื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ หรือหาแนวโน้มต่อไปโดยใช้หลักการของ ANOVA หรือ การถดถอย (Regression)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นวิธีการคำนวณแบบเลขคณิต โดยการแยกผลรวมกำลังสองทั้งหมด (Total Sum of Square: SST) ออกเป็นส่วนต่างๆ ตามแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุ โดยจะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์ว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อการทดลองโดยพิจารณาความแตกต่าง โดยวัดความแตกต่างรวมออกมาในรูปของความแปรปรวนแล้วแตกออกมาเป็นความแตกต่างย่อย ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างย่อยเหล่านั้น หากความแตกต่างใดมีค่ามากกว่า แสดงว่าปัจจัยนั้นทำให้เกิดความแตกต่าง โดยมีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square; MS) ซึ่งเป็นตัวที่ประมาณค่าความแปรปรวนที่ดีที่สุด

$$MS = \frac{ss}{df} \tag{2.15}$$

เมื่อ ss คือ ผลรวมกำลังสอง (Sum of Square)

df คือ องศาของความอิสระ (Degree of Freedom)

2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์

การประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ คือ กระบวนการนำชิ้นส่วนรถยนต์ประกอบเข้ากับตัวถังรถยนต์ โดยที่มีลำดับการประกอบก่อนหลัง และการประกอบชิ้นส่วนจะแยกตามรุ่น ประเทศ ขนาดเครื่องยนต์ เป็นต้น

2.3.1 กลุ่มงานการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์

ฝ่ายประกอบชิ้นส่วนแบ่งกลุ่มงานการประกอบทั้งหมด เป็น 10 กลุ่มงาน ดังนี้

1) กลุ่มงานประกอบอุปกรณ์สายไฟ 1 มีหน้าที่ทำงานประกอบเกี่ยวกับสายไฟต่างๆ เช่น การประกอบสายไฟภายในห้องเครื่อง, สายไฟภายในห้องโดยสาร, สายไฟห้องเก็บของ

2) กลุ่มงานประกอบอุปกรณ์สายไฟ 2 มีหน้าที่ทำงานประกอบเกี่ยวกับสายไฟต่างๆ เช่น การประกอบสายไฟในตัวรถ และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ อุปกรณ์ระบบเบรค ABS, ระบบหม้อน้ำ, ระบบแอร์, โช้คหลัง

3) กลุ่มงานประกอบอุปกรณ์ภายใน 1 มีหน้าที่ประกอบเกี่ยวกับอุปกรณ์ภายในรถยนต์ เช่น การประกอบเข็มขัดนิรภัย, ชุดตู้แอร์, ชุดขาเบรค, คันเร่ง, พรมปูพื้น, ผ้าหลังคา, ชุดคอนโซลหน้า, ไฟท้าย

4) กลุ่มงานประกอบอุปกรณ์ภายใน 2 มีหน้าที่ประกอบเกี่ยวกับอุปกรณ์ภายในรถยนต์ เช่น การประกอบวิทยุ, ไฟหน้า, กันชนหน้าและหลัง, ชุดบังคับเลี้ยว

5) กลุ่มงานประกอบช่วงล่าง 1 มีหน้าที่ทำงานประกอบเกี่ยวกับอุปกรณ์ช่วงล่างของรถยนต์ เช่น การประกอบระบบช่วงล่าง, เครื่องยนต์, ระบบเบรค, ล้อ, ชุดบังคับเลี้ยว, ถังน้ำมัน, ระบบท่อไอเสีย

6) กลุ่มงานประกอบช่วงล่าง 2 มีหน้าที่ทำงานประกอบเกี่ยวกับอุปกรณ์ชิ้นส่วนย่อยช่วงล่าง เช่น การประกอบระบบช่วงล่าง, ระบบเบรค, ชุดบังคับเลี้ยว, ระบบท่อไอเสีย

7) กลุ่มงานประกอบอุปกรณ์ภายนอก 1 มีหน้าที่ประกอบเกี่ยวกับชิ้นส่วนภายในห้องโดยสาร เช่น การประกอบเบรคมือ, เบาะหลัง, กระจกบังลมหน้าและหลัง

8) กลุ่มงานประกอบอุปกรณ์ภายนอก 2 มีหน้าที่ประกอบเกี่ยวกับชิ้นส่วนภายในห้องโดยสาร เช่น การประกอบสายไฟประตู, แผงประตู, กระจกประตู, กระจกมองข้าง

9) กลุ่มงานประกอบอุปกรณ์ทั่วไป มีหน้าที่ประกอบเกี่ยวกับชิ้นส่วนและอุปกรณ์ทั่วไป โดยทำการประกอบชิ้นส่วนภายในและภายนอกห้องโดยสาร เช่น การประกอบเบาะหน้า, พวงมาลัย, ถุงลมนิรภัย, เติมน้ำยาหม้อน้ำ, เติมน้ำมันเชื้อเพลิง, การตรวจสอบคุณภาพการประกอบทั้งภายในและภายนอก

10) กลุ่มงานซ่อมรถที่มีปัญหาจากการประกอบ มีหน้าที่แก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับการประกอบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ทั่วไปให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานกำหนด โดยงานหลักทำการซ่อมรถที่มีปัญหาจากการประกอบ เช่น ปัญหาระบบไฟผิดปกติ, ปัญหาเสียงดัง, ปัญหาน้ำรั่ว, ปัญหาประกอบไม่ดี, ควบคุมจำนวนรถที่มีปัญหาจากการประกอบให้อยู่ในเป้าหมายรายวัน และการรายงานปัญหาที่ทำให้เกิดการส่งมอบล่าช้า เป็นต้น

2.3.2 บัญญัติ 10 ประการของฝ่ายประกอบชิ้นส่วน

1) ทำความเข้าใจกับ Work Instruction, Operation Standard อย่างละเอียดถี่ถ้วน และยึดมั่นในนโยบาย ไม่รับของเสีย ไม่ทำของเสีย และไม่ส่งของเสีย เพราะถ้าไม่เข้าใจจะทำให้งานไม่ได้มาตรฐานหลุดไปถึงลูกค้า และบริษัทเสียชื่อเสียง

2) ทำความเข้าใจและสามารถชี้บ่งได้ว่า รถที่จะประกอบเป็น Model ใด Type ใด โดยดูจาก Production Sheet เพราะถ้าไม่เข้าใจจะทำให้ประกอบชิ้นส่วนผิดรุ่นได้และเสียเวลาในการเปลี่ยนชิ้นส่วน

3) ทำความเข้าใจและสามารถแจกแจงลักษณะเฉพาะของชิ้นส่วน โดยอ้างอิง Part Identification ได้ เพราะถ้าไม่เข้าใจจะทำให้ประกอบชิ้นส่วนผิดรุ่นได้และเสียเวลาในการเปลี่ยนชิ้นส่วน

4) ห้ามปฏิบัตินอก Process ของตนเอง เพราะถ้าปฏิบัติงานนอก Process จะทำให้ประกอบไม่ทัน ต้องเร่งรีบ งานไม่มีคุณภาพ

5) ขณะ Line หยุด ห้ามหยุดงานกลางคัน ต้องทำให้เสร็จสมบูรณ์แล้วจึงหยุด เพราะถ้าปฏิบัติงานไม่ครบทุกขั้นตอน จะทำให้ลืมประกอบได้ และอาจหลุดรอดไปถึงลูกค้า

6) ห้ามเปลี่ยนพนักงานกลางคัน ในขณะปฏิบัติงานต้องทำให้จบ Process ก่อน เพราะถ้าปฏิบัติงานไม่ครบทุกขั้นตอน จะทำให้ลืมประกอบได้ และอาจหลุดรอดไปถึงลูกค้า

7) เมื่อกลับเข้า Process ต้องตรวจสอบการทำงานของพนักงานที่ทำงานแทนว่าครบถ้วนถูกต้องหรือไม่ เพราะถ้าปฏิบัติงานไม่ครบทุกขั้นตอน จะทำให้ลืมประกอบได้ และอาจหลุดรอดไปถึงลูกค้า

8) เมื่อรู้ตัวไม่สบายหรือร่างกายไม่พร้อม ไม่ควรปฏิบัติงาน และให้แจ้งหัวหน้างานทราบ เพราะถ้าร่างกายไม่พร้อมแล้วฝืนทนปฏิบัติงาน จะทำให้อาการป่วยอาจจะทรุดหนักได้

9) ขณะปฏิบัติงานถ้ามีความสงสัยหรือพบสิ่งผิดปกติ รีบรายงานให้หัวหน้างานทราบทันที ห้ามตัดสินใจเองโดยเด็ดขา เพราะถ้าไม่แจ้งหัวหน้างานทราบหรือตัดสินใจด้วยตนเอง จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้

10) หลังจากแจ้งหรือรายงานปัญหาแล้ว พนักงานจำเป็นต้องรับทราบความคืบหน้าหรือการแก้ไขปัญหาจากหัวหน้างานทุกครั้ง โดยหัวหน้างานจะเป็นผู้รายงาน หรือสอบถามจากหัวหน้างานโดยตรง เพราะถ้าไม่เข้าใจถึงลักษณะสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น อาจจะทำให้เกิดปัญหาซ้ำขึ้นมาอีก

2.3.3 เอกสารที่ใช้ในการประกอบชิ้นส่วน

1) Production Plan เอกสารแจ้งแผนการผลิตประจำวัน เพื่อใช้ในการวางแผนการเตรียมความพร้อมและสำหรับตรวจสอบในส่วนของชิ้นส่วนที่ใช้ประกอบ, เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต

2) Production Sheet เอกสารชี้บ่งให้ทราบว่ารถที่ทำการผลิตเป็น Model ใด, Type ใด, ส่งขายประเทศอะไร

3) Process Part List เอกสารแจ้งจำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ในการประกอบในแต่ละ Process การทำงาน

4) Part Identification List เอกสารชี้บ่งให้ทราบถึงลักษณะเฉพาะของชิ้นส่วน โดยจะมี Mark กำหนดในแต่ละลักษณะ เพื่อป้องกันปัญหาการประกอบผิดรุ่น

5) Tag Part เอกสารชี้บ่งชิ้นส่วนว่าเป็น Part อะไร, Model อะไร, Type อะไร และแจ้งสถานที่ที่ให้ทำการจัดส่งในสายการผลิต ซึ่งเอกสารนี้มีประโยชน์โดยตรงกับพนักงานจัดส่งชิ้นส่วน และพนักงานประกอบใช้สำหรับตรวจสอบกลับว่าตรงกับชิ้นส่วนที่ต้องการนำไปใช้ในการประกอบ

6) Work Instruction เอกสารแสดงขั้นตอนการปฏิบัติของพนักงานที่พึงปฏิบัติ และมีรายละเอียดของอุปกรณ์สวมใส่เพื่อป้องกันอุบัติในกระบวนการผลิตนั้นๆ, ระดับความสำคัญของปัญหา, ระดับความสำคัญของชิ้นส่วน, มาตรฐานการประกอบ เช่น ค่าการขันแน่น, อุปกรณ์ที่ใช้ในการขันแน่น, ระยะห่างในการรัด Clamp, ข้อควรระวังในการประกอบ และการควบคุมคุณภาพ

7) IPP Tag เอกสารแจ้งว่าชิ้นส่วนมีการเปลี่ยนแปลงจากผู้ผลิต

8) AF Problem Record Sheet เอกสารบันทึกปัญหาการประกอบ สำหรับพนักงานตรวจสอบคุณภาพการประกอบใช้ในการเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 การควบคุมและปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิตรถยนต์

สุวิทย์ บุญชูจรัส (2539) ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับการพ่นสีตัวถังรถยนต์ ซึ่งพบปัญหาว่าขาดการวางแผนการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพที่ดี ผู้วิจัยจึงได้เสนอวิธีการปรับปรุงที่มีทั้งสิ้น 3 ขั้นตอน คือ จัดทำระบบตรวจสอบสีก่อนนำเข้าใช้งาน, การพัฒนาการตรวจสอบและควบคุมในกระบวนการผลิต และขั้นสุดท้ายคือการพัฒนาการตรวจสอบคุณภาพผลผลิต

สุวิทย์ กล่ำเพ็ง (2543) ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการพ่นสีที่ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของการพ่นสี โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงปัญหาการเกิดฝุ่นผง สิ่งสกปรกในสี แบะการเกิดปัญหารอยด่าง โดยใช้เครื่องมือ คือ การระดมสมอง เทคนิคการควบคุมคุณภาพ และการออกแบบการทดลองเชิงสถิติ ทำให้ภายหลังการแก้ไขสามารถลดปริมาณของเสียจาก 3.30% เหลือเพียง 1.53%

ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์ (2543) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาชนิดและขนาดของความผันแปรในระบบการวัด ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เป็นอยู่และทำการลดและควบคุมความผันแปรเพื่อปรับปรุงระบบการวัด โดยทำการวิเคราะห์ความถูกต้อง โดยใช้วิธีแผนภูมิควบคุมเป็นการทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่เครื่องมือเสื่อมสภาพ พบว่าผลการประเมินเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดมีค่า % GR&R เกินกว่ามาตรฐานกำหนด จึงได้ดำเนินปรับปรุงแก้ไข พร้อมจัดทำคู่มือและมาตรฐานการใช้งานจนระบบการวัดมีที่ GR&R < 10% และพบว่าการใช้เครื่องมือวัดส่วนใหญ่มีปัญหาด้านความถูกต้องและความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน จึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขและจัดคู่มือทำ

มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงานจนระบบวัดดังกล่าว มีค่าความสามารถในการวัดซ้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ

2.4.2 ซิกซ์ ซิกมา กับการประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรม

นวลพรรณ ใจงาม (2542) ผู้วิจัยได้ผลหลังจากการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตพบว่าอัตราส่วนข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ลดลงจาก 31,600 DPPM เป็น 7,890 DPPM หรือเมื่อเทียบในระดับ σ สามารถปรับปรุงจากระดับ 3.36 เป็น 3.91และสามารถลดค่าความเสียหายและได้รับผลประโยชน์ตอบแทนจากการปรับปรุงคุณภาพ 163,900 ดอลลาร์สหรัฐ

อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว (2545) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกระป๋อง ซึ่งเป็นข้อมูลนับด้วยแนวทางของซิกซ์ ซิกมา โดยผู้วิจัยทำการศึกษาความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัดการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาทำโดยแผนภาพแสดงเหตุและผล และเชื่อมโยงเพื่อหาความรุนแรงของปัญหาด้วยวิธีการ FMEA หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุต่างๆ เหล่านั้นว่ามีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นจึงปรับปรุงเพื่อลดสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้น และยืนยันผลการทดลอง สุดท้ายจัดทำมาตรการควบคุมและป้องกันปัญหา

ภัทรา อายุวัฒน์ (2546) ผู้วิจัยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการการประกอบชุดหัวอ่านสำเร็จ โดยต้องการที่จะหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการรับน้ำหนักกดของชุดหัวอ่านสำเร็จ และหาเงื่อนไขที่เหมาะสม และผลลัพธ์ คือ สามารถกำหนดค่าของระดับของปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าการรับน้ำหนักกดของชุดหัวอ่าน จากนั้นทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลก่อนนำไปใช้งานจริงในกระบวนการผลิต จากนั้นทำการควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญด้วยในขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ

วรภูมิ จตุวรพัฒน์ (2547). ผู้วิจัยใช้แนวทางการปรับปรุง และออกแบบบรรจุภัณฑ์ โดยวิธีการแบบซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดต้นทุนของการขนส่ง และต้นทุนของบรรจุภัณฑ์ แต่ผลหลังจากการปรับปรุงต้องการที่จะให้บรรจุภัณฑ์สามารถสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการขนส่งผลิตภัณฑ์อีกด้วย ซึ่งผลจากการปรับปรุงพบว่าสามารถลดต้นทุนของบรรจุภัณฑ์จาก 0.598 ลงเหลือ 0.156 เหรียญสหรัฐต่อหน่วย และลดต้นทุนการขนส่งผลิตภัณฑ์ระหว่างประเทศไทยกับประเทศจีนจาก 0.582 ลงเหลือ 0.205 เหรียญสหรัฐต่อหน่วย

วสันต์ พุกผาสุข (2549) ผู้วิจัยต้องการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและปรับปรุงคุณภาพผิวงานชุบโครเมียมโดยวิธีการซิกซ์ ซิกมา ซึ่งมีการตั้งเป้าหมายเป้าหมายในการลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นลง 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลหลังการปรับปรุงพบว่าค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนลดลงจาก 146,295 PPM เหลือเพียง 25,780 PPM และทำให้ลดมูลค่าความสูญเสียจาก 774,714 บาทต่อเดือนเหลือ 128,648 บาทต่อเดือน และสามารถบรรลุเป้าหมายที่ได้ไว้ คือ สามารถลดระดับการเกิดของเสียลงถึง 82 เปอร์เซ็นต์

ศิริวดี เอื้ออรัญโชติ (2550) ผู้วิจัยต้องการปรับปรุงข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากคราบสกปรกของกระบวนผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับคอมพิวเตอร์ โดยก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 245,153 DPPM ซึ่งใช้การดำเนินการคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมา ภายหลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่า สามารถลดความสูญเสียได้เป็นจำนวนเงิน 8,091 ดอลลาร์ โดยพิจารณาจากระยะเวลาระหว่างการดำเนินการวิจัยคิดเป็น 53% ของจำนวนของเสียที่ลดได้จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 79,080 DPPM

ธีรพร เสนพรหม (2550) ผู้วิจัยต้องการที่จะลดของเสียจากปัญหารอยขีดข่วนของแม่แบบแก้วที่ใช้ในการผลิตเลนส์สายตาชนิดบางพิเศษซึ่งเป็นข้อมูลนับ โดยทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสัดส่วนของเสีย และได้ทำการทดสอบยืนยันผลเป็นเวลา 1 เดือน จากนั้นจึงนำปัจจัยนำเข้าที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญมาจัดทำแผนควบคุม และสรุปผลที่ได้หลังทำวิจัยเป็นสัดส่วนของแม่แบบเสียที่ลดลงในหน่วยของเปอร์เซ็นต์และ PPM, ระดับซิกมา และมูลค่าความสูญเสีย

อัมพวรรณ จิรอาภาวงศ์ (2551) ผู้วิจัยต้องการที่จะหาสภาวะการบดที่ดีที่สุด โดยการออกแบบการทดลองทางสถิติแบบ 2^k factorial with center point และสร้างสมการ multi-factors linear regression model ข้อสรุปของการทดลองที่ได้นำไปสู่การลดพลังงานในการบดลง 28% โดยใช้สภาวะการบดที่ปริมาณวัตถุดิบ 39% และเติมลูกบด 38% ของปริมาตรหม้อบด และใช้เวลาบด 5.75 ชั่วโมง ลดลงจากเวลาเดิมที่ 8 ชั่วโมง และการทดลองยังส่งผลให้ได้คุณภาพการบดสูงขึ้น

2.4.3 การออกแบบการทดลอง กับการประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรม

วิชาญ วรรณา (2545) ผู้วิจัยได้พิจารณาหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเหล็กปลายสั้นโดยใช้แผนการทดลอง 2^k แฟคทอเรียล พบว่ามี 3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเหล็กปลายสั้น จึงเพิ่มระดับของปัจจัยจาก 2 เป็น 3 ระดับ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดเหล็กปลายสั้นที่มีความยาวน้อยที่สุด และได้ผลสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดเหล็กปลายสั้นที่มีความยาวน้อยที่สุด

สุรสิทธิ์ ทองทวีชัยกิจ (2542) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสภาวะการตัดในแต่ละขั้นตอนย่อย สำหรับกระบวนการเจียระไนทรงกระบอก (แบบยันศูนย์) ที่มีผลต่อความหยาบผิว โดยผู้วิจัยใช้วิธีการออกแบบการทดลอง ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าเพียงควบคุมอัตราการป้อนล้อหินเจียระไนเข้าหาชิ้นงาน ในช่วงการเจียระไนละเอียดพิเศษและเวลาหยุดนิ่งหลังการเจียระไน ในช่วงการเจียระไนละเอียดพิเศษ ให้มีค่าที่เหมาะสม และสามารถลดเวลาในการเจียระไนสำหรับชิ้นงานตัวอย่างลงได้ถึง 31.58 เปอร์เซ็นต์ และได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องด้วยสมการถดถอย

ศรัยนี เจ๊ะโซะ (2551) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวแปรกระบวนขาเข้าที่มีอิทธิพลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงการโก่งตัวด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกมา เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงการโก่งตัวในกระบวนการผลิต โดยผู้วิจัยทำการทดลองด้วย Fraction Factorial Design และพบว่ามี 6 ตัวแปรจาก 13 ตัวแปรที่มีอิทธิผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการโก่งตัว และมีเพียง 3 ตัวแปรเท่านั้น และใช้ Full Factorial Design เพื่อศึกษาพฤติกรรมของตัวแปรดังกล่าวที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการโก่งตัวของหัวอ่านอย่างมีนัยสำคัญ สุดท้ายผู้ทดลองจึงหาจุดที่เหมาะสมสำหรับการปรับตั้งค่าตัวแปรกระบวนการที่เหมาะสมด้วยการใช้ Central Composite Design

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ระยะการนิยามปัญหา

ในบทนี้จะกล่าวถึง การจัดตั้งคณะทำงาน การระบุปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการทำงานของกระบวนการฉีดซีลในกระบวนการประกอบกระจกหน้าที่อธิบายขั้นตอนการทำงานโดยการแสดงด้วยแผนภาพการผลิต คำอธิบายรายละเอียดของกระบวนการโดยแยกตามกลุ่มงาน กำลังการผลิต และการนิยามปัญหาโดยมีการอธิบายถึงวิธีการเก็บข้อมูล ความหมายและค่าใช้จ่ายในการซ่อมของชนิดการซ่อมต่าง ๆ การรวบรวมข้อมูลปัญหาน้ำรั่วที่นำเอามาคิดค่าใช้จ่าย เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาเรโต แล้วทำการกำหนดข้อบกพร่องหลักที่จะเลือกนำมาแก้ไข, กำหนดขอบเขตและตั้งเป้าหมายในการติดตามผลการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

3.1 การจัดตั้งคณะทำงาน

งานวิจัยนี้มีการจัดตั้งคณะทำงาน เพื่อช่วยกันเก็บข้อมูลรวบรวมปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซ่อมแก้ไขปัญหาน้ำรั่ว แล้วทำการร่วมวิเคราะห์หาสาเหตุที่น่าจะเป็น หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์คัดเลือกสาเหตุ และดำเนินการปรับปรุงแก้ไข เพื่อลดจำนวนปัญหาน้ำรั่วและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากงานซ่อม ซึ่งสมาชิกในคณะทำงานประกอบด้วย ผู้จัดการที่เป็นผู้ให้คำปรึกษา 1 คน วิศวกรด้านคุณภาพการประกอบรวมผู้จัดทำงานวิจัย 4 คน วิศวกรด้านตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูป 1 คน และหัวหน้าคนงานทั่วไป 5 คน

3.2 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์

กระบวนการฉีดซีลของกระบวนการประกอบกระจกหน้าและหลังของโรงงานกรณีศึกษาจะแบ่งออกเป็นกระบวนการประกอบรถยนต์รุ่นเล็ก 1 และรุ่นเล็ก 2 ซึ่งมีกระบวนการผลิตที่เหมือนกัน โดยมีขั้นตอนของกระบวนการดังกล่าวแสดงในรูปที่ 3.1 และรายละเอียดในแต่ละกระบวนการมีดังนี้

3.2.1 กระบวนการผลิตโดยแบ่งแยกตามขั้นตอนการประกอบ

1) ทาไพร์มเมอร์ (PRIMER) ที่แนวเส้นประที่เป็นไกด์ไลน์ (Body Line)

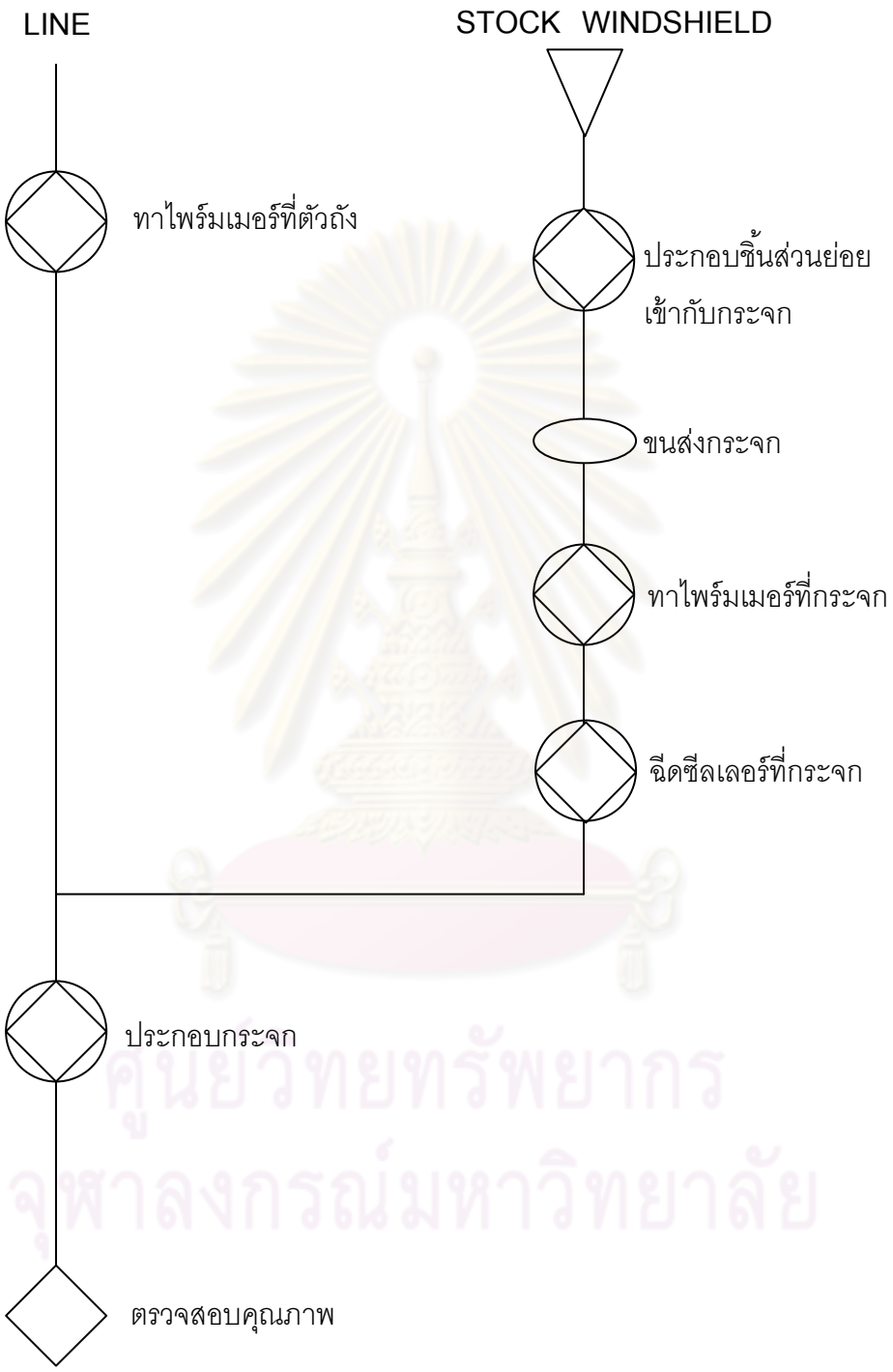
2) ประกอบชิ้นส่วนย่อยเข้ากับกระจกหน้าหรือหลัง (Sub Assy Windshield)

3) ทาไพร์มเมอร์ที่กระจกหน้าหรือหลัง (WINDSHILD)

4) ฉีดซีลเลอร์ (SEALER) ที่กระจกหน้าหรือหลัง

5) ประกอบกระจกหน้าหรือหลัง

3.2.2 **แผนภาพการผลิต**



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนของกระบวนการประกอบกระจกหน้าและหลัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.3 กำลังการผลิต

ใน 1 วันทำงานของโรงงานกรณีตัวอย่าง มีการทำงาน 1 ช่วงเวลาคือ กะเช้า ซึ่งมีระยะเวลาการทำงานปกติ คือ 08.00 - 17.00 น. และเวลาที่ไม่มีการผลิตคือ เวลาพักกลางวัน 60 นาที, เวลาพักเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน 2 ช่วงๆ ละ 10 นาที คือ 10.00 - 10.10 น. และ 15.00 - 15.10 น. เวลาเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มงาน 5 นาที เวลาในการเก็บอุปกรณ์และทำความสะอาดพื้นที่ทำงานก่อนเลิกงาน 5 นาที รวมเวลาทั้งหมดเท่ากับ 90 นาที ซึ่งเมื่อนำไปหักลบออกจากเวลา การทำงานปกติจะได้ว่าเหลือเวลาที่มีการทำงานจริงเท่ากับ 450 นาที โดยโรงงานตัวอย่างดำเนินการผลิตโดยใช้ระบบโซ่สายพานลาก (Conveyor) ซึ่งมีการปรับตั้งค่าความเร็วของโซ่ในแต่ละจุดเพื่อกำหนดให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เสร็จสมบูรณ์ทุก ๆ 1.69 นาที หรือที่เรียกกันว่า Takt Time = 1.69 นาที/คัน

ดังนั้นจึงสามารถคิดกำลังการผลิตหรือเป้าหมายในการผลิตต่อวันได้ด้วยการคำนวณดังนี้

กำลังการผลิต = [(เวลาทำงาน – เวลาที่ไม่มีการผลิต) / Takt Time]
x ประสิทธิภาพการทำงานที่ 98%
= [(540 - 90) / 1.69] x 0.98
= 260 คัน / กะ

ดังนั้นใน 1 วันทำงานสามารถประกอบรถยนต์ได้ = 260 คัน

3.3 การนิยามปัญหา

3.3.1 ประเภทของปัญหา (ตามความรุนแรงของผลกระทบต่อสายการผลิต)

เนื่องจากกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์เป็นกระบวนการที่อาจเกิดปัญหาอันเนื่องจากการประกอบ ดังนั้นหากเกิดข้อผิดพลาด ปัญหาบางอย่างอาจพบแล้วสามารถแก้ไขได้ในกระบวนการประกอบ แต่บางอย่างไม่สามารถแก้ไขได้ และปัญหาบางอย่างไม่สามารถพบได้ในกระบวนการประกอบ ต้องรอให้ผ่านการตรวจสอบจากฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูปก่อนจึงสามารถพบปัญหาได้ ซึ่งจะแบ่งปัญหาตามความรุนแรงที่ส่งผลกับสายการผลิตคือ

1) ปัญหาที่สามารถซ่อมได้ทันภายในกระบวนการประกอบ อีกนัยหนึ่งคือทันตามเวลา (Takt Time = 1.69 นาที/คัน)

2) ปัญหาที่มีผลกระทบต่อการประกอบชิ้นส่วนอื่นๆ หรือปัญหาที่มีความรุนแรงไม่สามารถซ่อมภายในสายการผลิตได้ จึงต้องนำรถไปซ่อมในบริเวณซ่อมรถที่มีปัญหาจากการประกอบ (Repair Zone) ของฝ่ายประกอบชิ้นส่วน

3) ปัญหาที่ไม่สามารถพบได้ในกระบวนการประกอบ เช่นปัญหาน้ำรั่ว ต้องรอให้ฝ่ายการตรวจสอบคุณภาพของฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูปก่อนจึงสามารถพบปัญหาได้ ดังนั้นเมื่อมีปัญหาในส่วนของฝ่ายการประกอบชิ้นส่วน ต้องนำรถออกไปทำให้เกิดช่องว่างในสายการผลิตของกระบวนการตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูป โดยจะนำรถไปซ่อมเพื่อแก้ไขปัญหาของแต่ละฝ่ายที่ทำให้เกิดปัญหา ดังนั้นเมื่อมีรถถูกวนออกไปซ่อมก็จะทำให้เกิดช่องว่างขึ้นมา ทำให้ผลิตภาพลด และต้องเสียแรงงานและวัตถุดิบในการซ่อมปัญหาที่เกิดขึ้น

3.3.2 การตรวจสอบและเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้น

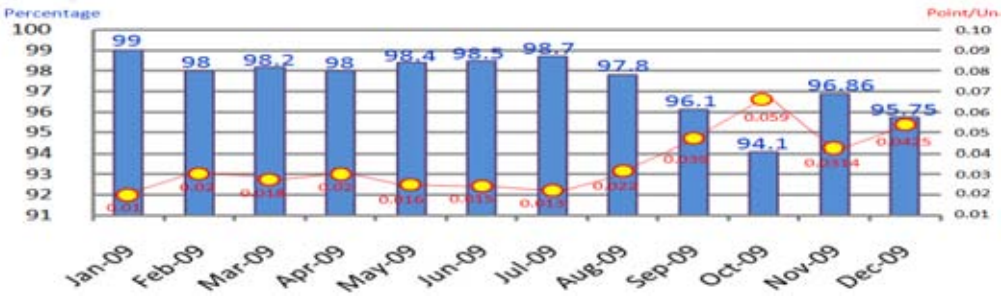
ในการตรวจสอบเพื่อเก็บข้อมูลของข้อบกพร่องทุกประเภทที่เกิดขึ้นในสายการผลิตมีการเก็บข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ดังนี้

1) อัตราการเกิดข้อบกพร่องทั้งหมดต่อรถ 1 คัน

ข้อมูลปัญหาซึ่งได้จากการตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นบนตัวรถทั้งหมด โดยทำการเก็บอัตราการเกิดข้อบกพร่องต่อรถ 1 คัน โดยฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูปเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูล ดังแสดงในรูป 3.3 ที่เป็นข้อมูลรวมของข้อบกพร่องทุกชนิดที่เกิดขึ้นจากฝ่ายประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ในทุกประเภทของปัญหาที่เกิดขึ้น

2) เปอร์เซ็นต์ของรถที่วิ่งตรง (% GDP: GLOBAL DIRECT PASS)

เป็นการเก็บข้อมูลข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดการวนรถออกจากสายการผลิต เพราะว่าข้อบกพร่องนั้นไม่สามารถจะซ่อมได้ภายในกระบวนการประกอบ คือต้องมีการวนรถออกไปซ่อมปัญหาที่เกิดจากการประกอบ ซึ่งข้อบกพร่องที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ของรถวิ่งตรงน้อยลงเป็นข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดผลกระทบโดยการคิดเป็นค่าใช้จ่ายในการซ่อม ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นในการลดปัญหาที่ทำให้รถไม่สามารถวิ่งตรงได้



รูปที่ 3.2 เปอร์เซ็นต์ของรถที่ไม่สามารถวิ่งตรงเพื่อส่งสายการประกอบขั้นสุดท้าย

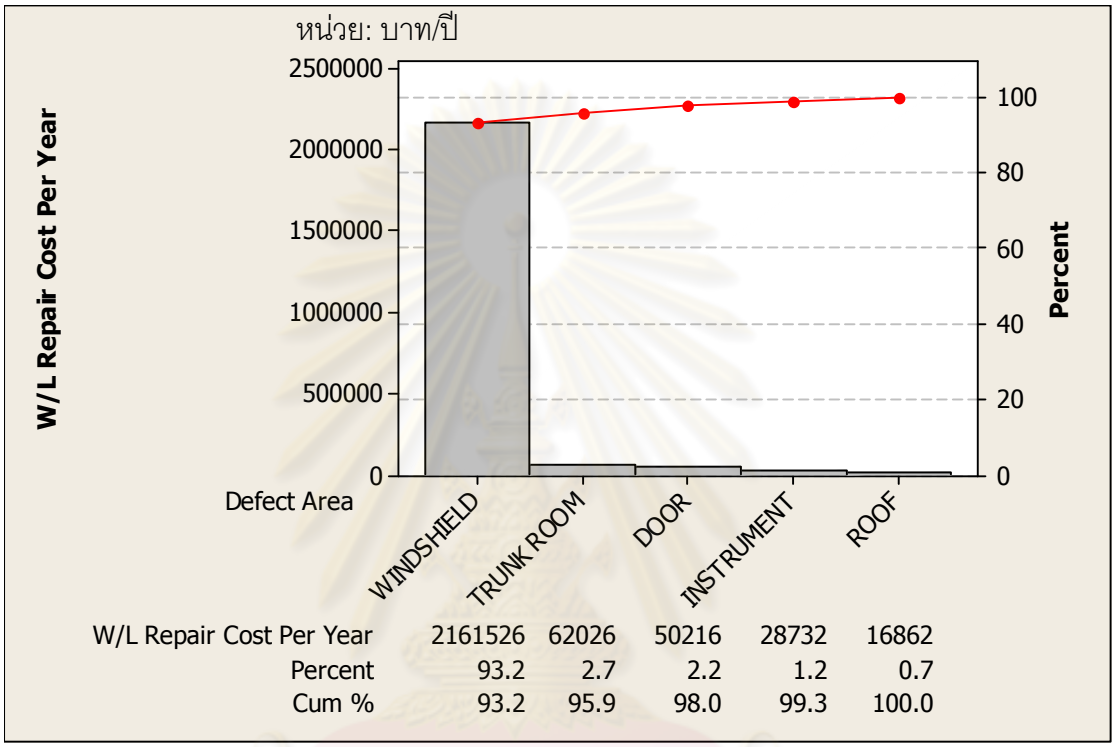
DEFECT POINT ALL MODEL 1- 31 MARCH 2009 *(SHOWER LINE)*

NO.	MODEL	CATEGORY	PROBLEM	PLACE	DEPT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TTL.G	PPU
1	CITY	EXT	SC	HINGE IN D-4	AF													2					28												2		32	0.00558
2	CR-V	W/L	W/L	TAIL GATE CTR	AF																2		2	1				1									6	0.00105
3	CR-V	W/L	W/L	TAIL GATE-R	AF																2	1	3														6	0.00105
4	CITY	W/L	W/L	TRUNK ROOM-R	AF											2																			1		3	0.00052
5	CITY	CHASSIS	M/A	FRAME No. CHECK SHEET W	AF																	3															3	0.00052
6	CR-V	INT	SC	INSTRUMENT	AF																		2														2	0.00035
7	CR-V	W/L	W/L	TRUNK ROOM - R	AF																				2												2	0.00035
8	CITY	W/L	W/L	TRUNK ROOM-CTR	AF						2																										2	0.00035
9	CITY	W/L	W/L	RR WIND SHIELD GLASS	AF																									1	1						2	0.00035
10	CITY	CHASSIS	M/A	STEERING SET NO BALANCE	AF			1																											1		2	0.00035
11	CR-V	EXT	SC	BUMPER FR	AF																			1													1	0.00017
12	CR-V	EXT	SC	T/GATE-IN SIDE	AF																1																1	0.00017
13	CR-V	EXT	SC	TAIL LIGHT-L	AF																							1									1	0.00017
14	CR-V	INT	M/A	ROOF PLR.-R หัก	AF																	1															1	0.00017
15	CR-V	W/L	W/L	SASH D-2	AF																	1															1	0.00017
16	CR-V	W/L	W/L	TRUNK ROOM CTR	AF																	1															1	0.00017
17	CR-V	CHASSIS	NOISE	DAMPER RR NOISE	AF													1																			1	0.00017
18	CR-V	CHASSIS	NOISE	AIR CONDITION NOISE (FAN	AF																			1													1	0.00017
19	JAZZ	EXT	SC	RR DOOR SASH-R	AF		1																														1	0.00017
20	JAZZ	EXT	SC	GRAN,.FR-L	AF																								1								1	0.00017
21	JAZZ	EXT	SC	DOOR GLASS D-2	AF																									1							1	0.00017
22	JAZZ	EXT	M/A	D-1 HARD TO CLOSE,NOISE	AF																	1															1	0.00017
23	JAZZ	W/L	W/L	TAIL GATE-R	AF																									1							1	0.00017
24	JAZZ	CHASSIS	M/A	BRAKE LOW	AF																	1															1	0.00017
25	JAZZ	CHASSIS	NOISE	BODY FR NOISE	AF																									1							1	0.00017
26	JAZZ	CHASSIS	NOISE	INSTRUMENT NOISE	AF		1																														1	0.00017
27	CITY	EXT	SC	BUMPER RR	AF									1																							1	0.00017
28	CITY	EXT	SC	FR FENDER-L	AF						1																										1	0.00017
29	CITY	EXT	SC	STEP FR SIDE PANEL-R	AF					1																											1	0.00017
30	CITY	EXT	SC	GLASS ASS'Y RR-L DOOR	AF																											1					1	0.00017
31	CITY	INT	M/P	SUNVISOR FR-R M/P	AF																										1						1	0.00017
32	CITY	W/L	W/L	RR WIND SHIELD GLASS	AF																							1									1	0.00017
33	CITY	W/L	W/L	WEATHER STRIP CTR.	AF																							1									1	0.00017
34	CITY	CHASSIS	N/L	H/M STOP LAMP	AF																							1									1	0.00017
35	CITY	CHASSIS	S/O	GEAR "D" กระพริบ	AF												1																				1	0.00017
36	CITY	CHASSIS	NOISE	BODY FR NOISE	AF			1																													1	0.00017
37	CITY	CHASSIS	NOISE	BRAKE NOISE AT 20 KM/H	AF																							1									1	0.00017
38	CITY	CHASSIS	NOISE	UNDER BODY FR NOISE	AF				1																												1	0.00017
				TOTAL POINT			2	2	1	1	3			1		2	1	3			5	9	35	3	2			6	1	4	2	1			4		88	0.01533
				TOTAL CHECK			248	251	250	250	253			215	253	240	254	254			240	253	253	254	252			254	254	255	255	252	255		250	244	5739	

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างเอกสารการเก็บข้อมูล

52

หลังจากทำการศึกษาข้อมูลของข้อบกพร่องที่ทำให้รถไม่สามารถวิ่งตรงเพื่อส่งให้สายการประกอบขั้นสุดท้าย ได้ทำแผนภูมิพาเรโตขึ้นมา เพื่อแสดงให้เห็นถึงปัญหาน้ำรั่วแต่ละบริเวณโดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการซ่อมปัญหาน้ำรั่ว ในระยะเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 – ธันวาคม 2552 ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ค่าใช้จ่ายในการซ่อมปัญหาน้ำรั่วบริเวณต่างๆ ของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ปี พ.ศ. 2552

หลังจากทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแผนภูมิพาเรโตดังรูปที่ 3.4 พบว่าปัญหาน้ำรั่วในปี พ.ศ. 2552 ที่ผ่านมานั้นเป็นปัญหาน้ำรั่วที่แบ่งตามบริเวณที่เกิดปัญหาทั้ง 5 บริเวณ คือ

- กระจกหน้าและหลัง (WSHLD)
- ประตู (DOOR)
- ฝาท้าย (TRUNK ROOM)
- คอนโซลหน้า (INSTRUMENT)
- ROOF (หลังคา)

จากนั้นในขั้นตอนต่อไปจะนำข้อมูลจำนวนการเกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าและหลังมาคิดค่าใช้จ่ายในการซ่อม โดยตามหลักการของซิกซ์ ซิกมา จะให้ความสำคัญกับการลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมหรือมูลค่าความสูญเสียมากกว่าการลดจำนวนปัญหาน้ำรั่ว

3.3.3 ค่าใช้จ่ายในการซ่อมจากปัญหาที่รถไม่สามารถวิ่งตรงไปได้

หลังจากที่ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิต และรวบรวมข้อมูลของปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแล้ว จึงนำข้อมูลของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้า ซึ่งเป็นปัญหาที่มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมมากที่สุดมาทำการคำนวณเพื่อหาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการซ่อมปัญหาน้ำรั่วที่ทำให้รถไม่สามารถวิ่งตรงไปได้ แต่วิธีการแก้ปัญหาที่ได้สามารถนำไปใช้กับกระจกหลังได้ จึงทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมมากถึง 93.19% ของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการซ่อมแซมทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 1.7

รูปที่ 3.5 รถรอซ่อมปัญหาน้ำรั่ว

การซ่อมปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าและหลัง มีขั้นตอนการซ่อม ดังนี้

1) ตรวจสอบปัญหาที่พบตามใบฟ้าระบุ

2) แก้ไขปัญหาที่พบ โดยแสดงตัวอย่างลำดับขั้นตอนการตัดกระจกหน้า โดยรถยนต์รุ่นเล็ก 1 และ รุ่นเล็ก 2 มีลำดับขั้นตอนที่เหมือนกันดังนี้

- เปิดฝาหน้า
- ถอดปัดน้ำฝน
- ถอดคาวท็อป (COWLTOP)
- ดึงโมลด์ (MLDH) ออก
- ถอดพิลล่าร์ (PILLAR) ด้านหน้าซ้ายและขวาออก
- ใช้เทปกาวปิดท้ายหลังคากันซีลเปื้อน

- ใช้เส้นลวดแทงผ่านมุมบนหน้าขวาแล้ว เลื่อยจนพบรูที่สามารถแทงเส้นลวดผ่านจากมุมบนหลังขวา วนมาทางบนซ้ายลงมาล่างซ้าย ผ่านคอนโซลหน้าให้ใช้ JIG รองคอนโซลหน้า แล้วเลื่อยผ่านจนขาดมาบรรจบกัน

- ยกกระจกออกจากรถ

- แซะซีลกระจกทำความสะอาด จนไม่มีเศษซีล

- แซะซีลตัวถังจนเป็นแนวเดียวกัน ตัวถังเดิมก่อนกน้าแล้วเป่าลมให้เศษผงออกให้หมด

- นำไพร์มเมอร์ทาที่ตัวถังตามแนวไพร์มเมอร์ และประกอบกระจกใหม่ตามลำดับ

- ประกอบชิ้นส่วนอื่นให้ครบแล้ว รอประมาณ 30 นาทีก่อน ตรวจสอบน้ำรั่วก่อนนำรถไปส่งมอบให้กับฝ่ายถัดไป

ตารางที่ 3.1 มูลค่าค่าใช้จ่ายในการซ่อมปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าหรือหลัง

กระบวนการ	คน-ชั่วโมง		ค่าแรง	ค่าวัตถุดิบ
	คน	เวลา (นาที)	(บาท/คัน)	(บาท/คัน)
1. ตรวจสอบและวิเคราะห์ปัญหา	3	20	153.13	-
2. แก้ไขปัญหา	3	60	459.38	2,050
3. ติดตามการแก้ไขปัญหา	3	30	229.69	-
4. ตรวจสอบ	3	10	76.56	-
			918.75	2,050
	Total		2,968.75 บาท/คัน	

มูลค่าค่าใช้จ่ายในการซ่อมปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าหรือหลังตามตารางที่ 3.1 ในส่วนของ คน-ชั่วโมง (Man-Hour) คำนวณมาจาก 2 ส่วน คือ จำนวนคน (Man) พบว่าในงานซ่อมกระจกใช้พนักงานจำนวน 3 คน และเวลาที่ใช้ (Time) ในการซ่อมปัญหานำมาจากเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา ซึ่งแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนการทำงาน คือ ตรวจสอบและวิเคราะห์ปัญหา, แก้ไขปัญหา, ติดตามการแก้ไขปัญหา และในส่วนของค่าวัตถุดิบ (Cost of Material) คำนวณมาจากค่าเฉลี่ยของการเบิกจ่ายในการซ่อมกระจกรถยนต์ต่อคัน ซึ่งมาจากเนื้อซีล, แด้ม, ฟาสเทนเนอร์, คลิป,กระจกในกรณีที่มีความจำเป็นต้องเปลี่ยน

ซึ่งสามารถสรุปเป็นสูตรในการคำนวณค่าแรง (บาท/คัน) ที่ต้องใช้ในการซ่อมกระจกหน้ารถยนต์สามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าแรง (บาท/คัน) = อัตราค่าแรงในการซ่อม (บาท/นาที) x เวลาที่ใช้ในการซ่อม (นาที/คัน)

หมายเหตุ อัตราค่าแรงในการซ่อมคำนวณมาจากอัตราเฉลี่ยค่าจ้างของพนักงานระดับปฏิบัติการ

โดยในงานวิจัยนี้จะใช้หลักการของ ซิกซ์ ซิกมาในการลดจำนวนปัญหาน้ำรั่วและค่าใช้จ่ายในการซ่อมข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการลดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าที่คิดเป็นมูลค่าความสูญเสียถึง 79.21% ของปัญหาน้ำรั่วทั้งหมด โดยจะเป็นการลดซึ่งตั้งเป้าหมายในการลดอยู่ที่ 70% ในกรณีที่มีการลงทุนและฝ่ายบริหารมีการอนุมัติให้ทำโครงการรวมถึงโครงการปรับปรุงมีระยะเวลาในการดำเนินโครงการไม่เกินระยะเวลาในการทำงานวิจัยนี้

3.4 สรุประยะนิยามปัญหา

ในระยะนิยามปัญหานี้ ได้ทำการจัดตั้งคณะทำงาน แล้วศึกษาการฉีดซีลในกระบวนการประกอบกระจกหน้าและหลัง รวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลของจำนวนและค่าใช้จ่ายในการซ่อมปัญหาน้ำรั่วบริเวณต่างๆ จากนั้นจึงได้กำหนดและนิยามปัญหาที่มีเป้าหมายที่จะทำการลดทั้งจำนวนปัญหาน้ำรั่ว โดยที่ปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 เป็นปัญหาที่มีมูลค่าความสูญเสียมากที่สุด และในขณะเดียวกันได้ทำการลดจำนวนปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นด้วย โดยปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้านั้นทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการซ่อมช่วงเดือน มกราคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2552 มีมูลค่าความสูญเสียจำนวน 1,837,296.68 บาท/ปี โดยมีเป้าหมายในการลดสัดส่วนของจำนวนรถที่มีปัญหาน้ำรั่วลง 70% โดยใช้การดำเนินการที่ไม่ต้องลงทุนสูง และสามารถทำได้ภายในระยะเวลาในการทำงานวิจัย คือ ภายในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

บทที่ 4

ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา

หลังจากระยะนิยามปัญหาแล้ว ในบทนี้เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ(Attribute Agreement Analysis) ในการตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วด้วยสายตา จากนั้นจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาน้ำรั่ว และสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และสุดท้ายจึงทำการระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (Key Process Input Variable, KPIV) โดยใช้ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram) ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) และตารางแสดงการประเมินผล (Evaluation Matrix)

4.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis)

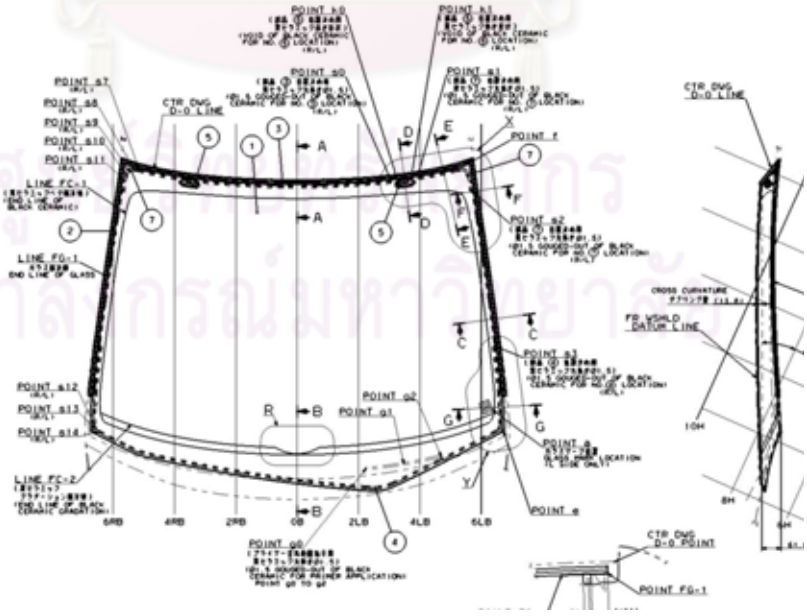
ผลที่ได้จากการวัดจากการตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าของงานวิจัยนี้ เป็นการประเมินผลแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) กล่าวคือ พนักงานทำการตรวจสอบคุณภาพและประเมินผลจากการเปรียบเทียบกับมาตรฐานการตรวจสอบ แล้วได้ผลของข้อมูลออกมาเป็น ยอมรับ/ปฏิเสธ หรือ ผ่าน/ไม่ผ่าน ดังนั้นการวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดจึงมีความสำคัญมากในด้านของเสถียรภาพของระบบการวัด ซึ่งทำการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) โดยการวิเคราะห์ทั้งความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด โดยความถูกต้อง (Accuracy) พิจารณาจากผลการตรวจสอบของพนักงานเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง และความแม่นยำ (Precision) พิจารณาจากผลการตรวจสอบซ้ำของพนักงานคนนั้นๆ

4.1.1 การตรวจสอบรอยน้ำรั่วและมาตรฐานการตรวจสอบปัญหาน้ำรั่ว

การตรวจสอบรอยน้ำรั่วจากการประกอบกระจกรถยนต์ของโรงงานกรณีศึกษาจะทำการตรวจสอบ 100% ด้วยสายตา โดยภายหลังจากประกอบกระจกเข้ากับตัวถังรถยนต์เรียบร้อย และผ่านขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนจากฝ่ายประกอบชิ้นส่วน จะส่งรถยนต์ที่ได้รับประกันการประกอบชิ้นส่วนให้ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูปต่อไป โดยพนักงานของฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูปจะตรวจสอบรอยน้ำรั่วกระจกหน้ารถยนต์ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 การตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วกระจกหน้ารถยนต์

พนักงานจะทำการตรวจสอบบริเวณรอบขอบกระจกหน้ารถยนต์ดังรูปที่ 4.2 ตามขั้นตอนการตรวจสอบน้ำรั่ว (Water Leak) ซึ่งไม่อนุญาตให้น้ำรั่วเข้าภายในห้องโดยสาร แต่หากพบปัญหาพนักงานจะบันทึกปัญหา และเลี้ยวรถวนออกไปให้ฝ่ายประกอบชิ้นส่วนทำการแก้ไขปัญหา จึงนำมาตรวจสอบคุณภาพเพื่อยืนยันว่าปัญหาน้ำรั่วไม่เกิดขึ้นอีก



รูป 4.2 กระจกหน้ารถยนต์รุ่นเล็ก 1

4.1.2 การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis)

4.1.2.1 การวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นไปที่ปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้า (FR-WINDSHIELD) ซึ่งปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าและหลัง ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการซ่อมมากที่สุด คิดเป็น 93.19% ของปัญหาน้ำรั่วทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 1.7 และพบว่ากระจกปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่กระจกหน้า (FR-WINDSHIELD) ถึง 85% ดังแสดงในรูปที่ 1.8 เพื่อให้แน่ใจได้ว่าพนักงานตรวจสอบสามารถตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าได้ถูกต้อง จึงได้ทำการตรวจสอบความสามารถของกระบวนการวัดเฉพาะปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้า ของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ซึ่งมีการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) โดยการตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วด้วยสายตาของโรงงานกรณีศึกษามีขั้นตอนดังนี้

1) คัดเลือกทีมงานผู้ชำนาญการ เป็นบุคคลที่สามารถแยกแยะคุณภาพของปัญหาน้ำรั่วได้และลูกค้าให้การยอมรับ ในที่นี้คือผู้ทำการฝึกอบรมพนักงานตรวจสอบปัญหาน้ำรั่ว ซึ่งเป็นผู้ชำนาญด้านการตรวจสอบคุณภาพรถยนต์ และทราบถึงข้อกำหนดที่ลูกค้าต้องการ ทำการตรวจสอบรถยนต์ที่ถูกคัดเลือกในกระบวนการผลิตทั้ง 40 คัน เพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างในการตรวจสอบ

2) กำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยทำการคัดเลือกรถยนต์ในกระบวนการผลิต 40 คัน ประกอบไปด้วยรถยนต์ที่มีคุณภาพ 20 คัน รถยนต์ที่ไม่มีคุณภาพ 20 คัน

3) สุ่มผู้ชำนาญการในการตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วขึ้นมา 3 คน แล้วให้ตรวจสอบตัวอย่างงานแบบสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพของตัวอย่างว่าผ่าน หรือไม่ผ่าน

4) คัดเลือกพนักงานที่ทักษะ ความชำนาญในการตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วในกระบวนการผลิตจำนวน 3 คน เป็นบุคคลที่สามารถแยกแยะคุณภาพของรถยนต์ได้

5) ทำการทดลองโดยศึกษาพนักงานทีละคน ทำการตรวจสอบรถยนต์ และวัดผลตัวอย่างต้องเป็นแบบสุ่ม และให้พนักงานประเมินผลชิ้นงานตัวอย่างนั้นว่าผ่านหรือไม่ผ่าน ทำการบันทึกข้อมูลลงไปในแบบฟอร์มในการตรวจวัดของพนักงานแต่ละคนจะทำซ้ำ 2 ครั้ง โดยการทำซ้ำแต่ละครั้งนั้นเว้นช่วงการตรวจสอบ 1 วัน รวมทั้งการทำซ้ำแต่ละครั้งจะทำการสลับลำดับของรถยนต์ เพื่อไม่ให้พนักงานจดจำกลุ่มตัวอย่างได้

6) บันทึกค่าลงในแบบฟอร์ม เพื่อทำการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะประกอบไปด้วยดัชนี เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ

และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ ซึ่งสมการการคำนวณแสดงดังสมการที่ 2.4 ถึง 2.7

<u>เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด</u>

เนื่องจากระบบการควบคุมคุณภาพของโรงงานกรณีศึกษา ไม่อนุญาตให้มีรถที่มีปัญหาหลุดรอดถึงลูกค้า ดังนั้นจึงกำหนดเกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดด้วยวิธีการตรวสอบปัญหาน้ำรั่วด้วยสายตาให้มีความแม่นยำของระบบการวัด คือ ต้องการให้ไม่เกิดความผิดพลาดเลย ดังแสดงในตารางที่ 4. 1 และผลของการตรวจสอบของพนักงานทั้ง 3 คนแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด

ดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ
%ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน	100%
%ความไม่ไบอัสของพนักงาน	100%
%ประสิทธิผลความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ	100%
%ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ	100%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ของการตรวจสอบระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ

ตัวอย่างที่	คุณภาพงานที่แท้จริง	พนักงานตรวจสอบคนที่ 1		พนักงานตรวจสอบคนที่ 2		พนักงานตรวจสอบคนที่ 3		พนักงานตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง
		ตรวจครั้งที่ 1	ตรวจครั้งที่ 2	ตรวจครั้งที่ 1	ตรวจครั้งที่ 2	ตรวจครั้งที่ 1	ตรวจครั้งที่ 2		
1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
3	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
5	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
6	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
7	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
8	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
9	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
10	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
11	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
13	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
15	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
16	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
17	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
19	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
20	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
21	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
23	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
24	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
25	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
26	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
27	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
28	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
29	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
30	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
31	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
32	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
33	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
34	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
35	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
37	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
38	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
39	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
40	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y

จากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab ได้แสดงผลการตรวจสอบความสามารถของระดับการวัดของพนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน ในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลตามลักษณะโดยใช้โปรแกรม Minitab

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
1	40	40	100.00	(92.78, 100.00)
2	40	40	100.00	(92.78, 100.00)
3	40	40	100.00	(92.78, 100.00)

Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
1	40	40	100.00	(92.78, 100.00)
2	40	40	100.00	(92.78, 100.00)
3	40	40	100.00	(92.78, 100.00)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Assessment Disagreement

Appraiser	# OK / NG	Percent	# NG / OK	Percent	# Mixed	Percent
1	0	0.00	0	0.00	0	0.00
2	0	0.00	0	0.00	0	0.00
3	0	0.00	0	0.00	0	0.00

OK / NG: Assessments across trials = OK / standard = NG.
NG / OK: Assessments across trials = NG / standard = OK.
Mixed: Assessments across trials are not identical.

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
40	40	100.00	(92.78, 100.00)

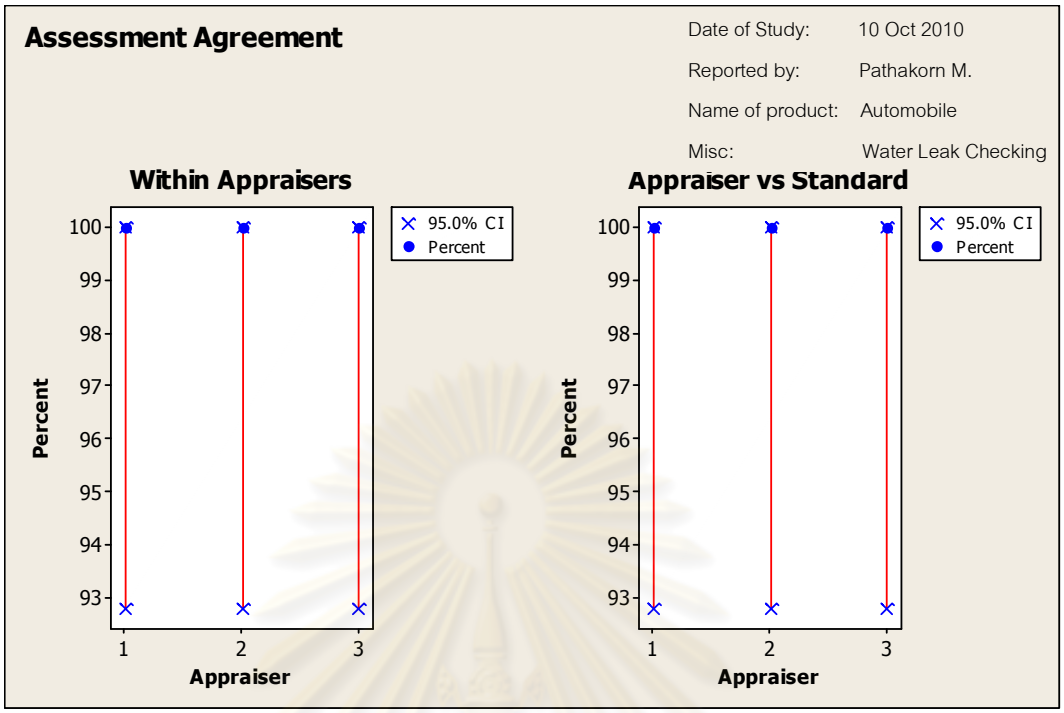
Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
40	40	100.00	(92.78, 100.00)

Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.



รูปที่ 4.3 กราฟ Attribute Agreement ของการตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์

จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3 สามารถสรุปผลของการตรวจสอบความสามารถของระดับการวัดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ของพนักงานตรวจสอบได้ดังนี้

1) เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานคนที่ 1 เท่ากับ 100% พนักงานคนที่ 2 เท่ากับ 100% และพนักงานคนที่ 3 เท่ากับ 100%

2) เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสพนักงานคนที่ 1 เท่ากับ 100% พนักงานคนที่ 2 เท่ากับ 100% และพนักงานคนที่ 3 เท่ากับ 100%

3) เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ เท่ากับ 100%

4) เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ เท่ากับ 100%

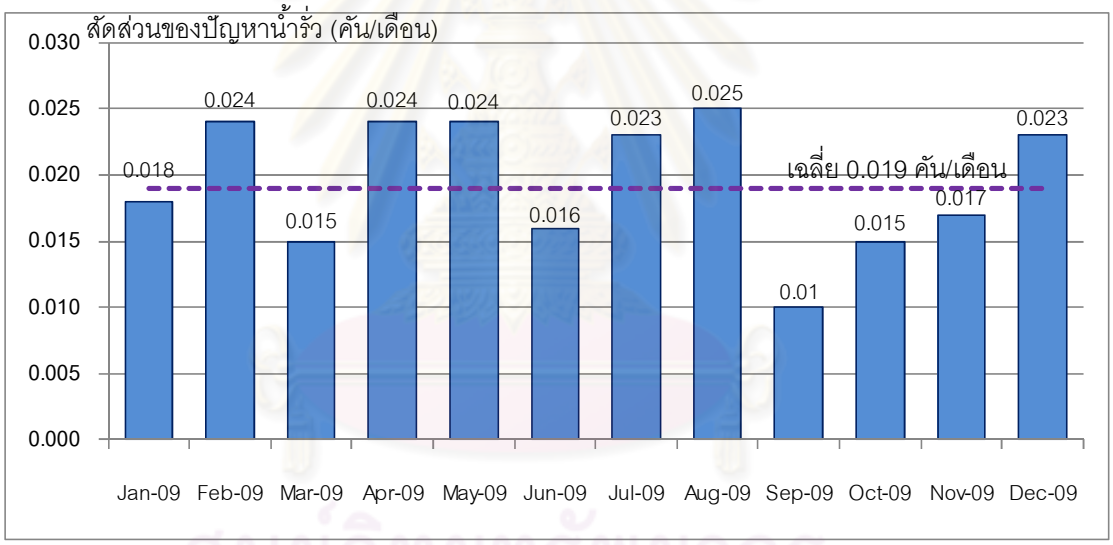
เนื่องจากพนักงานตรวจสอบทุกคนสามารถตัดสินปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์รุ่นเล็ก 1 ได้ถูกต้องทุกคัน และนำมาวิเคราะห์ผลของการตรวจสอบความสามารถของระดับการวัดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ด้วยโปรแกรม Minitab จึงพบว่าค่า เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% Attribute Score) เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (% Screen Effective Score) และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ (% Attribute Effective Score) ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด จึงสามารถยอมรับได้ โดยหลังจาก

มั่นใจในเรื่องความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะแล้ว จึงได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อแก้ปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์รุ่นเล็ก 1 ต่อไป

4.2 สภาพปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าของรถยนต์รุ่นเล็ก 1

4.2.1 ความสามารถของกระบวนการ

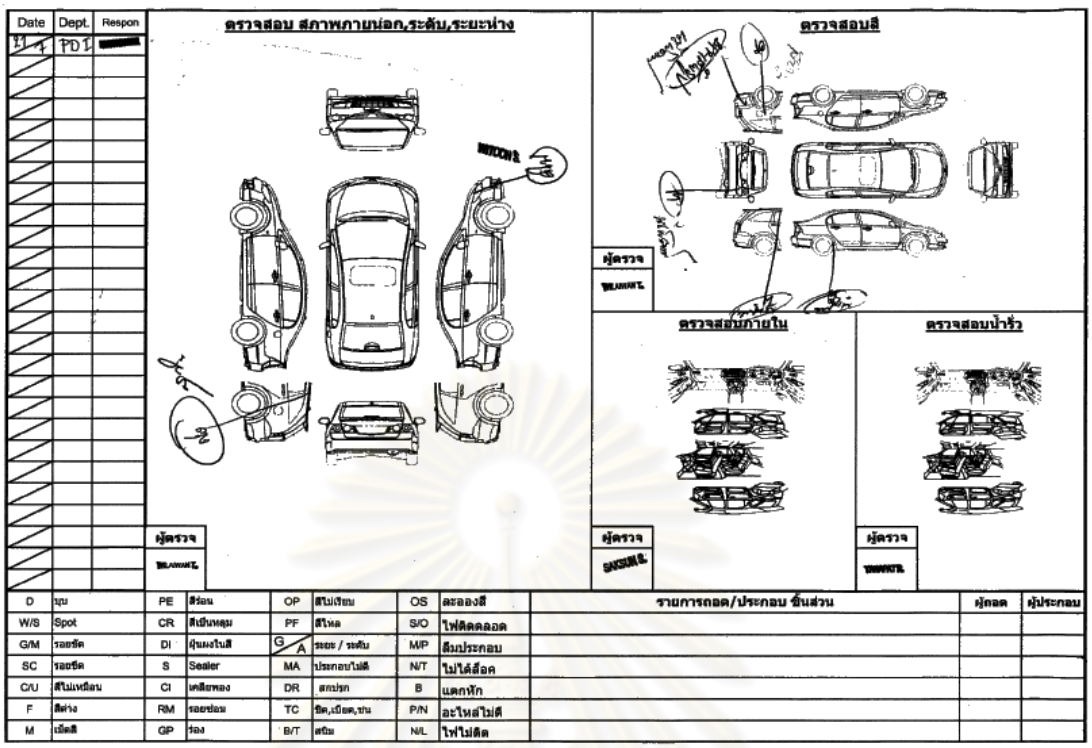
จากการศึกษาความสามารถของกระบวนการประกอบชิ้นส่วนของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 สามารถศึกษาได้จากสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นต่อจำนวนการผลิต ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตด้วยข้อมูลในปี พ.ศ.2552 ได้ทำการเก็บข้อมูลเป็นรายเดือน โดยทำการตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วรถยนต์ที่ทำการผลิตทั้งหมด 100% พบว่ามีสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วเฉลี่ย 0.019 คันต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วของรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึง ธ.ค. ปี พ.ศ.2552

4.2.2 ลักษณะของแนวซีลที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่ว

เนื่องจากปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นที่กระจกหน้าจะเกิดบริเวณรอบๆ ขอบกระจก ซึ่งมีแนวซีลที่ทำหน้าที่ในการป้องกันน้ำหรือลมเข้าห้องโดยสาร ดังนั้นจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับแนวซีลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุ ด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาน้ำรั่วที่เกิดขึ้นบริเวณกระจกหน้ารถจากใบบันทึกผลการตรวจสอบ (Check Sheet) ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ใบบันทึกผลการตรวจสอบ

4.3 การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า (Key Process Input Variable หรือ KPIV)

ให้สมาชิกในคณะทำงานประกอบด้วย ผู้จัดการที่เป็นผู้ให้คำปรึกษา 1 คน วิศวกรด้านคุณภาพการประกอบรวมผู้จัดทำงานวิจัย 4 คน วิศวกรด้านตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูป 1 คน และหัวหน้าคนงานทั่วไป 5 คน ทำการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ โดยมีขั้นตอนในการระดมความคิดเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ ดังนี้

1) ให้สมาชิกในคณะทำงานเสนอความคิด เพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดปัญหาน้ำรั่ว โดยใช้ผังก้างปลาหรือผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ในการระดมความคิด เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ในการรวบรวมความคิด และสะดวกในการเสนอความคิดที่เป็นอิสระของสมาชิกแต่ละท่าน

2) นำปัจจัยต่างๆ ที่ได้จากการระดมความคิดโดยใช้ผังก้างปลาหรือผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (KPIV) โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) และทำการเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยนำเข้าจากมากไปน้อย โดยใช้หลักของพาเรโตเพื่อนำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญใน 80% แรก

3) นำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญใน 80% แรกจากการเรียงลำดับความสำคัญจากตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ไปประเมินผลด้วยตารางแสดงการประเมินผล (Evaluation Matrix) จากคณะทำงานผู้มีความชำนาญ

4.3.1 การระดมความคิดผังก้างปลาหรือผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

การระดมความคิดโดยใช้ผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) นั้น จะทำการวิเคราะห์โดยแยกสาเหตุของปัญหาที่อาจทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ออกเป็น 6 สาเหตุหลัก ดังนี้

1) สาเหตุจากพนักงาน (Man) 2) สาเหตุจากเครื่องจักร (Machine)

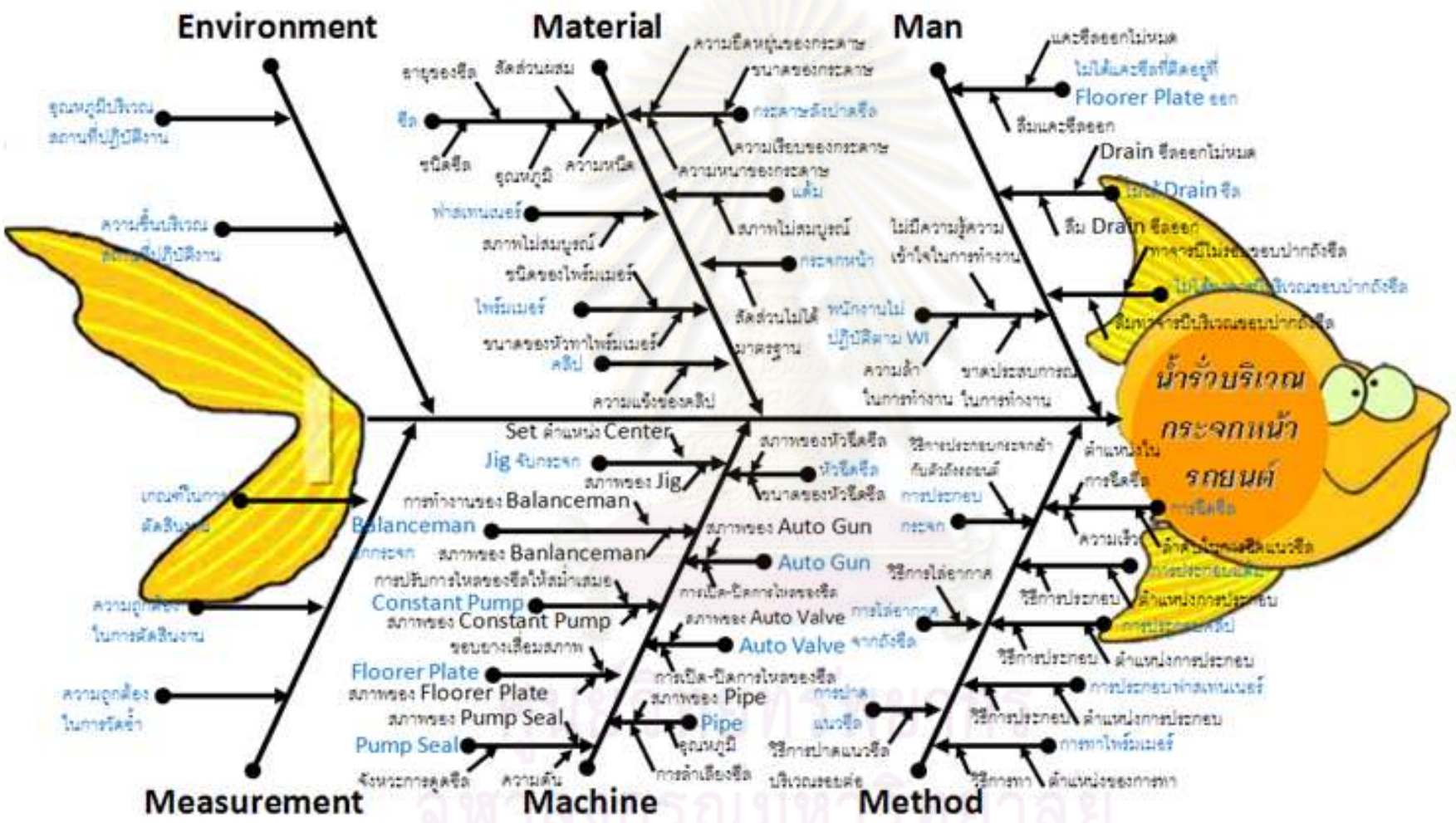
3) สาเหตุจากวัตถุดิบ (Material) 4) สาเหตุจากวิธีการทำงาน (Method)

5) สาเหตุจากระบบการวัด (Measurement)

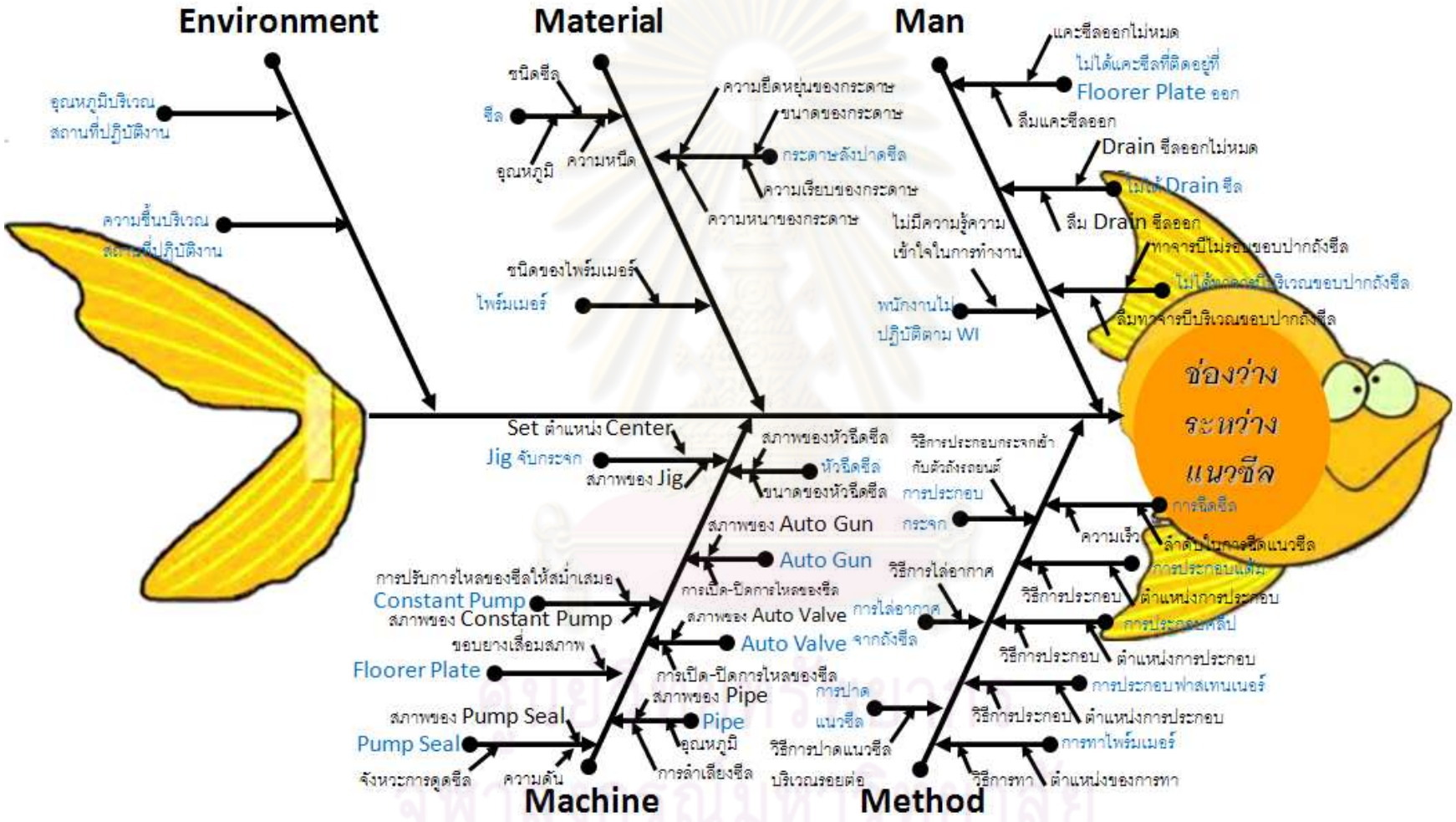
6) สาเหตุจากสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิต (Environment)

ผลจากการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุของการเกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์นั้นพบว่าสามารถแยกได้ 2 สาเหตุหลัก คือ สาเหตุของการเกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ ซึ่งได้แสดงการระดมความคิดด้วยผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) พบว่าเกิดจากวิธีการปฏิบัติงานของพนักงาน, เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการฉีดซีล หรือเกิดจากปัจจัยในการทำงานที่ไม่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และอีกสาเหตุหนึ่ง คือ สาเหตุของการเกิดช่องว่างระหว่างแนวซีล ภายหลังทำการประกอบกระจกหน้าเข้ากับตัวถังรถยนต์ ดังนั้นจึงได้ทำการระดมความคิดโดยใช้ผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) พบว่าสาเหตุการเกิดช่องว่างระหว่างแนวซีลนั้นเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ (Parameter) ต่างๆ ในการผลิตได้หลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ, ความดัน, ขนาดของหัวฉีดซีล เป็นต้น ดังแสดงดังรูปที่ 4.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 ผังก้างปลาจากการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดปัญหาน้ำรั่ว



รูปที่ 4.7 ผังก้างปลาจากการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดปัญหาช่องว่างระหว่างแนวซีล

4.3.2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix)

หลังจากที่ได้ปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์จากการระดมสมองโดยคณะทำงานผู้มีความชำนาญแล้ว จึงทำการกำหนดปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (KPIV) โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ซึ่งนำข้อมูลจากผังก้างปลาที่ได้จากการระดมความคิดมาใส่ลงในตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix)

จากผังก้างปลามีสาเหตุที่อาจทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์จำนวน 2 ประเภท คือ สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ และสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาช่องว่างระหว่างแนวซีล ซึ่งใน 2 สาเหตุปัญหานี้มีความสำคัญในการทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วไม่เท่ากัน คณะทำงานจึงสร้างเกณฑ์ในการให้อัตราความสำคัญของสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด โดยที่

0 = ไม่มีความสำคัญต่อการทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์

1 = มีความสำคัญต่อการทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์น้อยที่สุด

2 = มีความสำคัญต่อการทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์น้อย

3 = มีความสำคัญต่อการทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ปานกลาง

4 = มีความสำคัญต่อการทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์มาก

5 = มีความสำคัญต่อการทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์มากที่สุด

พบว่าสำหรับสาเหตุที่อาจทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์โดยตรง เป็นสาเหตุที่ได้รับการประเมินจากคณะทำงานแล้วว่าเป็นสาเหตุที่มีโอกาสทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์มากที่สุด จึงให้อัตราความสำคัญเท่ากับ 5 และสำหรับสาเหตุที่อาจทำให้เกิดช่องว่างระหว่างแนวซีล เป็นสาเหตุที่ทางคณะทำงานประเมินว่าเป็นสาเหตุที่มีโอกาสทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ปานกลาง จึงให้อัตราความสำคัญเท่ากับ 3 เนื่องจาก 50% ของลักษณะที่ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างแนวซีล มีโอกาสทำให้เกิดน้ำรั่วได้

จากนั้นให้คณะทำงานผู้มีความชำนาญจำนวน 10 ท่านลงคะแนนความสำคัญในแต่ละปัจจัยของทั้ง 2 ประเภทของสาเหตุ คือ สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์และสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาช่องว่างระหว่างแนวซีล จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการรวบรวมคะแนนที่ได้จากคณะทำงานจำนวน 10 ท่านทำการตกลงให้คะแนนสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วโดยใช้เกณฑ์ดังตารางที่ 4.4 ในการประเมินคูณกับอัตราความสำคัญของการเกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์หรือการเกิดช่องว่างระหว่างแนวซีล และทำการสรุปผลคะแนนในตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ดังตารางที่ 4.5 ซึ่งปัจจัยที่จะนำไป

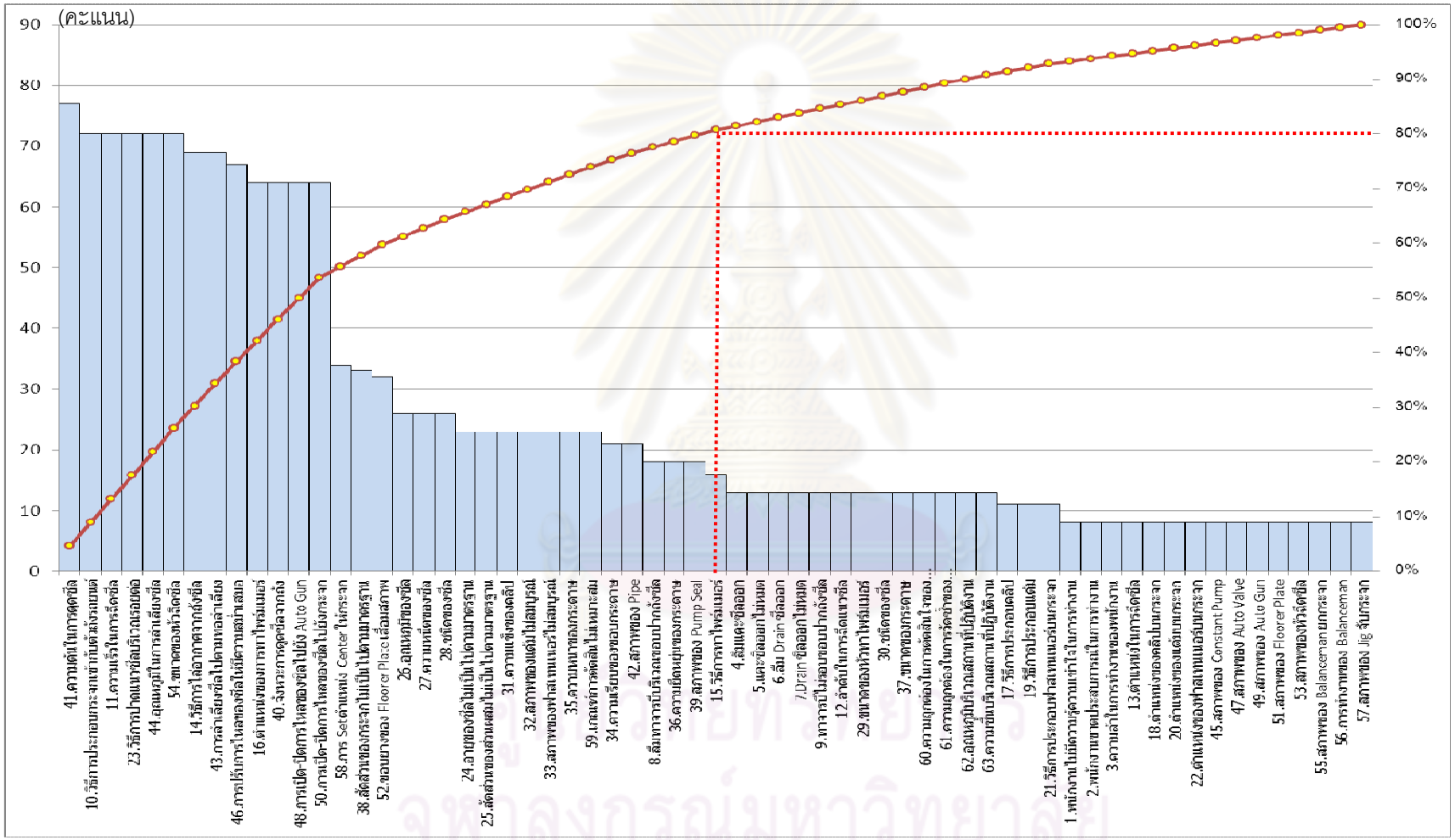
ประเมินผลด้วยตารางแสดงการประเมินผล (Evaluation Matrix) จากคณะทำงานผู้ที่มีความชำนาญ โดยใช้หลักของพาเรโต คือ นำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญใน 80% แรก ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.4 เกณฑ์การให้คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและปัญหาน้ำรั่ว

ระดับ	แนวโน้มของสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์	คะแนน
แน่นอน (Certainly)	เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วแน่นอน	10
สูงมาก (Very High)	เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วสูงมาก	9
สูง (High)	เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วสูง	8
ค่อนข้างสูง (Moderately High)	เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วค่อนข้างสูง	7
ปานกลาง (Moderate)	เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วปานกลาง	6
ต่ำ (Low)	เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วต่ำ	5
ต่ำมาก (Very Low)	เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วต่ำมาก	4
ห่างไกล (Remote)	ห่างไกลจากการทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่ว	3
ห่างไกลมาก (Very Remote)	ห่างไกลมากจากการทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่ว	2
เกือบจะเป็นไปไม่ได้ (Almost Impossible)	เกือบจะเป็นไปไม่ได้ที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่ว	1
เป็นไปไม่ได้ (Impossible)	เป็นไปไม่ได้ที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่ว	0

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix)

Cause and Effect Matrix							
No.	Area Cause	Process Input		น้ำรั่ว	ช่องว่างแนวซีล	คะแนน	เปอร์เซ็นต์
				5	3		
1	Man	พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงาน	พนักงานไม่มีความรู้ความเข้าใจในการทำงาน	1	1	8	0.48%
2			พนักงานขาดประสบการณ์ในการทำงาน	1	1	8	0.48%
3			ความล้าในการทำงานของพนักงาน	1	1	8	0.48%
4		ตอนเปลี่ยนถังซีล ไม่ได้แคะซีลที่ติดอยู่ที่ Floorer Plate ออก	ลืมแคะซีลออก	2	1	13	0.78%
5			แคะซีลออกไม่หมด	2	1	13	0.78%
6		ตอนเปลี่ยนถังซีล ไม่ได้ Drain ซีล	ลืม Drain ซีลออก	2	1	13	0.78%
7			Drain ซีลออกไม่หมด	2	1	13	0.78%
8		ตอนเปลี่ยนถังซีล ไม่ได้ทำจารบีบริเวณขอบปากถังซีล	ลืมทาจารบีบริเวณขอบปากถังซีล	3	1	18	1.08%
9			ทาจารบีไม่รอบขอบปากถังซีล	2	1	13	0.78%
10	Method	การประกอบกระจก	วิธีการประกอบกระจกเข้ากับตัวถังรถยนต์	9	9	72	4.31%
11		การฉีดซีล	ความเร็วในการฉีดซีล	9	9	72	4.31%
12			ลำดับในการฉีดแนวซีล	2	1	13	0.78%
13			ตำแหน่งในการฉีดซีล	1	1	8	0.48%
14		การไล่อากาศจากถังซีล	วิธีการไล่อากาศจากถังซีล	9	8	69	4.13%
15		การทาไพร์มเมอร์ (Primer)	วิธีการทาไพร์มเมอร์	2	2	16	0.96%
16			ตำแหน่งของการทาไพร์มเมอร์	8	8	64	3.83%
17		การประกอบคลิป (Clip)	วิธีการประกอบคลิป	1	2	11	0.66%
18			ตำแหน่งของคลิปบนกระจก	1	1	8	0.48%
19		การประกอบแต้ม (Dam)	วิธีการประกอบแต้ม	1	2	11	0.66%
20			ตำแหน่งของแต้มบนกระจก	1	1	8	0.48%
21		การประกอบฟาสเทนเนอร์ (Fastener)	วิธีการประกอบฟาสเทนเนอร์บนกระจก	1	2	11	0.66%
22			ตำแหน่งของฟาสเทนเนอร์บนกระจก	1	1	8	0.48%
23		การปาดแนวซีล	วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ	9	9	72	4.31%
24	Material	ซีล (Seal)	อายุของซีลไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	4	1	23	1.38%
25			สัดส่วนของส่วนผสมไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	4	1	23	1.38%
26			อุณหภูมิของซีล	4	2	26	1.56%
27			ความหนืดของซีล	4	2	26	1.56%
28			ชนิดของซีล	4	2	26	1.56%
29		ไพร์มเมอร์ (Primer)	ขนาดของหัวทาไพร์มเมอร์	2	1	13	0.78%
30			ชนิดของซีล	2	1	13	0.78%
31		คลิป (Clip)	ความแข็งของคลิป	4	1	23	1.38%
32		แต้ม (Dam)	สภาพของแต้มไม่สมบูรณ์	4	1	23	1.38%
33		ฟาสเทนเนอร์ (Fastener)	สภาพของฟาสเทนเนอร์ไม่สมบูรณ์	4	1	23	1.38%
34		กระดาษลังปาดซีล	ความเรียบของขอบกระดาษ	3	2	21	1.26%
35			ความหนาของกระดาษ	4	1	23	1.38%
36			ความยืดหยุ่นของกระดาษ	3	1	18	1.08%
37			ขนาดของกระดาษ	2	1	13	0.78%
38		กระจกหน้า (Windshield)	สัดส่วนของกระจกไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	6	1	33	1.98%
39	Machine/ Equipment	Pump Seal	สภาพของ Pump Seal	3	1	18	1.08%
40			จังหวะการดูดซีลจากถัง	8	8	64	3.83%
41			ความดันในการดูดซีล	10	9	77	4.61%
42		Pipe	สภาพของ Pipe	3	2	21	1.26%
43			การลำเลียงซีลไปตามท่อลำเลียง	9	8	69	4.13%
44			อุณหภูมิในการลำเลียงซีล	9	9	72	4.31%
45		Constant Pump	สภาพของ Constant Pump	1	1	8	0.48%
46			การปรับการไหลของซีลให้มีความสม่ำเสมอ	8	9	67	4.01%
47		Auto Valve	สภาพของ Auto Valve	1	1	8	0.48%
48			การเปิด-ปิดการไหลของซีลไปยัง Auto Gun	8	8	64	3.83%
49		Auto Gun	สภาพของ Auto Gun	1	1	8	0.48%
50			การเปิด-ปิดการไหลของซีลไปยังกระจก	8	8	64	3.83%
51		Floorer Plate	สภาพของ Floorer Plate	1	1	8	0.48%
52			ขอบยางของ Floorer Plate เสื่อมสภาพ	4	4	32	1.92%
53		หัวฉีดซีล	สภาพของหัวฉีดซีล	1	1	8	0.48%
54			ขนาดของหัวฉีดซีล	9	9	72	4.31%
55		Balaceman ยกกระจก	สภาพของ Balanceman ยกกระจก	1	1	8	0.48%
56			การทำงานของ Balanceman	1	1	8	0.48%
57		Jig จับกระจก	สภาพของ Jig จับกระจก	1	1	8	0.48%
58			การ Set ตำแหน่ง Center ให้กระจก	5	3	34	2.04%
59	Measurement	เกณฑ์ในการตัดสินงาน	เกณฑ์การตัดสินไม่เหมาะสม	4	1	23	1.38%
60		ความถูกต้องในการตัดสินงาน	ความถูกต้องในการตัดสินใจของ	2	1	13	0.78%
61		ความถูกต้องในการวัดซ้ำ	ความถูกต้องในการวัดซ้ำของ	2	1	13	0.78%
62	Environment	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิบริเวณสถานที่ปฏิบัติงาน	2	1	13	0.78%
63		ความชื้น	ความชื้นบริเวณสถานที่ปฏิบัติงาน	2	1	13	0.78%



รูปที่ 4.8 กราฟเรียงลำดับคะแนน Cause and Effect Matrix

ตารางที่ 4.6 ปัจจัยนำเข้า 32 ปัจจัยที่มีคะแนนสะสม 80% แรก

ลำดับ	ปัจจัย	คะแนน	คะแนนสะสม	เปอร์เซ็นต์สะสม
1	ความดันในการดูดซีล	77	77	4.61%
2	วิธีการประกอบกระจกเข้ากับตัวถังรถยนต์	72	149	8.92%
3	ความเร็วในการฉีดซีล	72	221	13.23%
4	วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ	72	293	17.54%
5	อุณหภูมิในการลำเลียงซีล	72	365	21.86%
6	ขนาดของหัวฉีดซีล	72	437	26.17%
7	วิธีการไล่อากาศจากถังซีล	69	506	30.30%
8	การลำเลียงซีลไปตามท่อลำเลียง	69	575	34.43%
9	การปรับการไหลของซีลให้มีความสม่ำเสมอ	67	642	38.44%
10	ตำแหน่งของการทาไพร์มเมอร์	64	706	42.28%
11	จังหวะการดูดซีลจากถัง	64	770	46.11%
12	การเปิด-ปิดการไหลของซีลไปยัง Auto Gun	64	834	49.94%
13	การเปิด-ปิดการไหลของซีลไปยังกระจก	64	898	53.77%
14	การ Set ตำแหน่ง Center ให้กระจก	34	932	55.81%
15	สัดส่วนของกระจกไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	33	965	57.78%
16	ขอบยางของ Floorer Plate เสื่อมสภาพ	32	997	59.70%
17	อุณหภูมิของซีล	26	1,023	61.26%
18	ความหนืดของซีล	26	1,049	62.81%
19	ชนิดของซีล	26	1,075	64.37%
20	อายุของซีลไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	23	1,098	65.75%
21	สัดส่วนของส่วนผสมไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	23	1,121	67.13%
22	ความแข็งของคลิป	23	1,144	68.50%
23	สภาพของแต้มไม่สมบูรณ์	23	1,167	69.88%
24	สภาพของฟาสเทนเนอร์ไม่สมบูรณ์	23	1,190	71.26%
25	ความหนาของกระดาษ	23	1,213	72.63%
26	เกณฑ์การตัดสินไม่เหมาะสม	23	1,236	74.01%
27	ความเรียบของขอบกระดาษ	21	1,257	75.27%
28	สภาพของ Pipe	21	1,278	76.53%
29	ลืมทาจารบีบริเวณขอบปากถังซีล	18	1,296	77.60%
30	ความยืดหยุ่นของกระดาษ	18	1,314	78.68%
31	สภาพของ Pump Seal	18	1,332	79.76%
32	วิธีการทาไพร์มเมอร์	16	1,348	80.72%

ซึ่งปัจจัยทั้ง 32 ปัจจัยนี้คาดว่ามีความสัมพันธ์กับผลตอบ (Response) คือ จำนวนปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความดันในการดูดซีล มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากความดันที่ใช้ในการดูดซีลจากถังซีลนั้นมีผลต่อความสม่ำเสมอในการลำเลียงซีลเข้าสู่ท่อลำเลียง กรณีที่ความดันไม่สม่ำเสมอจะส่งผลให้ซีลที่จะส่งให้หุ่นยนต์ฉีดซีลนั้นขาดช่วง หรือขนาดของซีลมีขนาดเล็ก โดยถ้าซีลมีขนาดเล็กกว่ามาตรฐานกำหนด (ฐานกว้าง 7 มิลลิเมตร และสูง 12 มิลลิเมตร) จะทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วตามมา

2. วิธีการประกอบกระจกเข้ากับตัวถังรถยนต์ อาจมีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากวิธีการประกอบไม่ถูกต้อง เป็นต้นว่ากดคลิปล็อกระหว่างกระจกและตัวถังรถยนต์ไม่แน่น ทำให้มีช่องว่างให้น้ำหลุดรอดเข้าไปภายในห้องโดยสารได้

3. ความเร็วในการฉีดซีล มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากกรณีที่ความเร็วในการฉีดซีล แต่ละตำแหน่งของกระจกไม่เท่ากันเนื่องจากระยะของกระจกแต่ละด้าน และลักษณะการฉีดของหุ่นยนต์มีหลายแบบ จำเป็นต้องตั้งค่าความเร็วให้เหมาะสม โดยในกรณีที่ความเร็วน้อยเกินจะส่งผลให้ซีลมีขนาดใหญ่ และถ้าความเร็วมากเกินจะส่งผลให้ซีลมีขนาดเล็ก จะทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วตามมา

4. วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากบริเวณรอยต่อของแนวซีล คือจุดเริ่มต้น และจุดสุดท้ายที่ซีลมาบรรจบกันจะเกิดช่องว่างระหว่างแนวซีลขึ้น กรณีที่ปาดแนวซีลไม่ดีจะส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำรั่วตามมา

5. อุณหภูมิในการลำเลียงซีล มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากซีลซึ่งเป็นสารเคมีที่มีสถานะเป็นของไหล ซึ่งในขณะที่ลำเลียงซีลถ้าอุณหภูมิมากเกินไปจะทำให้ความหนืดของซีลอ่อนตัว และขาดคุณสมบัติในการยึดเกาะกับกระจกได้ แต่ถ้าซีลมีอุณหภูมิน้อยเกินไปจะทำให้ความหนืดของซีลมาก คือ ซีลจะแข็งตัว ทำให้การลำเลียงของซีลมีปัญหา โดยถ้าซีลแข็งตัวมากก็จะทำให้ท่อที่ซีลลำเลียงไปตัน แต่ถ้าซีลแข็งตัวเป็นจุดๆ ก็จะส่งผลต่อคุณสมบัติของซีลที่จะแข็งบ้างอ่อนบ้าง ส่งผลต่อคุณสมบัติในการยึดเกาะกับกระจกและส่งผลให้เกิดช่องว่างในแนวซีลได้

6. ขนาดของหัวฉีดซีล มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากขนาดของหัวฉีดซีลที่ใหญ่ จะทำให้แนวซีลมีขนาดใหญ่ และถ้าขนาดของหัวฉีดซีลเล็กจะทำให้แนวซีลมีขนาดเล็ก แต่ต้องพิจารณาขนาดของหัวฉีดซีลร่วมกับปัจจัยอื่นๆ ด้วย

7. วิธีการไล่อากาศจากถังซีล อาจมีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากอากาศจากถังซีลจะทำให้อากาศเข้ามาแทรกตัวในซีล ทำให้ขณะที่ฉีดซีลออกมาส่งผลให้แนวซีลขาดช่วง

8. การลำเลียงซีลไปตามท่อลำเลียง อาจมีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากซีลเป็นของไหลที่ถูกลำเลียงไปตามท่อ และอาจแข็งตัวกรณีที่อุณหภูมิต่ำทำให้ติดอยู่ภายในท่อได้เนื่องจากท่อมีความคดเคี้ยว และจำเป็นต้องใช้ความดันที่เหมาะสมอีกด้วยทำให้การลำเลียงซีลนั้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ซีลที่ได้แข็งตัว ดังนั้นซีลที่ได้ก็จะส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำรั่วตามมา

9. การปรับการไหลของซีลให้มีความสม่ำเสมอ มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากหากไม่สม่ำเสมอจะส่งผลให้ซีลที่จะส่งให้หุ่นยนต์ฉีดซีลนั้นขาดช่วง หรือขนาดของซีลมีขนาดเล็ก ส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำรั่วตามมา

10. ตำแหน่งของการทาไพร์มเมอร์ อาจมีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากไพร์มเมอร์จะทาที่กระจกก่อนที่จะฉีดซีล เพราะไพร์มเมอร์มีหน้าที่เป็นตัวประสานระหว่างซีลและกระจกให้ยึดติดกัน

11. จังหวะการดูดซีลจากถัง อาจมีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากจังหวะความเร็วที่ใช้ในการดูดซีลจากถังซีลนั้นมีผลต่อความสม่ำเสมอในการลำเลียงซีล

12. การเปิด-ปิดการไหลของซีลไปยัง Auto Gun อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากการเปิด-ปิดการไหลของซีลบางจังหวะของการฉีดซีลจำเป็นต้องการให้เปิด-ปิดเร็ว บางครั้งต้องการให้เปิด-ปิดช้า เพื่อให้สอดคล้องต่อการฉีดซีลลงบนกระจก ซึ่งจะส่งผลให้ซีลมีขนาดเล็กบ้าง ใหญ่บ้าง

13. การเปิด-ปิดการไหลของซีลไปยังกระจก อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากการเปิด-ปิดการไหลของซีลบางจังหวะของการฉีดซีลจำเป็นต้องการให้เปิด-ปิดเร็ว บางครั้งต้องการให้เปิด-ปิดช้า เพื่อให้สอดคล้องต่อการฉีดซีลลงบนกระจก ซึ่งจะส่งผลให้ซีลมีขนาดเล็กบ้าง ใหญ่บ้าง

14. การ Set ตำแหน่ง Center ให้กระจก อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากการกำหนดตำแหน่งในการฉีดซีลอาจออกจากตำแหน่งที่กำหนด ซึ่งส่งผลให้แนวซีลไม่ตรงกับตำแหน่งในการประกอบกระจกกับตัวถังรถยนต์

15. สัดส่วนของกระจกไม่เป็นไปตามมาตรฐาน อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากจะส่งผลต่อการ Set ตำแหน่ง Center ในการฉีดซีลให้ไม่ตรงกับตำแหน่งที่กำหนด และส่งผลให้แนวซีลไม่ตรงกับตำแหน่งในการประกอบกระจกกับตัวถังรถยนต์

16. ขอบยางของ Floorer Plate เสื่อมสภาพ อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากทำให้การจังหวะการดูดซีลขึ้นจากถังแต่ละครั้งมีจำนวนซีลที่ดูดขึ้นมาไม่คงที่ ซึ่งส่งผลให้ซีลมีขนาดเล็กบ้างใหญ่บ้าง

17. อุณหภูมิของซีล อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากอุณหภูมิสูงเนื้อซีลจะอ่อนตัว และอุณหภูมิต่ำเนื้อซีลจะแข็งตัว ซึ่งทำให้เนื้อของซีลไม่มีคุณสมบัติของไหลที่เหมาะสมในการยึดติดระหว่างกระจกกับตัวถังรถยนต์

18. ความหนืดของซีล อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากซีลมีความหนืดมากจะทำให้ซีลแข็งตัว และความหนืดน้อยจะทำให้ซีลอ่อนตัว ซึ่งทำให้เนื้อของซีลไม่มีคุณสมบัติของไหลที่เหมาะสมในการยึดติดระหว่างกระจกกับตัวถังรถยนต์

19. ชนิดของซีล อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุในการผลิตมีความแตกต่างในการนำมาใช้งาน

20. อายุของซีลไม่เป็นไปตามมาตรฐาน อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากซีลมีอายุการใช้งาน กรณีที่หมดอายุ คือ ซีลขาดคุณสมบัติในการใช้ในการประสานระหว่างกระจกและตัวถังรถยนต์

21. สัดส่วนของส่วนผสมไม่เป็นไปตามมาตรฐาน อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากจะทำให้คุณสมบัติของซีลมีความแปรผันไม่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด และส่งผลต่อคุณภาพในการใช้งานของซีล

22. ความแข็งของคลิป อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากคลิปมีหน้าที่ในการยึดจับกระจกเข้ากับตัวถังรถยนต์ กรณีที่คลิปหักจะส่งผลให้น้ำสามารถเล็ดรอดเข้าสู่ห้องโดยสารได้

23. สภาพของแด้มไม่สมบูรณ์ อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากแด้มมีหน้าที่ในการยึดจับกระจกเข้ากับตัวถังรถยนต์ กรณีที่แด้มไม่สมูบรณ์จะส่งผลให้น้ำสามารถเล็ดรอดเข้าสู่ห้องโดยสารได้

24. สภาพของฟาสเทนเนอร์ไม่สมบูรณ์ อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากฟาสเทนเนอร์มีหน้าที่ในการยึดจับกระจกเข้ากับตัวถังรถยนต์บริเวณขอบๆ ของกระจก กรณีที่แด้มไม่สมูบรณ์จะส่งผลให้น้ำสามารถเล็ดรอดเข้าสู่ห้องโดยสารได้

25. ความหนาของกระดาษ อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากกระดาษในการปาดซีลถ้าแข็งเกินไปจะทำให้ยากในการปาดซีล และส่งผลให้แนวซีลไม่เรียบสม่ำเสมอ กรณีที่กระดาษในการปาดซีลอ่อนเกินไปจะทำให้ไม่สามารถบังคับการปาดซีลให้ได้ตามแนวที่ต้องการ

26. เกณฑ์การตัดสินไม่เหมาะสม อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากการตัดสินใจในปัญหาเป็นการสังเกตด้วยสายตา 100% และการตัดสินไม่สามารถตรวจจับเครื่องมือได้ จึงอาจเกิดความผิดพลาดจากมนุษย์ (Human Error) ได้

27. ความเรียบของขอบกระดาษ อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากกระดาษในการปาดซีลกรณีที่ไม่เรียบจะส่งผลให้แนวซีลไม่สม่ำเสมอส่งผลให้น้ำรั่วได้

28. สภาพของ Pipe อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจาก Pipe มีหน้าที่ลำเลียงซีลจากแรงดันซึ่งกรณีที่สภาพของ Pipe ไม่สมบูรณ์ อาจส่งผลต่อการลำเลียงซีลให้มีความไม่สม่ำเสมอของการเดินแนวซีล

29. ลืมทาจารบีบริเวณขอบปากถังซีล อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากทำให้การจังหวะการดูดซีลขึ้นจากถังแต่ละครั้งมีจำนวนซีลที่ดูดขึ้นมาไม่คงที่ เพราะจังหวะการชักมีความฝืดไม่สม่ำเสมอ ซึ่งส่งผลให้ซีลมีขนาดเล็กบ้าง ใหญ่บ้าง

30. ความยืดหยุ่นของกระดาษ อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากกระดาษในการปาดซีล ถ้ายืดหยุ่นเกินไปจะทำให้ไม่สามารถบังคับการปาดซีลให้ได้ตามแนวที่ต้องการ กรณีที่กระดาษในการปาดซีลยืดหยุ่นน้อยเกินไปจะทำให้ยากในการปาดซีล และส่งผลให้แนวซีลไม่เรียบสม่ำเสมอ

31. สภาพของ Pump Seal อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจาก Pump Seal มีหน้าที่ในการดูดซีลขึ้นจากถังซีล กรณีที่ Pump Seal มีสภาพไม่สมบูรณ์จะส่งผลให้การดูดซีลไม่สม่ำเสมอ และทำให้ซีลที่ส่งไปตามท่อลำเลียงขาดช่วงได้ จึงส่งผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วตามมา

32. วิธีการทาไพร์มเมอร์ อาจมีผลต่อปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากไพร์มเมอร์มีหน้าที่ในการประสานกระหว่างกระจกกับแนวซีล และตัวถังรถยนต์กับแนวซีล ดังนั้นกรณีที่ทาไพร์มเมอร์ใหญ่เกิน หรือเล็กเกินจะทำให้ซีลไม่ยึดติดกับกระจก และซีลไม่ยึดติดกับตัวถังรถยนต์ จึงส่งผลให้เกิดช่องว่างทำให้น้ำสามารถเข้าสู่ภายในห้องโดยสารรถยนต์ได้

4.3.3 **ตารางแสดงการประเมินผล** (Evaluation Matrix)

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (KPIV) โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) และกลั่นกรองปัจจัยนำเข้าที่มีลำดับความสำคัญสูงโดยใช้หลักของพาเรโต คือ นำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญใน 80% แรก พบว่ามีปัจจัยนำเข้าที่มีความสำคัญสูงจำนวน 32 ปัจจัยที่คาดว่ามีความสัมพันธ์กับผลตอบ (Response) คือ สัดส่วนของจำนวนรถที่มีปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ จากนั้นจึงนำปัจจัยเหล่านี้มาประเมินผลในตารางแสดงการประเมินผล (Evaluation Matrix) เพื่อกลั่นกรองให้เหลือแต่ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ ก่อนจะนำไปทดลองในขั้นตอนถัดไป โดยขั้นตอนในการประเมินผล (Evaluation Matrix) มีดังนี้

1) ทำการระดมความคิดจากคณะทำงาน ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับที่ทำการวิเคราะห์ตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) โดยนำปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (KPIV) ต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ที่ได้จากตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลมากลั่นกรองโดยหลักของพาเรโต 80% แรกของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญจำนวน 32 ปัจจัย มาทำการประเมินผลในตารางแสดงการประเมินผล (Evaluation Matrix)

2) ระดมความคิดในการแจกแจง การประเมินผล (Evaluation Matrix) ทั้ง 32 ปัจจัย ที่อาจมีผลกระทบต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ โดยประยุกต์ใช้หัวข้อในการ

ประเมินจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) ซึ่งประกอบด้วย 3 หัวข้อประเมินดังแสดงในตารางที่ 4.10

2.1) ผลกระทบที่เกิดความเสียหาย (Potential Failure Effects) ซึ่งก็คือผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการประเมินความร้ายแรง (Severity Score: S) ที่เกิดขึ้นของผลกระทบในแต่ละความเสียหาย (Potential Failure Mode) ที่มีต่อการเกิดของเสียประเภทปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ ซึ่งมาจากคณะทำงานผู้ชำนาญทำการประเมินผล โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนระดับความรุนแรงดังแสดงในตารางที่ 4.7 มาใช้เฉพาะในงานวิจัยนี้ เนื่องจากระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้นนี้ไม่สามารถประเมินได้จากผลกระทบที่เกิดขึ้นกับปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้า เนื่องจากการตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วของโรงงานกรณีศึกษาเป็นการตรวจสอบปัญหา ผ่าน/ไม่ผ่าน ดังนั้นจึงประยุกต์การกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนระดับความรุนแรงเป็นการวัดผลจากเปอร์เซ็นต์ผ่านของรถที่ทำการตรวจสอบน้ำรั่วในแต่ละล็อต

2.2) วิเคราะห์สาเหตุที่เป็นไปได้ของแต่ละความเสียหาย (Potential Causes) ที่เป็นที่มาของการเกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้า ซึ่งคณะทำงานจะทำการประเมินความถี่ในการเกิดปัญหาน้ำรั่วที่เกิดสาเหตุที่วิเคราะห์อยู่ (Occurrence Score: O) โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความถี่ดังแสดงในตารางที่ 4.8 มาใช้เฉพาะในงานวิจัยนี้ เนื่องจากในแต่ละสาเหตุที่คณะทำงานระดมความคิดขึ้นมาเป็นลักษณะปัญหาที่รู้เฉพาะส่วนงาน ดังนั้นฝ่ายที่ทำการตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูปจึงไม่สามารถจำแนกปัญหาออกมาได้ว่าเกิดจากสาเหตุใดชัดเจน ซึ่งทำให้ไม่มีข้อมูลความถี่ในการเกิดปัญหาน้ำรั่ว เนื่องจากมีความยากลำบากในการเก็บข้อมูลเชิงตัวเลข ดังนั้นจึงประยุกต์การกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนความถี่เป็นการประเมินจากผู้มีความชำนาญด้วยระดับประเมินจากระดับความถี่ในการเกิดปัญหาน้ำรั่วต่ำที่สุดถึงสูงที่สุด

2.3) พิจารณาระบบการตรวจจับในปัจจุบัน (Current Control) ที่ใช้ในการควบคุมป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้า หรือการตรวจจับการเกิดขึ้นของปัญหาน้ำรั่วเพื่อที่จะพิจารณาหรือกำจัดสาเหตุของปัญหาน้ำรั่วนั้น ซึ่งคณะทำงานจะทำการประเมินความสามารถของระบบการควบคุม (Detection Score: D) ที่ใช้ในปัจจุบันในการตรวจจับปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้า โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหาดังแสดงในตารางที่ 4.9 มาใช้เฉพาะในงานวิจัยนี้ เนื่องจากตัวตรวจจับปัญหามีความจำเป็นในการกำหนดค่าความสามารถในการตรวจจับปัญหาเชิงตัวเลข ดังนั้นจึงประยุกต์การกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหาจากการประเมินโดยผู้มีความชำนาญ

3) คำนวณผลการคูณของหัวข้อการประเมินทั้ง 3 หัวข้อ ประกอบด้วยคะแนนระดับรุนแรง (S) คแนนความถี่ (O) และคะแนนระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหา (D) ซึ่งประยุกต์มาจากการคำนวณค่า RPN (Risk Priority Number) ของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) โดยในงานวิจัยนี้ให้ชื่อว่า Applied Risk Priority Number (ARPN) โดยสูตรในการคำนวณค่า ARPN = S x O x D

หมายเหตุ เกณฑ์การให้คะแนนของทั้ง 3 ค่า คือ คะแนนระดับรุนแรง (S) คะแนนความถี่ (O) และคะแนนระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหา(D) ได้มาจากคณะทำงานผู้ชำนาญทั้งหมด 10 ท่าน ประกอบด้วย วิศวกรฝ่ายประกอบชิ้นส่วนจำนวน 4 ท่าน, วิศวกรฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูปจำนวน 1 ท่าน และหัวหน้าคนงานที่เกี่ยวข้องจำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบส่วนงานคุณภาพ, ซ่อมบำรุง, ประกอบชิ้นส่วนภายนอก, ซ่อมรถที่มีปัญหาจากการประกอบ, ตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูป ทำการประเมินปัจจัยนำเข้าทั้ง 32 ปัจจัยที่มีคะแนนสูง 80% แรกจากการจัดลำดับคะแนนจากตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) และนำมาประเมินแต่ละปัจจัยเพื่อกลั่นกรองปัจจัยนำเข้าที่ผลกระทบต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วจากตารางแสดงการประเมินผล (Evaluation Matrix) ที่มีคะแนนสูงใน 80% แรกเพื่อนำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญไปใช้ในการออกแบบการทดลองต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความรุนแรง (S)

ความรุนแรงของผลกระทบที่เกิด	ระดับ
มีความร้ายแรงของปัญหาสูงมาก มีผลให้น้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ทั้งล็อต (Lot = 30 คัน) โดยไม่มีสัญญาณเตือน	10
มีความร้ายแรงของปัญหาสูง มีผลให้น้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ทั้งล็อต (Lot = 30 คัน) โดยมีสัญญาณการเตือนแล้ว	9
เกิดความผิดพลาดในกระบวนการ มีผลให้น้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์มากกว่า 80% (มากกว่า 24 คัน)	8
เกิดความผิดพลาดในกระบวนการ มีผลให้น้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์มากกว่า 65% แต่ไม่เกิน 80% (มากกว่า 20 คัน แต่ไม่เกิน 24 คัน)	7
เกิดความผิดพลาดในกระบวนการ มีผลให้น้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์มากกว่า 50% แต่ไม่เกิน 65% (มากกว่า 15 คัน แต่ไม่เกิน 20 คัน)	6
เกิดความผิดพลาดในกระบวนการ มีผลให้น้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์มากกว่า 35% แต่ไม่เกิน 50% (มากกว่า 11 คัน แต่ไม่เกิน 15 คัน)	5
เกิดความผิดพลาดในกระบวนการ มีผลให้น้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์มากกว่า 20% แต่ไม่เกิน 35% (มากกว่า 6 คัน แต่ไม่เกิน 11 คัน)	4
เกิดความผิดพลาดในกระบวนการ มีผลให้น้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์มากกว่า 10% แต่ไม่เกิน 20% (มากกว่า 3 คัน แต่ไม่เกิน 6 คัน)	3
เกิดความผิดพลาดในกระบวนการ มีผลให้น้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์น้อยกว่า 10% (น้อยกว่า 3 คัน)	2
ไม่มีผลให้น้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 เกณฑ์การให้คะแนนความถี่ (O)

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหาย	โอกาสที่เกิดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์	ระดับ
สูงมาก (Very high)	เกิดขึ้นบ่อยมากจนเป็นปกติ	5
สูง (High)	เกิดขึ้นบ่อยๆ	4
ปานกลาง (Moderate)	เกิดขึ้นบางครั้ง	3
ต่ำ (Low)	เกิดขึ้นนานๆ ครั้ง	2
ต่ำมาก (Very Low)	แทบจะไม่เคยเกิดขึ้น	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหา (D)

การตรวจพบ	แนวโน้มในการตรวจพบสาเหตุของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์	ระดับ
เกือบจะเป็นไปไม่ได้ (Almost Impossible)	ไม่สามารถตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุให้เกิดความเสียหาย	10
ห่างไกลมาก (Very Remote)	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหาย ยังห่างไกลมาก	9
ห่างไกล (Remote)	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหาย ยังห่างไกล	8
ต่ำมาก (Very Low)	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหาย ยังต่ำมาก	7
ต่ำ (Low)	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหาย ยังต่ำ	6
ปานกลาง (Moderate)	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหาย อยู่ในระดับปานกลาง	5
ค่อนข้างสูง (Moderately High)	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหาย อยู่ในระดับค่อนข้างสูง	4
สูง (High)	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหาย อยู่ในระดับสูง	3
สูงมาก (Very High)	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายยัง อยู่ในระดับสูงมาก	2
เกือบแน่นอน (Almost Certain)	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหาย อยู่ในระดับที่สามารถตรวจจับได้เกือบแน่นอน	1

ตารางที่ 4.10 การประเมินผล (Evaluation Matrix)

No.	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S	Potential Causes	O	Current Controls	D	ARPN	Action Recommended
1	ความดันในการดูดซีล	ความดันในการดูดซีลจากถังซีล สูงหรือต่ำเกินไป	เกิดปัญหาน้ำรั่ว 100% โดยมีสัญญาณเตือน	9	เกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้นบ่อยๆ	4	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหายังต่ำ	6	216	ทำการทดลองเพื่อหาความดันที่เหมาะสม พร้อมทำเอกสารเพื่อควบคุมความดันในการดูดซีล
2	วิธีการประกอบกระจกเข้ากับ ตัวถังรถยนต์	วิธีการประกอบกระจก ไม่เหมาะสม	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 80%	8	เกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้นบางครั้ง	3	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาปานกลาง	5	120	
3	ความเร็วในการฉีดซีล	ความเร็วในการฉีดซีล เร็วหรือช้าเกินไป	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 80%	8	เกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้นบ่อยๆ	4	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหายังห่างไกล	8	256	ทำการทดลองเพื่อหาความเร็วที่เหมาะสม พร้อมทำเอกสารเพื่อควบคุมความดันในการดูดซีล
4	วิธีการปาดแนวซีล บริเวณรอยต่อ	วิธีการปาดแนวซีล บริเวณรอยต่อไม่เหมาะสม	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 80%	8	เกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้นบ่อยๆ	4	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหายังต่ำมาก	7	224	ออกแบบการทดลองหาวิธีการปาดแนวซีลที่เหมาะสม พร้อมทำเป็นมาตรฐาน
5	อุณหภูมิในการลำเลียงซีล	อุณหภูมิในการลำเลียงซีล สูงหรือต่ำเกินไป	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 80%	8	เกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้นบ่อยๆ	4	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหายังห่างไกล	8	256	ทำการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสม พร้อมทำเอกสารเพื่อควบคุมอุณหภูมิในการลำเลียงซีล
6	ขนาดของหัวฉีดซีล	ขนาดของหัวฉีดซีล ใหญ่หรือเล็กเกินไป	เกิดปัญหาน้ำรั่ว 100% โดยไม่มีสัญญาณเตือน	10	เกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้นบางครั้ง	3	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหายังห่างไกล	8	240	ทดลองหาขนาดของหัวฉีดซีลที่เหมาะสม พร้อมทำเป็นมาตรฐาน
7	วิธีการไล่อากาศจากถังซีล	วิธีการไล่อากาศจากถังซีล ไม่เหมาะสม	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 80%	8	เกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้นบ่อยๆ	4	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหายังห่างไกล	8	256	ออกแบบและทดลอง หาวิธีการไล่อากาศจากถังซีลที่เหมาะสม
8	การลำเลียงซีล ไปตามท่อลำเลียง	ระยะทางในการลำเลียง ใกล้หรือไกลเกินไป	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 10%	3	เกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้นบ่อยๆ	4	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	12	
9	การปรับการไหลของซีล ให้มีความสม่ำเสมอ	การไหลของซีล ไม่มีความสม่ำเสมอ	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 80%	8	นานๆ ครั้งเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	2	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาปานกลาง	5	80	
10	ตำแหน่งของการทา ไพร์มเมอร์	ทาไพร์มเมอร์ สูงหรือต่ำกว่าแนวซีล	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 80%	8	นานๆ ครั้งเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	2	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	16	
11	จังหวะการดูดซีลจากถัง	ความเร็วในการดูดซีลจากถัง เร็วหรือช้าเกินไป	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 10%	3	นานๆ ครั้งเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	2	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสูง	3	18	กำหนดความเร็วในการเปิด-ปิดจากความสัมพันธ์ ของความเร็วที่เหมาะสมในการฉีดซีล และกำหนดเป็นมาตรฐาน
12	การเปิด-ปิดการไหล ของซีลไปยัง Auto Gun	ความเร็วในการเปิด-ปิด เร็วหรือช้าเกินไป	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 10%	3	นานๆ ครั้งเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	2	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสูง	3	18	กำหนดความเร็วในการเปิด-ปิดจากความสัมพันธ์ ของความเร็วที่เหมาะสมในการฉีดซีล และกำหนดเป็นมาตรฐาน
13	การเปิด-ปิดการไหล ของซีลไปยังกระจก	ความเร็วในการเปิด-ปิด เร็วหรือช้าเกินไป	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 10%	3	นานๆ ครั้งเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	2	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสูง	3	18	กำหนดความเร็วในการเปิด-ปิดจากความสัมพันธ์ ของความเร็วที่เหมาะสมในการฉีดซีล และกำหนดเป็นมาตรฐาน
14	การ Set ตำแหน่ง Center ให้กระจก	ตั้งตำแหน่ง Center ไม่ได้ศูนย์	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 20%	4	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	4	
15	สัดส่วนของกระจก ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	ตั้งตำแหน่ง Center ไม่ได้ศูนย์	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 20%	4	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	4	
16	ขอบยางของ Floorer Plate เสื่อมสภาพ	จังหวะการดูดซีลไม่คงที่	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 10%	3	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะ เกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	3	

ตารางที่ 4.10 การประเมินผล (Evaluation Matrix) (ต่อ)

No.	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S	Potential Causes	O	Current Controls	D	ARPN	Action Recommended
17	อุณหภูมิของซีล	อุณหภูมิของซีลสูงหรือต่ำเกินไป	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 10%	3	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	3	
18	ความหนืดของซีล	ความหนืดของซีล มากหรือน้อยเกินไป	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 10%	3	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	3	
19	ชนิดของซีล	คุณสมบัติของวัสดุ มีความแตกต่างกัน	เกิดปัญหาน้ำรั่ว น้อยกว่า 10%	2	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสูงมาก	2	4	
20	อายุของซีล ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	ซีลหมดอายุ	เกิดปัญหาน้ำรั่ว น้อยกว่า 10%	2	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	2	
21	สัดส่วนของส่วนผสม ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	คุณสมบัติของซีล มีความแปรผันไม่คงที่	เกิดปัญหาน้ำรั่ว น้อยกว่า 10%	2	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสูงมาก	2	4	
22	ความแข็งของคลิป	คลิปแข็งหรืออ่อนเกินไป	เกิดปัญหาน้ำรั่ว น้อยกว่า 10%	2	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	2	
23	สภาพของแค้มไม่สมบูรณ์	แค้มขาดคุณสมบัติในการยึดจับ	เกิดปัญหาน้ำรั่ว น้อยกว่า 10%	2	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	2	
24	สภาพของฟาสเทนเนอร์ ไม่สมบูรณ์	ฟาสเทนเนอร์ขาดคุณสมบัติในการยึดจับ	เกิดปัญหาน้ำรั่ว น้อยกว่า 10%	2	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	2	
25	ความหนาของกระดาษ	กระดาษมีความหนาที่แข็งหรืออ่อนเกินไป	ไม่มีผลกระทบ	1	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	1	
26	เกณฑ์การตัดสินไม่เหมาะสม	ตัดสินว่าเกิดปัญหาน้ำรั่ว	ไม่มีผลกระทบ	1	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	1	
27	ความเรียบของขอบกระดาษ	ขอบกระดาษไม่เรียบ	ไม่มีผลกระทบ	1	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาค่อนข้างสูง	4	4	
28	สภาพของ Pipe	Pipe มีสภาพไม่สมบูรณ์	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 10%	3	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสูงมาก	2	6	
29	ลืมทาจารบี บริเวณขอบปากถังซีล	จังหวะการดูดซีลไม่คงที่	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 10%	3	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	3	
30	ความยืดหยุ่นของกระดาษ	กระดาษมีความยืดหยุ่นมากหรือน้อยเกินไป	ไม่มีผลกระทบ	1	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	1	
31	สภาพของ Pump Seal	Pump Seal มีสภาพไม่สมบูรณ์	เกิดปัญหาน้ำรั่ว มากกว่า 10%	3	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสูงมาก	2	6	
32	วิธีการทาไพร์มเมอร์	ทาไพร์มเมอร์ใหญ่หรือเล็กเกินไป	เกิดปัญหาน้ำรั่ว	2	แทบจะไม่เคยเกิดปัญหาน้ำรั่วขึ้น	1	ความสามารถที่จะตรวจพบแนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเกือบแน่นอน	1	2	

รูปที่ 4.9 กราฟเรียงลำดับคะแนน ARPN

ตารางที่ 4.11 ปัจจัยนำเข้า 6 ปัจจัยที่มีคะแนนสะสม 80% แรก

ลำดับ	ปัจจัย	คะแนน ARPN	คะแนน ARPNสะสม	เปอร์เซ็นต์สะสม
1	ความเร็วในการฉีดซีล	256	256	14.33%
2	อุณหภูมิในการลำเลียงซีล	256	512	28.65%
3	วิธีการไล่อากาศจากถังซีล	256	768	42.98%
4	ขนาดของหัวฉีดซีล	240	1,006	56.41%
5	วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ	224	1,232	68.94%
6	ความดันในการดูดซีล	216	1,448	81.03%

จากการประเมินผลด้วยตารางแสดงการประเมิน (Evaluation Matrix) ซึ่งประยุกต์มาจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis) และทำการจัดเรียงลำดับตามคะแนน ARPN ที่ได้ จากมากไปน้อย โดยใช้พาเรโตมาพิจารณา ดังรูปที่ 4.9 พบว่าปัจจัย 6 ลำดับแรกซึ่งมีคะแนนสูงและมีเปอร์เซ็นต์สะสม 80% แรก มีคะแนนรวมเท่ากับ 1,448 คะแนน จากคะแนนรวมทั้งหมด 1,787 คะแนน ซึ่งคิดเป็น 81.03% ของคะแนนทั้งหมด ดังนั้นจึงได้เลือกเป็นปัจจัยนำเข้า (KPIVs) ที่จะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ดังแสดงดังตารางที่ 4.11

4.4 สรุประยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนแรกของระยะวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) โดยทดสอบพนักงานตรวจสอบปัญหาน้ำรั่ว 3 คน ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์ความไบอัสของพนักงานตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ พบว่าผลการทดสอบความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะผ่านเกณฑ์ที่กำหนดว่าจะยอมรับทั้ง 4 ค่า คือ 100% เนื่องจากพนักงานตรวจสอบทุกคนสามารถตัดสินปัญหาน้ำรั่วได้ถูกต้องทุกคัน

จากนั้นจึงศึกษาความสามารถของกระบวนการ และทำการเก็บข้อมูลลักษณะของปัญหาน้ำรั่ว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดปัญหาน้ำรั่ว พบว่า 82% ของปัญหาน้ำรั่ว มีลักษณะแนวซีลที่มีขนาดเล็ก (มาตรฐานกำหนดให้ฐานของซีลมีขนาด 7 มิลลิเมตร และสูง 12 มิลลิเมตร) และแนวซีลที่เกิดจากรอยต่อ ซึ่งปัจจัยที่สำคัญมากต่อขนาดของซีล โดยเป็นปัญหา

ที่ไม่สามารถตรวจสอบสาเหตุของปัญหาได้ทันที จำเป็นต้องตัดกระจกออกมาเพื่อทำการแก้ไขจึงสามารถวิเคราะห์เพื่อทราบสาเหตุของปัญหาได้

ทำการระดมสมองสมาชิกในคณะทำงาน เพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดปัญหาน้ำรั่ว โดยใช้ผังก้างปลาหรือผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) พบว่าสาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่งเกิดจากการเกิดช่องว่างระหว่างแนวซีล ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วกับกระจกรถยนต์ขึ้น จึงได้ทำการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุของการเกิดช่องว่างระห่างแนวซีลด้วย จากนั้นนำปัจจัยต่างๆ ที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (KPIV) โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ผลการให้คะแนนพบว่ามี 32 ปัจจัยที่มีคะแนนสูงเป็นเปอร์เซ็นต์สะสมรวม 80% แรก จึงได้นำปัจจัยเหล่านี้ไปทำการประเมินผลด้วยตารางแสดงการประเมินผล (Evaluation Matrix) ซึ่งประยุกต์หัวข้อในการประเมินมาจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) พบว่าได้ปัจจัยที่มีคะแนน ARPN ที่มีคะแนนสูงเป็นเปอร์เซ็นต์สะสมรวม 80% แรก จำนวน 6 ปัจจัย เพื่อนำไปทดสอบและวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป คือ ความดันในการดูดซีล, วิธีการไล่อากาศจากถังซีล, วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ, ความเร็วในการฉีดซีล, ขนาดของหัวฉีดซีล และอุณหภูมิในการลำเลียงซีล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

หลังจากระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหาแล้ว ในขั้นตอนของการประเมินผลด้วยตารางแสดงการประเมินผล (Evaluation Matrix) ซึ่งประยุกต์มาจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis หรือ FMEA) พบว่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญในการนำไปทดสอบและวิเคราะห์ในระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เพื่อลดปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้า ทั้งหมด 6 ปัจจัย คือ

1) ความดันในการดูดซีล
2) วิธีการไล่อากาศจากถังซีล
3) วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ
4) ความเร็วในการฉีดซีล
5) ขนาดของหัวฉีดซีล
6) อุณหภูมิในการลำเลียงซีล

โดยในบทนี้จะนำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ 6 ปัจจัยนี้มาทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยนำเข้า และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตอบสนองหรือสัดส่วนปัญหาน้ำรั่วบริเวณที่เกิดขึ้นบริเวณกระจกหน้ารถยนต์รุ่นเล็ก 1 เพื่อคัดเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญในการนำไปกำหนดแนวทางการปรับปรุงต่อไป

5.1 การเลือกรูปแบบในการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการประมาณค่า เพื่อหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในการทดลอง โดยทำการทดลองที่ประหยัดขนาดตัวอย่างและให้ข้อมูลในการวิเคราะห์มากที่สุด เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการทดลอง เนื่องจากการปัญหาน้ำรั่วส่งผลกระทบให้เกิดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมสูง และสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วในการผลิตปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษามีค่าที่ค่อนข้างต่ำ การที่ตัวแปรตอบสนองเป็นสัดส่วนของเสียนี้ เพื่อให้สามารถตรวจจับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการทดลองได้ จำเป็นต้องใช้ขนาดตัวอย่างในการทดลองมากตามไปด้วย ดังนั้นขนาดตัวอย่างจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอย่างมากในการทำการทดลองนี้

5.1.1 การทดสอบที่นำมาพิจารณา

งานวิจัยนี้ได้เลือกทำการออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน (Variable Factor) (2_{IV}^{6-2}) มาใช้ทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) เนื่องจากทำให้สามารถทราบถึงอิทธิพลหลัก (Main Effect) และอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างปัจจัย

5.1.2 ขนาดตัวอย่างในการทดสอบ

การหาขนาดตัวอย่างในการทดสอบสำหรับการทดลองเชิงแฟคทอเรียล ในกรณีที่ตัวแปรตอบสนองเป็นข้อมูลประเภทสัดส่วนของเสีย และการทดลองมีเงื่อนไขของการผลิต (Process Condition) สามารถคำนวณขนาดตัวอย่างได้จากสมการที่ 5.1 และ 5.2 ที่นำเสนอโดย Bisgaard และ Fuller (1995) สำหรับการออกแบบการทดลอง โดยการออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล แบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน โดยงานวิจัยนี้พบว่าการคำนวณขนาดตัวอย่างที่ต้องใช้ในแต่ละการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

P_0 = 0.0196

Δ = 0.0137 (จากเป้าหมายที่ต้องการลดสัดส่วนของเสียจาก 0.0196 เป็น 0.0059)

N = 20 การทดลอง

α = 10% จะได้ $Z_{1-\alpha/2}$= 1.645 และ β = 20% จะได้ $Z_{1-\beta}$= 0.845

ซึ่งการแปลงข้อมูลของตัวแปรตอบสนองเพื่อให้ความแปรปรวนคงที่ด้วยวิธีรากที่สองของ Arcsin (Arcsin Square Root) จะได้ค่าความแตกต่างของค่าที่ได้รับการแปลงข้อมูล ดังสมการที่ 5.1

$$\delta = \arcsin\sqrt{P_0 + \Delta/2} - \arcsin\sqrt{P_0 - \Delta/2} \qquad (5.1)$$

แทนค่าในสมการที่ 5.2 จะได้

$$\delta = \arcsin\sqrt{0.0196 + 0.0137/2} - \arcsin\sqrt{0.0196 - 0.0137/2}$$

$$\delta = 0.05020$$

สามารถคำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สมการที่ 5.2 ในกรณีที่ค่าในตารางไม่ครอบคลุมเงื่อนไขที่ต้องการหา ด้วยการทดสอบสองทาง (Two-Sided Test) ในกรณีที่เงื่อนไขของการผลิต (Process Condition) ในปัจจุบันอยู่ที่กึ่งกลางของช่วงของการออกแบบ

$$n = (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 / (N\delta^2) \qquad (5.2)$$

$$n = (1.645 + 0.845)^2 / (20(0.05020)^2)$$

$$n = 124 \quad \text{คัน}$$

จากการคำนวณพบว่าที่กำลังของการทดสอบ (Power of Test) เท่ากับ 0.8 และระดับความเชื่อมั่น 90% ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในแต่ละการทดสอบ (Run) ของการออกแบบการทดลองอย่างน้อยต้องมีค่าเท่ากับ 124 คัน (n)

ดังนั้นขนาดตัวอย่างที่ต้องใช้ทั้งหมดในการออกแบบการทดลองจำนวนทั้งหมด 20 การทดลอง (N) คือ จำนวนการทดลอง (N) คูณด้วยขนาดตัวอย่างต่อ 1 การทดลอง (n) พบว่าจะต้องใช้รถยนต์อย่างน้อยถึง 2,480 คัน ดังสรุปในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ขนาดตัวอย่างของการออกแบบการทดลอง

ชนิดของการทดลอง		จำนวนการทดลอง (N)	ขนาดตัวอย่างต่อ 1 การทดลอง (n)	ขนาดตัวอย่างที่ต้องใช้ทั้งหมด (N x n)
การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)	Half Fractional Factorial Design with Center Point	20	124	2,480

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกทำการทดสอบโดยการออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล แบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อสัดส่วนปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ เนื่องจากขนาดตัวอย่างของการออกแบบการทดลองดังตารางที่ 5.1 ที่มีขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทำการทดสอบโดยการออกแบบการทดลองมีจำนวนมาก เนื่องจากสามารถพิจารณาในส่วนของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยในการทดลอง เพื่อใช้ทำการทดสอบโดยการออกแบบการทดลองให้ได้ครอบคลุม

5.2 การกำหนดระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

นำเข้าที่สำคัญจำนวน 6 ปัจจัย คือ ความดันในการดูดซีล, วิธีการไล่อากาศจากถังซีล, วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ, ความเร็วในการฉีดซีล, ขนาดของหัวฉีดซีล และอุณหภูมิในการลำเลียงซีล มาทำการศึกษาเพื่อหาผลกระทบต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่ว โดยแยกชนิดปัจจัยเป็นปัจจัยคุณลักษณะ และปัจจัยแปรผัน ซึ่งในการออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลนี้ได้เพิ่มจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน (Variable Factor) ด้วย

การกำหนดระดับการทดลองของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ จะกำหนดตามช่วงของการใช้งานที่อยู่ในปัจจุบัน (Operating Range) โดยแต่ละปัจจัยแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง (+1) สำหรับปัจจัยแปรผัน (Variable Factor) จะมีการทดสอบที่จุดศูนย์กลาง (Center Point) ในส่วนของปัจจัยแปรผันด้วย โดยระดับของแต่ละปัจจัยในการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทำการทดลอง

สัญลักษณ์ของปัจจัย	คำอธิบาย	ชนิดของปัจจัย	ระดับต่ำ (-1)	จุดศูนย์กลาง	ระดับสูง (+1)
A	ความดันในการดูดซีล (Bar)	ปัจจัยแปรผัน	5 Bar	6 Bar	7 Bar
B	วิธีการไล่อากาศจากถังซีล	ปัจจัยคุณลักษณะ	วิธีที่ 1	-	วิธีที่ 2
C	วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ	ปัจจัยคุณลักษณะ	วิธีที่ 1	-	วิธีที่ 2
D	ความเร็วในการฉีดซีล (mm/sec)	ปัจจัยแปรผัน	150	200	250
E	ขนาดของหัวฉีดซีล (cm)	ปัจจัยแปรผัน	10	11	12
F	อุณหภูมิในการลำเลียงซีล (องศาเซลเซียส)	ปัจจัยแปรผัน	45	55	65

1. ความดันในการดูดซีล มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากความดันที่ใช้ในการดูดซีลจากถังซีลนั้นมีผลต่อความสม่ำเสมอในการลำเลียงซีลเข้าสู่ท่อลำเลียง กรณีที่ความดันไม่สม่ำเสมอจะส่งผลให้ซีลที่จะส่งให้หุ่นยนต์ฉีดซีลนั้นขาดช่วง หรือขนาดของซีลมีขนาดเล็ก โดยถ้าซีลมีขนาดเล็กกว่ามาตรฐานกำหนด (ฐานกว้าง 7 มิลลิเมตร และสูง 12 มิลลิเมตร)จะทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วตามมา

จึงได้กำหนดระดับของปัจจัยนี้โดย ความดันในการดูดซีลที่ 5 บาร์ เป็นระดับต่ำ (-1), ความดันในการดูดซีลที่ 6 บาร์ เป็นจุดศูนย์กลาง (0) และความดันในการดูดซีลที่ 7 บาร์ เป็นระดับสูง (+1)

2. วิธีการไล่อากาศจากถังซีล อาจมีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากอากาศจากถังซีลจะทำให้อากาศเข้ามาแทรกตัวในซีล ทำให้ขณะที่ฉีดซีลออกมาส่งผลให้แนวซีลขาดช่วง

ในขั้นตอนการเปลี่ยนถังซีลเมื่อซีลหมด พบว่าหลังจากที่พนักงานเปลี่ยนถังซีลจะทำการไล่อากาศออกจากถังซีล ซึ่งการทำงานของพนังกานในปัจจุบันที่พบยังไม่มีมาตรฐานที่แน่นอนอยู่ 2 วิธี

วิธีที่ 1 คือโยกวาล์วลงเพื่อกดชุด FLOORER PLATE PUMP ลงให้ถึงเนื้อซีล จากนั้นไล่อากาศออกจากซีลโดยใช้ถุงพลาสติกหุ้มที่คอ PUMP และฟังเสียงอากาศจนหมด

วิธีที่ 2 คือโยกวาล์วลงเพื่อกดชุด FLOORER PLATE PUMP ลงให้ถึงเนื้อซีล จากนั้นไล่อากาศออกจากซีลโดยใช้ถุงพลาสติกหุ้มที่คอ PUMP และดูเนื้อซีลว่าไม่มีฟองอากาศ

จึงได้กำหนดระดับของปัจจัยนี้โดย การไล่อากาศแบบวิธีที่ 1 เป็นระดับต่ำ (-1) และการไล่อกาศแบบวิธีที่ 2 เป็นระดับสูง (+1)

3. วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากบริเวณรอยต่อของแนวซีล คือจุดเริ่มต้น และจุดสุดท้ายที่ซีลมาบรรจบกันจะเกิดช่องว่างระหว่างแนวซีลขึ้น กรณีที่ปาดแนวซีลไม่ดีจะส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำรั่วตามมา

หลังจากขั้นตอนฉีดซีล พนักงานต้องปาดแนวซีลบริเวณที่เป็นรอยต่อของแนวซีล ซึ่งการทำงานของพนังกานในปัจจุบันที่พบยังไม่มีมาตรฐานที่แน่นอนอยู่ 2 วิธี

วิธีที่ 1 คือปาดแนวซีลจากข้างนอกกระจกก่อน จากนั้นปาดแนวซีลข้างใน โดยให้แนวซีลตั้ง และไม่ให้เกิดช่องว่างระหว่างแนวซีล

วิธีที่ 2 คือปาดแนวซีลจากข้างในกระจกก่อน จากนั้นปาดแนวซีลข้างนอก โดยให้แนวซีลตั้ง และไม่ให้เกิดช่องว่างระหว่างแนวซีล

จึงได้กำหนดระดับของปัจจัยนี้โดย การปาดแนวซีลแบบวิธีที่ 1 เป็นระดับต่ำ (-1) และการปาดแนวซีลแบบวิธีที่ 2 เป็นระดับสูง (+1)

4. ความเร็วในการฉีดซีล มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากกรณีที่ความเร็วในการฉีดซีล แต่ละตำแหน่งของกระจกไม่เท่ากันเนื่องจากระยะของกระจกแต่ละด้าน และลักษณะการฉีดของหุ่นยนต์มีหลายแบบ จำเป็นต้องตั้งค่าความเร็วให้เหมาะสม โดยในกรณีที่ความเร็วน้อยเกินจะส่งผลให้ซีลมีขนาดใหญ่ และถ้าความเร็วมากเกินจะส่งผลให้ซีลมีขนาดเล็ก จะทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วตามมา

จึงได้กำหนดระดับของปัจจัยนี้โดย ความเร็วในการฉีดซีลที่ 150 มิลลิเมตร/วินาที เป็นระดับต่ำ (-1), ความดันในการดูดซีลที่ 200 มิลลิเมตร/วินาที เป็นจุดศูนย์กลาง (0) และความดันในการดูดซีลที่ 250 มิลลิเมตร/วินาที เป็นระดับสูง (+1)

5. ขนาดของหัวฉีดซีล มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากขนาดของหัวฉีดซีลที่ใหญ่ จะทำให้แนวซีลมีขนาดใหญ่ และถ้าขนาดของหัวฉีดซีลเล็กจะทำให้แนวซีลมีขนาดเล็ก แต่ต้องพิจารณาขนาดของหัวฉีดซีลร่วมกับปัจจัยอื่นๆ ด้วย

จึงได้กำหนดระดับของปัจจัยนี้โดย ขนาดของหัวฉีดซีลที่ 10 เซนติเมตร เป็นระดับต่ำ (-1), ขนาดของหัวฉีดซีลที่ 11 เซนติเมตร เป็นจุดศูนย์กลาง (0) และขนาดของหัวฉีดซีลที่ 12 เซนติเมตร เป็นระดับสูง (+1)

6. อุณหภูมิในการลำเลียงซีล มีผลต่อการเกิดปัญหาน้ำรั่วเนื่องจากซีลซึ่งเป็นสารเคมีที่มีสถานะเป็นของไหล ซึ่งในขณะที่ลำเลียงซีลถ้าอุณหภูมิมากเกินไปจะทำให้ความหนืดของซีลอ่อนตัว และขาดคุณสมบัติในการยึดเกาะกับกระจกได้ แต่ถ้าซีลมีอุณหภูมิน้อยเกินไปจะทำให้ความหนืดของซีลมาก คือ ซีลจะแข็งตัว ทำให้การลำเลียงของซีลมีปัญหา โดยถ้าซีลแข็งตัวมากก็

จะทำให้ท่อที่ซีลลำเลียงไปตัน แต่ถ้าซีลแข็งตัวเป็นจุดๆ ก็จะส่งผลต่อคุณสมบัติของซีลที่จะแข็งบ้าง อ่อนบ้าง ส่งผลต่อคุณสมบัติในการยึดเกาะกับกระจกและส่งผลให้เกิดช่องว่างในแนวซีลได้

จึงได้กำหนดระดับของปัจจัยนี้โดย อุณหภูมิในการลำเลียงซีลที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นระดับต่ำ (-1), อุณหภูมิในการลำเลียงซีลที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นจุดศูนย์กลาง (0) และอุณหภูมิในการลำเลียงซีลที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นระดับสูง (+1)

5.3 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้ใช้การออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล (Fractional Factorial Design) เนื่องจากเป็นการทดลองมีหลายปัจจัย แต่อาศัยหลักการของการคอนฟาวด์ (Confound) ในการตัดความสัมพันธ์ของทรีทเมนต์ (Treatment Combination) บางตัวออกไป ซึ่งการทดลองนี้จะทำให้ใช้ขนาดการทดลองที่น้อยกว่าการทดลองทีละ 1 ปัจจัย (One Factor at a Time) และใช้เวลาการทดลองสั้นกว่า แต่ผลสรุปจากการทดลองแบบแฟคทอเรียลนั้นสามารถสรุปได้ครอบคลุมมากกว่า เนื่องจากการทดลองแบบแฟคทอเรียลนั้นจะทำการพิจารณาในส่วนของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยในการทดลองด้วย

นอกจากนั้นการออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลนี้ ยังเป็นการทดลองแบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน (Half-Fraction Factorial Design with Center Point) (2_{IV}^{6-2}) ด้วย ซึ่งจากการวิเคราะห์การทดลองพบว่างานวิจัยนี้มีปัจจัยสำหรับทำการศึกษาจำนวน 6 ปัจจัย เป็นปัจจัยแปรผัน (Variable Factor) จำนวน 4 ปัจจัย และปัจจัยคุณลักษณะ (Attribute Factors) จำนวน 2 ปัจจัย จึงทำการทดลองจำนวนทั้งสิ้น 16 ลำดับการทดลอง (16 runs)

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Minitab ในการออกแบบการทดลอง โดยการสร้างเมทริกซ์การออกแบบ (Design Matrix) และการสุ่มลำดับการทดลอง (Randomization) เพื่อให้ได้ค่าสังเกตจากการทดลองที่มีความเป็นอิสระต่อกัน โดยรายละเอียดของการออกแบบการทดลองโดยโปรแกรม Minitab และเมทริกซ์การออกแบบ (Design Matrix) แสดงดังตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4 ตามลำดับ

การสุ่ม (Randomization) คือ การลำดับการทดลองให้เป็นไปโดยสุ่ม ไม่มีกำหนดลำดับแบบมีรูปแบบ ซึ่งทำให้การวิเคราะห์ผลการทดลองมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยการสุ่มจะทำการเฉลี่ยออกความผันแปรภายนอกที่ไม่ได้เกิดจากสาเหตุโดยธรรมชาติออกไปได้ อีกทั้งยังทำให้ค่าสังเกตจากการทดลองมีความเป็นอิสระต่อกัน

การเพิ่มจุดศูนย์กลาง (Center Point) คือ การเพิ่มจุดศูนย์กลางเข้าไปในการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล ซึ่งช่วยให้ประหยัดจำนวนครั้งการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานเชิงเส้น (Linearity) ของผลที่จะเกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ และการประมาณค่าผิดพลาดจากการทดลองจะได้มาจากการเพิ่มจุดศูนย์กลางให้แก่การทดลอง

ตารางที่ 5.3 รายละเอียดของการออกแบบการทดลองโดยโปรแกรม Minitab

```
Factors:   6   Base Design:         6, 16   Resolution:   IV
Runs:     20   Replicates:              1   Fraction:    1/4
Blocks:    1   Center pts (total):      4

Design Generators: E = ABC, F = BCD

Alias Structure

I + ABCE + ADEF + BCDF

A + BCE + DEF + ABCDF
B + ACE + CDF + ABDEF
C + ABE + BDF + ACDEF
D + AEF + BCF + ABCDE
E + ABC + ADF + BCDEF
F + ADE + BCD + ABCEF
AB + CE + ACDF + BDEF
AC + BE + ABDF + CDEF
AD + EF + ABCF + BCDE
AE + BC + DF + ABCDEF
AF + DE + ABCD + BCEF
BD + CF + ABEF + ACDE
BF + CD + ABDE + ACEF
ABD + ACF + BEF + CDE
ABF + ACD + BDE + CEF
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 ตารางการออกแบบการทดลอง (Design Matrix)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	E	F
3	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1
18	2	0	1	0	1	-1	0	0	0
13	3	1	1	-1	-1	1	1	1	-1
11	4	1	1	-1	1	-1	1	1	-1
17	5	0	1	0	-1	-1	0	0	0
6	6	1	1	1	-1	1	-1	-1	1
2	7	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1
19	8	0	1	0	-1	1	0	0	0
20	9	0	1	0	1	1	0	0	0
7	10	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1
10	11	1	1	1	-1	-1	1	1	1
5	12	1	1	-1	-1	1	-1	1	1
14	13	1	1	1	-1	1	1	-1	-1
8	14	1	1	1	1	1	-1	1	-1
15	15	1	1	-1	1	1	1	-1	1
16	16	1	1	1	1	1	1	1	1
12	17	1	1	1	1	-1	1	-1	-1
4	18	1	1	1	1	-1	-1	-1	1
9	19	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1
1	20	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

หมายเหตุ การกำหนดระดับการทดลองจะกำหนดตามช่วงของการใช้งานที่อยู่ในปัจจุบัน (Operating Range) โดยที่

สัญลักษณ์ -1 หมายถึง ระดับของปัจจัยที่มีระดับต่ำ (Low)

สัญลักษณ์ +1 หมายถึง ระดับของปัจจัยที่มีระดับสูง (High)

สัญลักษณ์ 0 หมายถึง จุดศูนย์กลางของปัจจัย (Center Point)

5.4 ตัวแปรตอบสนอง (Response)

5.4.1 การกำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response)

การตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วของโรงงานกรณีศึกษานี้ เป็นการตรวจสอบด้วยสายตา และทำการประเมินผลแบบ ผ่าน/ไม่ผ่าน หรือ ยอมรับ/ปฏิเสธ ซึ่งเป็นแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) ดังนั้นตัวแปรตอบสนอง (Response) ที่ทำการศึกษาในการทดลองนี้ ผู้วิจัยจึงพิจารณาสัดส่วนของรถยนต์ที่เกิดปัญหาน้ำรั่วหลังจากประกอบกระจกหน้ารถยนต์รุ่นเล็ก 1

5.4.2 การแปลงค่าตัวแปรตอบสนอง (Response)

เนื่องจากตัวแปรตอบสนอง (Response) ของงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลประเภทสัดส่วนของเสีย ซึ่งหากนำมาวิเคราะห์โดยตรงจะทำให้ข้อมูลไม่เป็นไปตามสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) ของตัวแปรตอบสนอง และอาจทำให้การวิเคราะห์ผลมีความคลาดเคลื่อนขึ้นได้ ดังนั้นจะต้องมีการแปลงค่าของตัวแปรตอบสนองก่อนการวิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล

Bisgaard และ Fuller (1994) ได้นำเสนอการแปลงข้อมูล 2 วิธีคือ การแปลงข้อมูลแบบมาตรฐาน (Standard Transformations หรือ Arcsine Square Root Transformations) และการแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey (Freeman and Tukey's Modifications) ซึ่งมีสมการแปลงข้อมูลทั้ง 2 วิธีดังแสดงในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 สมการแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey เมื่อปัจจัยผลตอบเป็นสัดส่วนของของเสีย

Type of Data	Type of Distribution	Standard Transformation	F & T Modification
Proportion $(\hat{p})$ (Defective Unit in a sample of n units)	Binomial	$\arcsin\sqrt{\hat{p}}$	$(\arcsin\sqrt{\frac{n\hat{p}}{n+1}} + \arcsin(\sqrt{\frac{n\hat{p}+1}{n+1}}))/2$

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey (F&T Modification) เนื่องจากเมื่อสัดส่วนของเสียมีค่าเข้าใกล้ 0 หรือ 1 พบว่าวิธีของ Freeman และ Tukey ให้ค่าความแปรปรวนที่คงที่กว่าวิธีมาตรฐาน (Standard Transformation) อีกทั้งงานวิจัยนี้สัดส่วนของเสียของตัวแปรตอบสนองมีค่าที่ต่ำเข้าใกล้ 0 กล่าวคือ ข้อมูลสัดส่วนของเสียก่อนการปรับปรุงในปี 2552 มีค่าเท่ากับ 1.9% เท่านั้น ดังนั้นข้อมูลที่เป็นสัดส่วนของเสีย (Proportion Defectives) หลังการแปลงข้อมูลจะมีความแปรปรวนที่มีค่าคงที่มากขึ้น

5.5 การทำการทดลอง

5.5.1 การเตรียมการทดลอง

การทำการทดลองนั้น เริ่มจากการเตรียมการทดลอง โดยการทำความเข้าใจกับคณะทำงานในการเตรียมความพร้อมในส่วนของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการฉีดซีล และทำการอบรมพนักงานผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการทดลองให้เข้าใจถึงการปรับตั้งพารามิเตอร์, วิธีการทำงาน รวมถึงการใช้เครื่องมือต่างๆ ในการทดลองให้ถูกต้องกับระดับที่ต้องการ รวมทั้งวิธีการเก็บข้อมูลด้วย โดยทำการทดลองกับรถยนต์รุ่นเล็ก 1 โดยรายละเอียดของขั้นตอนการทดลองเป็นดังนี้

5.5.2 ขั้นตอนในการทดลอง

ทำการทดลองโดยตามลำดับการทดลองที่ทำการสุ่มไว้โดยใช้โปรแกรม Minitab คือ ทำการทดลองตามลำดับที่กำหนดไว้ในช่อง “Run Order” ซึ่งขั้นตอนของการทดลองแสดงดังแผนภูมิการไหล รูปที่ 5.1 และมีรายละเอียดดังนี้

1) เตรียมรถยนต์ที่ประกอบชิ้นส่วนสมบูรณ์ ก่อนถึงขั้นตอนการประกอบกระจกหน้า เพื่อทำการทดลองโดยทำเครื่องหมายบนตั๋วที่มากับรถ “ใบควบคุมการผลิต” โดยระบุว่าเป็นรถยนต์สำหรับทดสอบน้ำรั่ว “WATER LEAK TEST”

2) นำรถยนต์ที่เตรียมไว้สำหรับทำการลองมาทำการผลิตตามปัจจัยและระดับที่กำหนดไว้ คือ ความดันในการดูดซีล, วิธีการไล่อากาศจากถังซีล, วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ, ความเร็วในการฉีดซีล, ขนาดของหัวฉีดซีล และอุณหภูมิในการลำเลียงซีล

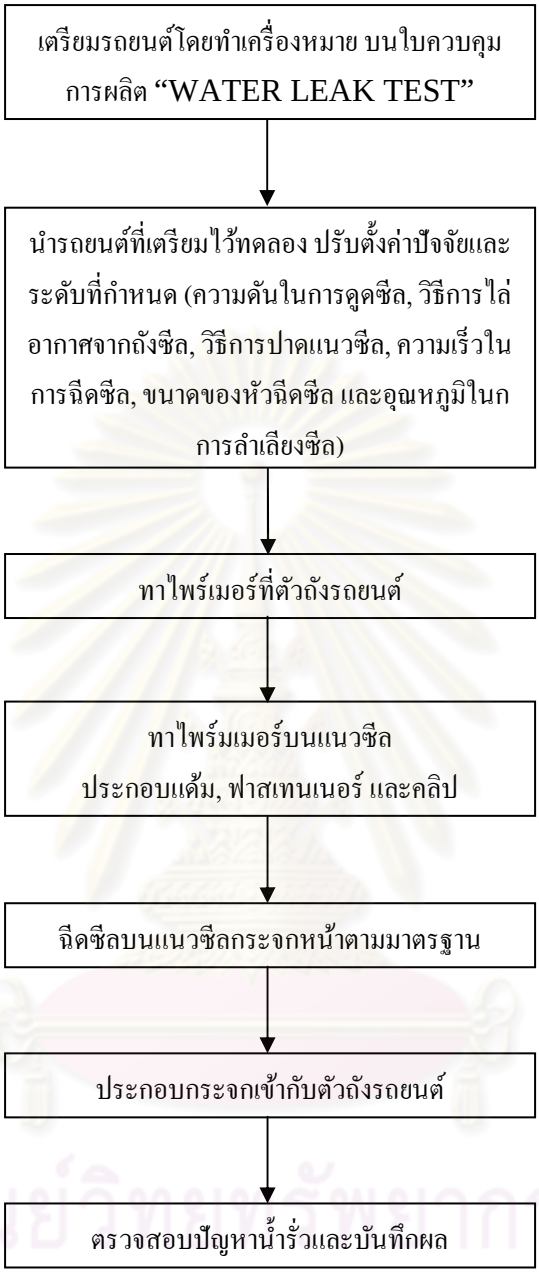
3) ทาไพร์มเมอร์ที่ตัวถังรถยนต์บริเวณที่จะนำมาประกอบกระจกหน้า

4) นำกระจกหน้าวางบนสายพานลำเลียง ทาไพร์มเมอร์บนแนวซีล จึงประกอบแด้ม, ฟาสเทนเนอร์ และคลิปที่ยึดติดกับกระจกหน้า

5) หุ่นยนต์ฉีดซีลบนแนวซีลของกระจกหน้าตามมาตรฐานที่กำหนด

6) นำกระจกหน้าประกอบเข้ากับตัวถังรถยนต์

7) ตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วที่กระจกหน้าและบันทึกผล



รูปที่ 5.1 แผนภูมิการไหลของวิธีการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6 ผลการทดลอง

หลังจากการทำการทดลองตามขั้นตอนในรูปที่ 5.1 จึงนำผลการทดลองซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์รถยนต์รุ่นเล็ก 1 มาแปลงค่าสัดส่วนปัญหาน้ำรั่วในแต่ละการทดลอง (Run Order) ดังสมการแปลงข้อมูลในตารางที่ 5.5 โดยการแปลงค่าด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey (F & T) ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ตารางการออกแบบการทดลองและผลการแปลงข้อมูลด้วยวิธีมาตรฐานและวิธีของ Freeman และ Tukey

RunOrder	A	B	C	D	E	F	$\hat{p}$	$\arcsin\sqrt{\hat{p}}$	F&T
1	-1	1	-1	-1	1	1	0.016667	0.129464	0.155235
2	0	1	-1	0	0	0	0	0	0.064195
3	-1	-1	1	1	1	-1	0.08343	0.293018	0.304852
4	-1	1	-1	1	1	-1	0.08343	0.293018	0.304852
5	0	-1	-1	0	0	0	0.016667	0.129464	0.155235
6	1	-1	1	-1	-1	1	0.016667	0.129464	0.155235
7	1	-1	-1	-1	1	-1	0.08343	0.293018	0.304852
8	0	-1	1	0	0	0	0	0	0.064195
9	0	1	1	0	0	0	0	0	0.064195
10	-1	1	1	-1	-1	-1	0	0	0.064195
11	1	-1	-1	1	1	1	0.066716	0.261257	0.274754
12	-1	-1	1	-1	1	1	0	0	0.064195
13	1	-1	1	1	-1	-1	0.08343	0.293018	0.304852
14	1	1	1	-1	1	-1	0.050021	0.225561	0.241336
15	-1	1	1	1	-1	1	0	0	0.064195
16	1	1	1	1	1	1	0.03334	0.183621	0.202866
17	1	1	-1	1	-1	-1	0.08343	0.293018	0.304852
18	1	1	-1	-1	-1	1	0.016667	0.129464	0.155235
19	-1	-1	-1	1	-1	1	0.050021	0.225561	0.241336
20	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.050021	0.225561	0.241336

5.7 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ก่อนการวิเคราะห์ผลการทดลอง จำเป็นต้องผ่านการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อน โดยตรวจสอบข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ผลว่าเป็นไปตามสมมติฐานกำหนด ซึ่งหลังจากวิเคราะห์ได้ว่าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ผลเป็นไปตามสมมติฐานกำหนดแล้ว จึงจะทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญ และสรุปผลการทดลอง ซึ่งรายละเอียดของการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองมีดังนี้

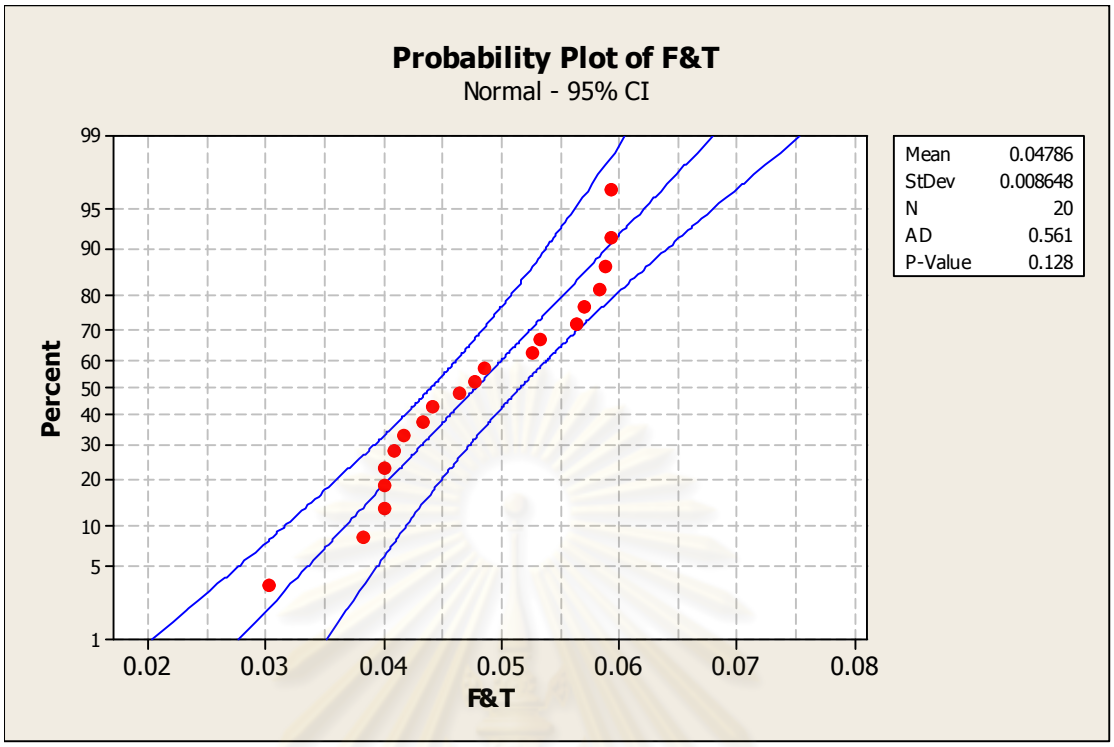
5.7.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) เป็นการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ โดยทำการตรวจสอบว่าข้อมูลมีรูปแบบของความผิดพลาดเป็นไปตามหลักการ $\varepsilon_{ij} \approx NID(0,\sigma^2)$ หรือไม่ โดยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลองตามสมมติฐาน 3 ข้อ คือ สมมติฐานของการแจกแจงปกติ สมมติฐานของความเป็นอิสระ, และสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ก่อนที่จะนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์และสรุปผลของการออกแบบการทดลอง

5.7.1.1 การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ

การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ (Normality Assumption) สามารถตรวจสอบได้โดยการพิจารณาจาก Normal Probability Plot ว่ามีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) หรือไม่ และหากทดสอบโดยการทดสอบความเป็นปกติ (Normality Test) จะมีค่า P-Value มากกว่า 0.05

จากการทดสอบค่าตัวแปรตอบสนอง คือ สัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์หลังการแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวตามแนวส้นตรง และมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 คือ 0.128 ดังนั้นสรุปได้ว่าข้อมูลเป็นไปตามสมมติฐานของการแจกแจงปกติ แสดงดังรูปที่ 5.2

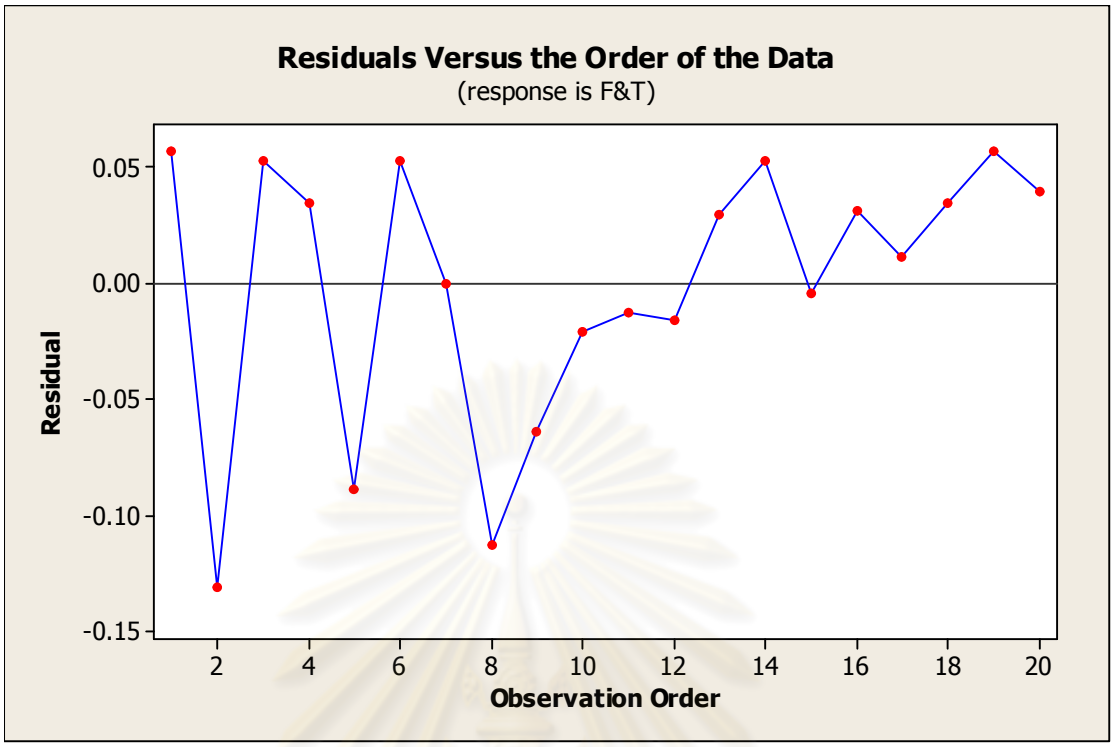


รูปที่ 5.2 ผลลัพธ์ของการทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ

5.7.1.2 การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระ (Independence)

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระของส่วนตกค้าง (Independence of Residual) สามารถตรวจสอบได้โดยการพิจารณาจากแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้าง (Residual) กับลำดับของการเก็บข้อมูล (Observation Order) โดยการกระจายตัวของส่วนตกค้างควรมีรูปแบบที่เป็นอิสระต่อกัน ไม่ควรมีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้ม หรือมีรูปแบบที่แน่นอน

จากการทดสอบค่าตัวแปรตอบสนอง คือ สัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์หลังการแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวที่เป็นอิสระไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ดังนั้นสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน แสดงดังรูปที่ 5.3

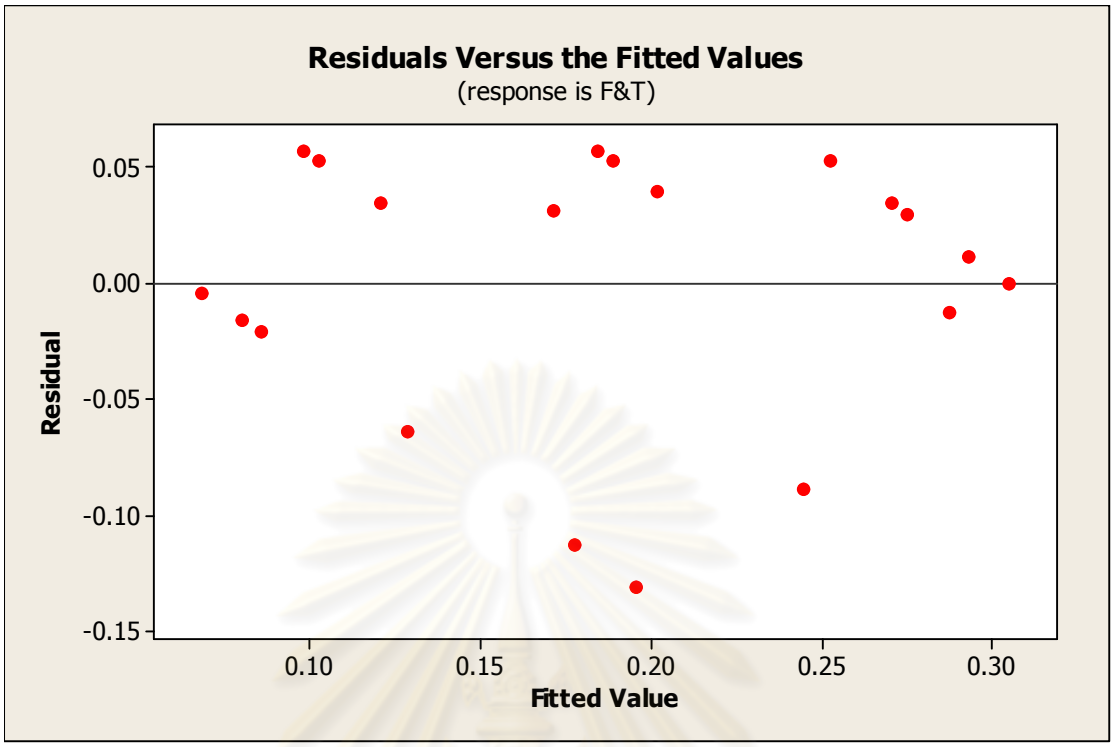


รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูล

5.7.1.3 ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability)

การทดสอบสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance Stability) สามารถตรวจสอบได้โดยการพิจารณาจากแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ค่าส่วนตกค้าง (Residual) กับค่าที่ถูกฟิต (Fitted value) ซึ่งแผนภาพการกระจายไม่ควรมีลักษณะของข้อมูลที่เป็นแนวโน้ม หรือมีการกระจายตัวที่มีรูปแบบกรวยปากเปิด

จากการทดสอบค่าตัวแปรตอบสนอง คือ สัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์หลังการแปลงข้อมูลด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey พบว่าข้อมูลไม่มีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นรูปแบบกรวยปากเปิด จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน แสดงดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปรตอบสนอง สรุปได้ว่าข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ผลของการออกแบบการทดลอง เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดทั้ง 3 ข้อ คือ มีการกระจายแบบปกติ, มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ดังนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนต่อไป

5.7.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) จึงทำการวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองเบื้องต้นด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab

Factorial Fit: F&T versus A, B, C, D, E, F

Estimated Effects and Coefficients for F&T (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.05014	0.000433	115.74	0.000
A	0.00469	0.00234	0.000433	5.41	0.012
B	-0.00574	-0.00287	0.000388	-7.40	0.005
C	-0.00692	-0.00346	0.000388	-8.92	0.003
D	0.00742	0.00371	0.000433	8.56	0.003
E	0.00222	0.00111	0.000433	2.56	0.083
F	-0.00811	-0.00406	0.000433	-9.36	0.003
A*B	0.00035	0.00018	0.000433	0.41	0.710
A*C	0.00043	0.00021	0.000433	0.49	0.657
A*D	-0.00016	-0.00008	0.000433	-0.18	0.868
A*E	0.00017	0.00008	0.000433	0.19	0.860
A*F	0.00023	0.00012	0.000433	0.27	0.807
B*D	-0.00014	-0.00007	0.000433	-0.16	0.885
B*F	0.00003	0.00002	0.000433	0.04	0.973
A*B*D	0.00016	0.00008	0.000433	0.19	0.864
A*C*D	-0.00016	-0.00008	0.000433	-0.19	0.864
Ct Pt		-0.01139	0.000969	-11.76	0.001

S = 0.00173298 R-Sq = 99.37% R-Sq(adj) = 95.98%

Analysis of Variance for F&T (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	6	0.00099467	0.00099467	0.00016578	55.20	0.004
2-Way Interactions	7	0.00000173	0.00000173	0.00000025	0.08	0.996
3-Way Interactions	2	0.00000021	0.00000021	0.00000010	0.03	0.966
Curvature	1	0.00041546	0.00041546	0.00041546	138.34	0.001
Residual Error	3	0.00000901	0.00000901	0.00000300		
Total	19	0.00142108				

การวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองเบื้องต้นจากโปรแกรม Minitab เพื่อพิจารณาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลต่อสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วในกระบวนการประกอบกระจกหน้ารถยนต์รุ่นเล็ก 1 พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง คือ ปัจจัยที่มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งได้แก่ ปัจจัยหลัก (Main Effect) จำนวน 5 ปัจจัย ได้แก่ A, B, C, D, และ F พบว่าไม่มีอันตรกิริยา (Interaction) ตัวใดที่มีนัยสำคัญ

โดยที่ A คือ ความดันในการดูดซีล

B คือ วิธีการไล่อากาศจากถังซีล

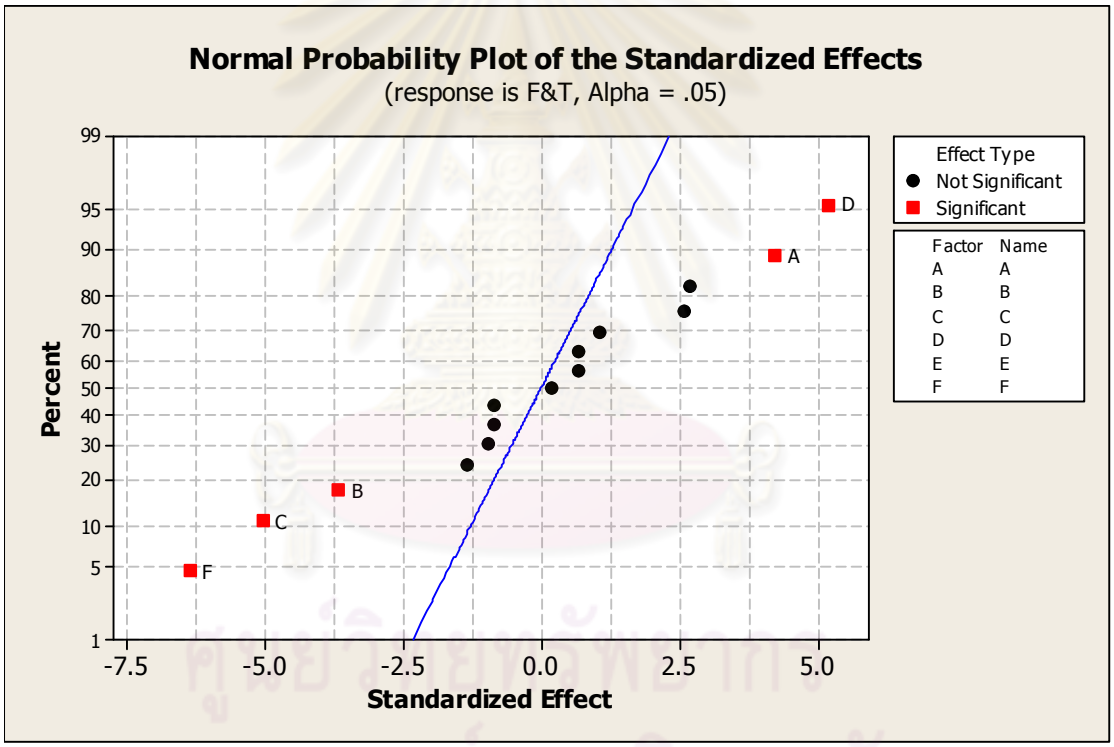
C คือ วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ

D คือ ความเร็วในการฉีดซีล

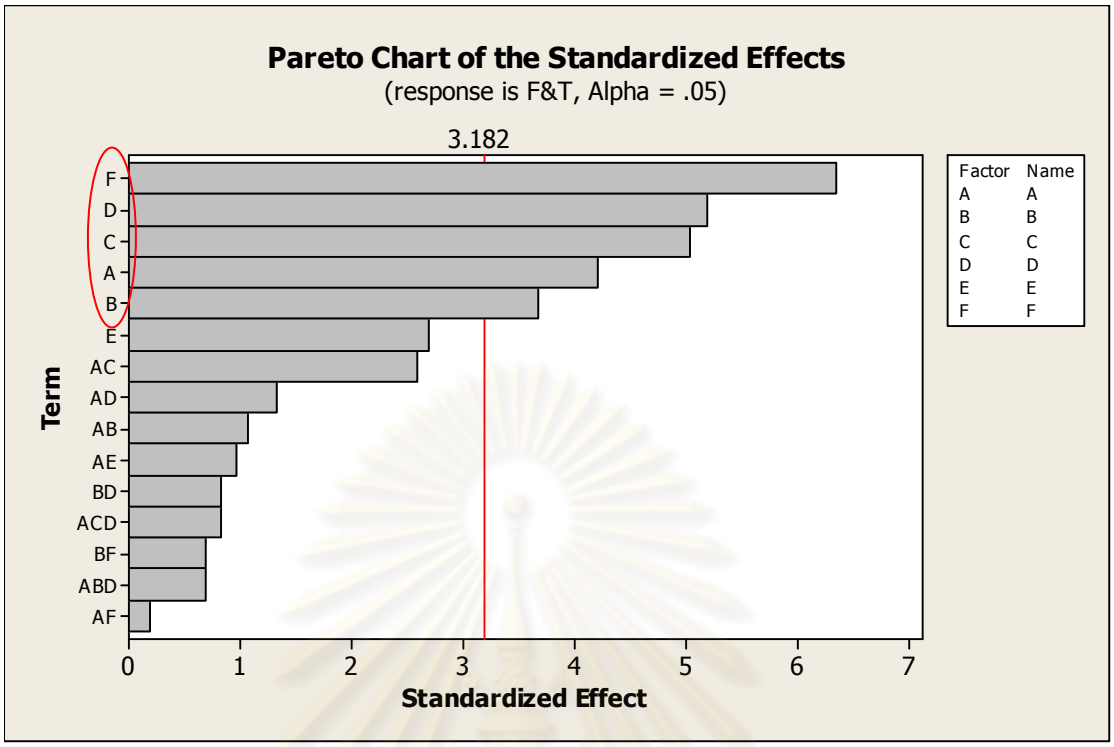
E คือ ขนาดของหัวฉีดซีล

F คือ อุณหภูมิในการลำเลียงซีล

โดยแสดงผลของปัจจัยหลัก (Main Effect) และอันตรกิริยา (Interaction) ที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ (Significant) ออกมาในรูปกราฟ Normal Plot และแผนภูมิพาเรโต ดังแสดงในรูปที่ 5.5 และ 5.6 ตามลำดับ



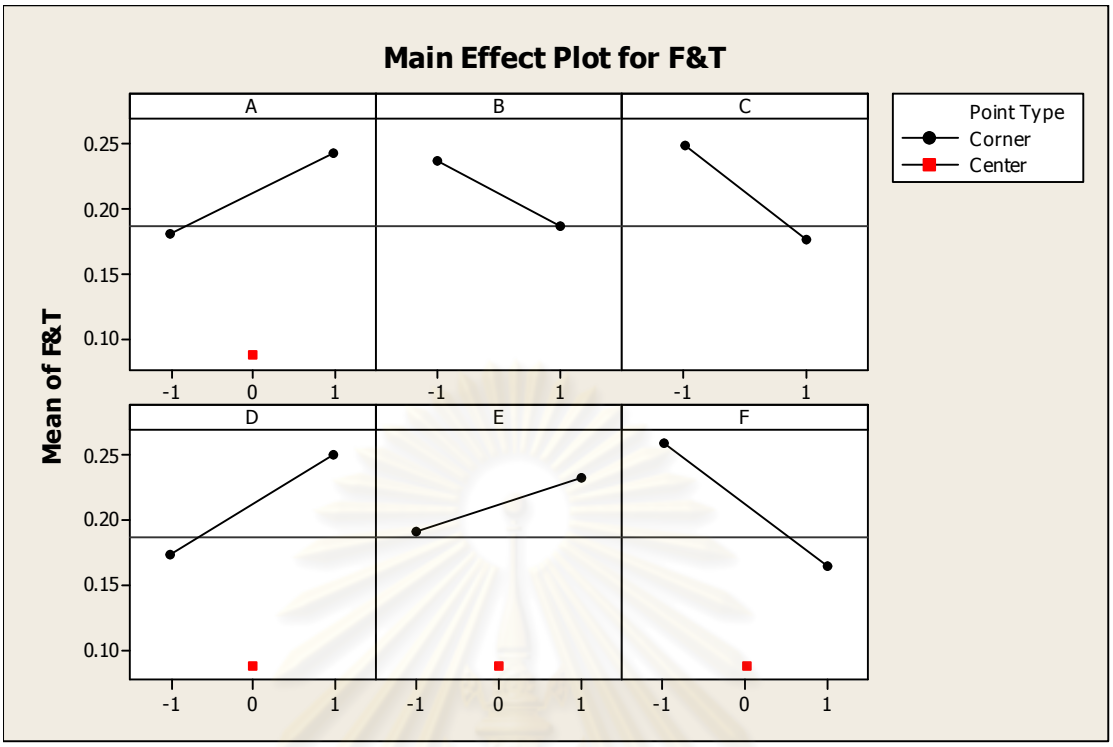
รูปที่ 5.5 กราฟ Normal Plot ของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง



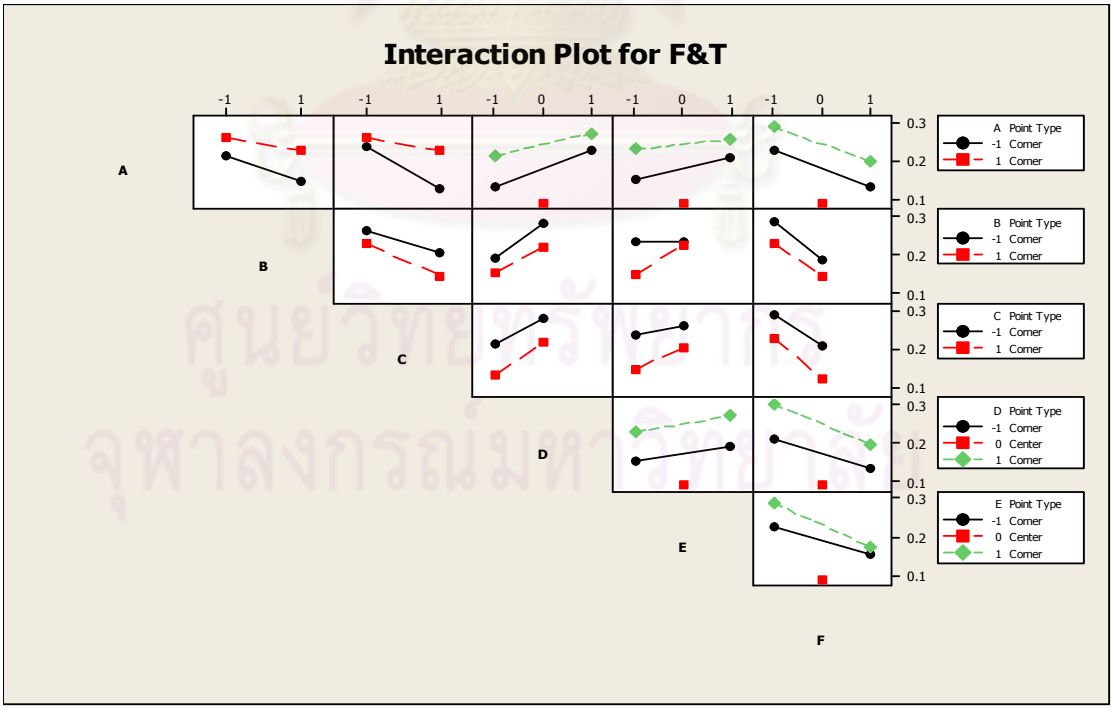
รูปที่ 5.6 แผนภูมิพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

จากผลการวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญต่อสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์แล้ว ยังสรุปข้อมูลที่ได้ทำการทดลองเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของระดับปัจจัยต่างๆ โดยแสดงผลของปัจจัยหลัก (Main Effect) และผลของอันตรกิริยา (Interaction) ที่มีผลต่อตัวสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 5.7 และ 5.8 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.7 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์



รูปที่ 5.8 ผลของอัตรกิริยาที่มีผลต่อสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์

5.8 สรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) แบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน (2_{IV}^{6-2}) เนื่องจากใช้ขนาดตัวอย่างน้อยกว่าและสามารถพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยในการทดลอง ซึ่งการออกแบบการทดลองนี้ใช้การทดลองทั้งหมด 20 รัน (Run)

จากนั้นจึงวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง โดยการแปลงค่าของตัวแปรตอบสนองให้เป็นไปตามสมมติฐานเรื่องความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนของการออกแบบการทดลองด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey และทำการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) ว่าข้อมูลเป็นไปตามสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ จึงได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนต่อไป

โดยผลจากการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองเบื้องต้น พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญเพื่อนำไปปรับปรุงหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม คือ A, B, C, D และ F

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

หลังจากระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยการออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบมีจุดศูนย์กลาง (2_{IV}^{6-2}) เพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ คือ คือ A, B, C, D และ F โดยที่

A คือ ความดันในการดูดซีล

B คือ วิธีการไล่อากาศจากถังซีล

C คือ วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ

D คือ ความเร็วในการฉีดซีล

F คือ อุณหภูมิในการลำเลียงซีล

ในบทนี้เป็นระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ได้สัดส่วนของรถยนต์ที่เกิดปัญหาน้ำรั่วต่ำที่สุด

6.1 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

สามารถหาระดับที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยโดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimization ของโปรแกรม Minitab ซึ่งจะแสดงระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยเป็นค่าที่จุดยอด

ในการหาค่าตัวแปรตอบสนองที่เหมาะสมที่สุดจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ค่าสัดส่วนของรถยนต์ที่เกิดปัญหาน้ำรั่วหลังจากประกอบกระจกหน้าที่ต่ำที่สุด ซึ่งผลการวิเคราะห์เพื่อหาระดับที่เหาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 5 ปัจจัย โดยข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ยังคงเป็นข้อมูลสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วที่ได้ทำการแปลงค่าด้วยวิธี Freeman และ Tukey ที่นำเสนอโดย Bisgaard และ Fuller (1995) ดังนั้น ค่าเป้าหมาย (Target) ที่ 0.11289 จึงเป็นข้อมูลที่ได้ทำการแปลงค่าเช่นกัน

ผลจากการวิเคราะห์หาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดโดยโปรแกรม Minitab ในฟังก์ชัน Response Optimization พบว่าได้ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 6.1 และรูปที่ 6.1 ได้ค่าทำนายของสัดส่วนของรถยนต์ที่เกิดปัญหาน้ำรั่วหลังจากประกอบกระจกหน้า (y) มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.09606 ซึ่งเป็นค่าที่แปลงค่าโดยวิธี Freeman และ Tukey หากแปลงค่ากลับเป็นค่าสัดส่วนของเสียจะได้ 0.28% ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ที่ 0.59%

ตารางที่ 6.1 ผลการหาค่าผลตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยโปรแกรม Minitab

Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
F&T	Minimum	0.11289	0.11289	0.12477	1	1

Global Solution

A = 0

B = 1 (M2)

C = -1 (M1)

D = 0

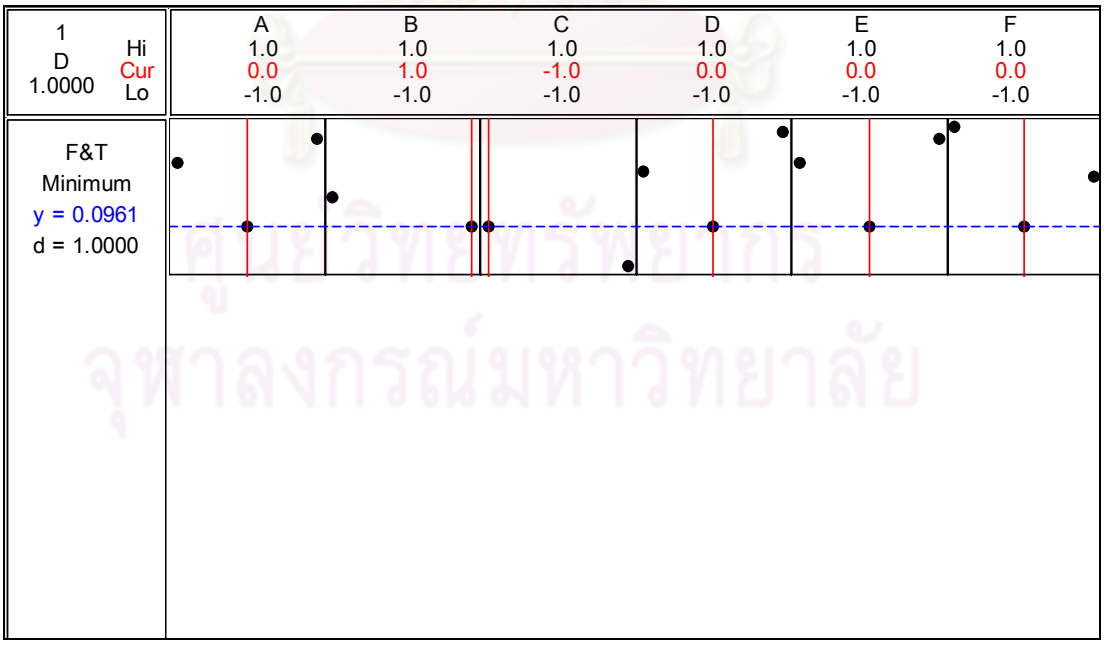
E = 0

F = 0

Predicted Responses

F&T = 0.09606, desirability = 1

Composite Desirability = 1.00000



รูปที่ 6.1 Optimization Plot จากโปรแกรม Minitab

ตารางที่ 6.2 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่เหมาะสมทั้ง 5 ปัจจัย โดยโปรแกรม Minitab

สัญลักษณ์ของปัจจัย	คำอธิบาย	ระดับ (Coded Units)	ระดับที่เหมาะสม	หน่วย
A	ความดันในการดูดซีล	0	6	Bar
B	วิธีการไล่อากาศจากถังซีล	1	วิธีที่ 2	-
C	วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ	-1	วิธีที่ 1	-
D	ความเร็วในการฉีดซีล	0	200	mm/sec
F	อุณหภูมิในการลำเลียงซีล	0	55	องศาเซลเซียส

6.2 สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ในขั้นตอนนี้ได้นำปัจจัยที่มีนัยสำคัญ ประกอบไปด้วย A, B, C, D และ F ไปปรับปรุงหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม โดยการคำนวณค่าทำนายของตัวแปรตอบสนองจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ เพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ค่าตัวแปรตอบสนองหรือสัดส่วนปัญหาน้ำรั่วที่ต่ำที่สุด ได้ระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยดังตารางที่ 6.2 แสดงตารางสรุปค่าที่ดีที่สุด เพื่อการนำไปปรับปรุงกระบวนการประกอบกระจกหน้ารถยนต์ให้ดีขึ้นและใช้งานจริงต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

ระยะการติดตามควบคุม

หลังจากระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ ในบทนี้ระยะการติดตามควบคุม ได้นำปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ได้สัดส่วนของรถยนต์ที่เกิดปัญหาน้ำรั่วต่ำที่สุดไปทำการทดสอบเพื่อยืนยันผล โดยปรับค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญตามค่าที่กำหนดไว้ เพื่อตรวจสอบว่าสัดส่วนของรถยนต์ที่เกิดปัญหาน้ำรั่วหลังจากประกอบกระจกหน้าเป็นไปตามผลของการทดลองหรือไม่ จากนั้นจึงจัดทำแผนควบคุม เพื่อควบคุมปัจจัยนำเข้าและจัดทำกราฟเพื่อติดตามสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่ว เพื่อรักษามาตรฐานหลังจากที่ได้ดำเนินการปรับปรุง รวมทั้งทำการประเมินและสรุปผลการปรับปรุง

7.1 การทดสอบยืนยันผล

การทดสอบเพื่อยืนยันผลสรุปของค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 5 ปัจจัยหลังจากทำการปรับค่าที่เหมาะสมที่ได้จากขั้นตอนของการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยศึกษาจากปริมาณสัดส่วนของรถยนต์ที่เกิดปัญหาน้ำรั่วหลังจากประกอบกระจกหน้ารถยนต์ ดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่เหมาะสมทั้ง 5 ปัจจัย เพื่อใช้ทดสอบยืนยันผล

สัญลักษณ์ของปัจจัย	คำอธิบาย	ระดับ (Coded Units)	ระดับที่เหมาะสม	หน่วย
A	ความดันในการดูดซีล	0	6	Bar
B	วิธีการไล่อากาศจากถังซีล	1	วิธีที่ 2	-
C	วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ	-1	วิธีที่ 1	-
D	ความเร็วในการฉีดซีล	0	200	mm/sec
F	อุณหภูมิในการลำเลียงซีล	0	55	องศาเซลเซียส

7.1.1 การทำการทดลอง

การทำการทดลองนั้น เริ่มจากการเตรียมการทดลอง โดยการทำความเข้าใจกับคณะทำงานในการเตรียมความพร้อมในส่วนของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการฉีดซีล และทำการอบรมพนักงานผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการทดลองให้เข้าใจถึงการปรับตั้งพารามิเตอร์, วิธีการทำงาน รวมถึงการใช้เครื่องมือต่างๆ ในการทดลองให้ถูกต้องกับระดับที่ต้องการ รวมทั้งวิธีการเก็บ

ข้อมูลด้วย โดยทำการทดลองกับรถยนต์รุ่นเล็ก 1 ที่ทำการผลิตปกติในแต่ละวัน โดยรายละเอียดของขั้นตอนการทดลองเป็นดังนี้

1. พนักงานปรับตั้งความดันในการดูดซีลที่ระดับ 6 บาร์, ใช้วิธีการไล่อากาศจากถังซีลโดยโยกวาล์วลงเพื่อกดชุด FLOORER PLATE PUMP ลงให้ถึงเนื้อซีล จากนั้นไล่อากาศออกจากซีลโดยใช้ถุงพลาสติกหุ้มที่คอ PUMP และดูเนื้อซีลว่าไม่มีฟองอากาศ, ความเร็วในการฉีดซีลที่ 200 มิลลิเมตร/วินาที และอุณหภูมิในการลำเลียงซีลที่ 55 องศาเซลเซียส

2. กระจกวางลงบนสายพานลำเลียง พนักงานใช้น้ำยา IPA ทำความสะอาดกระจกหน้ารถยนต์รุ่นเล็ก 1 และทำการประกอบประกอบแด้ม (DAM), คลิป (CLIP) ตามสัญลักษณ์ (MARK) ที่ระบุไว้บนกระจก

3. พนักงานทาไพร์มเมอร์ (PRIMER) บนกระจกตามสัญลักษณ์ (MARK) ที่ระบุไว้บนกระจก

4. เครื่องจักรปรับกระจกให้ได้ศูนย์กลาง จากนั้นหุ่นยนต์ (ROBOT) ฉีดซีลลงบนกระจกตามแนวที่พนักงานทา PRIMER ไว้ในขั้นตอนก่อนหน้า

5. พนักงานจะทำการตรวจสอบแนวซีหลังจากที่หุ่นยนต์ฉีดซีลมาบรรจบกันแล้ว โดยปาดแนวซีลจากข้างนอกกระจกก่อน จากนั้นปาดแนวซีลข้างใน โดยให้แนวซีลตั้ง และไม่ให้เกิดช่องว่างระหว่างแนวซีล

6. พนักงานยกกระจกมาวางที่รถยนต์ที่ทาไพร์มเมอร์ (PRIMER) บริเวณตัวถังรถยนต์ที่มีหน้าที่รับการวางของกระจกให้รอบตามสัญลักษณ์ (MARK) ที่ได้กำหนด

7. พนักงานตรวจสอบกระจกวางแนบสนิทกับตัวถังรถยนต์

8. ตรวจสอบปัญหาน้ำรั่วที่กระจกหน้าและบันทึกผล

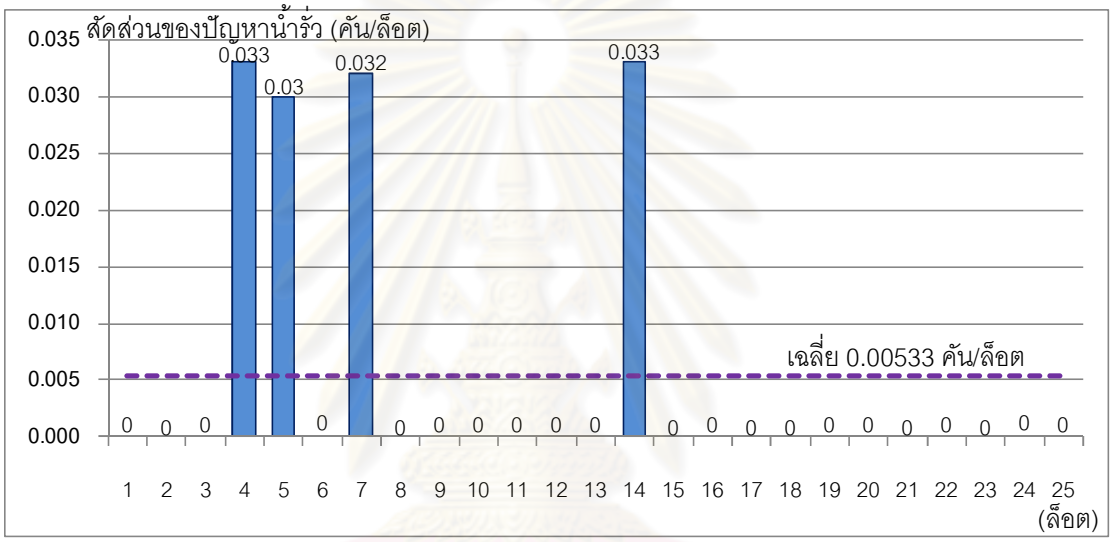
7.1.2 การตรวจติดตามผลโดยใช้กราฟ

เนื่องจากลักษณะการทำงานของฝ่ายประกอบชิ้นส่วนที่มีนโยบายทางด้านคุณภาพในการรับประกันคุณภาพการประกอบ 100% หรืออีกนัยหนึ่ง คือ ไม่ยอมรับให้มีของเสียหลุดรอดสู่ลูกค้า โดยจะมีขั้นตอนในการติดตามปัญหาที่ตรวจพบ และจัดการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

ฉะนั้นผู้วิจัยจึงเสนอกราฟ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจติดตามเพื่อยืนยันผล โดยกราฟดังกล่าวจะเป็นกราฟแสดงสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นของปัญหาน้ำรั่ว โดยมีเส้นเป้าหมายสำหรับตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้น ในกรณีที่สัดส่วนของเสียเกิดขึ้นมากกว่าเป้าหมายที่กำหนด ทั้งนี้เพื่อนำไปสู่การหามาตรการแก้ไขปัญหาอย่างถาวร

7.1.3 การวิเคราะห์ผลและสรุปการทดสอบยืนยันผล

จากการทดสอบยืนยันผลการทดสอบยืนยันผลเป็นจำนวน 751 คัน (25 ล็อต)ในเดือนมีนาคม 2554 โดยปรับค่าปัจจัยนำเข้าที่สำคัญตามค่าที่ได้กำหนดไว้ดังตารางที่ 7.1 และทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาสร้างกราฟสัดส่วนปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้า ดังรูปที่ 7.1 พบว่าสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้ารถยนต์รุ่นเล็ก 1 ในการทดสอบยืนยันผลมีค่าเท่ากับ 0.00533 ดังนั้นจึงกำหนดให้นำค่าของปัจจัยทั้ง 5 ตามระดับที่ได้จากการทดลองไปใช้ในกระบวนการผลิตจริง เพื่อทำให้สามารถลดสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้าได้ตามเป้าหมาย



รูปที่ 7.1 กราฟแสดงสัดส่วนปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้า

7.2 แผนควบคุม

แผนควบคุม ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การควบคุมปัจจัยนำเข้า และการตรวจติดตามคุณภาพของปัญหาน้ำรั่วบริเวณกระจกหน้า ซึ่งรายละเอียดของทั้ง 2 ส่วนมีดังต่อไปนี้

7.2.1 การควบคุมปัจจัยนำเข้า

ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่ทำการควบคุมในแผนควบคุม (Control Plan) มีทั้งหมด 5 ปัจจัย โดยแบ่งเป็น 4 ปัจจัยที่อยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์ คือ ความดันในการดูดซีล, วิธีการไล่อากาศจากถังซีล, ความเร็วในการฉีดซีล และอุณหภูมิในการลำเลียงซีล ส่วนอีก 1 ปัจจัยอยู่ในขั้นตอนการฉีดซีลและเก็บข้อมูล คือ วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ ปัจจัยเหล่านี้เป็น

ปัจจัยที่จะต้องทำการควบคุมค่าหรือระดับให้ได้ตามที่กำหนดไว้ รายละเอียดของแต่ละปัจจัยมีดังต่อไปนี้

7.2.1.1 ขั้นตอนการเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์

จากผลในขั้นตอนการเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์ มีปัจจัยที่ต้องทำการควบคุม 4 ปัจจัย คือ ความดันในการดูดซีล, วิธีการไล่อากาศจากถังซีล, ความเร็วในการฉีดซีล และอุณหภูมิในการลำเลียงซีล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ความดันในการดูดซีลที่เหมาะสมกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 6 บาร์ ซึ่งการควบคุมปัจจัยนี้สามารถตั้งค่าที่ตัวเครื่องได้

2) วิธีการไล่อากาศจากถังซีลที่เหมาะสมกำหนดให้โยกวาล์วลงเพื่อกดชุด FLOORER PLATE PUMP ลงให้ถึงเนื้อซีล จากนั้นไล่อากาศออกจากซีลโดยใช้ถุงพลาสติกหุ้มที่คอ PUMP และดูเนื้อซีลว่าไม่มีฟองอากาศ

3) ความเร็วในการฉีดซีลที่เหมาะสมกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 200 มิลลิเมตร/วินาที

4) อุณหภูมิในการลำเลียงซีลที่เหมาะสมกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 55 องศาเซลเซียส

7.2.1.2 ขั้นตอนการฉีดซีลและเก็บข้อมูล

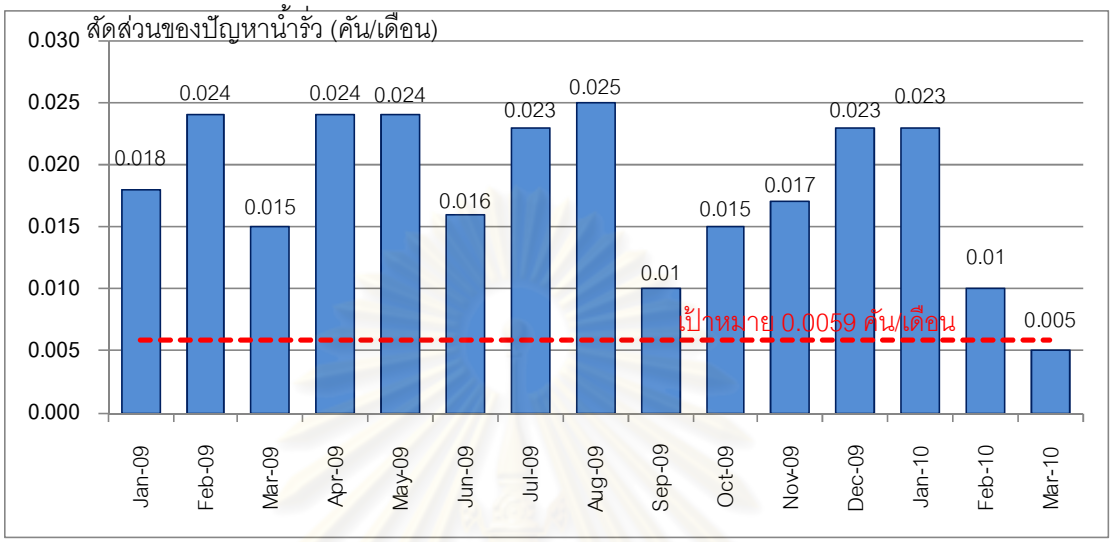
จากขั้นตอนการฉีดซีลและเก็บข้อมูล พบว่ามีปัจจัยที่ต้องทำการควบคุม 1 ปัจจัย คือ วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ ซึ่งวิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อที่เหมาะสมกำหนดให้ปาดแนวซีลจากข้างนอกกระจกก่อน จากนั้นปาดแนวซีลข้างใน โดยให้แนวซีลตั้ง และไม่ให้เกิดช่องว่างระหว่างแนวซีล

7.2.2 การตรวจติดตามคุณภาพของปัญหาน้ำรั่ว

จากกราฟสัดส่วนปัญหาน้ำรั่วในการทดสอบยืนยันผลดังรูปที่ 7.1 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการได้ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยพบว่ายังคงมีปัญหาน้ำรั่วเกิดขึ้น แต่สัดส่วนของเสียทั้งหมดยังคงอยู่ในเป้าหมายที่ 0.0059 แต่ด้วยนโยบายด้านคุณภาพที่ทางฝ่ายประกอบชิ้นส่วนจะไม่ยอมส่งของเสียที่เกิดขึ้น เพื่อรับประกันประสิทธิภาพการผลิตของรถยนต์ทุกคัน ก่อนส่งมอบให้แก่ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพรถยนต์สำเร็จรูป ซึ่งจะไม่รับของเสียเช่นเดียวกัน โดยในระบบการแก้ไขปัญหาของโรงงานกรณีศึกษานี้ จะต้องทำการแก้ไขปัญหาทุกปัญหาที่เกิดขึ้น นั้นหมายถึงไม่ยอมรับที่จะให้เกิดของเสียขึ้น

ฉะนั้นจึงได้จัดทำกราฟแสดงสัดส่วนของเสียเพื่อใช้สำหรับตรวจติดตามคุณภาพของปัญหาน้ำรั่วเทียบกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือ 0.0059 โดยกรณีที่สัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วเกินจาก

เป้าหมายที่กำหนด จะทราบได้ทันทีเพื่อหาต้นตอของปัญหา และจัดการกับปัญหาแก้ไขปัญหาเบื้องต้นชั่วคราว เพื่อนำไปสู่มาตรการการแก้ไขปัญหาอย่างถาวรดังรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 กราฟแสดงสัดส่วนของเสียเทียบกับเป้าหมาย

7.3 ผลการปรับปรุง

จากการควบคุมด้วยปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมโดยกำหนดในแผนควบคุม เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานของพนักงานทำให้เราสามารถตรวจติดตามคุณภาพน้ำรั่วเพื่อเฝ้าระวังปัญหาที่เกิดขึ้นให้อยู่ในค่าเป้าหมายที่เราได้ตั้งไว้ โดยผลของการปรับปรุงพบว่าเราสามารถลดสัดส่วนของเสียจาก 0.019 ลงเหลือ 0.005 (คิดเป็น 72.1%) และลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการซ่อมแซมปัญหาดังกล่าวจาก 1,837,296.68 บาท/ปี ลงเหลือ 875,781.25 บาท/ปี (คิดเป็น 52.3%)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.2 แผนควบคุม

☐ Prototye ☐ Pre-Launch ☒ Production CONTROL PLAN NUMBER				Y CONTACT/ PHO	CORE TEAM Mr.Pathakorn Mr.Sinpong Mr.Chuan		DATE:							
PART NAME/ DESCRIPTION WINDSHIELD SEALER							ISSUED BY	CHECKED BY			APPROVED BY			
Part Process Number	Process Name	Sub-Process/ Operation Description	Machine, Equipment & Jig	Characteristic		Special Characteristic	Method					Incharge	Reaction Plan
				Product	Process		Product/Process Specification Tolerance	Evaluation/ MeasurementTe	Sample		Control Method		
									Size	Freqency			
1	ขั้นตอนการเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์	1.1วิธีการไล่อากาศจากถังซีล	Floorer Plate Pump, ถุงพลาสติก		การไล่อากาศจากถังซีล		ดูว่าไม่มีอากาศในเนื้อซีล	สายตา		once/set up		คุณเดช์จ	ไล่อากาศออกให้หมด
		1.2ความดันในการดูดซีล	Pressure Valve Control		ความดันในการดูดซีล		6 Bar	Taper Gague		once/set up		คุณไมตรี	ปรับ Valve และตรวจสอบให้ขนาดซีลได้มาตรฐาน
		1.3ความเร็วในการฉีดซีล	Robot, PLC		ความเร็วในการฉีดซีล		200 มิลลิเมตร/วินาที	สายตา		everytime		คุณไมตรี	ปรับตั้งความเร็วให้ขนาดซีลได้มาตรฐาน
		1.4อุณหภูมิในการดำเดียงซีล	เทอร์โมมิเตอร์, ท่อดำเดียง		อุณหภูมิในการดำเดียงซีล		55 องศาเซลเซียส	สายตา		everytime		คุณไมตรี	ปรับอุณหภูมิให้ขนาดซีลได้มาตรฐาน
2	ขั้นตอนการฉีดซีลและบันทึกผล	2.1ฉีดซีล	Robot, PLC, ซีล		ฉีดซีล		อ้างอิงตามขั้นตอนการฉีดซีล	สายตา		everytime		คุณไมตรี	แจ้งหน่วยงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร
		2.2วัดขนาดของซีล	Taper Gague		วัดขนาดของซีล		อ้างอิงมาตรฐานขนาดของซีล	Taper Gague		once/lot		คุณไมตรี	แจ้งหน่วยงานซ่อมบำรุงเครื่องจักร
		2.3วิธีการในการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ	กระดาษลัง 10x10 ซม.		การในการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ		ปาดข้างนอกกระจกแล้วจึงปาดข้างใน	สายตา		everytime		คุณไมตรี	ปาดแนวซีลให้ขนาดซีลได้มาตรฐาน
		2.4บันทึกผลการวัด	ใบ CAIC		บันทึกผลการวัด		บันทึกได้ตรงกับที่วัด	สายตา		everytime		VQ	ตรวจสอบความถูกต้องหลังจากบันทึกครบถ้วนแล้ว

บทที่ 8

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นที่จะลดของเสียที่เกิดจากปัญหาน้ำรั่วในกระบวนการประกอบกระจกหน้ารถยนต์ โดยประยุกต์แนวคิดซิกซ์ ซิกมาเข้ามาใช้ ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ระยะคือ ระยะการนิยามปัญหา, ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา, ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา, ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ และระยะการติดตามควบคุม ฉะนั้นการวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่มีค่าซ่อมแซมที่มีราคาค่อนข้างสูง เพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการและลดต้นทุนในการผลิตลง บทสรุปของการดำเนินงานและผลการปรับปรุงในแต่ละระยะ มีดังนี้

8.1 บทสรุประยะนิยามปัญหา

ในระยะนิยามปัญหาได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตและสภาพปัญหาในปัจจุบันของโรงงาน เพื่อทำการกำหนดปัญหาและเป้าหมายที่จะทำการปรับปรุง คือ การลดของเสียที่เกิดจากปัญหาน้ำรั่วในกระบวนการประกอบกระจกหน้ารถยนต์รุ่นเล็ก 1 โดยมีเป้าหมายที่จะลดปัญหาน้ำรั่วให้ลดลง 70% จากนั้นทำการจัดตั้งคณะทำงานเข้าร่วมในโครงการเพื่อช่วยในการระดมสมองและสนับสนุนการทดลอง

8.2 บทสรุประยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา

หลังจากทราบถึงปัญหาที่จะทำการปรับปรุงแล้ว ในขั้นตอนแรกของระยะวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Agreement Analysis) โดยทดสอบพนักงานตรวจสอบปัญหาน้ำรั่ว 3 คน ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์ความไบอัสของพนักงานตรวจสอบ เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ พบว่าผลการทดสอบความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะผ่านเกณฑ์ที่กำหนดว่าจะยอมรับทั้ง 4 ค่า คือ 100% เนื่องจากพนักงานตรวจสอบทุกคนสามารถตัดสินปัญหาน้ำรั่วได้ถูกต้องทุกคัน

จากนั้นจึงศึกษาความสามารถของกระบวนการ และทำการเก็บข้อมูลลักษณะของปัญหาน้ำรั่ว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดปัญหาน้ำรั่ว พบว่า 82% ของปัญหาน้ำรั่ว มีลักษณะแนวซีลที่มีขนาดเล็ก (มาตรฐานกำหนดให้ฐานของซีลมีขนาด 7 มิลลิเมตร และสูง 12 มิลลิเมตร) และแนวซีลที่เกิดจากรอยต่อ ซึ่งปัจจัยที่สำคัญมากต่อขนาดของซีล โดยเป็นปัญหา

ที่ไม่สามารถตรวจสอบสาเหตุของปัญหาได้ทันที จำเป็นต้องตัดกระจกออกมาเพื่อทำการแก้ไขจึงสามารถวิเคราะห์เพื่อทราบสาเหตุของปัญหาได้

ทำการระดมสมองสมาชิกในคณะทำงาน เพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดปัญหาน้ำรั่ว โดยใช้ผังก้างปลาหรือผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) พบว่าสาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่งเกิดจากการเกิดช่องว่างระหว่างแนวซีล ทำให้เกิดปัญหาน้ำรั่วกับกระจกรถยนต์ขึ้น จึงได้ทำการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุของการเกิดช่องว่างระห่างแนวซีลด้วย จากนั้นนำปัจจัยต่างๆ ที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (KPIV) โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ผลการให้คะแนนพบว่ามี 32 ปัจจัยที่มีคะแนนสูงเป็นเปอร์เซ็นต์สะสมรวม 80% แรก จึงได้นำปัจจัยเหล่านี้ไปทำการประเมินผลด้วยตารางแสดงการประเมินผล (Evaluation Matrix) ซึ่งประยุกต์หัวข้อในการประเมินมาจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) พบว่าได้ปัจจัยที่มีคะแนน ARPN ที่มีคะแนนสูงเป็นเปอร์เซ็นต์สะสมรวม 80% แรก จำนวน 6 ปัจจัย เพื่อนำไปทดสอบและวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป คือ ความดันในการดูดซีล, วิธีการไล่อากาศจากถังซีล, วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ, ความเร็วในการฉีดซีล, ขนาดของหัวฉีดซีล และอุณหภูมิในการลำเลียงซีล

8.3 บทสรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการเลือกการทดลองที่จะทำให้ใช้ขนาดตัวอย่างต่ำที่สุด เนื่องจากรถยนต์ที่ใช้ในการทดลองมีราคาสูง และสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่วจากกระบวนการประกอบกระจกหน้ารถยนต์ในปัจจุบันมีค่าค่อนข้างต่ำ ทำให้ต้องใช้ขนาดตัวอย่างจำนวนมากเพื่อสามารถให้สามารถตรวจจับความแตกต่างของการทดลองได้ โดยได้ทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) แบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน (2_{IV}^{6-2}) เนื่องจากใช้ขนาดตัวอย่างน้อยกว่ามากและสามารถพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยในการทดลอง และความมีส่วนโค้งของปัจจัยได้ด้วย ซึ่งการออกแบบการทดลองนี้ใช้การทดลองทั้งหมด 20 รัน (Run)

จากนั้นเมื่อได้ผลการทดลองแล้วจึงนำมาวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง โดยมีการแปลงค่าของตัวแปรตอบสนองให้เป็นไปตามสมมติฐานเรื่องความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนของการออกแบบการทดลองด้วยวิธีของ Freeman และ Tukey เนื่องจากตัวแปรตอบสนองเป็นสัดส่วนของเสีย และทำการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Model Adequacy

Checking) เมื่อพบว่าข้อมูลเป็นไปตามสมมติฐานทั้ง 3 ข้อ จึงได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนต่อไป

ผลจากการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองเบื้องต้น พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญเพื่อนำไปปรับปรุงหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม คือ A, B, C, D และ F

8.4 บทสรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ในขั้นตอนนี้ได้หาค่าตัวแปรตอบสนองที่เหมาะสมที่สุดจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ค่าสัดส่วนของรถยนต์ที่เกิดปัญหาน้ำรั่วหลังจากประกอบกระจกหน้าที่ต่ำที่สุด ซึ่งผลการวิเคราะห์เพื่อหาระดับที่เหาะสมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 5 ปัจจัย แสดงดังตารางที่ 8.1 โดยผลจากการวิเคราะห์หาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดด้วยฟังก์ชัน Response Optimization ของโปแกรม Minitab และได้ค่าทำนายของสัดส่วนของรถยนต์ที่เกิดปัญหาน้ำรั่วหลังจากประกอบกระจกหน้า (y) มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.09606 ซึ่งเป็นค่าที่แปลงค่าโดยวิธี Freeman และ Tukey หากแปลงค่ากลับเป็นค่าสัดส่วนของเสียจะได้ 0.28% ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ที่ 0.59%

ตารางที่ 8.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่เหมาะสมทั้ง 5 ปัจจัย

สัญลักษณ์ของปัจจัย	คำอธิบาย	ระดับ (Coded Units)	ระดับที่เหมาะสม	หน่วย
A	ความดันในการดูดซีล	0	6	Bar
B	วิธีการไล่อากาศจากถังซีล	1	วิธีที่ 2	-
C	วิธีการปาดแนวซีลบริเวณรอยต่อ	-1	วิธีที่ 1	-
D	ความเร็วในการฉีดซีล	0	200	mm/sec
F	อุณหภูมิในการลำเลียงซีล	0	55	องศาเซลเซียส

8.5 บทสรุประยะการติดตามควบคุม

ในระยะนิยามติดตามควบคุมได้จัดทำกราฟแสดงสัดส่วนของปัญหาน้ำรั่ว เพื่อใช้สำหรับตรวจติดตามคุณภาพของปัญหาน้ำรั่วเทียบกับเป้าหมาย และกำหนดปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมโดยกำหนดในแผนควบคุม เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานของพนักงานทำให้เราสามารถตรวจติดตามคุณภาพน้ำรั่วเพื่อเฝ้าระวังปัญหาที่เกิดขึ้นให้อยู่ในค่าเป้าหมาย คือ 0.0059 คัน/เดือน ที่ได้ตั้งไว้

8.6 ข้อจำกัดในงานวิจัย

1. ขนาดตัวอย่างการทดลอง (Sample Size) เนื่องจากมีตัวแปรตอบสนองเป็นข้อมูลตามลักษณะ (Attribute Data) หรือเป็นค่าสัดส่วนของเสีย รวมทั้งสัดส่วนของรถยนต์ที่เกิดปัญหาน้ำรั่วหลังจากประกอบกระจกหน้าในการผลิตปัจจุบันมีค่าที่ค่อนข้างต่ำ จึงจำเป็นต้องใช้ขนาดตัวอย่างการทดลองจำนวนมาก เพื่อให้สามารถตรวจจับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการทดลองได้ นอกจากนี้รถยนต์ที่นำมาทำการทดลองมีค่าซ่อมแซม และค่าเสียโอกาสในการส่งมอบให้แก่ลูกค้าค่อนข้างสูงอีกด้วย จึงทำให้ไม่สามารถเก็บขนาดตัวอย่างได้กับที่คำนวณ แต่ผลการทดลองทางสถิติสามารถแสดงปัจจัยที่มีนัยสำคัญได้

2. ผลงานวิจัยได้มุ่งเน้นการแก้ไขเฉพาะปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญ ดังนั้นหากต้องการที่จะลดสัดส่วนของเสียที่มากขึ้น จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญรองลงมาเพิ่มขึ้น หากแต่ต้องใช้จำนวนรถยนต์, ค่าใช้จ่าย และระยะเวลาสำหรับการทดลองเพิ่มขึ้น

8.7 ข้อเสนอแนะ

1. ในการนำผลการปรับปรุงในงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการประกอบกระจกรถยนต์ชนิดอื่นๆ ต้องคำนึงถึงความแตกต่างของสภาพแวดล้อมการทำงานด้วย เช่น อุณหภูมิห้อง, ความชื้นสัมพัทธ์ รวมถึงชนิดของซีล ซึ่งอาจเป็นส่วนที่มีผลที่ทำให้ในบางปัจจัยไม่สามารถใช้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมเหมือนกับการปรับปรุงในงานวิจัยนี้

2. แผนควบคุมที่ได้กำหนดขึ้นมาในงานวิจัยนี้ ในกรณีที่มีการพิจารณาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญลำดับรองลงมาเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องมีการปรับปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญให้สอดคล้องกับการวิจัยที่เพิ่มขึ้น

3. งานวิจัยนี้มีลักษณะของปัญหาน้ำรั่ว ซึ่งสามารถแยกได้ชัดเจนว่าน้ำรั่วหรือไม่รั่ว ซึ่งไม่พบลักษณะงานกึ่งกึ่งเกิดขึ้น จึงให้เตรียมกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ รถยนต์ที่มีคุณภาพ และรถยนต์ที่ไม่มีคุณภาพในจำนวนเท่าๆ กัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2551.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. หลักการควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2552.

ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์. การประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับเครื่องมือที่ใช้ในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ซูซาน เทอร์เนอร์. TOOLS FOR SUCCESS 94 เครื่องมือสำหรับผู้บริหารยุคใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: แมคกรอ-ฮิล, 2550.

ธีรพร เสนพรหม. การลดแม่แบบแก้วเสียในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกโดยใช้แนวคิดซิกซ์ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

นวลพรรณ ใจงาม. การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิต ในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ปารเมศ ชุติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ด่านสุทธาการพิมพ์, 2545.

ภัทรา อายุวัฒน์. การลดของเสียที่เกิดจากาค่าการรับน้ำหนักกดของชุดหัวอ่านสำเร็จ ไม่ได้ตามข้อกำหนดในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ภาณุ ชุดเจือจีน. การลดของเสียจากการพ่นสีรองพื้นในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิกาโดยแนวทางซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

วรภูมิ จตุวรพัฒน์. การปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ของชิ้นส่วนอาร์ดไดร์โดยวิธีการแบบซิก ซิกมา.

วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547

วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. ปฏิวัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma ฉบับ Champion และ Black Belt. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ศิริวัฒนา อินเตอร์พริ้นท์, 2548.

วิชาญ วรรณา. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเหล็กปลายสั้น สำหรับกระบวนการหล่อเหล็กแท่งแบบต่อเนื่อง โดยวิธีการออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

วสันต์ พุกผาสุข. การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียมโดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า: กรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมชุบโครเมียม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.

ศุภชัย นาทะพันธ์. การควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2551.

ศรัยนี เจ๊ะโซะ. การพัฒนาการควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่าการโก่งตัวของหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2551.

ศิริวดี เอื้ออรัญโชติ. การลดการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับคอมพิวเตอร์โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

สุรสิทธิ์ ทองทวีชัยกิจ. อิทธิพลของอัตราการป้อนและความเร็วรอบของชิ้นงานในแต่ละขั้นตอนย่อย ของการเจียระไนทรงกระบอก (แบบยันศูนย์) ที่มีผลต่อความหยาบผิว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุวิทย์ กล่ำเพ็ง. การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยคุณภาพที่มีผลกระทบต่อการพ่นสีรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

สุวิทย์ บุญชูจรัส. การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพสำหรับกระบวนการทำสีตัวถังรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว. การลดของเสียจากกระบวนการผลิตกระป๋อง โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

อัมพวรรณ จิรอาภาวงศ์. การประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC สำหรับปรับปรุงกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2551.

ภาษาอังกฤษ

Bisgaard, S. and Fuller, H. T. Analysis of factorial experiments with defects or defectives as the response. Journal of Quality Engineering 7: 2 (1994): 429-443.

Bisgaard, S. and Fuller, H. T. Sample size estimates for two-level factorial designs with binary response. Journal of Quality Technology 27: 4 (1995): 344-354.

Bisgaard, S. and Gertsbakh, I. 2k-q Experiments with binary responses: Inverse binomial sampling. Journal of Quality Technology 32: 2 (2000): 148-156.

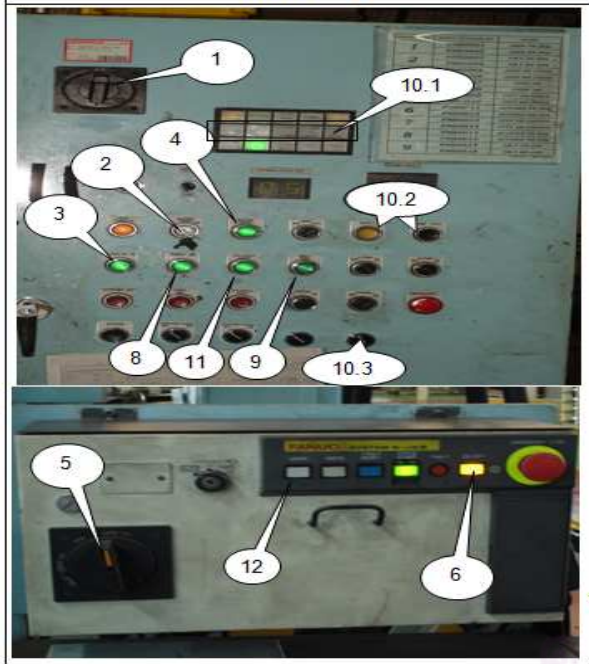
Fasser, Y. and Brettner, D. Process Improvement in Electronics Industry, pp.204. New York: John Wiley & Sons, 1992.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

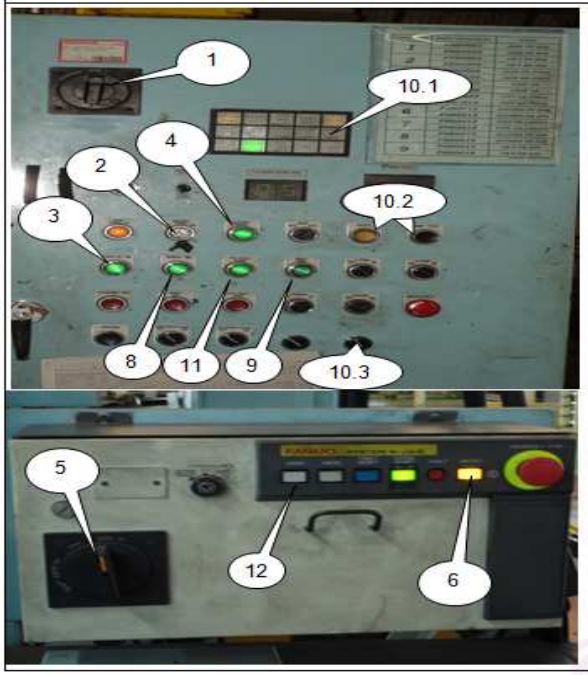
ชื่อเอกสาร : การควบคุมเครื่องจักร WSHLD SEALER ROBOT MACHINE				หมายเลขเอกสาร	AF1WI-F-XXXX-XX
วันที่บังคับใช้	ผู้จัดทำ	ผู้ทบทวน	ผู้อนุมัติ	ลำดับการแก้ไข	
				หน้าที่	1 / 2

ภาพประกอบ	ลำดับ	รายละเอียด	หมายเหตุ
		**ขั้นตอนการเปิดเครื่อง WSHLD SEALER ROBOT MACHINE**	
	1	บิดสวิตช์ MAIN BREAKER ไปที่ตำแหน่ง ON (1)	
	2	บิดสวิตช์ CONTROL POWER ON ไปที่ตำแหน่ง ON (2)	
	3	กดปุ่ม PUSH BUTTON สวิตช์ STAND BY ON (3)	
	4	กดปุ่ม PUSH BUTTON MACHINE READY ON (4)	
		ในกรณีที่ MAIN POWER ที่ ROBOT CONTROL PANEL OFF ให้ปฏิบัติข้อ 5 และ 6 ด้วย	
		ในกรณีที่ MAIN POWER ที่ ROBOT CONTROL PANEL ON ให้ข้ามไปข้อ 7	
	5	บิดสวิตช์ MAIN BREAKER ที่ ROBOT CONTROL PANEL (5)	
	6	กดปุ่ม ROBOT ON ที่ ROBOT CONTROL PANEL (6)	
	7	รอ ROBOT LOADING ประมาณ 1 นาที	
	8	กดปุ่ม ROBOT ON ที่ MAIN CONTROL PANEL (8)	
		***ในกรณีที่ ROBOT ไม่อยู่ในตำแหน่ง HOME POSITION (ตำแหน่งพร้อมฉีด) ให้ปฏิบัติข้อ 9 ด้วย ***	
		***ในกรณีที่ ROBOT อยู่ในตำแหน่ง HOME POSITION (ตำแหน่งพร้อมฉีด) ให้ข้ามไปปฏิบัติข้อ 10 ***	
	9	กดปุ่ม ROBOT HOME POSITION ที่ MAIN CONTROL PANEL (9) - BUZZER ALARM รอจนกว่า ROBOT มาที่ตำแหน่ง HOME POSITION	

การแก้ไข	วันที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข

รูปที่ 1 เอกสารการปฏิบัติงาน ขั้นตอนการเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์

ชื่อเอกสาร : การควบคุม WSHLD SEALER ROBOT MACHINE				หมายเลขเอกสาร	AF1WI-F-XXXX-XX
วันที่บังคับใช้	ผู้จัดทำ	ผู้ทบทวน	ผู้อนุมัติ	ลำดับการแก้ไข	
				หน้าที่	2 / 2

ภาพประกอบ	ลำดับ	รายละเอียด	หมายเหตุ
	10	บิด SELECTER SW. MODE ไปที่ตำแหน่ง AUTO (1) - DETAIL CHECK 10.1 EQUIPMENT 4 STATION ต้องอยู่ในตำแหน่ง HOME POSITION สังเกต LAMP ที่ CONTROL PANEL (10.1) 10.2 SELECTER SW. A PUMP & B PUMP ให้อยู่ในตำแหน่ง OFF (10.2) 10.3 SELECTER SW. FEEDING ให้อยู่ในตำแหน่ง ON (10.3)	
	11	กดปุ่ม PB CYCLE START ON ที่ MAIN CONTROL PANEL (1)	
		ระดับปัจจัยที่ต้องควบคุมแนวซีลให้ได้มาตรฐาน **ปรับ PRESSURE ที่ 5 Psi** **ปรับ TEMPERATURE ที่ 55 องศาเซลเซียส** **ปรับ SPEED ROBOT ที่ 200 MM/SEC**	
		ขั้นตอนการปิดเครื่อง WSHLD SEALER ROBOT MACHINE	
	1	บิดSELECTER SW. MODEไปที่MAIN CONTROL PANELไปที่ตำแหน่งMANUAL (1)	
	2	กดปุ่ม PUSH BUTTON USER 1 ที่ ROBOT CONTROL PANEL (1)	
	3	กดปุ่ม PB ROBOT OFF ที่ ROBOT CONTROL PANEL (6)	
	4	บิดสวิตช์ MAIN BREAKER ที่ ROBOT CONTROL PANEL ให้เป็น OFF (5)	
	5	บิดสวิตช์กุญแจ CONTROL POWER OFF ที่ MAIN CONTROL PANEL (2)	
	6	บิดสวิตช์ MAIN BREAKER ที่ MAIN CONTROL PANEL ให้เป็น OFF (1)	

การแก้ไข	วันที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข

รูปที่ 2 เอกสารการปฏิบัติงาน ขั้นตอนการเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์ (ต่อ)

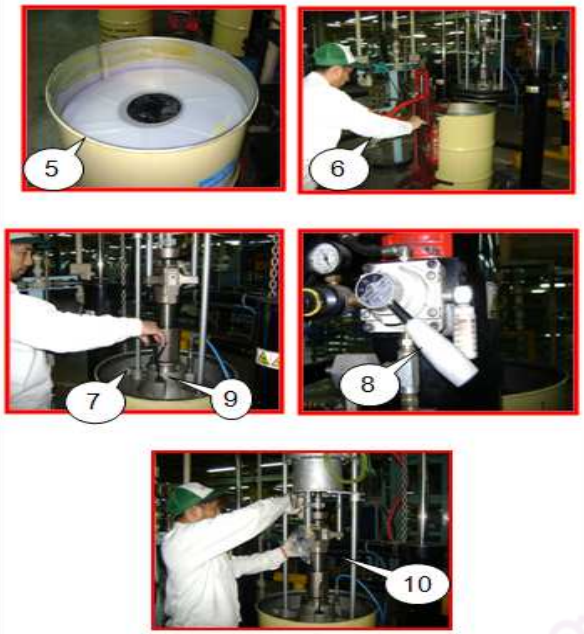
ชื่อเอกสาร : การควบคุม WINDOW SEALER MACHINE				หมายเลขเอกสาร	AF1WI-F-XXXX-XX
วันที่บังคับใช้	ผู้จัดทำ	ผู้ทบทวน	ผู้อนุมัติ	ลำดับการแก้ไข	
				หน้าที่	1 / 2

ภาพประกอบ	ลำดับ	รายละเอียด	หมายเหตุ
	1 2 3	* เมื่อ LIMIT CHECK SEAL หมดทำงานก็แสดงว่า SEAL ที่ใช้อยู่หมดต้องเปลี่ยน * **ขั้นตอนการเปลี่ยนถังซีลเมื่อซีลหมด** โยก VALVE SW. (1) UP พร้อมกด กด SW. (2) ที่ด้านข้างของ PUMP SEALER เพื่อทำการยกชุด PUMP ขึ้นจนสุด แกะฟอยของซีล PUMP เก่าออกจาก FLOORER PLATE PUMP (3) แคะ SEAL ที่ติดอยู่ FLOORER PLATE ออก (4) หมายเหตุ ถ้าไม่แคะ SEAL ออก SEAL ก็จะเกาะและแข็งตัว ทำให้การไหลของของ SEAL ไม่ดี	

การแก้ไข	วันที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข

รูปที่ 3 เอกสารการปฏิบัติงาน วิธีการไล่อากาศจากถังซีล

ชื่อเอกสาร : การควบคุม WINDOW SEALER MACHINE				หมายเลขเอกสาร	AF1WI-F-XXXX-XX
วันที่บังคับใช้	ผู้จัดทำ	ผู้ทบทวน	ผู้อนุมัติ	ลำดับการแก้ไข	
				หน้าที่	2 /2

ภาพประกอบ	ลำดับ	รายละเอียด	หมายเหตุ
	4	จัดเตรียมถัง SEAL ที่จะเปลี่ยนโดยตัดฟอยบริเวณตรงกลางออกเป็นรูปทรงกลมตาม MARK ทาจารบีบริเวณขอบปากถัง SEAL เพื่อให้ชุด FLOORER PLATE ของ PUMP เวลาทำงานกดลงได้สะดวก (5)	
	5	นำถัง SEAL ที่จัดเตรียมใส่เข้าไปใน PLATE PUMP (6)	
	6	คลาย BOLT ที่ระบายอากาศ ที่ด้านบน FLOORER PLATE ออก (7)	
	7	โยก VALVE SW. (8) ลงเพื่อกดชุด FLOORER PLATE PUMP ลงให้ถึงเนื้อ SEAL	
	8	ขันปิด BOLT ที่ระบายอากาศ ที่ด้านบน FLOORER PLATE (9)	
	9	ทำการ DRAIN SEAL ที่คอ PUMP เพื่อตรวจเช็คอากาศที่เนื้อ SEAL DRAIN จนที่เนื้อ SEAL ไม่มีอากาศ (10)	
		ข้อควรระวังเกี่ยวกับความปลอดภัย	
	1	ขณะเครื่องจักรกำลังทำงาน ห้ามเข้าไปในบริเวณเครื่องจักร	
	2	ควรปฏิบัติตามการ OPERATE อย่างถูกวิธี	
	3	ระมัดระวังอย่าให้ซีลกระเด็นเข้าตา	

การแก้ไข	วันที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข

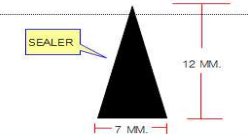
รูปที่ 4 เอกสารการปฏิบัติงาน วิธีการไล่อากาศจากถังซีล (ต่อ)

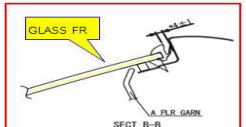
ชื่อเอกสาร :	การปฏิบัติงานเรื่อง	การปาด SEALER รอยต่อ			หมายเลขเอกสาร	AF1WI-S0701-CTE1-068
วันที่บังคับใช้	ผู้จัดทำ	ผู้ทบทวน	ผู้รับรอง	ผู้อนุมัติ	ลำดับการแก้ไข	00
	Phadet U.	*Suthut K.*	*Chokchai J.*	*Morakot K.*	หน้าที่	1/1

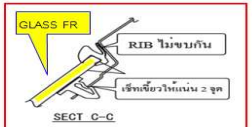
ขั้นตอนที่ 1

ดู PRODUCTION SHEET ที่ติดมาหน้ารถ

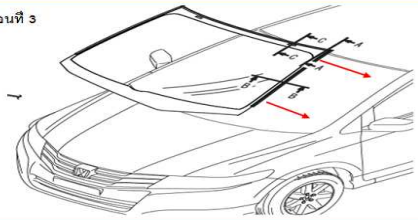
ขั้นตอนที่ 2







ขั้นตอนที่ 3



ขั้นที่	ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน	การควบคุมคุณภาพ	จุดสำคัญของการประกอบ	เครื่องมือ/วัสดุ	ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น	จุดควบคุมความปลอดภัยของพนักงาน
1	ตรวจสอบชิ้นส่วนให้ตรงกับรุ่นของรถที่จะประกอบโดยดูจาก PRODUCTION SHEET	PART จะต้องตรงกับ MODEL , TYPE	1. ดูที่ Production sheet	ด้วยสายตา	ประกอบผิด	
2	ตรวจสอบแนว SEALER FR,RR ช่วงรอยต่อที่มาบรรจบกัน แล้วทำการปาดแนว SEALER FR , RR ให้ได้ ตาม STD. โดยปาดแนวซีลจากข้างนอกกระจกก่อน จากนั้นปาดแนวซีลข้างใน	การปาด SEALER รอยต่อ	ต้องได้ STD. ตลอดแนว ฐาน 7 mm สูง 12 mm แนวซีลตั้ง และไม่เกิดช่องว่างระหว่างแนวซีล	กระดาษลัง 10x10 cm	SEAL ขาด /น้ำรั่ว	
3	ตรวจสอบความเรียบร้อยหลังการประกอบ					

ลำดับ	ชื่อ ชิ้นส่วน	จำนวน	RANK	ลำดับ	ชื่อ ชิ้นส่วน	จำนวน	RANK

D/M/Y					
OPERATOR SIGNATOR					
D/M/Y					
OPERATOR SIGNATOR					
D/M/Y					
OPERATOR SIGNATOR					

SAFETY EQUIPMENT ● ใช้ระบายสีดำ ○ ไม่ใช้

หมวก	แว่นตา	ถุงมือ	รองเท้า	ปลอกแขน	ที่อุดหู	ที่ปิดจมูก
●	○	●	●	○	●	○

REMARK 1. ขณะที่มีการเปลี่ยนภาชนะบรรจุอะไหล่หรือ RACK PART ต่างๆ ต้องทำตรวจเช็คที่ตัวชิ้นส่วนนั้นๆเสมอ
2. เมื่อเข้าสู่ช่วงพักต่างๆ ต้องปฏิบัติงานให้จบลง 1 PROCESS ก่อนเสมอ
3. ถ้าตรวจสอบพบหรือมีปัญหาเกิดขึ้นเมื่อไรให้รีบบันทึกรายละเอียดลงใน COMPLETED AUTOMOBILE INSPECTION RECORD CARD แล้วแจ้งให้หัวหน้างานทราบ (ข้อกำหนด : พนักงาน รายงาน LEADER รายงาน GROUP MGR.)

การแก้ไข	วันที่แก้ไข	รายละเอียดการแก้ไข
01		
0	1-Jun-10	ต้นฉบับ (แก้ไขเพื่อการจัดเก็บแบบ Electronic : E-Smart)

สัญลักษณ์ในการแก้ไขมาตรฐาน ○ การแก้ไขปัญหาภายในบริษัท □ การแก้ไขปัญหาจากห้องตลาด ◇ การปรับปรุงพัฒนา

เอกสารควบคุมการจัดเก็บ 20 ปี ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์

HAFR-B0301-005 Rev. 00

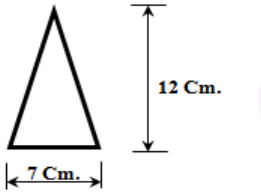
รูปที่ 5 เอกสารการปฏิบัติงาน วิธีการปาดซีลรอยต่อ

ใบตรวจเช็คแนวซีล ROBOT SEALER MACHINE ก่อนการปฏิบัติงาน

MONTH _____ YEAR _____

MODEL		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	REMARK
Model:1	FR GLASS																																
	RR GLASS																																
Model:2	FR GLASS																																
	RR GLASS																																
	FR CORN																																
	RR QTR .																																
CHECK BY																																	
GROUP MGR.																																	

STD. FR GLASS / RR GLASS



STD. OK = O

STD. NG = X

SECT. MGR.	GROUP MGR.	CHECK BY

รูปที่ 6 ใบตรวจสอบแนวซีล่กอนปฏิบัติงาน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายปฑกรณ์ มหาศิริชวรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 8 มิถุนายน พ.ศ.2526 ที่จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิต จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2549 ปัจจุบันทำงานอยู่ที่บริษัทฮอนด้า ออโตโมบิล (ประเทศไทย) จำกัด ในตำแหน่งวิศวกรฝ่ายประกอบชิ้นส่วน และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย