การปรับปรุงการกระทบของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงในรถกระบะโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกม่า

น.ส.อาทิชา วัฒนะไมตรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IMPROVING HITTING EFFECT OF ASSIST GRIP WITHOUT DAMPER IN TRUCKS BY THE SIX SIGMA APPROACH

Miss Articha Watthanamaitri

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงการกระทบของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงในรถกระบะโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกม่า
โดย	น.ส.อาทิชา วัฒนะไมตรี
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

---------- คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

---------- กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดาริชา สุธีวงศ์)

---------- กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ชาญสง่าเวช)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อาทิชา วัฒนะไมตรี : การปรับปรุงการกระทบของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงในรถกระบะโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกม่า. (IMPROVING HITTING EFFECT OF ASSIST GRIP WITHOUT DAMPER IN TRUCKS BY THE SIX SIGMA APPROACH) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร.ปารเมศ ชุติมา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการปรับปรุงการกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง ซึ่งเป็นชิ้นส่วนภายในรถกระบะ โดยใช้หลักการของซิกซ์ ซิกม่า มือจับเป็นชิ้นส่วนภายในรถยนต์ถูกติดตั้งอยู่บริเวณผ้าหลังคาภายในรถยนต์ มีหน้าที่ช่วยการทรงตัวของผู้โดยสารขณะเดินทาง โดยมือจับในตลาดที่แต่ละผู้ผลิตรถยนต์นำมาใช้กับรถจริงมีอยู่ 3 ประเภท คือ มือจับแบบมีตัวหน่วง (Assist Grip with damper), มือจับแบบไม่มีตัวหน่วง (Assist Grip without damper) และมือแบบยึดติด (Assist Grip fixing type) โดยปัญหาการกระทบของมือจับที่เกิดขึ้นหลังจากใช้งานมือจับ มีเสียงกระทบระหว่างส่วนจับและฐานดังเกิดขึ้น และดังเกินมาตรฐานที่บริษัทกำหนดไว้ คือ เสียงกระทบต้องต่ำกว่า 95 เดซิเบล และจำนวนครั้งการกระทบน้อยกว่า 3 ครั้ง ซึ่งในการปรับปรุงการกระทบของมือจับ จะนำหลักการการปรับปรุงจากซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ระยะนิยามปัญหา (Define phase), ระยะการวัดเพื่อกำหนดปัญหา (Measurement phase), ระยะการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและปัจจัย (Analysis phase), ระยะการปรับปรุงกระบวนการ (Improvement phase) และ ระยะการควบคุมกระบวนการ (Control phase) หรือ DMAIC หลังจากผ่านขั้นตอนทั้งห้าของซิกซ์ ซิกม่า พบว่า มี 5 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการกระทบของมือคือ ค่า K ของสปริง วัสดุของมือจับ น้ำหนักของส่วนจับ พื้นที่การกระทบ และองศาของการใช้งาน เมื่อทำการปรับปรุงปัจจัยทั้งห้า เสียงกระทบระหว่างส่วนจับและฐานลดลงจากเฉลี่ยอยู่ที่ 96.4 เหลือ 91.6 เดซิเบล จำนวนครั้งการกระทบจาก 4 ครั้ง เหลือ 2 ครั้ง ซึ่งอยู่ในมาตรฐานที่บริษัทกำหนด สามารถนำมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงสามารถนำไปใช้กับรถกระบะในบริษัทได้จริง และสามารถสร้างผลกำไรให้กับบริษัทถึง 4 ล้านบาทต่อปี

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2564 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6370337521 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Assist grip hitting noise Six Sigma methodology DMAIC

Articha Watthanamaitri : IMPROVING HITTING EFFECT OF ASSIST GRIP WITHOUT DAMPER IN TRUCKS BY THE SIX SIGMA APPROACH. Advisor: Prof. PARAMES CHUTIMA, Ph.D.

This thesis research aims to reduce the hitting effect that occurs between the grip and base of the assist grip used in trucks by using the Six Sigma methodology. It is an interior part of vehicles that helps the balance of passengers while they are sitting in the passenger seats during the journey. The assist grip in markets of original equipment manufacturers (OEM) has 3 types, assist grip with damper, assist grip without damper and assist grip fixing type. The hitting noise occurs when the passenger releases the grip to its normal position in the development process. The company notices that the current hitting noise is louder than the standard and the hitting quantity is over than standard. Then, the DMAIC: Define phase, Measurement phase, Analysis phase, Improvement phase and Control phase methodology of Six Sigma was applied to improve the hitting effect of assist grip without damper. 5 factors occurred after passing the methodology, K spring, material of assist grip, weight of grip, hitting area, and operation angle. After improvement, the hitting sound was reduced from 96.4 dB to 91.6 dB and hitting quantity was reduced from 4 times to 2 times. The hitting noise and hitting quantity are satisfactory within the company's standard. Moreover, the damper is permanently removed from the assist grip resulting in a lower component cost about 4 MTHB per year. Currently, this product is produced in company truck manufacturing.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Industrial Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2021 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ในหัวข้อ การปรับปรุงการกระทบระส่วนจับและฐานของชิ้นส่วนช่วยจับในรถกระบะโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกม่า สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่าย ทั้งหัวหน้าฝ่ายวิจัยและพัฒนา หัวหน้าฝ่ายทดสอบรถยนต์ หัวหน้าฝ่ายตรวจสอบรถยนต์ หัวหน้าฝ่ายจัดซื้อ และผู้ผลิตชิ้นส่วนช่วยจับ ที่เอื้ออำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดลองทำงานวิจัย ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณทุกคนและทุกหน่วยงานเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการทำงานวิจัย รวมถึงใส่ใจและติดตามผลงานวิจัยเพื่อให้งานวิจัยเป็นไปตามขั้นตอนและสำเร็จ ลุล่วงอย่างเรียบร้อย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ ประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ดาริชา สุธีวงศ์ กรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเวช ชาญสง่าเวช กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่สละเวลามารับฟังการนำเสนอผลงานวิจัยและให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหา ยิ่งไปกว่านั้นช่วยตรวจสอบข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์เรียบร้อยดีที่สุด

ขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษาที่เอื่อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการทำวิจัย ตลอดจำเพื่อนร่วมงานที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ และสนับสนุน แต่มิได้เอ่ยนาม ณ ที่นี้ ทำให้งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณกัลยาณมิตรที่ดี ที่คอยให้กำลังใจ คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาในทุกๆด้าน ทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ เป็นเหตุให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัวผู้ที่คอยสนับสนุน เป็นกำลังใจ มอบความรัก มอบสติปัญญาที่ดีตลอดมา

อาทิชา วัฒนะไมตรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

.....ค

บทคัดย่อภาษาไทย.....ค

.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ง

กิตติกรรมประกาศ.....จ

สารบัญ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ฎ

สารบัญรูปภาพ.....ฐ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1. ประวัติความเป็นมา.....1

1.1.1. ภาพรวมอุตสาหกรรมรถยนต์.....1

1.1.2. ข้อมูลบริษัทกรณีศึกษา.....2

1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....3

1.2.1. ข้อมูทั่วไปของมือจับ.....3

1.2.2. ประเภทของมือจับ.....4

1.2.3. ส่วนประกอบของมือจับ.....5

1.2.4. ประโยชน์ที่จะได้รับจากการเอาตัวหน่วง (Damper) ออกจากมือจับ.....5

1.2.5. กระบวนการประกอบมือจับ.....6

1.3. ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อนำเอาตัวหน่วงในมือจับออก.....7

1.4. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความดังของเสียงกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงหลายครั้งอย่างชัดเจน.....8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 13
1.6 ขอบเขตของงานวิจัย 13
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 13
1.8 ประโยชน์ที่ได้รับ 14
1.9 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 14
1.10 ระยะเวลาการดำเนินงาน 15
..... 16
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
2.1. คุณภาพ (Quality) 17
2.1.1. ประเภทความต้องการของลูกค้า 18
2.2. ซิกซ์ ซิกม่า (Six sigma) 19
2.2.1. ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า 20
2.2.2. องค์กรซิกซ์ ซิกม่า 24
2.3. เครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหา 26
2.3.1. ผังกระบวนการ (Process Mapping) 26
2.3.2. แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) 26
2.3.3. แผนผังทำไม (Why-Why Analysis) 28
2.3.4. แผนภูมิควบคุม (Control Chart) 29
2.3.5. Gage repeatability and reproducibility analysis (GR&R) 30
2.3.6. แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) 32
2.3.7. การวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA: Failure mode and effect analysis) 33
2.3.8. การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) 33
2.4. มือจับ (Assist Grip) 36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5. เสียง(Sound) 39
2.6. Polyurethane Foam....40
2.7. Chip Urethane....41
2.8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 42
บทที่ 3 ระยะการนิยามปัญหา (Define Phase)....45
3.1. การจัดตั้งคณะทำงาน....45
3.2. สภาพปัญหาในปัจจุบัน 46
3.2.1. การทำงานของมือจับ....46
3.3. การกำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด....48
3.4. การสร้างสัญญาโครงการ (Project Charter)....48
3.5. สรุประยะนิยามปัญหา....49
บทที่ 4 ระยะการวัดเพื่อกำหนดปัญหา (Measure Phase) 51
4.1. การวิเคราะห์ความแม่นยำและเที่ยงตรงของระบบการวัด (Measurement System Analysis)....51
4.2. การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า....59
4.2.1. การหาสาเหตุและปัจจัยโดยใช้ผังแสดงสาเหตุและผล (Cause and effect diagram) 59
4.2.2. ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and effect matrix)....61
4.2.3. การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)....65
4.3. สรุประยะการตรวจวัดปัญหา....71
บทที่ 5 ระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)....73
5.1 ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบสมมติฐานของการออกแบบการทดลอง....73
5.2. หลักการปรับค่าของแต่ละปัจจัยในการออกแบบการทดลอง 74
5.3. ตัวแปรตอบสนอง 76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.4. การออกแบบการทดลอง 76
5.5. ขั้นตอนการทดลอง 77
5.6. ผลการทดลอง 79
5.7. การวิเคราะห์ผลการทดลอง 80
5.8. สรุปผลการทดลอง 82
บทที่ 6 ระยะปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) 83
6.1. ค่าที่เหมาะสมกับงานวิจัย 83
6.2. ผลการทดลอง 84
6.3. สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขของกระบวนการ 86
บทที่ 7 ระยะควบคุมกระบวนการ (Control Phase) 87
7.1. ข้อมูลหลังการปรับปรุงแต่ละปัจจัยของมือจับ 87
7.2. แนวทางการควบคุมระดับของปัจจัย 89
7.3. สรุประยะการควบคุมการผลิต 89
บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 90
8.1. บทสรุปของระยะนิยามปัญหา 90
8.2. บทสรุปของระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุและปัจจัย 91
8.3. บทสรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 92
8.4. บทสรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ 92
8.5. บทสรุประยะการควบคุมการผลิต 92
8.6. บทสรุปค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง 93
8.7. ข้อจำกัดและอุปสรรคในการดำเนินงาน 93
8.8. ข้อเสนอแนะ 94
ภาคผนวก 95
ภาคผนวก ก 96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาถผนวก ก 1. ตัวอย่างข้อมูลดิบก่อนและหลังปรับปรุงมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงปัจจัยตามค่าที่เหมาะสม....96

ภาถผนวก ก 2. ท่าทางในการทดสอบมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง....97

ภาคผนวก ข 98

ภาคผนวก ข 1. ค่าการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา 98

บรรณานุกรม 101

ประวัติผู้เขียน 104

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลการระสมองของการหาปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา 9

ตารางที่ 2 แผนการดำเนินงานวิจัย 16

ตารางที่ 3 ขนาดตัวอย่างการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินคุณสมบัติด้านความเที่ยงของระบบการวัด 31

ตารางที่ 4 จำนวนครั้งการทดลองส่วนประสมกลาง (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557) 35

ตารางที่ 5 สัญญาโครงการของงานวิจัยการปรับปรุงการกระทบของมือจับ 48

ตารางที่ 6 ขนาดตัวอย่างในการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินระบบการวัด 52

ตารางที่ 7 ผลการวัดค่าของเสียงกระทบ 54

ตารางที่ 8 ผลของจำนวนกระทบ 55

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของปัจจัยที่มีโอกาสส่งผลต่อการกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับ 63

ตารางที่ 10 หกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระดับความดังของเสียงกระทบและจำนวนครั้งที่กระทบของมือจับ 64

ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลการทบ (AIAG, 2001) 66

ตารางที่ 12 เกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง (AIAG, 2001) 67

ตารางที่ 13 เกณฑ์การประเมินการตรวจจับปัญหาของระบบควบคุม (AIAG, 2001) 68

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อและผลกระทบ (FMEA) 69

ตารางที่ 15 เรียงลำดับค่า RPN ของแต่ละปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ FMEA 70

ตารางที่ 16 ปัจจัยที่ถูกคัดเลือกหลังจากวิเคราะห์ FMEA เพื่อนำไปปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป 71

ตารางที่ 17 ระดับของปัจจัยในการทดลองส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) 74

ตารางที่ 18 จำนวนครั้งการทดลองของแบบการทดลองแบบพื้นผิวผลตอบ 77

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 19 รายละเอียดและลำดับการทดลองจากการออกแบบการทดลอง Central Composite Design (CCD) 77

ตารางที่ 20 ผลการทดลองจากการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) 79

ตารางที่ 21 ค่าที่เหมาะสมของปัจจัย 84

ตารางที่ 22 ตารางผลการทดลองหลังจากได้ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย 85

ตารางที่ 23 ตารางผลคะแนนของปัจจัยที่มีโอกาสส่งผลกระทบต่อปัญหาการกระทบของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงของทีมงานแต่ละคน 98

ตารางที่ 24 ตารางสรุปคะแนนของปัจจัยที่มีโอกาสส่งผลกระทบต่อปัญหาการกระทบของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง 99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 กราฟการเติบโตของรถกระบะในประเทศไทย ปี 2554-2562 1

รูปที่ 2 กราฟยอดขายรถกระบะของบริษัทกรณีศึกษาในปี 2554-2563 2

รูปที่ 3 กราฟแสดงเปอร์เซ็นการใช้งานมือจับของรถกระบะในงาน motors show ปี2019 3

รูปที่ 4 ตำแหน่งติดตั้งมือจับภายในรถยนต์ 4

รูปที่ 5 ประเภทของมือจับ 4

รูปที่ 6 ส่วนประกอบของมือจับ 5

รูปที่ 7 แผนผังกระบวนการประกอบมือจับแบบมีตัวหน่วง 6

รูปที่ 8 แผนผังกระบวนการประกอบมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง 7

รูปที่ 9 กราฟบันทึกผลระดับความดังของเสียงกระทบ 8

รูปที่ 10 แผนผังเหตุและผล(Cause & effect Diagram)แบบแผนภูมิก้างปลาแสดงการปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาเสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานที่ดังเกิน 95 เดซิเบล 11

รูปที่ 11 แผนผังเหตุและผล(Cause & effect Diagram)แบบแผนภูมิก้างปลาแสดงการปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาเสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานที่ดังเกิน 95 เดซิเบล 11

รูปที่ 12 แผนผังเหตุและผล (Cause & effect Diagram) แบบWhy-Why Analysis แสดงการปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาการเกิดเสียงกระทบกันที่มากกว่า 3 ครั้งz 12

รูปที่ 13 แสดงการกระจายตัวแบบปกติของ ซิกซ์ ซิกม่า (Breyfogle III, 2003) 19

รูปที่ 14 องค์ประกอบของแผนผังระดับสูง (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557) 26

รูปที่ 15 สัญญาลักษณ์มาตรฐานของการเขียนแผนผัง (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557) 26

รูปที่ 16 ส่วนประกอบของแผนภาพก้างปลา 27

รูปที่ 17 แผนภาพต้นไม้สำหรับการหาสาเหตุรากเหง้าของ Why-Why Analysis 28

รูปที่ 18 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ - R (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557) 30

รูปที่ 19 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์การประเมินความเที่ยงจาก Minitab 31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 20 ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโต (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557) 33
รูปที่ 21 โครงสร้างของแบบการทดลองส่วนประสมกลาง 2 ปัจจัย (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)... 36
รูปที่ 22 โครงสร้างของแบบการทดลองส่วนประสมกลาง 3 ปัจจัย (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)... 36
รูปที่ 23 ส่วนจับ (Grip) 37
รูปที่ 24 ฐาน (Base) 37
รูปที่ 25 ตัวหน่วง (Damper) 37
รูปที่ 26 สปริงแบบรับแรงบิด (Kobelev, 2018) 38
รูปที่ 27 ตำแหน่งปกติของมือจับและตำแหน่งที่ผู้ดดยสารดึงมาจับ 39
รูปที่ 28 กระบวนการสร้าง PU Foam (Gama et al., 2018) 41
รูปที่ 29 ตัวอย่าง PU Foam 41
รูปที่ 30 ตัวอย่าง Chip Urethane 42
รูปที่ 31 มือจับก่อนเริ่มใช้งาน 46
รูปที่ 32 ตำแหน่งของมือจับขณะใช้งาน 46
รูปที่ 33 มือจับหลังการใช้งาน 47
รูปที่ 34 กราฟบันทึกผลที่ได้จากการ 47
รูปที่ 35 ตำแหน่งการวัดเสียงกระทบของมือจับ 53
รูปที่ 36 ตัวอย่างค่าที่บันทึกได้จากเครื่องมือวัดเสียง 56
รูปที่ 37 ผลการทดสอบระบบการวัดเสียงกระทบ (1) 56
รูปที่ 38 ผลการทดสอบระบบการวัดเสียงกระทบ (2) 57
รูปที่ 39 ผลการทดสอบระบบการวัดเสียงกระทบ (3) 57
รูปที่ 40 แผนผังเหตุและผล(Cause & effect diagram)แบบแผนภูมิก้างปลาแสดงการปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาเสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานที่ดังเกิน 95 เดซิเบล 60
รูปที่ 41 แผนผังเหตุและผล (Cause & effect diagram) แบบ Why-Why Analysis แสดงการปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับเกิน 3 ครั้ง 61

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 42 แผนภูมิพาเรโต้ของความสัมพันธ์ของสาเหตและผลเรียงจากคะแนนมากไปน้อย.....63
รูปที่ 43 แผนภูมิพาเรโต้เรียงตามลำดับค่า RPN ของแต่ละปัจจัยที่ได้จาการวิเคราะห์ FMEA.....70
รูปที่ 44 พื้นที่เริ่มต้นโดยไม่มีวัสดุซับเสียงมาติด มีขนาด กว้าง 0.6 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร ...75
รูปที่ 45 Poly Urethane (PU) ขนาด กว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร สูง 0.2 เซนติเมตร 75
รูปที่ 46 Chip Urethane ขนาด กว้าง 0.4 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร สูง 0.3 เซนติเมตร.....76
รูปที่ 47 ผลการวิเคราะห์ทางสิถติปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเสียงกระทบของมือจับ.....81
รูปที่ 48 ผลการวิเคราะห์ทางสิถติปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจำนวนกระทบของมือจับ.....81
รูปที่ 49 ค่าที่เหมาะสมสำหรับการลดเสียงกระทบและจำนวนครั้งการกระทบของมือจับ.....84
รูปที่ 50 ความสามารถของกระบวนการหลังปรับปรุงแต่ละปัจจัยของมือจับ 87
รูปที่ 51 ผลการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง.....88
รูปที่ 52 รูปตัวอย่างข้อมูลดิบก่อนปรับปรุงมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง 96
รูปที่ 53 รูปตัวอย่างข้อมูลดิบหลังปรับปรุงมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง.....96
รูปที่ 54 ตัวอย่างท่าทางการทดสอบมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง 97

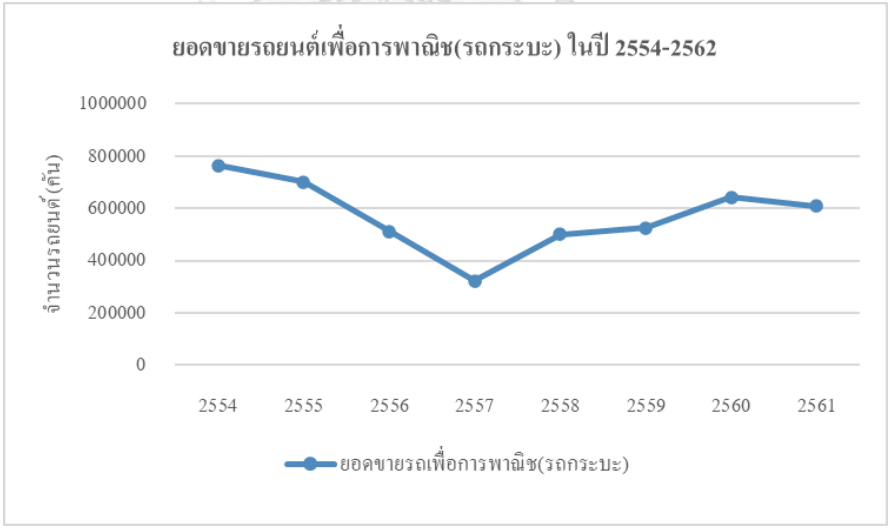
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ประวัติความเป็นมา

1.1.1. ภาพรวมอุตสาหกรรมรถยนต์

ในช่วงหลาย ปีที่ผ่านมามีการพัฒนาประเทศไปในด้านต่างๆอย่างมากมาย ทำให้มีการขยายตัวทางสังคม เศรษฐกิจ เทคโนโลยี และอุตสาหกรรม โดยอุตสาหกรรมรถยนต์และชิ้นส่วนรถยนต์เป็นอุตสาหกรรมหลักที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทยมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีการเติบโตทางด้านยอดขายภายในประเทศและการส่งออก ด้วยปัยจัยทางด้าน ภาษี พื้นที่จัดตั้งโรงงานการผลิต อัตราค่าจ้างแรงงาน และยังมีนโยบาลสนับสนุนจากทางภาครัฐช่วยส่งเสริมให้อุตสาหกรรมรถยนต์เติบโตมากขึ้น โดยในช่วง เดือนกันยายน ปี 2554 ถึง เดือนธันวาคม 2555 รัฐบาลได้ออกนโยบายรถคันแรกเพื่อกระตุ้นเศรษฐกิจหลังจากพบวิกฤษเศรษฐกิจจากภัยธรรมชาติ (น้ำท่วม) ทำให้ยอดขายรถยนต์เพิ่มสูงถึง 1,436,335 คัน คิดเป็นรถยนต์นั่ง 673,460 คัน และรถกระบะ 763,875 คัน จะเห็นได้ว่ารถกระบะเป็นค่อนข้างเป็นที่ต้องการในตลาดไม่ว่าจะเป็นภายในประเทศหรือต่างประเทศ เนื่องจากรถกระบะเป็นรถที่มีความอเนกประสงค์ทั้งด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และยังสามารถใช้งานในชีวิตประจำวัน ท่องเที่ยวกับครอบครัวได้



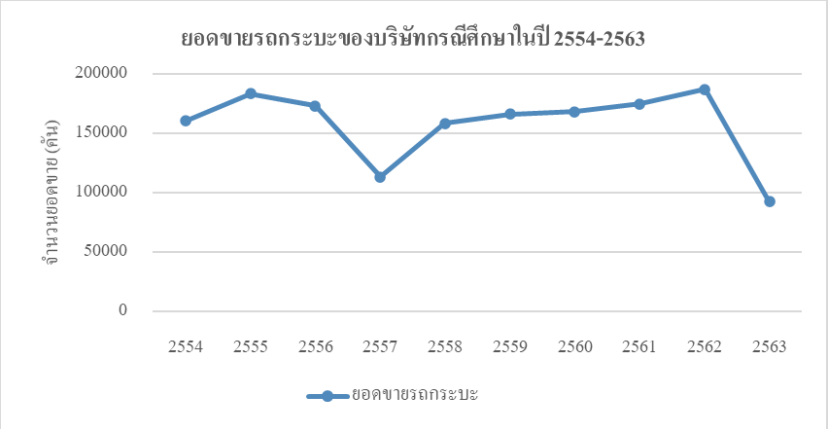
รูปที่ 1 กราฟการเติบโตของรถกระบะในประเทศไทย ปี 2554-2562

การเติบโตของรถกระบะในไทยจากช่วงหลังจากปี 2554 มีการถดถอยตามสถานการณ์ทางเศรษฐกิจดังรูปที่ 1 ทำให้บริษัทต่างๆรวมถึงบริษัทกรณีศึกษานั้นได้รับผลกระทบทางเศรษฐกิจไปด้วย เพื่อให้กิจการดำเนินไปได้อย่างราบรื่นบริษัทต่างๆรวมถึงบริษัทกรณีศึกษาจึงต้องมีการปรับรูปแบบ

การบริหารโดยเน้นเรื่องการลดสิ่งที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าหรือ waste เข้ามาปรับใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าเพื่อรักษาผลกำไรให้กับบริษัท

1.1.2. ข้อมูลบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผลิตและประกอบรถยนต์สัญชาติญี่ปุ่น ซึ่งรถยนต์คันแรกที่ผลิตขึ้นในปี 2460 ที่ประเทศญี่ปุ่น จากนั้นในปี 2504 บริษัทกรณีศึกจึ้งได้ก่อตั้งในประเทศไทยและดำเนินธุรกิจภายในประเทศไทยเป็นต้นมา ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาสามารถผลิตและประกอบรถยนต์ได้สามประเภทคือ รถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง (B segment) รถกระบะ (Truck) และ รถกระบะดัดแปลงเป็นรถยนต์นั่งอเนกประสงค์ (PPV) ก่อตั้งเมื่อปี 2504 มี 4 โรงงาน โดยโรงงานที่ 1 ผลิตรถกระบะดัดแปลงเป็นรถยนต์นั่งอเนกประสงค์ โรงงานที่ 2 ผลิต รถกระบะ โรงงานที่ 3 ผลิตรถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง และ โรงงานที่ 4 เป็นโรงงานประกอบเครื่องยนต์ โดยรถยนต์แต่ละรุ่นมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันออกไป รถยนต์ส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง (B segment) จะมีลักษณะที่เน้นไปที่การประหยัดน้ำมันเป็นรถยนต์ขนาดเล็ก มีความคล่องตัว เหมาะแก่การใช้ในเมือง มีห้องผู้โดยสารกว้างขวาง นั่งสบาย ในส่วนของรถกระบะ (Truck) มีคุณลักษณะที่เน้นในเรื่องการบรรทุกของ ไม่เน้นการนั่งโดยสาร ขับเคลื่อนในระยะทางที่ยาวไกลรถกระบะดัดแปลงเป็นรถยนต์นั่งอเนกประสงค์ (PPV) มีคุณลักษณะที่เน้นการใช้งานอเนกประสงค์กล่าวคือ สามารถบรรทุกของได้ระดับหนึ่งและสามารถบรรทุกบุคคลได้ โดยรถยนต์ชนิดนี้จะมีห้องโดยสารที่กว้างขวาง มีหลายที่นั่งเพื่อรองรับการบรรทุกคนและสิ่งของ มักจะได้ชื่อว่าเป็นรถครอบครัว บริษัทกรณีศึกษาได้มีการผลิตสินค้าและส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าทั่วโลกยาวนานถึง 100 ปี และมีการผลิตและส่งมอบสินค้าในประเทศไทยยาวนานกว่า 60 ปี ในช่วง 9 ปีที่ผ่านมา (2554-2563) ยอดขายรถกระบะของบริษัทกรณีศึกษาที่เป็นรุ่นที่ขายดีที่สุดของบริษัทลดลงอย่างรวดเร็วถึงหนึ่งเท่าตัวดังรูปที่ 2 ซึ่งวิกฤษเศรฐกิจจากภัยธรรมชาตินี้เป็นปัจจัยที่ไม่อาจควบคุมและคาดการณ์มาก่อนได้ดังนั้น การที่จะดำเนินกิจการไปได้อย่างราบรื่นนั้นจะต้องมีการใช้กลยุทธ์ต่างๆมากมายเพื่อประคองให้บริษัทได้ดำเนินธุรกิจต่อไป

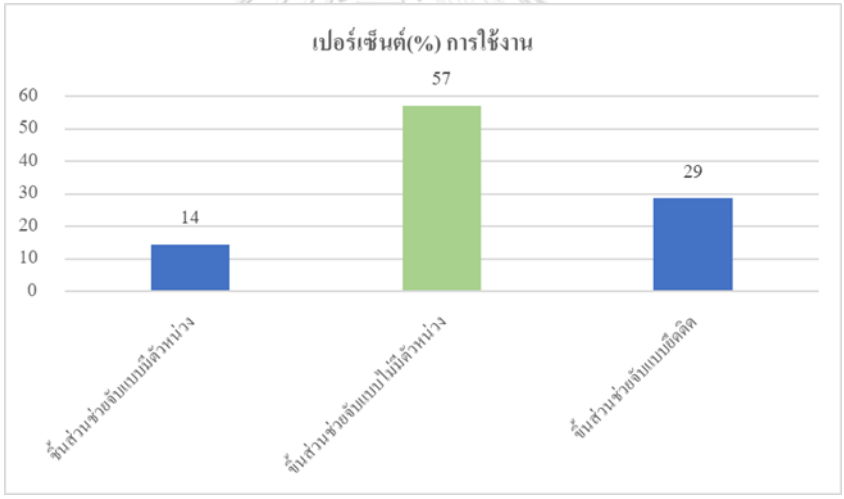


รูปที่ 2 กราฟยอดขายรถกระบะของบริษัทกรณีศึกษาในปี 2554-2563

1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากที่กล่าวไว้ข้างต้น เมื่อยอดขายของบริษัทกรณีศึกษาตกลง ทางบริษัทกรณีศึกษาจึงได้ใช้กลยุทธ์มากมายในการผลักดันธุรกิจให้ดำเนินต่อไปอย่างราบรื่น หนึ่งในนั้นคือการลดต้นทุน ซึ่งแผนกของผู้วิจัยเป็นหนึ่งแผนกหลักในการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้คุ้มค่าเพื่อลดต้นทุนและยังคงคุณภาพที่ดีเอาไว้เพื่อส่งมอบสินค้าที่ดีมีคุณภาพและคุ้มค่าให้กับลูกค้า

ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดทางด้านการลดต้นทุนโดยการเอาตัวหน่วง (Damper) ของมือจับในรถกระบะออกเนื่องจาก คุณลักษณะของรถกระบะนั้น เน้นไปที่การบรรทุกของเป็นจำนวนมาก ใช้งานหนัก ด้วยคุณลักษณะนี้จะทำให้ลูกค้าไม่สนใจเสียงกระทบดังที่เกิดขึ้นหลังเอาตัวหน่วงออก และผู้วิจัยได้ทำการสำรวจรถกระบะจากบริษัทอื่นๆพบว่า บริษัทอื่นๆติดตั้งมือจับแบบมีตัวหน่วงถึง 14% ติดตั้งมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง 57% และติดตั้งมือจับแบบยึดติด 29% ตามลำดับ ดังรูปที่ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นแน่ชัดว่าการนำเอาตัวหน่วงออกเป็นไม่ส่งผลกระทบต่อการเลือกซื้อรถกระบะของลูกค้า ทำให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการศึกษาแนวคิดนี้ต่อไปได้



รูปที่ 3 กราฟแสดงเปอร์เซ็นการใช้งานมือจับของรถกระบะในงาน motors show ปี2019

1.2.1. ข้อมูทั่วไปของมือจับ

มือจับเป็นอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนชิ้นหนึ่งในห้องโดยสารภายในรถยนต์ โดยจะถูกติดตั้งที่ด้านข้างของผ้าหลังคา ทั้งซ้ายและขวา ดังรูปที่ 4 เป็นชิ้นส่วนที่จะช่วยผู้โดยสารในการทรงตัวเวลารถเคลื่อนผ่านเส้นทางขรุขระ หรือขึ้นเขาสูงชัน เมื่อมือจับถูกใช้งานด้วยการจับส่วนจับลงมาส่วนมากของผู้ใช้งานแล้วจะทิ้งน้ำหนักแล้วที่ส่วนจับเพื่อทรงตัวให้มั่งคง ซึ่งจะเป็นการดึงส่วนจับลงมามากที่สุด โดยมือจับของบริษัทกรณีศึกษามีองศาการใช้งานที่มากที่สุดคือ 110 องศา

รูปที่ 4 ตำแหน่งติดตั้งมือจับภายในรถยนต์

1.2.2. ประเภทของมือจับ

มือจับแบ่งออกไปเป็นสามประเภทในปัจจุบันซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 3

- มือจับแบบมีตัวหน่วง (ASSIST GRIP with damper) เป็นมือจับที่มีตัวหน่วงมาช่วยให้เมื่อผู้ใช้งานใช้งานเสร็จแล้วปล่อยมือ ที่ช่วยจับจะกลับสู่คืนตำแหน่งเริ่มต้นอย่างช้าๆและไม่มีเสียงกระแทก
- มือจับแบบไม่มีตัวหน่วง (ASSIST GRIP without damper) เป็นมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง เมื่อผู้ใช้งานใช้งานเสร็จและปล่อยมือจับจะกลับคืนสู่ตำแหน่งเริ่มต้นอย่างรวดเร็วและมีเสียงดัง
- มือจับแบบยึดติด (ASSIST GRIP fixing type) เป็นมือจับแบบยึดติดกับผ้าหลังคา

โดยมือจับแบบมีตัวหน่วงและไม่มีตัวหน่วงจะมีรูปร่างหน้าตาที่คล้ายคลึงกัน และมือจับแบบยึดติดจะเป็นมือจับที่ไม่สามารถขยับได้ ดังรูปที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

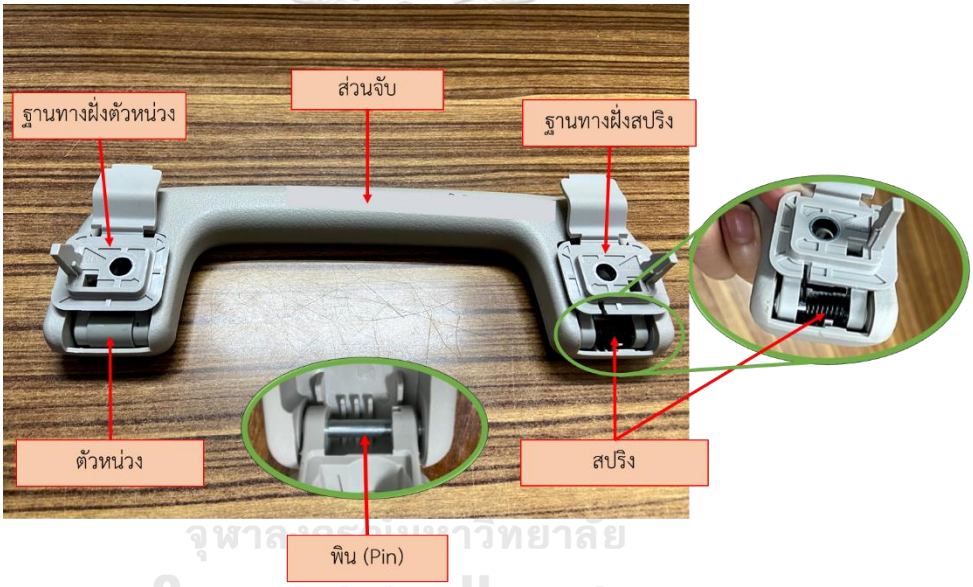
รูปที่ 5 ประเภทของมือจับ

1.2.3. ส่วนประกอบของมือจับ

ส่วนประกอบของมือจับมีดังนี้

- ส่วนจับ (Grip)
- ฐานทางฝั่งของสปริง (Base of spring side)
- ฐานทางฝั่งของตัวหน่วง (Base of damper side)
- สปริง (Spring)
- ตัวหน่วง (Damper)
- พิน (Pin)

ตำแหน่งของส่วนประกอบต่างในมือจับจะเป็นไปดังรูปที่ 6



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 6 ส่วนประกอบของมือจับ

1.2.4. ประโยชน์ที่จะได้รับจากการเอาตัวหน่วง (Damper) ออกจากมือจับ

- ลดต้นทุนการผลิตมือจับได้ประมาณ 3 ล้านบาท/ปี
- ลดขั้นตอนและเวลาในการประกอบมือจับ
- ลดของเสียที่เกิดจากตัวหน่วง

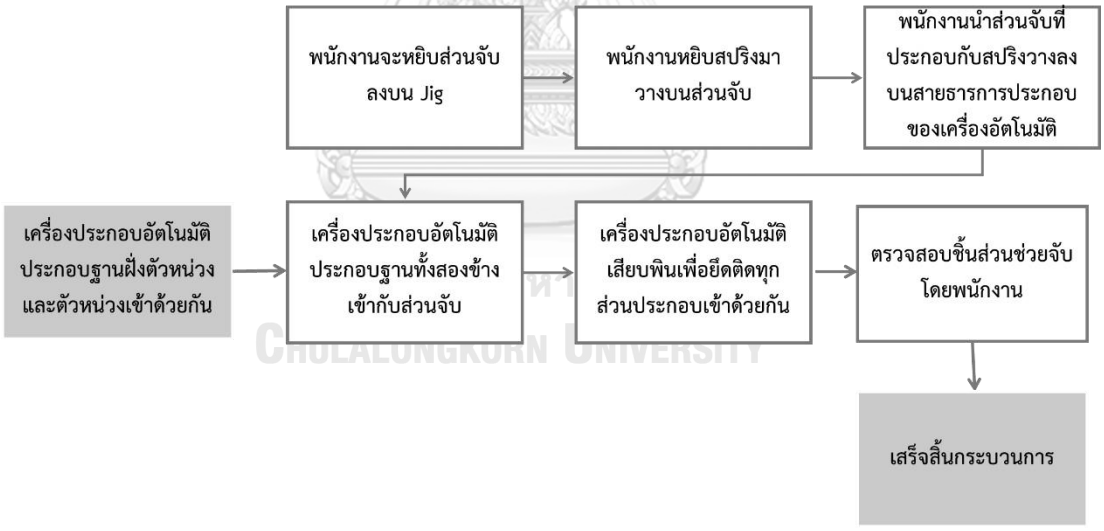
ทั้งสามข้อที่กล่าวมานั้นส่งผลกระทบที่เป็นประโยชน์ให้ทั้งบริษัทผู้ผลิตและบริษัทกรณีศึกษา

1.2.5. กระบวนการประกอบมือจับ

ในกระบวนการผลิตนี้จะมีทั้งแรงงานจากบุคคลหรือพนักงานประกอบและเครื่องประกอบแบบระบบอัตโนมัติซึ่งจะมีลำดับกระบวนการดังนี้

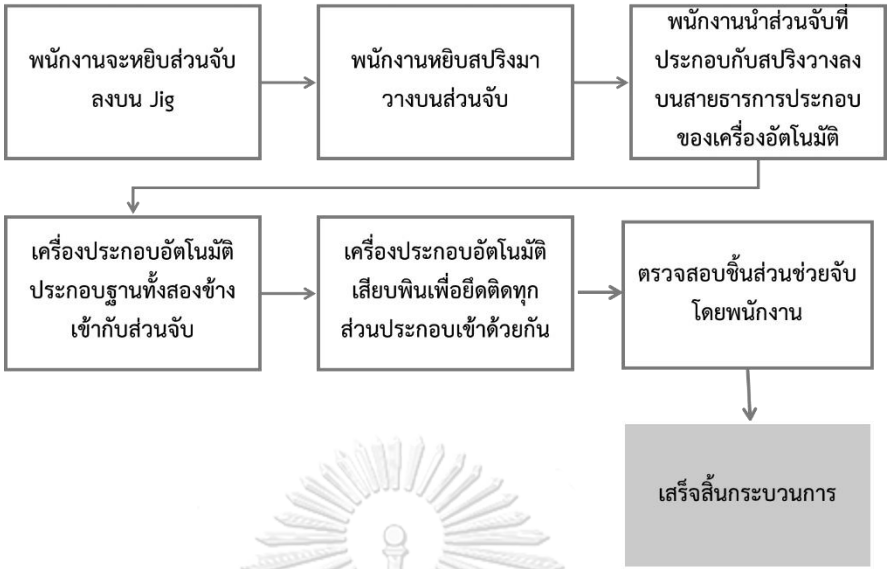
- พนักงานจะหยิบส่วนจับมาวางบนอุปกรณ์นำแนว (jig)
- พนักงานหยิบสปริงมาวางบนส่วนจับ
- พนักงานนำส่วนจับที่ประกอบกับสปริงวางลงบนสายธารการประกอบของเครื่องอัตโนมัติ
- เครื่องประกอบอัตโนมัติประกอบฐานฝั่งตัวหน่วงและตัวหน่วงเข้าด้วยกัน
- เครื่องประกอบอัตโนมัติประกอบฐานทั้งสองข้างเข้ากับส่วนจับ
- เครื่องประกอบอัตโนมัติเสียบพินเพื่อยึดติดทุกส่วนประกอบเข้าด้วยกัน
- ตรวจสอบมือจับโดยพนักงาน
- เสร็จสิ้นกระบวนการ

จากลำดับขั้นตอนข้างต้น จะสามารถเขียนเป็นแผนผังได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนผังกระบวนการประกอบมือจับแบบมีตัวหน่วง

ดังนั้น เมื่อนำเอาแนวคิดที่ว่า เอาตัวหน่วงในมือจับออกกระบวนการประกอบมือจับของผู้ผลิตก็จะเปลี่ยนไปคือ เครื่องประกอบอัตโนมัติจะไม่ต้องประกอบฐานฝั่งตัวหน่วงเข้ากับตัวหน่วงอีกต่อไป ซึ่งเป็นการลดขั้นตอนและเวลาของผู้ผลิตดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 1.2.4.ประโยชน์ที่ได้จากการเอาตัวหน่วงออก แผนผังกระบวนการประกอบจะเปลี่ยนแปลงไปดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผนผังกระบวนการประกอบมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง

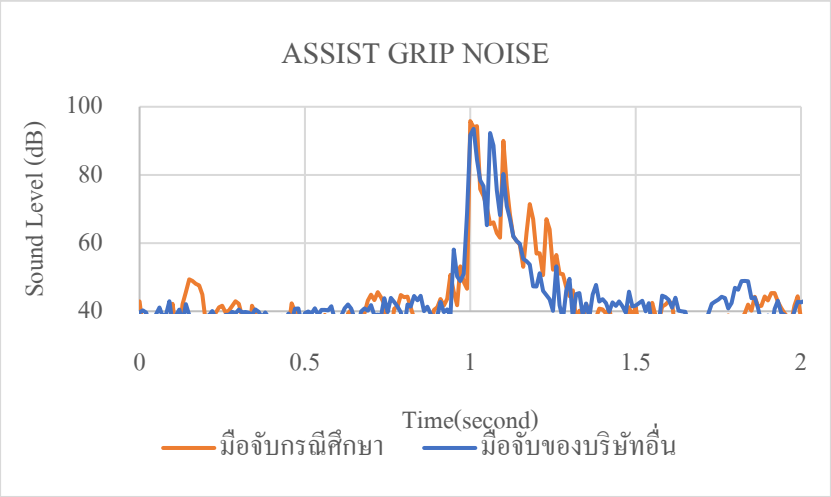
1.3. ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อนำเอาตัวหน่วงในมือจับออก

เมื่อนำเอาตัวหน่วงออกจากมือจับผลกระทบเกิดขึ้นคือ

- ตัวหน่วงเป็นอุปกรณ์ที่มือจับดีดกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้นหลังการใช้งานได้อย่างช้าๆ จึงทำให้เสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานนั้นดังน้อยมากหรือไม่ดังเลย ดังนั้น เมื่อเอาตัวหน่วงออกจากมือจับก็จะเกิดเสียงดังกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐาน
- เกิดการกระทบกันหลายครั้ง โดยทั่วไปเมื่อมีการกระทบกันเกิดขึ้นจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้นในครั้งต่อๆไปตามมา

ซึ่งหลังจากที่ได้นำเอามือจับของบริษัทกรณีศึกษามาทดสอบเทียบกับมือจับของบริษัทคู่แข่งดังรูปที่ 9 พบว่า มือจับแบบไม่มีตัวหน่วงของบริษัทคู่แข่งมีระดับความดังอยู่ที่ 94.7 เดซิเบล และจำนวนครั้งการกระทบอยู่ที่ 3 ครั้ง ในส่วนของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงของบริษัทกรณีศึกษามีระดับความดังอยู่ที่ 95.7 เดซิเบล และจำนวนครั้งการกระทบอยู่ที่ 4 ครั้ง ซึ่งถือว่าเกินค่ามาตรฐานที่บริษัทได้กำหนดไว้คือ ระดับความดังของเสียงกระทบจะต้องไม่เกิน 95 เดซิเบล และจำนวนครั้งการกระทบไม่เกิน 3 ครั้ง ดังนั้นจึงสามารถสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 9 กราฟบันทึกผลระดับความดังของเสียงกระทบ

ปัญหาของการเอาตัวหน่วงออกจากส่วนจับในกรณีศึกษาคือ

- เสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานที่ดังเกิน 95 เดซิเบล
- เกิดเสียงกระทบกันที่มากกว่า 3 ครั้ง จนสังเกตได้

ผลกระทบจากการปรับปรุงเสียงกระทบและจำนวนกระทบของมือจับในกรณีศึกษา

โดยการปรับปรุงระดับความของเสียงกระทบเกิน 94 เดซิเบล และกระทบกันไม่เกิน 3 ครั้ง ในเวลาที่ห่างจากการกระทบครั้งแรกไม่เกิน 0.1 วินาที จะส่งผลทำให้มือจับในกรณีศึกษานี้มีคุณภาพและมาตรฐานเดียวกับมือจับในผลิตภัณฑ์ของบริษัทอื่นที่มีขายให้กับลูกค้าแล้ว

1.4. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความดังของเสียงกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงหลายครั้งอย่างชัดเจน

ทางผู้วิจัยได้มีระดมสมองกับทีมงานที่เกี่ยวข้องได้แก่ ทีมผู้วิจัยและพัฒนา ทีมทดสอบรถยนต์และผู้ผลิตมือจับ ในการหาสหาเหตุและปัจจัยที่คาดว่าจะทำให้เกิดปัญหาในเบื้องต้นได้ดังตารางที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 ผลการระสมองของการหาปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา

ลำดับ	ปัญหา	ปัจจัย	สาเหตุหลัก	สาเหตุรอง
1	เสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานที่ดังเกิน 95 เดซิเบล	สปริง(Spring)	การออกแบบองศาอิสระมากเกินไป	
2			ค่า K ของสปริงไม่เหมาะสม	วัสดุ
3				จำนวนขดของสปริง
4				เส้นผ่านศูนย์กลางของสปริง
5				เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก
6		น้ำหนักของส่วนจับ (Grip)	มีน้ำหนักไม่เหมาะสม	อัตราส่วนแก๊สไนโตรเจนและพลาสติกไม่สมดุลกัน
7		องศาการใช้งาน	องศาการใช้งานที่ไม่เหมาะสม	เป็นการออกแบบองศาการใช้งานให้เหมาะสมกับลูกค้า
8		วัสดุของฐานและส่วนจับ	ความแข็งของวัสดุ	คุณสมบัติของวัสดุ PA6 ทนต่อแรงกระแทก แรงดัด งอ และรอยขีดขวน คุณสมบัติของวัสดุ PP ทนความร้อน แข็งแรง
9		พื้นที่การกระทบกันระหว่างสองวัสดุ	พื้นที่การกระทบกันระหว่างสองวัสดุไม่เหมาะสม	เป็นการออกแบบขนาดของแต่ชิ้นส่วนให้เหมาะสมกัน
10	เกิดเสียงกระทบกันที่มากกว่า 3 ครั้ง จนสังเกตได้	สปริง (Spring)	ค่า K ของสปริงไม่เหมาะสม	วัสดุ
11				จำนวนขดของสปริง
12				เส้นผ่านศูนย์กลางของสปริง
13				เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก

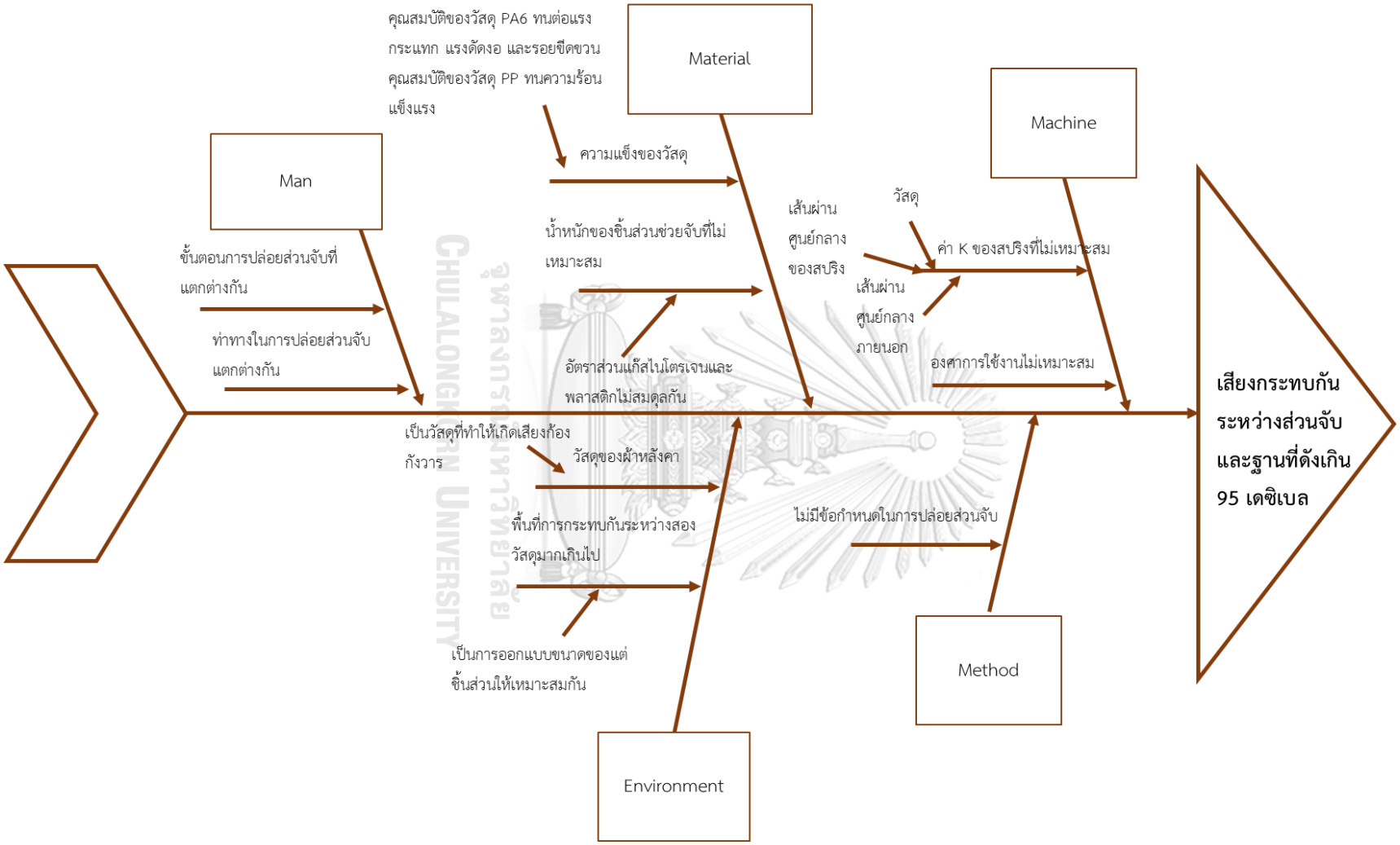
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับ	ปัญหา	ปัจจัย	สาเหตุหลัก	สาเหตุรอง
14	เกิดเสียงกระทบกันที่มากกว่า 3 ครั้ง จนสังเกตได้	น้ำหนักของส่วนจับ (Grip)	มีน้ำหนักน้อยไม่เหมาะสม	อัตราส่วนแก๊สไนโตรเจนและพลาสติกไม่สมดุลกัน

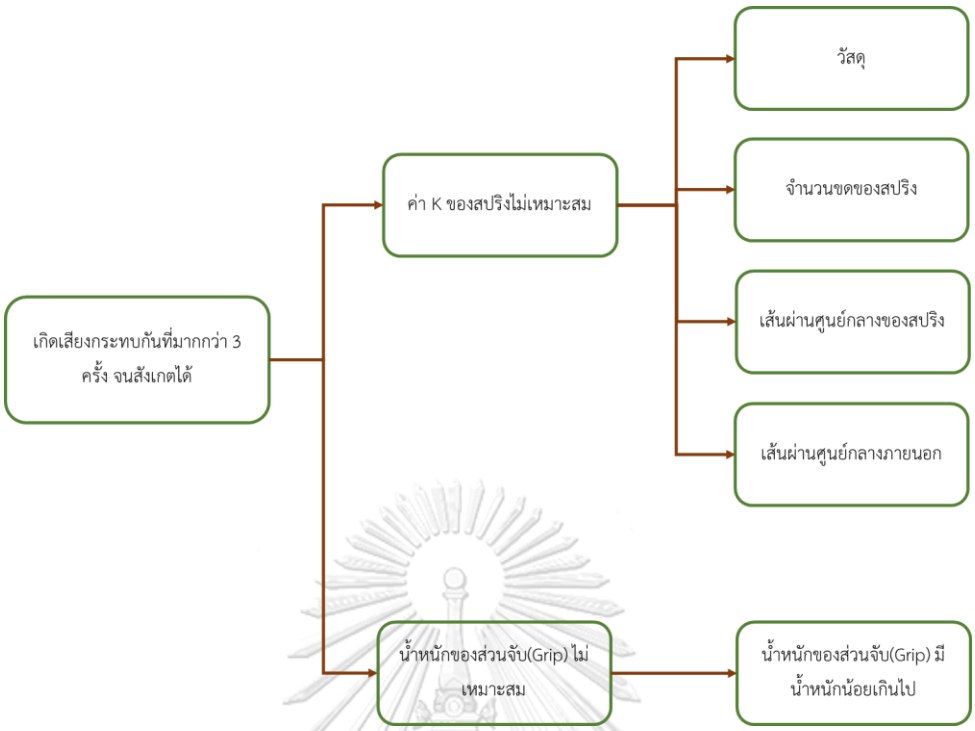
จากตารางที่ 1 สามารถอธิบายได้ว่ามี 5 ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดเสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับดังเกิน 95 เดซิเบล และสองปัจจัยที่เหมือนกับปัจจัยของปัญหาเสียงกระทบดัง คือ ค่า K ของ Spring ที่ไม่เหมาะสมและ น้ำหนักของส่วนจับ (Grip) ที่ไม่เหมาะสม นั้นเป็นสาเหตุของการเกิดจำนวนครั้งการกระทบที่เกิน 3 ครั้ง

ซึ่งสามารถนำมาเขียนแผนผังเหตุและผล (Cause & effect Diagram) ด้วยแผนภูมิก้างปลาสำหรับปัญหาเสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานที่ดังเกิน 95 เดซิเบล ดังรูปที่ 10 และ แผนภูมิต้นไม้สำหรับปัญหาการเกิดเสียงกระทบกันที่มากกว่า 3 ครั้ง จนสังเกตได้ ดังรูปที่ 12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 10 แผนผังเหตุและผล(Cause & effect Diagram)แบบแผนภูมิก้างปลาแสดงการปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาเสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานที่ดังเกิน 95 เดซิเบล



รูปที่ 12 แผนผังเหตุและผล (Cause & effect Diagram) แบบWhy-Why Analysis แสดงการปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาการเกิดเสียงกระทบกันที่มากกว่า 3 ครั้งz

จากแผนผังเหตุและผลของทั้งสองปัญหา และตารางการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา มี 5 ปัจจัยที่คาดว่าจะนำมาปรับปรุงตามขั้นตอนของ ซิกซ์ ซิกม่า ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ

- ค่า K ของ สปริง

จะเห็นได้ว่าค่า K ของสปริงนั้นเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาได้ทั้งเสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานที่ดังเกิน 95 เดซิเบล และ การเกิดเสียงกระทบกันที่มากกว่า 3 ครั้ง จึงถูกเลือกมาปรับปรุง เนื่องจากการปรับปรุงค่า K ของสปริงจะสามารถลดปัญหาทั้งสองอย่างได้ โดยการปรับปรุงค่า K นั้น สามารถทำได้โดยการปรับปรุงปัจจัยที่มีผลต่อค่า K ของสปริง คือ วัสดุของสปริง, จำนวนขดของสปริง, เส้นผ่านศูนย์กลางของสปริง และเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสปริง

- วัสดุของฐานและส่วนจับ

วัสดุของฐานและส่วนจับเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดเสียงกระทบดัง ซึ่งการเกิดเสียงที่กระทบดังนั้นมาจากการกระทบของสองวัสดุที่มีคุณสมบัติแข็ง เหมือนกัน โดยวัสดุของฐานนั้นคือ Polyamide 6 หรือ ที่เรียกกันว่า PA6 ซึ่งมีคุณสมบัติที่ทนต่อแรงกระแทก แรงดัดงอ และรอยขีดขวน และ วัสดุของส่วนจับคือ Polypropylene หรือที่เรียกว่า PP มีคุณสมบัติทนความร้อน แข็งแรงทนทาน เมื่อเกิดการกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐาน จึงทำให้เกิดเสียงดังขึ้น ดังนั้นการปรับปรุง

วัสดุของฐานและส่วนจับคือการนำเอาวัสดุที่มีคุณสมบัติอ่อนตัว มาติดตั้งที่ส่วนจับบริเวณที่เกิดการกระทบขึ้น โดยวัสดุ

- น้ำหนักของส่วนจับ (Grip)

เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อปัญหาทั้งเสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานที่ดังเกิน 95 เดซิเบล และ การเกิดเสียงกระทบกันที่มากกว่า 3 ครั้ง ซึ่งอาจจะเกิดมาจากกระบวนการฉีดขึ้นรูป โดยน้ำหนักของส่วนจับจะส่งผลต่อแรงในการดีดกลับของมือจับ จึงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่คาดว่าจะถูกนำไปปรับปรุงตามกระบวนการ ซิกซ์ ซิกม่า

- องศาการใช้งาน

ในส่วนขององศาการใช้งานนั้นส่งผลต่อความเร็วเชิงมุมที่จะอาจทำให้เกิดแรงกระแทกมากขึ้นและอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเสียงกระทบดังขึ้น

- พื้นที่การกระทบ

เมื่อมีพื้นที่ให้วัสดุสองสิ่งกระทบกันมากก็จะทำให้เกิดเสียงดังเพิ่มขึ้นดังนั้น ปัจจัยพื้นที่การกระทบอาจเป็นอีหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อเสียงกระทบที่ดัง

1.5 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อปรับปรุงระดับความดังของเสียงกระทบและจำนวนกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับ

1.6 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ชนิดของพลาสติกที่ใช้ฉีดขึ้นรูปส่วนจับคือ PP (Polypropylene)
2. ชนิดของพลาสติกที่ใช้ฉีดขึ้นฐานคือ PA6 (Polyamide)
3. สปริงแบบรับแรงบิดจาก KOKO spring
4. เครื่องวัดระดับความดังของเสียงคือ Function Testing noise & Vibration measure system รุ่น AND AD-3651
5. เกณฑ์ในการพิจารณาการทดสอบระดับความดังของเสียงมือจับกระทบกับผ้าหลังคาไม่เกิน 95 เดซิเบล และ จำนวนการกระทบไม่เกิน 3 ครั้ง จนสังเกตได้
6. เพื่อลดต้นทุนในการผลิตมือจับในบริษัทกรณีศึกษา

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. มือจับมีเสียงกระทบน้อยกว่า 95 เดซิเบล
2. มือจับมีจำนวนการกระทบกับผ้าหลังคาไม่เกิน 3 ครั้ง
3. ต้นทุนการการผลิตของมือจับลดลง

1.8 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เป็นแนวทางในการพัฒนามือจับแบบไม่มีตัวหน่วงให้ไม่มีเสียงในอนาคต เพื่อปรับใช้กับรถยนต์ประเภทอื่นๆได้
2. ลดต้นทุนการผลิตของกระบะในบริษัทกรณีศึกษา

1.9 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    - ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)
    - เครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหา
    - มือจับ (ASSIST GRIP)
    - สปริง (Spring)
    - เสียง (Decibel)

ในขั้นตอนถัดไป จะอาศัยหลักการของกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า นำมาประยุกต์กับปัญหาของกรณีศึกษาโดยมีรายละเอียดดังนี้

2. นิยามปัญหา (Define Phase)
    - ศึกษาสภาพปัญหาและเป้าหมายในการแก้ปัญหาเพื่อจัดทำสัญญาโครงการ (Project Charter)
    - จัดทำผังกระบวนการ (Process Mapping) เพื่อให้เห็นกระบวนการผลิตมือจับและนำมาพิจารณาหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
3. เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Measure Phase)
    - วางแผนการเก็บข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลถูกต้อง ตรงตามความต้องการ
    - ประเมินระบบการวัด ความแม่นและความเที่ยง
    - จัดการฝึกอบรมและทำความเข้าใจในการเก็บข้อมูลให้เข้าใจตรงกันเพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ
4. วิเคราะห์ปัญหา (Analyze Phase)
    - ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุของปัญหา ด้วย Why – Why Analysis
    - จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหา
    - พิสูจน์ความมีนัยสำคัญของสาเหตุที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริง โดยใช้ การออกแบบการทดลอง (DOE: Design Of Experiment)

5. ปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนวิเคราะห์ปัญหา (Improve Phase) โดยวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าในการปรับปรุงที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ผลลัพธ์ได้ตามค่าเป้าหมายด้วยการใช้ การออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composition Design: CCD)
6. ควบคุมกระบวนการ (Control Phase) โดยการสร้างมาตรฐานใหม่เพื่อควบคุมผลิตภัณฑ์ให้ได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมาย
7. คำนวณค่าใช้จ่ายและผลกำไรที่จะได้รับจากการปรับปรุงครั้งนี้ว่า มีความคุ้มค่าหรือไม่

1.10 ระยะเวลาการดำเนินงาน

- 1 พฤษภาคม 2564 – 1 พฤศจิการยน 2564

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 แผนการดำเนินงานวิจัย

ลำดับที่	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย							
		2564							
		พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←	→						
2	นิยามปัญหา (Define Phase)		←	→					
3	เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Measure Phase)			←	→				
4	วิเคราะห์ปัญหา (Analyze Phase)				←	→			
5	ปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนวิเคราะห์ปัญหา (Improve Phase)					←	→	→	
6	ควบคุมกระบวนการ (Control Phase)							←	→
7	คำนวณค่าใช้จ่ายและ ผลกำไร							←	→

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการลดปัญหาเสียงกระทบและจำนวนครั้งในการกระทบระหว่างส่วนจับและฐานในรถกระบะของบริษัทกรณีศึกษา โดยใช้ ซิกซ์ ซิกม่า ผู้วิจัยได้ศึกษาจาก หนังสือ เอกสารการเรียน วารสารและบทความจากเว็บไซต์ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ ในอุตสาหกรรมยานยนต์การปรับปรุงระดับคุณภาพเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการตอบสนองความต้องการ, ความคาดหวังของลูกค้า และลดค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากระดับคุณภาพที่ไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า เพื่อเพิ่มผลกำไรให้กับธุรกิจ ซึ่งสิ่งสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพคือ การที่เราทราบถึงความต้องการของลูกค้าเป็นอันดับแรก จากนั้นศึกษาหาขั้นตอนและเครื่องมือในการปรับปรุงคุณภาพให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิผล

2.1.คุณภาพ (Quality)

จากหนังสือสื่อการสอนของ ผศ. ดร. นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์ ในวิชา Quality Improvement ระบุไว้ว่า

Juran,1980 นิยามคุณภาพไว้ว่า คุณภาพคือความเหมาะสมตรงตามความต้องการของลูกค้าหรือผู้ใช้ ซึ้งความต้องการของลูกค้านั้นมักมีข้อจำกัดหรือ มาตรฐาน (Standard)

Crisby,1979 นิยามคุณภาพไว้ว่า คุณภาพจะต้องมีความสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า

Feigenbaum,1991 นิยามคุณภาพไว้ว่า ผลิตภัณฑ์และบริการสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

องค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO 9000: 2000) นิยามคุณภาพไว้ว่าผลิตภัณฑ์และบริการสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม

Montgomery, 2000 นิยามคุณภาพไว้ว่าในปัจจุบันคุณภาพไม่ได้มีเพียงแค่ตอบสนองความต้องการของลูกค้า แต่ยังรวมไปถึงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตมีความผันแปรน้อยด้วย ดังนั้นคุณภาพคือผลิตภัณฑ์หรือบริการที่สามารถตอสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างตรงจุดและยังรวมไปถึงกระบวนการผลิตที่พัฒนาอย่างต่อเนื่องในการลดความผันแปรเพื่อให้ลูกค้าได้รับสินค้าที่มีคุณภาพดี มีราคาที่พึงพอใจ

คุณภาพมีหลากหลายด้านแยกกันออกไป เช่น คุณภาพด้านการใช้งาน, คุณภาพด้านความทนทาน (อายุการใช้งาน), คุณภาพด้านการซ่อมบำรุงหรือบริการหลังการขาย, คุณภาพด้านรูปลักษณ์

ความสวยงาม เป็นต้น ซึ่งผู้ผลิตจำเป็นต้องหาความต้องการของลูกค้าในแต่ละด้าน เพื่อนำไปพัฒนาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เชิงเทคนิคเพื่อตอสนองความต้องการของลูกค้าภายใต้ตุนทุนที่เหมาะสม

2.1.1. ประเภทความต้องการของลูกค้า

- Must be attribute คือความสามารถของผลิตภัณฑ์หรือบริการนั้นจะต้องมี เนื่องจากเป็นสิ่งที่ลูกค้าคาดหวัง และต้องการอยู่แล้ว ถ้าไม่มี จะสร้างความไม่พึงพอใจแก่ลูกค้าเป็นอย่างมาก เช่น รถยนต์จะต้องมีกระจกมองข้างและกระจกมองหลัง, โทรศัพท์จะต้องเปิดเครื่องได้ หรือนาฬิกาจะต้องบอกเวลาได้อย่างเที่ยงตรง
- One-dimensional attribute คือ ระดับความพึงพอใจของลูกค้าจะผันแปรตามการตอบสนองของผลิตภัณฑ์นั้น หรือบริการนั้น เช่น รถยนต์พร้อมใช้ขับเคลื่อนทันทีหลังจากสต๊าทเครื่อง หรือ คอมพิวเตอร์ใช้เวลาเพียงไม่กี่วินาทีในการเปิดเครื่อง และพร้อมใช้งาน ถ้าผู้ผลิตสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์หรือบริการตอบสนองต่อลุกค้าได้อย่างรวดเร็วกว่าที่ลูกค้าคาดหวังก็จะทำให้ลูกค้าพึงพอใจยิ่งขึ้น แต่ถ้าผู้ผลิตไม่สามารถตอบสนองในส่วนนี้ได้ก็จะทำให้ลูกค้าไม่พึงพอใจ
- Attractive attribute คือ ความสามารถของผลิตภัณฑ์หรือบริการนั้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าแบบไม่คาดคิด กล่าวคือ ตอบสนองในสิ่งที่ลูกค้าไม่ได้คาดหวังแต่ถ้าสามารถทำให้ลูกค้าได้ก็จะเกิดความประทับใจขึ้น ถ้าไม่ได้ให้ก็จะไม่เกิดความไม่พึงพอใจ เนื่องจากลูกค้าไม่ได้คาดหวังไว้ เช่น ผู้ผลิตรถยนต์ค่ายหนึ่งให้กล้องบันทึกภาพหน้ารถแก่ลูกค้าฟรี เมื่อลูกค้าซื้อรถ
- Indifferent attribute คือ ความสามารถของผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ลูกค้าไม่ได้สนใจ กล่าวคือ จะมีสิ่งนั้นหรือไม่มี ก็ไม่มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้า เช่น มือจับแบบมีตัวหน่วงในรถกระบะ
- Reverse attribute คือ ความสามารถของผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ลูกค้าไม่ต้องการให้มี และถ้ามีก็จะเกิดความไม่พอใจจากลูกค้า

ดังนั้นการผลิต ผลิตภัณฑ์ หรือให้บริการควรนำความต้องการของลูกค้ามาแยกให้ออกว่าเป็นความต้องการประเภทใด และแปลงความต้องการนั้นออกมาเป็นลักษณะของการปรับปรุงคุณภาพที่สามารถวัดและควบคุมได้ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ตามที่ลูกค้าต้องการ

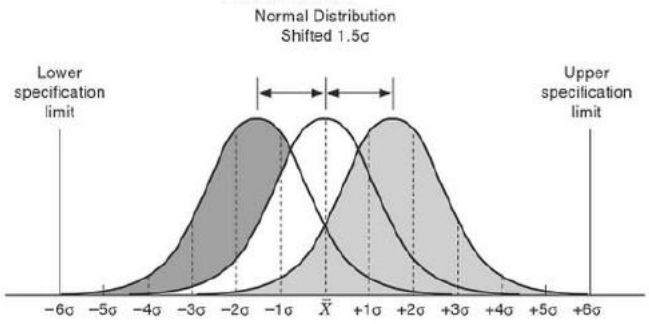
ในส่วนของการนำตัวหน่วง (Damper) ออกจากมือจับในรถกระบะนั้นจะอยู่ในความต้องการของลูกค้าประเภท Indifferent attribute เนื่องจากผลการสำรวจรถกระบะที่มีในประเทศไทยนั้นมีร้อยละ 57 เป็นมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงทำให้มั่นใจได้ว่าตัวหน่วงในมือจับในรถกระบะไม่มีผลต่อความ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พึงพอใจในการตัดสินใจซื้อรถกระบะของลูกค้าแต่การที่เอาตัวช่วยหน่วงออกจากมือจับก็จะทำให้เมื่อส่วนจับถูกปล่อยหลังจากการใช้งานของลูกค้าไปกระทบกับฐานของมือจับเกิดเสียงดังหรืออาจจะเกิดการกระทบกันหลายครั้งก็จะทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจกับตัวรถยนต์ของเราได้ ดังนั้นจึงมีการนำเอา six sigma มาปรับปรุงมือจับ มาแก้ปัญหาการกระทบของมือจับ

2.2.ซิกซ์ ซิกม่า (Six sigma)

ซิกซ์ ซิกม่าเป็นทั้งวิสัยทัศน์ ที่จะส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพระดับ ซิกซ์ ซิกม่าให้กับลูกค่า มีปรัชญาที่จะปรับปรุงคุณภาพอย่างก้าวกระโดดโดยการประยุกต์โครงสร้างอย่างเป็นระบบในทุกส่วนของธุรกิจ เป็นระบบบริหารที่มีคุณภาพมีการบริหารจัดการในเรื่องทรัพยากรบุคคล เครื่องมือ เงิน โดยการกำหนดบทบาทและความรับผิดชอบต่างๆให้กับบุคคลากรเพื่อให้มีความพร้อมในการดำเนินโครงการปรังปรุงคุณภาพ เป็นขั้นตอนและเครื่องมือในการปรับปรุงคุณภาพโดยมี 5 ขั้นตอน (Valles et al., 2009) คือ Define, Measure, Analyze, Improve และ Control (DMAIC) (Jirasukprasert et al., 2014) ซึ่งในจะมีเครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงอยู่ในแต่ละขั้นตอน เป็นระดับคุณภาพของกระบวนการ ซึ่ง ซิกซ์ ซิกมา นั้นคือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่จะแสดงให้เห็นว่ายิ่งส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงจะทำให้มีพื้นยอมรับใต้เส้นโค้งแบบปกติมากขึ้นและพื้นที่อยู่นอกการยอมรับนั้นน้อยลงโดยมีสัดส่วนของเสียอยู่ในระดับ 0.002 ชิ้นในล้านชิ้น (part per million: ppm) (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)



Spec. limit	Percent	Defective ppm
±1 σ	30.23	697700
±2 σ	69.13	308700
±3 σ	93.32	66810
±4 σ	99.3790	6210
±5 σ	99.97670	233
±6 σ	99.999660	3.4

รูปที่ 13 แสดงการกระจายตัวแบบปกติของ ซิกซ์ ซิกม่า (Breyfogle III, 2003)

จากหนังสือสื่อการสอนของ ผศ. ดร. นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์ ในวิชา Quality Improvement ระบุไว้ว่า จุดประสงค์หลักของแนวทาง ซิกซ์ซิกม่า คือ

- ลดความผัดแปรที่จะเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์และกระบวนการ
- มุ่งเน้นที่จะปรับปรุงในสิ่งที่ลูกค้าต้องการ
- ปรับปรุงคุณภาพอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนที่ชัดเจน มีเครื่องทางสถิติ และเครื่องมือทางคุณภาพสนับสนุน
- นำข้อมูลทางสถิติมาวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนอง (Y) และปัจจัยนำเข้า (X)
- มีความพร้อมในการปรับปรุงคุณภาพในแนวคิดของ ซิกซ์ ซิกมม่า ที่จัดทำแบบเป็นโครงการ มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการปรับปรุงที่ชัดเจน

2.2.1. ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า

การดำเนินการตามขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า จะประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนที่เรียกว่า DMAIC (Dhiraj & Deepak, 2014)

ขั้นตอนที่ 1 การนิยามปัญหา (Define Phase: D)

เป็นขั้นตอนที่กำหนดรายละเอียดของโครงการที่จะแก้ไขปรับปรุงให้กับหัวข้อต่างๆ เช่น ความสำคัญ วัตถุประสงค์ ปัญหา ขอบเขต เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดต่างๆจะถูกสรุปลงในสัญญาโครงการ (Project Charter) เพื่อเป็นการสื่อสารให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องได้เข้าใจตรงกันเกี่ยวกับโครงการที่จะทำ โดยสัญญาโครงการมีส่วนประกอบดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ความสำคัญทางธุรกิจ (Business Case)

เป็นรายละเอียดที่จะถูกสรุปว่าโครงการที่เลือกมาปรับปรุง มีความสำคัญและส่งผลกระทบอย่างไรให้กับธุรกิจ

- คำอธิบายสภาพปัญหา (Problem Statement)

เป็นการอธิบายปัญหาที่จะนำมาปรับปรุงในรูปของ อะไร (What), ที่ใด (Where), เมื่อใด (When), เท่าใด (How much) เพื่อให้เห็นสภาพปัญหาได้อย่างชัดเจน โดยอะไร(What0 – อะไรคือปัญหา

ที่ใด (Where) – ปัญหาเกิดที่ผลิตภัณฑ์ใด เกิดที่กระบวนการใด

เมื่อใด (When) - ปัญหาเกิดตั้งแต่เมื่อใด แนวโน้มเป็นอย่างไร

เท่าใด (How much) - ปัญหาส่งผลกระทบให้กับธุรกิจเป็นเท่าใด (จำนวนเงินที่สูญเสีย)

- ตัวชี้วัดในการทำโครงการ (Project Metrics) แบ่งออกเป้น 5 ตัวชี้วัด

1. ตัวชี้วัดทางธุรกิจ (Business Matric)

เป็นตัวชี้วัดระดับองค์กร มีผลกระทบกับองค์กร

2. ตัวชี้วัดหลัก (Primary Metric)

เป็นตัวชี้วัดที่ใช้สำหรับการวัดความสำเร็จของโครงการ สอดคล้องกับเป็นหาและวัตถุประสงค์ในการทำโครงการ

3. ตัวชี้วัดรอง (Secondary Metric)

เป็นตัวชี้วัดที่ใช้วัดผลกระทบในด้านอื่นๆเชิงบวก

4. ตัวชี้วัดสืบเนื่อง (Consequential Metric)

เป็นตัวชี้วัดที่ใช้วัดผลกระทบในด้านอื่นๆที่สืบเนื่องมากจากปัญหาเชิงลบ

5. ตัวชี้วัดทางการเงิน (Financial Metric)

แบ่งเป็น ต้นทุนที่โดยตรงลดได้จริง (Hard Saving) เช่นต้นทุนที่เกิดจากของเสียลดลง และ ต้นทุนโยอ้อมที่อาจจะลดได้ เช่น ต้นทุนในพื้นที่จัดเก็บลดลง หรือต้นทุนในค่าแรงงานลดลง

- วัตถุประสงค์ของโครงการ (Objective Statement)

เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการที่จะต้องทำให้สำเร็จตามที่กำหนดไว้ โดยจะกำหนดวัตถุประสงค์ในเรื่องที่จะปรับปรุง ค่าเป้าหมาย และกำหนดวัน/เดือน/ปี ที่จะต้องทำให้สำเร็จ

- ขอบเขตของโครงการ (Project Scope)

เป็นการกำหนดขอบเขตของการทำโครงการเช่น กำหนดขอบเขตของ คน เครื่องจักร วิธีการ และวัสดุ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ข้อจำกัดของโครงการ (Project Constraints)

เป็นข้อจำกัดของทรัพยากรที่สามารถทำให้กับโครงการได้ เช่น เวลาในการทำโครงการของสมาชิกในทีม หรืองบประมาณในการทำโครงการ

- สมมติฐานของโครงการ (Project Assumptions)

เป็นการกล่าวถึงการสนับสนุนจากผู้บริหาร หรือผู้ที่มีอำนาจ ในการจัดทำโครงการเพื่อให้ โครงการประสบความสำเร็จไปได้อย่างราบรื่น

- สมาชิกในทีม (Team members)

คือสมาชิกที่แบ่งตาม ซิกซิกม่า กำหนด Leadership Group, Project Champion, Black Belts, Master Black belt, Green Belt. Process Owners, Financial Representative, Implementation Leaders

ขั้นตอนที่ 2 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Measure Phase: M)

เป็นขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อนำไปเข้าระยะ analyze phase ต่อ ดังนั้นจึงควรนำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาขึ้นมาก่อนการวิเคราะห์ความเที่ยงและความแม่น

<u>ขั้นตอนของการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาคือ</u>

1. วางแผนการเก็บข้อมูล ควรจะคำนึงถึงว่า จะเก็บข้อมูลอะไร (What) ทำไมถึงต้องเก็บข้อมูลนั้น มีความจำเป็นมากน้อยเพียงใด (Why) เก็บข้อมูลจากที่ใด (Where) เก็บข้อมูลอย่างไร (How) และสุดท้าย จะนำข้อมูลไปใช้อย่างไร

   จากนั้นนั้น จะต้องมีการกำหนดตัวอย่างของข้อมูลเพื่อนำไปประมาณค่าทางสถิติต่อไป โดยมีขั้นตอนดังนี้

   1.1. เก็บข้อมูลมาเบื้องต้นก่อนจำนวนหนึ่ง

   1.2. นำข้อมูลจำนวนนั้นไปคำนวณทางสถิติ

   1.3. กำหนดระดับความเชื่อมั่น

   1.4. กำหนดความผิดพลาดที่ยอมรับได้

   1.5. คำนวณหาขนาดตัวอย่างตามความต้องการที่จะประมาณทั้ง ด้านค่าเฉลี่ยของประชากรและด้านความแปรปรวนของประชากร

   โดยการประมาณค่าเฉลี่ยของประชากรจะประมาณได้ด้วย

   กรณีที่รู้ขนาดของประชากร

$$n = \frac{NZ^2_{\alpha/2}\sigma}{Ne^2+Z^2_{\alpha/2}\sigma} \qquad (2.1)$$

   กรณีที่ไม่รู้ขนาดของประชากร

$$n = \frac{Z^2_{\alpha/2}\sigma}{e^2} \qquad (2.2)$$

   การประมาณค่าความแปรปรวนของประชากรจะประมาณได้ด้วย

   กรณีค่าความแปรปรวน (σ^2)

$$w = \frac{(n-1)s^2}{X^2_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right),n-1}} - \frac{(n-1)s^2}{X^2_{\left(\frac{\alpha}{2}\right),n-1}} \qquad (2.3)$$

   n = ขนาดตัวอย่าง

   N = ขนาดประชากร

   $Z_{\alpha/2}$ = ค่าปกติมาตรฐานที่สอดคล้องกับระดับความเชื่อมั่น (1-α)%

   σ = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือความแปรปรวนของประชากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

e = ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้

w = ความกว้างของช่วงความเชื่อมั่น

s = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

X^2 = ค่าปกติมาตรฐานที่สอดคล้องกับระดับความเชื่อมั่น (1-α)% และ n

2. ประเมินระบบการวัด ความแม่นและความเที่ยง จะถูกอธิบายในส่วนของเครื่องมือที่ใช่วิเคราะห์ปัญหา

3. เก็บข้อมูล

จัดอบรมและทำความเข้าใจกับทีมงานให้ตรงกันเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ปัญหา (Analyze Phase: A)

หลังจากที่เก็บข้อมูลและรู้ปัญหาแล้วก็นำข้อมูลที่ได้มานั้นมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริงโดยมีขั้นตอนและเครื่องมือดังนี้

1. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้

เป็นการระดมสมองจากทีมงานเพื่อหาสาเหตุที่อาจจะเป็นปัจจัยในการส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาโดยมีเครื่องมือที่จะทำให้การระดมสมองนั้นเห็นภาพรวมได้ง่ายขึ้นคือ

- แผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity diagram)
- แผนผังก้างปลา (Fishbone diagram)
- แผนผังสาเหตุและผล (Cause – and – Effect Diagram)
- การวิเคราะห์ทำไม (Why – Why Analysis) โดยใช้แผนผังต้นไม้ (Tree Diagram)
- การวิเคราห์ Is - Is not (Is – Is not Analysis)
- จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหา

2. การจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหานั้น คือ

การจัดเรียงลำดับสาเหตุของปัญหาเพื่อจัดลำดับการปรับปรุง ในบางสาเหตุมีความพร้อมในการปรับปรุงทั้งด้านเวลาที่เหมาะสมและงบประมาณ ในบางสาเหตุอาจไม่มีพร้อม จึงจำเป็นต้องจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหา โดยมีเครื่องมือดังนี้

- เมทริกซ์สาเหตุและผล (Cause and effect matrix)
- เกณฑ์ของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Criteria of failure mode and effects analysis: FMEA) (Gijo et al., 2014)
- แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. **พิสูจน์ความมีนัยสำคัญของสาเหตุที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริง โดยมีเครื่องมือที่ใช้พิสูจน์ดังนี้**

- การออกแบบการทดลอง (Design of experiment)

เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบการเก็บข้อมูลในการทดลอง เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความมีนัยคัญของสาเหตุ (Montgomery, 2017)

- การทลสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing)

เป็นเครื่องมีในการพิสูจน์ความมีนัยสำคัญของแต่ละสาเหตตด้วยการทดสอบทางสถิติ ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบ t (t – test) หรือ การทดสอบ Z (Z – test)

- การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation Analysis)

เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร

- การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

เป็นการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีนัยสำคัญและตัวแปรตอบสนองที่สนใจ

ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงปัญหา (Improve Phase: I)

เป็นขั้นตอนในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์หาสาเหตุ แก้ไขสาเหตุหรือปัจจัยที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้า โดยการออกแบบการทดลองและทำการทดลอง หลังจากได้ผลการทดลองก็นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าในการปรับปรุงที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้ผลลัพธ์ได้ตามค่าเป้าหมายด้วยการใช้ การออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composition Design: CCD)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 5 การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

เป็นขั้นตอนในการสร้างมาตรฐาน วิธีการปฏิบัติงาน รวมถึงการควบคุมเครื่องมือ เครื่องจักร และวิธีการในการควบคุมกระบวนการที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายอย่างยั่งยืน

2.2.2. องค์กรซิกซ์ ซิกม่า

จากหนังสือสื่อการสอนของ ผศ. ดร. นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์ วิชา Quality Improvement ระบุไว้ว่า ในกระบวนการปรับปรุงแก้ไขด้วย ซิกซ์ ซิกม่า จะมีการกำหนด บทบาท หน้าที่ และขอบเขตการรับผิดชอบของสมาชิกที่ร่วมโครงการ มาบริหารจัดการทรัยากรบุคคล เครื่องมือ และเงิน เพื่อสนับสนุนให้กระบวนการปรับปรุงแก้ไขด้วย ซิกซ์ ซิกม่า นั้นเป็นไปได้อย่างราบรื่น โดยมีตำแหน่งต่างๆดังนี้

- Executive Leader หรือ Leader Group

เป็นผู้บริหารระดับสูงสุดขององค์กรมีหน้าที่ดำเนินการสร้างวิสัยทัศน์ ในด้านการปรับปรุงคุณภาพ โดยใช้ ซิกซ์ ซิกม่า ให้กับองค์กร สนับสนุนโครงการที่จะปรับปรุงแก้ไข

- Project Champion

เป็นผู้บริหารระดับสูงขององค์กรที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการตัดสินใจอนุมัติโครงการ กำหนดเป้าหมายของการปรังปรุง สนับสนุนโครงการและกำจัดอุปสรรค เพื่อให้โครงการปรับปรุงได้ผลลัพธ์ตามป้าหมาย

- Black Belt

คือผู้เชี่ยวชาญในขั้นตอนวิธีการและเครื่องมือของ ซิกซ์ ซิกม่า มีหน้าที่เป็นหัวหน้าทีมงานในการใช้เครื่องมือทางสถิติและเครื่องมือคุณภาพต่างๆ รวมถึงเป็นผู้เลือกสมาชิกของทีมงานและสื่อสารเป้าหมายให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องและเป็นผู้สรุปโครงการเสนอต่อ Project Champion และ Leadership

- Master Black Belt

เป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ มีหน้าที่ฝึกอบรมและเป็นที่ปรึกษาให้กับ Black Belt

- Green Belt

เป็นทีมงานที่ถูกคัดเลือกมา โดยมีหน้าที่วางแผนการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล คิดสาเหตุของปัญหา รวมถึงแนวทางการปรับปรุงและสื่อสารให้กับผู้ที่เกี่ยวข้อง

- Process Owner

หัวหน้าส่วนงานที่จะปรับปรุง มีหน้าที่สนับสนุนทีมงานในการเก็บข้อมูล ปฏิบัติตามวิธีการปรับปรุง และสื่อสารให้กับบุคคลากรในส่วนงานของตนเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- Financial Representative

เป็นฝ่ายการเงินหรือบัญชี มีหน้าที่ประเมินผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับจากการปรับปรุง

- Implementation Leader

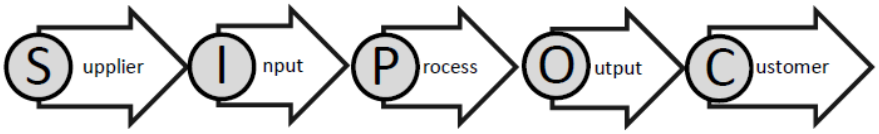
เป็นผู้ที่อำนวยความสะดวกให้ในการดำเนินโครงการให้กับบุคคลากร จัดการฝึกอบรมและติดตามความคืบหน้าของโครงการ

2.3. เครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหา

2.3.1. ผังกระบวนการ (Process Mapping)

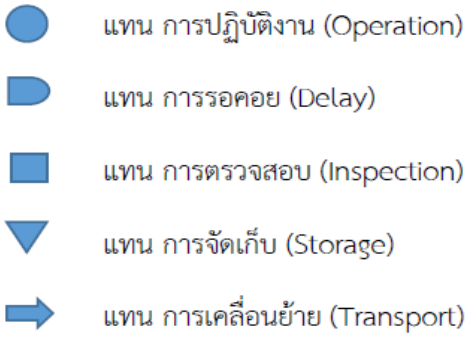
เป็นผังที่จะทำให้เห็นกระบวนการทำงานว่าผ่านขั้นตอนใดบ้าง มีปัจจัยใดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่จะปรับปรุง ซึ่งมีสองรูปแบบ ได้แก่แผนผังกระบวนการระดับสูง (High-Level process map) หรือแผนผัง SIPOC (SIPOC diagram) และ แผนผังกระบวนการโดยละเอียด (Detailed process map) โดยแผนผังกระบวนการระดับสูง จะต้องแสดงในกระบวนการนินยามปัญหา (Define Phase) และแผนผังกระบวนการโดยละเอียดจะแสดงในกระบวนการการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหา(โอสถศิลป์, 2557)

องค์ประกอบของแผนผังระดับสูงหรือ แผนผัง SIPOC คือ ผู้ส่งมอบ (Supplier) ปัจจัยนำเข้า (Input) กระบวนการ (Process) ปัจจัยนำออก (Output) และลูกค้า (Customer)



รูปที่ 14 องค์ประกอบของแผนผังระดับสูง (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)

สัญญาลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนแผนผังเป็นสัญญาลักษณ์มาตรฐาน

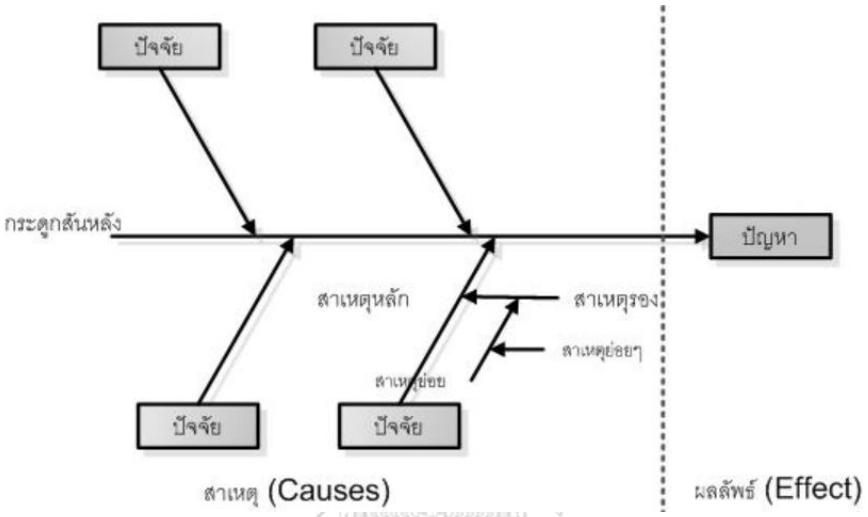


รูปที่ 15 สัญญาลักษณ์มาตรฐานของการเขียนแผนผัง (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)

2.3.2. แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram)

แผนภาพสาเหตุและผลเป็นแผนภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น อาจจะคุ้นเคยกับ แผนภาพสาเหตุและผล ในชื่อของ "ผังก้างปลา (Fish bone diagram) เนื่องจากหน้าตา (ปุณยวัจน์ แอกทอง, 2554) แผนภูมิมีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง หรือหลายๆ คนอาจรู้จักในชื่อของแผนผัง อิชิกาว่า (Ishikawa diagram) ซึ่ง

ได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปีค.ศ.1943 โดย ศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว (2547) ผังก้างปลากับแผนภูมิความคิด Fish Bone Diagram & Mind Map (ปุณยวัจน์ แอกทอง, 2554) แผนผังอิชิกาวะหรือแผนภาพก้างปลาเป็นภาพกราฟิก ซึ่งช่วยให้การจัดเรียบทางความคิด มุมมอง และข้อสรุปนั้นชัดเจนขึ้น แผนภาพก้างปลาจะประกอบด้วย สองส่วน ส่วนแรกคือส่วนหัวที่แสดงปัญหาที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 16 ทางฝั่งขวาและส่วนของก้างที่จะแสดงให้เห็นถึง ปัจจัย สาเหตุรอง และสาเหตุย่อย



รูปที่ 16 ส่วนประกอบของแผนภาพก้างปลา

ขั้นตอนในการสร้างแผนภาพก้างปลา

1. ระบุปัญหา

2. เขียนคำอธิบายของปัญหาทางด้านขวาของแผนภูมิ

3. วาดเส้นแนวนอนตรงไปที่กล่องที่อธิบายปัญหา ลูกศรนี้จะทำหน้าที่เป็นกระดูกสันหลัง และคือจุดเริ่มต้นในการระบุและจัดกลุ่มหลักและรอง

4. ระบุสาเหตุที่เป็นไปได้โดยการจัดกลุ่มเป็นหมวดหมู่ที่สำคัญคือ คน กระบวนการ วัสดุ อุปกรณ์ สิ่งแวดล้อม ฯลฯ ซึ่งเกิดจากการระดมสมอง

5. ดำเนินการระดมความคิดเกี่ยวกับสาเหตุโดยการวิเคราะห์อย่างละเอียดสำหรับแต่ละหมวดหมู่หลักที่ระบุ เราเขียนสาเหตุโดยละเอียดบนเส้นเอียงที่เชื่อมต่อกับหมวดหมู่หลัก

แผนภาพก้างปลาเป็นเทคนิคที่ระบุปัญหาโดยเขียนไว้ที่ส่วน "หัวปลา" จากนั้นจึงระบุสาเหตุตาม "กระดูกปลา" แบ่งออกเป็น 5 หมวดหมู่ คน, กระบวนการ, สิ่งแวดล้อม, เครื่องจักร และวัสดุ

แผนภาพก้างปลานี้มีคุณสมบัติที่สำคัญสามข้อคือ

- เป็นการแสดงภาพแผนภาพของปัจจัยที่นำไปสู่สาเหตุหรือผลกระทบต่อปัญหาที่เกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

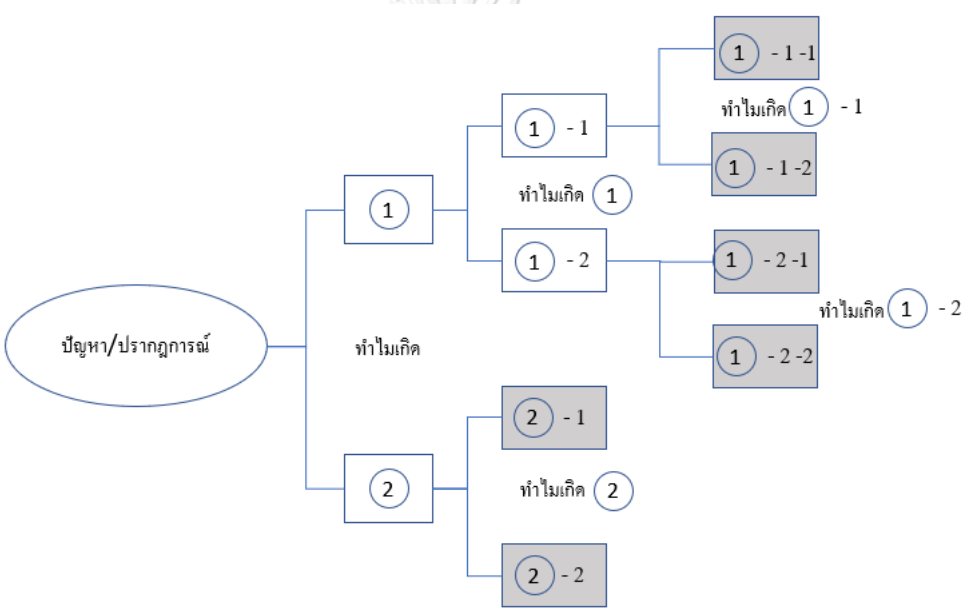
- มีการระบุความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและสาเหตุที่เป็นไปได้อย่างชัดเจน

- แผนภาพเหตุและผลมักเป็นขั้นตอนเตรียมการในการพัฒนาและปรับปรุง โดยการเก็บข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการกำหนดสาเหตุ (Loredana, 2017)

2.3.3. แผนผังทำไม (Why-Why Analysis)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขปัญหาและป้องกันการเกิดซ้ำ

รูปแบบการหาสาเหตุรากเหง้าของ Why-Why Analysis คือการใช้แผนภาพต้นไม้ ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 แผนภาพต้นไม้สำหรับการหาสาเหตุรากเหง้าของ Why-Why Analysis

วิธีการทำ Why-Why Analysis

กำหนดปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่สนใจแล้วตั้งคำถามว่า “ทำไมถึงเกิด” ต่อกันไปเรื่อยๆจนเจอสาเหตุขั้นสุดท้าย โดยจากรูปที่ 17 ช่องสุดท้ายสีทึบจะเป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาหรือปรากฏการณ์นั้น ทำให้สามารถมองเห็นแนวทางการแก้ไขปัญหา จากนั้นตรวจสอบความเป็นเหตุเป็นผลอีกครั้ง

ประโยชน์ของ Why-Why Analysis

Why-Why Analysis เป็นการวิเคราะห์ปัจจัยที่สามารถทำให้เกิดปัญหาโดยการถามคำถามว่าทำไมเกิด ไปเรื่อยๆจนเห็นสาเหตุได้ชัดเจน จึงทำให้สามารถกำหนดมาตรการแก้ไข และป้องกันปัญหาย่างตรงจุดและยั่งยืน

ข้อควรระวังในการทำ Why-Why Analysis (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)

1. ข้อความจะต้องกระชับ เจาะจง
2. ตรวจสอบตรรกะ ความเป็นเหตุเป็นผลด้วยการอ่านย้อนกลับว่า “เหตุนี้ทำให้เกิดผลใช่หรือไม่”
3. หาสาเหตุอื่นๆให้ครบถ้วน
4. ถามทำไมไปจนพบสาเหตุรากเหง้าที่เชื่อมไปสู่การวางมาตรการป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ
5. เขียนสาเหตุให้กระชับ ชัดเจน เจาะจง
6. หลีกเลี่ยงสาเหตุที่เกิดจากสภาพจิตใจของคน

2.3.4. แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินตัวแปรที่สนใจในกระบวนการมีความเสถียรหรือไม่ โดยที่แผนภูมิควบคุมนั้นมีหลายประเภท ซึ่งจะต้องเลือกประเภทให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล (โอสถศิลป์, 2557)

ประเภทของแผนภูมิควบคุม

1. แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลที่เป็นแบบต่อเนื่อง (Variable control chart)

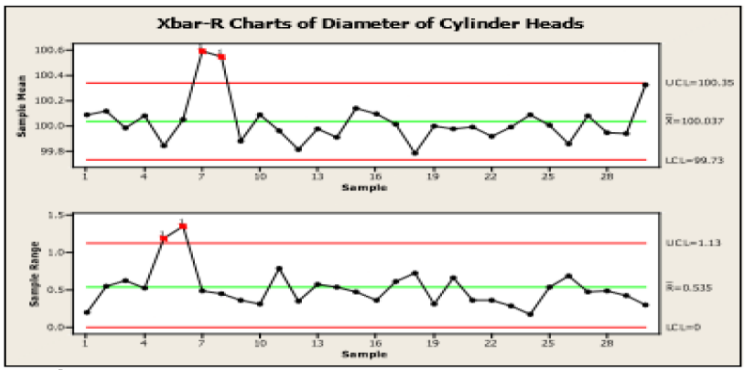
เป็นแผนภูมิที่ใช้กับข้อมูลแบบต่อเนื่อง เช่น ความยาวของชิ้นงาน น้ำหนักของชิ้นงานแผนภูมิที่ใช้คือ แผนภูมิ $\overline{X}$ - R แผนภูมิ $\overline{X}$ - S ใช้ในกรณีที่สามารถสุ่มตัวอย่างได้ครั้งละมากกว่า 1 ชิ้น และแผนภูมิ X – MR ใช้ในกรณีที่มีอัตราการผลิตต่ำ

2. แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลแบบหน่วยนับ (Attribute control char)

เป็นแผนภูมิที่ใช้กับข้อมูลที่เป็นจำนวนนับ เช่น จำนวนของเสีย จำนวนข้อบกพร่องที่พบบนชิ้นงาน โดยแผนภูมิที่ที่ใช้คือ แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย (แผนภูมิ np) แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (แผนภูมิ p) แผนภูมิควบคุมข้อบกพร่อง (แผนภูมิ c) และแผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่องต่อหน่วยการตรวจสอบ (แผนภูมิ u)

จุดประสงค์ของการใช้แผนภูมิควบคุม คือ เป็นเครื่องมือที่สามรถแสดงความผิดปกติที่ทำให้ค่าเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงไปเพื่อที่จะกำจัดสาเหตุของความผิดปกตินั้นและปรับกระบวนการให้กลับมาสู่ระดับปกติอย่างรวดเร็ว ในข้อมูลในกรณีศึกษานี้เป็นแบบตื่อเนื่องจึงใช้แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลแบบต่อเนื่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 18 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ - R (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)

2.3.5. Gage repeatability and reproducibility analysis (GR&R)

เป็นการประเมินความเที่ยงของระบบการวัด โดยรีพีททะบิลิตี้ (Repeatability) คือความผันแปรของค่าที่วัดได้จากพนักงานวัดคนเดียวกัน เครื่องมือเดียวกัน เงื่อนไขเดียวกัน และรีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) คือความผันแปรของค่าที่วัดได้จากพนักงานต่างคนกัน เครื่องมือเดียวกัน เงื่อนไขแตกต่างกัน

ขั้นตอนการศึกษาความเที่ยงของระบบการวัด (GR&R)

1. ระบุจำนวนเครื่องมือและจำนวนพนักงานวัด
2. กำหนดขนาดตัวอย่างการเก็บข้อมูลโดยอ้างอิงจากตารางที่ 3
3. สร้างตารางบันทึกข้อมูล
4. ให้พนักงานวัดคนแรกวัดชิ้นงานทุกชิ้นในรอบแรก โดยใช้การสุ่มชิ้นงานมาวัดจนครบ เพื่อลดความลำเอียงในการวัด และให้พนักงานคนต่อไปทำแบบเดียวกันจนครบทุกคน
5. ทำซ้ำข้อ 4 จนครบจำนวนรอบการวัดที่กำนดไว้
6. วิเคราะห์ผลโดยใช้วิธีการประเมินความเที่ยงของระบบการวัด
7. หากผลการประเมินเป็นผ่าน แสดงว่าระบบการวัดนั้นมีความเที่ยงเพียงพอ หากผลการประเมินเป็นไม่ผ่าน จาเป็นต้องปรับปรุงความเที่ยงของระบบการวัด ก่อนจะนาค่าวัดจากระบบการวัดไปใช้งานต่อไป (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3 ขนาดตัวอย่างการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินคุณสมบัติด้านความเที่ยงของระบบการวัดด้วยโปรแกรม Minitab

จำนวนผู้ทดสอบ (พนักงานวัด)	จำนวนอุปกรณ์วัด	จำนวนชิ้นงานที่น้อยที่สุด	จำนวนการวัดซ้ำในแต่ละชิ้นงาน
1	1	10	5
1	2	15	3
2	1	15	3
2	2	10	2
1 หรือ 2	3 หรือมากกว่า	10	2
3 หรือมากกว่า	1 หรือ 2	10	2
3 หรือมากกว่า	3 หรือมากกว่า	10	2

เมื่อเก็บข้อมูลเพื่อประเมินคุณสมบัติทางด้านความเที่ยงดังตารางที่ 3 ก็จะนำเอาข้อมูลเหล่านั้นไปประเมินด้วยโปรแกรม Minitab ผลที่ได้จะออกมาดังรูปที่ 19

รูปที่ 19 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์การประเมินความเที่ยงจาก Minitab

จากตัวอย่างการประเมินจาก Minitab รูปที่ 19 สามารถวิเคราะห์ได้ว่า

1. ระบบการวัดมีความละเอียดเพียงพอควรมี R ตั้งแต่ 4 ค่าขึ้นไป ซึ่งในแผนภูมิ R ในแนวแกน X ของกลุ่มที่1 มี 3 ค่า แสดงว่าระบบนี้มีความละเอียดที่ไม่เพียงพอในการแยกแยะความแตกต่างของชิ้นงาน
2. ข้อมูลออกนอกขีดจำกัดควบคุมมากกว่า 1 ใน 3 ของจำนวนจุดทั้งหมด แสดงว่าระบบการวัดมีความผันแปรน้อย สามารถใช้ในการประมาณความผันแปรของกระบวนการได้

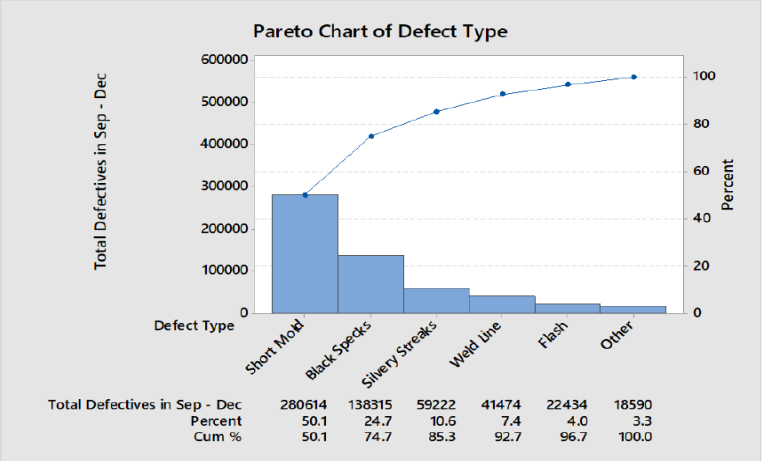
3. กราฟ Operator*Part Interaction ค่า P = 0.000 < 0.05 แสดงว่า มีผลกระทบร่วมระหว่างพนักงานวัดกับชิ้นงาน ซึ่งหมายความว่า อิทธิพลของพนักงานวัดที่มีผลต่อค่าวัดแตกต่างกันระหว่างชิ้นงานต่าง ๆ
4. สำหรับ part เมื่อพิจารณาค่า p-value ของ Part ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.0005 จะพบว่ามีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงสรุปได้ว่ามีชิ้นงานอย่างน้อย 1 คู่ที่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
5. จากกราฟ สำหรับ Operator พบว่า ค่าเฉลี่ยจากการวัดของพนักงานวัดแต่ละคนมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า p-value ของ Operator ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.660 พบว่ามีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากการวัดของพนักงานวัดทั้ง 3 คน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
6. Number of Distinct Categories (ndc) = 6 มากกว่า 4 แสดงว่าระบบการวัดที่ศึกษามีความสามารถในการแยกแยะข้อมูลที่วัดได้เป็น 6 กลุ่มที่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าระบบการวัดสามารถใช้ประมาณค่าความผันแปรของกระบวนการได้
7. จากองค์ประกอบของความแปรปรวน เมื่อทำการเปรียบเทียบเป็นค่าร้อยละแล้วพบว่า ถ้าความแปรปรวน ทั้งหมดเป็น 100 จะเป็นความแปรปรวนจากกระบวนการผลิต 96.04 และความแปรปรวนจากระบบการวัด 3.96 ซึ่งความแปรปรวนของระบบการวัดยังแบ่งออกเป็นความแปรปรวนจากสาเหตุรีพีททะบิลิตี้ 0.46 และ ความแปรปรวนจากรีโปรดิวซิบิลิตี้ 3.5
8. ความผันแปรจากระบบการวัดเทียบกับความผันแปรของหระบวนการ(%SV หรือ P/TV) คิดเป็น 19.90 ซึ่งน้อยกว่า 30% แสดงว่าระบบการวัดมีความผันแปรอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
9. ความผันแปรจากระบบการวัดเทียบกับค่าคลาดเคลื่อนอนุโลม(%Tolerance) คิดเป็น 8.52% ซึ่งน้อยกว่า 30% แสดงว่าระบบการวัดมีความผันแปรอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
10. เนื่องจากระบบการวัดมีความผันแปรที่ยอมรับได้ จึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงระบบการวัดใหม่ และเนื่องจากความผันแปรจากสาเหตุรีพีททะบิลิตี้ มีค่าไม่ต่างจากความผันแปรจากสาเหตุรีโปรดิวซิบิลิตี้มากนัก

เมื่อได้ค่าตัวชี้วัดในระดับที่ยอมรับได้ จึงสามารถนำระบบการวัดนั้นไปใช้งานต่อไปได้ และควรทำการประเมินระบบการวัดอย่างสม่ำเสมอ

2.3.6. แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)

เป็นกราฟแท่งที่มีเส้นความถี่สะสมที่แสดงถึงสาเหตุของปัญหาที่เรียงลำดับจากมากไปน้อย โดยแผนภูมิพาเรโตมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่ทำให้มีโอกาสเกิดปัญหามากที่สุดเรียงลำดับไปน้อยที่สุด และเลือกปัจจัยที่มีผลกระทบมากที่สุดมาปรับปรุง

หลักการของแผนภูมิพาเรโตคือ 80-20 ค้นพบโดยพาเรโตนักเศรษฐศาสตร์ชาวอิตาเลียน นั่นคือ 20% ของปัญหาหลักทำให้เกิดของเสีย 80% ขึ้น ฉะนั้นถ้าลดปัญหาหลัก 20% นั้นได้ของเสีย 80% นั้นก็จะลดลง โดยจะมีการตั้งเป้าหมายการลดของเสีย 80%



รูปที่ 20 ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโต (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)

2.3.7. การวิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA: Failure mode and effect analysis)

FMEA เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการระบุความเสี่ยงสัมพัทธ์ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือออกแบบกระบวนการเพื่อดำเนินการลดความเสี่ยงจากสาเหตุที่มีผลกระทบสูง และติดตามผลของแผนการดำเนินงานเกี่ยวกับการลดความเสี่ยง FMEA ยังสามารถนำมาใช้ในการคัดเลือกสาเหตุที่จะนำไปปรับปรุงเพื่อหาวิธีการในการป้องกันการเกิดสาเหตุของความล้มเหลว หรือเพิ่มความสารถในการตรวจจับสาเหตุ มีการให้คะแนนในเรื่อง ระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Severity: S) โอกาสของการเกิดสาเหตุของความล้มเหลว (Occurrence: O) และระดับความสามารถในการตรวจจับความล้มเหลว (Detection: D) โดยจะมีการจัดเรียงลำดับความสำคัญของสาเหตุตามค่าที่เรียกว่า Risk priority number หรือ RPN ซึ่งมาจากผลคุณของ S x O x D สาเหตุใดมีค่ามากที่สุดแสดงว่ามีความเสียงมากที่สุด ควรจะได้รับการปรับปรุงก่อน (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)

2.3.8. การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

เป็นการออกแบบการทดลองการเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบว่าปัจจัยที่สนใจมีผลกระทบกับปัญหาหรือไม่อย่างไร โดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์และสถิติมาใช้ในการลดจำนวนการทดลองเพื่อลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. การเดาที่ดีที่สุด (Best guess approach) เป็นการสุ่มปัจจัยที่อาจจะส่งผลกระทบร่วมกันกับปัญหาไปเรื่อยเพื่อให้ได้ค่าของตัวแปรตอบสนองดีที่สุดตามที่ต้องการ
2. การออกแบบการทดลองแบบทีละปัจจัย (One-Factor-at-a-Time: OFAT)

เป็นการทดสอบทีละปัจจัย โดยการทดสอบแต่ละครั้งจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าไปทีละปัจจัย ปัจจัยอื่นๆจะคงค่าเดิมเอาไว้ ซึ่งจะทำให้สรุปผลได้เพียงทีละปัจจัยและไม่สามารถศึกษาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยได้ วิธีนี้มีจำนวนการทดลองและขนาดตัวอย่างที่มากกว่าการออกแบบแปรค่ามากกว่าหนึ่งปัจจัยพร้อมกัน

3. การออกแบบการทดลองแบบแปรค่ามากกว่าหนึ่งปัจจัยไปพร้อมกัน

แบ่งเป็น 2 ประเภท

3.1. ประเภทที่ 1 การทดลองแฟคทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ (Full Factorial design) และ การทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial design) การทดลองประเภทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหาปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งผลกระทบหลักและผลกระทบร่วม ทั้งสองแบบนี้จะสามารถประมาณความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและตัวแปรตอบสนองในรูปแบบของความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงได้เท่านั้น (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)

3.2. ประเภทที่ 2 การออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) และแบบการทดลองแบบ Box-Behnken เป็นการทดลองที่ใช้สำหรับหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ตัวแปรตอบสนองมีค่าตามที่ต้องการ โดยเป้ามายของตัวแปรตอบสนองมี3 แบบ คือ 1. ยิ่งมากยิ่งดี (Maximize) 2. อยู่ที่ค่าที่ต้องการ (On target) 3. ยิ่งน้อยยิ่งดี (Minimize) ในการศึกษาของกรณีศึกษานี้ใช้การออกแบบส่วนประสมกลางเป็นการทดลองสำหรับหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย

3.3. การออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD)

ประกอบไปด้วยส่วนการทดลอง 3 ส่วน คือ

1) การทดลองแฟคทอเรียลแบบเต็มรูปแบบหรือแฟคทอเรียลบางส่วน จำนวน 2^k และ 2^{k-p} ครั้งการทดลอง
2) ส่วนของจุดแกน (Axial Runs) จำนวน 2k ครั้งการทดลอง
3) ส่วนของจุดศูนย์กลาง (Center Runs) มีจำนวนครั้งการทดลองตามตารางที่ 4

จุดแฟคทอเรียลจะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากับระยะที่จุดแกนห่างจากจุดศูนย์กลาง จะทำให้คุณภาพการพยาพรณ์ดีเท่ากันทุกช่วงของระดับปัจจัยที่ทำการ

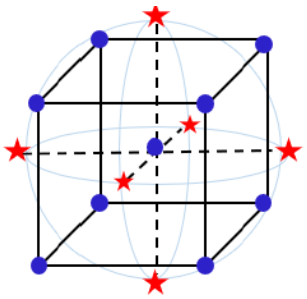
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทดลอง โดยระยะห่างจากจุดแกนถึงจุดศูนย์กลางมีค่าเท่ากับ α ซึ่งค่า α ที่ควรใช้เมื่อมีจำนวนปัจจัยเท่ากับ k และจำนวน Generator ของส่วนการทดลองแฟคทอเรียเท่ากับ p แสดงดังตารางที่ 4 ถ้าในแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ ค่า p จะเป็น 0

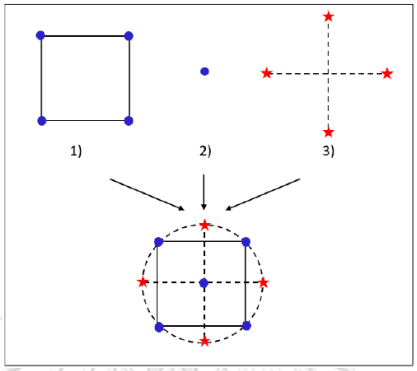
โครงสร้างของแบบการทดลองมี 2 ปัจจัย และ 3 ปัจจัย ดังรูปที่ 2.7 และ 2.8 ซึ่งปัจจัยใดๆจะถูกทดลองที่ 5 ระดับ คือ $-\alpha$, -1, 0, +1 และ $+\alpha$ สจึงทำให้สามารถทดสอบความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นโค้ง และประมาณค่าผลกระทบของเทอกำลังสอง (Quadratic) ของปัจจัยใดๆได้ (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)

ตารางที่ 4 จำนวนครั้งการทดลองส่วนประสมกลาง (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)

Central Composite Designs						
Factors	Type of factorial	Total runs	Factorial runs	Center runs	Axial runs	α
2	Full	13	4	5	4	1.414
3	Full	20	8	6	6	1.682
4	Full	31	16	7	8	2.000
5	Full	52	32	10	10	2.378
5	Half	32	16	6	10	2.000
6	Full	90	64	14	12	2.828
6	Half	53	32	9	12	2.378
7	Full	152	128	10	14	3.364
7	Half	88	64	10	14	2.828
8	Half	154	128	10	16	3.364
8	Quarter	90	64	10	16	2.828
9	Quarter	156	128	10	18	3.364
10	Eighth	158	128	10	20	3.364



รูปที่ 21 โครงสร้างของแบบการทดลองส่วนประสมกลาง 2 ปัจจัย (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)



รูปที่ 22 โครงสร้างของแบบการทดลองส่วนประสมกลาง 3 ปัจจัย (นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, 2557)

2.4.มือจับ (Assist Grip)

เป็นชิ้นส่วนภายในรถยนต์ที่ถูกยึดติดอยู่กับผ้าหลังคา มีไว้เพื่อช่วยให้ผู้โดยสารทรงตัวขณะที่รถแล่นผ่านทางขรุขระ หรือ แล่นผ่านทางลาดชัน โดยการที่ผู้โดยสารสามารถเอื้อมมือไปจับได้

อย่างที่ได้กล่าวไปข้างต้นเกี่ยวกับประเภทและส่วนประกอบของมือจับในรถกระบะนั้น สามารถอธิบายรายละเอียดของส่วนประกอบได้ดังนี้

- ส่วนจับ (Grip) เป็นส่วนประกอบที่ให้ผู้โดยสารจับเมื่อรู้สึกตรงการการทรงตัว โดยในส่วนนี้จะใช้วัสดุคือ โพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP)

  โพลีโพรพิลีนเป็นวัสดุที่จัดอยู่ในกลุ่มของเทอโมพลาสติก จุดหลอมเหลว 165-177 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติ ทนความร้อนได้ดี ทนต่อสารเคมี ไม่ดูดซึมความชื้น ผิวห้นาแข็งและรูปร่างเสถียร แต่มีความอ่อนตัวที่จะโค้งงอได้ (Shubhra et al., 2013)

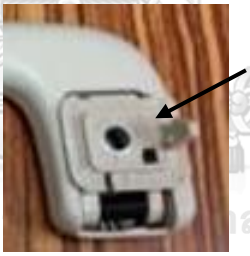
  ขึ้นรูปโดย Gas-Assist Injection Molding เป็นการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่นำเอาแก๊สไนโตรเจนมาช่วยในการขึ้นรูปด้วย คือ หัวฉีดจะฉีดพลาสติกที่เป็นของเหลวเข้าไปในแม่พิมพ์ที่ 70-80% จากนั้น หัวฉีดจะฉีดแก๊สไนโตรเจนเข้าไป ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะกลวง การขึ้นรูปแบบนี้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นทรงกระบอกและยังสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้อีกด้วย ดังรูปที่ 23

รูปที่ 23 ส่วนจับ (Grip)

- ฐาน (Base) เป็นส่วนที่ช่วยยึดติดระหว่างมือจับและผ้าหลังคา ในส่วนนี้ทำมาจากโพลิเอไมด์ 6 (Polyamide 6: PA6)

  โพลิเอไมด์เป็นวัสดุที่จัดอยู่ในพลาสติดวิศวกรรมที่ได้มาจากการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของเอไมด์ ทำให้เกิดเป็นพอลิเมอร์สายยาวขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีความเหนียวและทนทานต่อแรงดึงหรือแรงกด ทนทานต่อรอยขีดขวนและทนต่อความร้อนสูง มีจุดหลอมเหลวที่ 120-200 องศาเซลเซียส แต่ดูดซึมความชื้น (Parodi, 2017)

  ขึ้นรูปโดย Injection Molding เป็นการฉีดพลาสติกที่ถูกหลอมกลายเป็นของเหลวเข้าไปในแม่พิมพ์เหมาะกับผลิตภัณฑ์พลาสติกทุกรูปแบบ ดังรูปที่ 24



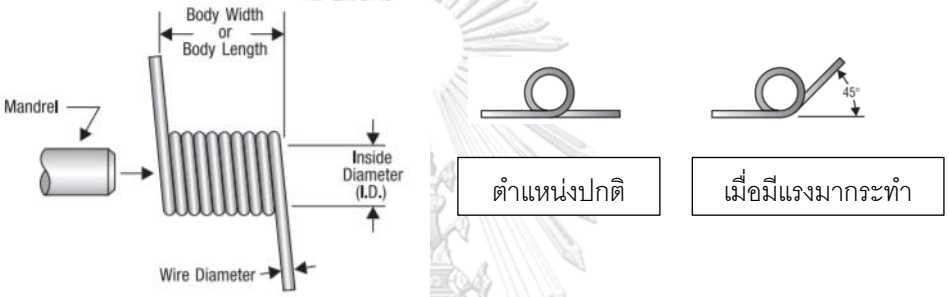
รูปที่ 24 ฐาน (Base)

- ตัวหน่วง (Damper) เป็นอุปกรณ์ที่จะช่วยลดความเร็วของส่วนจับให้ดีดกลับมาที่ตำแหน่งก่อนใช้งานอย่างช้าๆเพื่อไม่ให้เกิดเสียงกระกันระหว่าง มือจับกับผ้าหลังคา ซึ่งเหมาะกับรถยนต์ส่วนบุคคลที่ต้องการความเงียบภายในรถ

รูปที่ 25 ตัวหน่วง (Damper)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- สปริง (Spring) เป็นอุกรณ์ที่ช่วยให้ส่วนจับนั้นดีดกลับมาที่ตำแหน่งก่อนใช้งาน สปริงที่ใช้ในมือจับคือ สปริงรับแรงบิด (Torsion spring) โดยสปริงประเภทนี้มีวัตถุประสงค์ในการเก็บและปล่อยพลังงานเชิงมุมยืดกลไกให้อยู่กับที่โดยการเบี่ยงเบนขารอบแกนกลางลำตัวมีความต้านทานต่อการบิดหรือแรงหมุน สปริงประเภทนี้จะลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตังสปริงและเพิ่มความยาวของลำตัวเล็กน้อยเมื่อเบี่ยงเบนไปในทิศทางที่ต้องการของลมประดิษฐ์ขึ้นอยู่กับการใช้งาน ซึ่งมีหลักการการทำงานคือเมื่อมีแรงมากระทำให้ตัวขดลวดของสปริงไม่อยู่ที่ตำแหน่งปกติ (Normal position) สปริงก็จะหดและเก็บเป็นพลังงานศักย์เมื่อไม่มีแรงกระทำสปริงก็จะดีดกลับไปที่ตำแหน่งปกติโดยที่พลังงานศักย์จะกลายเป็นพลังงานจลดังรูปที่ 26



รูปที่ 26 สปริงแบบรับแรงบิด (Kobelev, 2018)

ค่า k ของสปริง คือค่าที่แสดงถึงความแข็ง – ความอ่อนของสปริง โดยมีสมการดังนี้

จากกฎของ Hooke

$$F = kx \tag{2.4}$$

ดังนั้น

$$k = F/x \tag{2.5}$$

โดยที่ F คือ แรงที่มากระทำกับสปริง (N)

x คือ ระยะยืดของสปริง

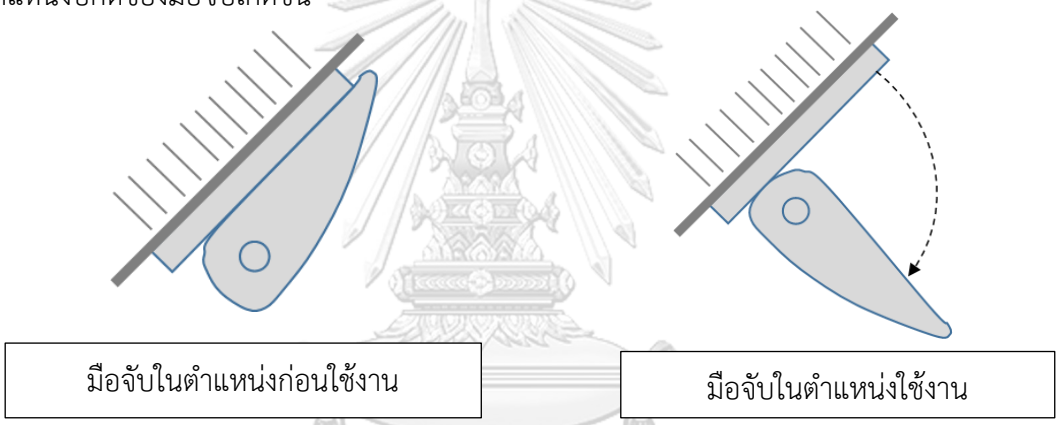
จากสมการข้างต้น จะเห็นได้ว่า ถ้า k = 10 N/mm หมายความว่า มีแรงมากระทำกับสปริง 10 N ทำให้สปริงหดตัวไป 1 mm ดังนั้น เมื่อค่า k มีค่ามากขึ้นก็จะทำให้สปริงนั้นมีความแข็งตัวมากขึ้น โดยค่า k จะแปรผันตรงกับจำนวนขดลวดของสปริงคือยิ่งขดลวดของสปริงมีมากขึ้น ค่า k ของสปริงก็จะมากขึ้นและสปริงก็จะมีความแข็งมากขึ้น กลับกันถ้าจำนวนขดลวดน้อยก็จะทำให้สปริงอ่อนตามไปด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- **หลักการการทำงานของมือจับ**

การทำงานของมือจับจะใช้หลักการเดียวกับการทำงานของสปริงเนื่องด้วย รูปแบบการใช้งานของมือจับแบบมีตัวหน่วงและไม่มีตัวหน่วงนั้นคือ ดึงมาจับ ดีดกลับเมื่อไม่ใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับการทำงานของสปริงที่เมื่อมีแรกมากระทำก็จะเก็บเป็นพลังงานศักย์นั่นก็คือการที่ผู้โดยสารดึงมือจับลงมาจับเพื่อการทรงตัวและเมื่อผู้โดยสารปล่อยมือ สปริงก็จะเปลี่ยนจากพลังงานศักย์เป็นพลังงานจลเพื่อดีดส่วนจับให้กลับไปอยู่ที่ตำแหน่งปกติ

จากความสัมพันธ์ของค่า k และ ขดลวดของสปริงก็จะส่งผลถึงความเร็วของการดีดกลับของส่วนจับ นั้นคือ เมื่อสปริงมีค่า k สูง สปริงมีความแข็งมากขึ้น ความเร็วในการดีดกลับก็จากสูงขึ้นด้วย อาจส่งผลทำให้ เกิดการกระทบกันระหว่างส่วนจังและผ้าหลังคาและถ้าค่า k ของสปริงมีค่าน้อย สปริงมีความอ่อนตัว ความเร็วในการดีดกลับของส่วนจับก็จะลดลงไปด้วย ซึ่งอาจทำให้เกิดการดีดกลับไม่ถึงตำแหน่งปกติของมือจับเกิดขึ้น



รูปที่ 27 ตำแหน่งปกติของมือจับและตำแหน่งที่ผู้ดดยสารดึงมาจับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.เสียง(Sound)

เสียงคือพลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลในอากาศหรือตัวกลางอื่นๆ ที่จะทำให้เกิดการอัดและขยายสลับกันไปจนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันในบรรยากาศ เกิดลักษณะเป็นคลื่นเสียงกระทบเข้ากับหู ทำให้เกิดการได้ยินเสียงขึ้น

แหล่งกำเนิดเสียง คือ วัตถุที่ทำให้เกิดเสียง เมื่อวัตถุนั้นเกิดการสั่นสะเทือนโดยวัตถุแต่ละชนิดที่มีการสั่นสะเทือนก็จะทำให้กำเนิดเสียงที่แตกต่างกันออกไป ความดังของเสียงมีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB) (Strutt & Rayleigh, 1894)

เดซิเบล (decibel : dB) เป็นหน่วงที่ใช้วัดระดับของเสียง ค่าเดซิเบลจะถูกกำหนดไว้เป็น 10 เท่าของค่า ล็อคการิทึมของอัตราส่วนระหว่างความเข้มของเสียงที่วัดได้เทียบกับความเข้มของเสียงอ้างอิง อัตราส่วนนี้มีหน่วยที่เรียกว่า เบล (bels)

ปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดเสียงดังหรือเสียงเบา ได้แก่

- ระยะจากแหล่งกำเนิดเสียงจน ถึง หูผู้ฟัง
- ความรุนแรงในการสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิดเสียง
- ชนิดตัวกลางที่เสียงเดินทางผ่านไป เช่น คลื่นเสียงที่เดินทางผ่านน้ำจะมีความดังมากกว่าคลื่นเสียงที่เดินทางผ่านอากาศ
- รูปร่างและขนาดของวัตถุที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียง

มลพิษทางเสียง (Noise Pollution)

เกษม จันทร์แก้ว (2541) กล่าวไว้ว่า มลพิษทางเสียงคือ สภาะแวดล้อมที่มีเสียงไม่พึงปรารถนารบกวนโสตประสาทจนทำให้ได้รับอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์

ทวีสุข (2529) กล่าวไว้ว่า มลพิษทางเสียงคือ เสียงที่คนเราไม่ต้องการ ไม่ปรารถนา หรือเป็นเสียงที่ไม่มีความไพเราะนุ่มนวล ฟังแล้วกระด้างหู เสียงอึกทึกที่มีผลกระทบต่อจิตใจ และถ้านานๆไปอาจทำให้สุขภาพอนามัยเสื่อม และทำให้หูหนวกได้อีกด้วย

ระดับความรุนแรงของเสียง

- ความถี่ของเสียงที่จะทำให้หูของคนเริ่มจะเสื่อม คือ 4000 Hz
- ความดังของเสียงที่จะทำให้ส่งผลกระทบกับหูของมนุษย์ คือ 120 dB

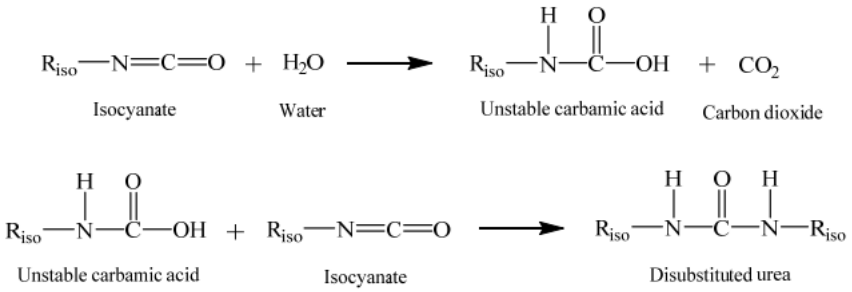
ผลกระทบของมลพิษทางเสียง

- ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการได้ยินของหู
- รบกวนการสนทนาและการใช้สมาธิในการทำงาน
- รบกวนการนอนหลับพักผ่อน
- ก่อให้เกิดความรำคาญ โดยจะประกอบไปด้วย ความดัง ความถี่ และเวลา
- รบกวนการปฏิบัติงาน โดย ความดังที่ 90 dB จะรบกวนการทำงาน และเสียงที่ไม่ต่อเนื่องจะรบกวนการทำงานมากกว่าเสียงที่ดังแบบต่อเนื่อง

2.6.Polyurethane Foam

PU เป็นโพลีเมอร์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างกลุ่ม OH (Hydroxyl) และ กลุ่ม NCO (isocyanate function group) ซึ่งในปัจจุบัน PU ถูกนำมาใช้ในผลิตภัฑ์ต่างๆรอบตัวในทุกๆวัน โดยในกลุ่มของโพลีเมอร์ที่เป็น PU พบว่ามีการใช้ PU foam มากถึง 67% ของการใช้งาน PU ทั้งหมด มีการแบ่ง PU Foam เป็น 2 ประเภทหลักๆคือ Foam แบบเป็นรูปร่าง (Rigid foam) และ Foam ที่สามารถให้ตัวได้ (Flexible foam) โดยในงานวิจัยนี้ ใช้ PU Foam แบบเป็นรูปร่าง (Rigid foam) ซึ่ง

PU Foam นั้นมีกระบวนการมาจากการขยายวัสดุและโครงสร้าง โดยผ่านการรวมกันของหลายๆ กระบวนการดังรูปที่ 28



รูปที่ 28 กระบวนการสร้าง PU Foam (Gama et al., 2018)

โดย PU Foam มีคุณสมบัติเด่นที่สามารถลดเสียง กั้นเสียงได้ เนื่องจากมีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบ close cell จึงสามารถดูดซับเสียงได้ ตัวอย่างของ PU Foam แสดงดังรูปที่ 29

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 29 ตัวอย่าง PU Foam

2.7.Chip Urethane

Chip Urethane เป็น PU Foam ชนิดหนึ่งที่ผ่านการ recycle แบบ Physical Recycling ของ Polyurethane Foam โดยใช้กระบวนการ recycle แบบ Rebinding เป็นกระบวนการนำเอาเศษ PU Foam ที่เป็นของเสียมาผสมกับ Diisocyanate MDI แล้วขึ้นรูปด้วยความร้อนให้เป็นรูปร่างผลิตภัณฑ์ที่ออกมาจะมีคว่มหนาแน่นสูงสามารถดูดซับเสียงได้ดี ตัวอย่าง Chip Urethane แสดงดังรูปที่ 30

รูปที่ 30 ตัวอย่าง Chip Urethane

2.8.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- **งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมือในบริษัทกรณีศึกษา**

มือจับโลคัลไลเซชัน (Assist Grip Localization) เป็นการย้ายฐานการผลิตมือจับมาอยู่ที่ประเทศไทย ซึ่งถือเป็นกลยุทธ์ในแนวคิดแบบลีนซึ่งสามารถการ กำจัดเวลาในการขนส่งชิ้นส่วนจากต่างประเทศ กำจัดค่าภาษีนำเข้าชิ้นส่วนจากต่างประเทศ กำจัดพื้นที่การจัดเก็บชิ้นส่วนนำเข้าจากต่างประเทศ และลดค่าขนส่งชิ้นส่วนได้ ทำให้เกิดความคุ้มค่าให้กับรถยนต์ของบริษัทกรณีศึกษา

ตั้งแต่เริ่มผลิตรถยนต์ของบริษัทกรณีศึกษาทางบริษัทได้ทำการสั่งซื้อมือจับจากต่างประเทศมาโดยตลอด และเมื่อปี 2017 บริษัทกรณีศึกษาได้ทำการย้ายฐานการผลิตมือจับมาอยู่ที่ประเทศไทย โดยการหาผู้ผลิตท้องถิ่นมาเป็นผู้ผลิตมือจับให้ และออกแบบให้กับผู้ผลิต และกำหนดข้อมูลจำเพาะเพื่อให้ผู้ผลิตสามารถผลิตได้ตามข้อกำหนด

ทางบริษัทกรณีศึกษามีการพัฒนามือจับควบคู่ไปกับการแก้ปัญหาของมือจับที่ดีดกลับไม่ถึงตำแหน่งเริ่มต้น โดยมีขั้นตอนดังนี้ ได้รับปัญหาจากสายงานการประกอบเป็นข้อมูลของการเกิดปัญหา จากนั้นก็จัดทำการระดมสมองด้วยวิธี Why – Why Analysis ซึ่งได้ข้อสรุปว่าปัจจัยที่อาจจะทำให้เกิดปัญหานั้นคือ การประกอบที่ไม่ตรงระนาบเดียวกันสปริงและตัวหน่วง จากนั้นจึงทำการปรับปรุงวิธีการประกอบของพนักงานก่อน เนื่องจากจะเสียต้นทุนและเวลาในการปรับปรับน้อยกว่าปรับปรุงวิธีอื่นก่อน เมื่อทำการปรับปรุงวิธีการประกอบของพนักงานก็ทำให้ปัญหานั้นหมดไป โดยปัญหานี้เกิด

จากการประกอบที่ไม่ตรงระนาบเดียวกัน ทำให้มือจับนั้นเกิดการบิดตัวและมีแรงเสียทานในตัวเองเยอะขึ้น การปรับปรุงครั้งนี้เกิดการเสียต้นทุนค่าเสียเวลาเท่านั้น

การแก้ไขปัญหามือจับแบบมีตัวหน่วงดีดกลับแบบทันทีในบริษัทกรณีศึกษา โดย เมื่อได้รับข้อมูลเบื้องต้นจากสายการประกอบจึงทำการระดมสมองด้วยวิธี Why – Why Analysis พบว่าปัจจัยที่อาจจะทำให้เกิดปัญหาขึ้นนั้นคือ สปริง ตัวหน่วง และวัสดุของตัวฐาน จากนั้นทีมงานได้จัดทำ FMEA เพื่อดูคะแนนเพื่อลำดับความสำคัญของการแก้ปัญหาโดยได้ข้อสรุปว่าปัญหานี้ควรจะปรับปรุงตัวหน่วงและ สปริงก่อน จึงทำการปรับปรุงตัวหน่วงและ สปริงต่อไปและผลที่ได้หลังการปรับปรุงคือยังเกิดปัญหามือจับดีดกลับในทันทีอยู่ จากนั้นจึงปรับปรุงวัสดุของฐานพบว่า ปัญหานี้หมดไป ซึ่งปัญหานี้เกิดจากตัวฐานของมือจับนั้นได้รับความชื้นมากจนทำเกิดการเสียรูปและไม่สามารถยึดจับตัวหน่วงไว้ได้ จึงทำให้ตัวหน่วงนั้นไม่ทำงานเกิดการดีดกลับแบบทันทีเกิดขึ้น

- **งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับซิกซ์ ซิกม่า**

(ฐิติมา ฤทธิประเสริฐศรี, 2554) เป็นงานวิจัยที่ศึกษาการลดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มโดยใช้ลีน ซิกซ์ซิกม่า โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานที่สอดคล้องกับขั้นตอนการดำเนินงานของซกิซ์ ซิกม่าโดยมีการใช้แผนภูมิก้างปลาในการหาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลกระทบต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม จากนั้นนำเอาปัจจัยที่ได้มาวิเคราะห์แล้วคัดกรองด้วยเทคนิค Failure mode and effect analysis และทำการออกแบบการทดลองด้วยแฟคทอเรียล 2^k แล้วหาค่าที่เหมาะสมในแต่ละปัจจัย โดยระดับปัจจัยที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิน้ำเชื่อมในการต้ม 77.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม 91.0 องศาเซลเซียส จากการปรับปรุงพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้มลดลงจาก 134 นาที เหลือ 70 นาที

(คุณัช สุขสมานวงศ์, 2556) เป็นการเปรียบเทียบกระบวนการทำงานระหว่างแนวทางลีนและแนวทางลีน ซิกซ์ ซิกม่า ในโรงงานผลิตเครื่องยนต์เรือ โดยงานวิจัยนี้เริ่มปรับปรุงกระบวนการตามแนวทางลีนหลังจากนั้น เพิ่มการปรับปรุงกระบวนการตามแนวทาง ซิกซ์ ซิกม่า เข้าไปผลที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการทำงานด้วยแนวทางสีนพบว่า ลดเวลาในกระบวนการประกอบขั้นสุดท้ายได้ 38.67 วินาทีต่อชิ้นและแนวทางลีน ซิกซ์ ซิกม่า สามารถลดเวลาในการผลิตได้ 42.2 วินาทีต่อชิ้น ซึ่งแนวทางลีน ซิกซ์ ซิกม่า สามารถลดเวลาได้มากว่าแนวทางลีน 3.55 วินาทีต่อชิ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบการลงทุนของทั้งสองแนวทางพบว่า การปรับปรุงแนวทางลีนมีความคุ้มค่ามากกว่าแนวทางลีน ซิกซ์ ซิกม่า ดังนั้นจากการศึกษาการปรับปรังกระบวนการลีนจึงเหมาะสมกับบริษัทกรณีศึกษามากกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(วิทยา เจนจิวัฒนกุล, 2554) เป็นงการศึกษาลดของเสียในกระบวนการผลิตการพิมพ์พล่สติกโดยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานที่สอดคล้องกับขั้นตอนการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกม่า มีการใช้แผนภูมิก้างปลามาวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาจนได้มา 20 ปัจจัย จากนั้นนำเอาปัจจัยที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FMEA ต่อ จนเหลือ 3 ปัจจัย จากนั้นนำเอา 3 ปัจจัยไปปรับปรุงจนทำให้ได้ค่าที่เหมาะสม ซึ่งหลังจากการปรับปรุงของเสียลดลงได้ถึง 86.90% โดยก่อนปรับปรุงมีของเสียอยู่ที่ 11.68% หลังปรับปรุงของเสียลดลงเหลือ 1.53%

(นภนิกันติ์ วงศ์ทรัพย์สกุล, 2562) เป็นการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการปารผสมยางมาสเตอร์แบท EPDM ไม่มีน้ำมัน โดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน DMAIC คือ ขั้นตอนกำหนดปัญหา (Define phase), ขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุและปัจจัย (Measurement phase), ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อปหาสาเหตุของปัญหา (Analysis phase), ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ (Improvement phase) และขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control phase) ในขั้นตอนของการปรับปรุงกระบวนการ งานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการ Response Surface Design ทำให้พบกับค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาและสามารถทำให้ผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการปรับปรุงของเสียที่เกิดขึ้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ความสามารถของกระบวนการ (Cpk) เพิ่มขึ้น จาก -1.25 เป็น 3.92 ผ่านเกณฑ์มาตรของบริษัทกำหนดไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
ระยะการนิยามปัญหา (Define Phase)

ระยะการนิยามปัญหา (Define Phase) เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า เป็นกระบวนการทที่สำคัญ เนื่องจากในกระบวนการนี้จะเป็นการศึกษาสภาพของปัญหาการกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับ การกำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขต ตัวชี้วัดและสมมติฐานของ รวมถึงระยะเวลาในการทำงานที่ชัดเจน โดยจัดทำสัญญาโครงการ (Project charter) เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงาน ซึ่งในการจัดทำสัญญาโครงการนั้นต้องอาศัยการระดมสมอง ระดมความคิดจากทีมงานเพื่อให้การนิยามปัญหามีความหลากหลาย และถูกต้อง ในระยะนิยามปัญหาประกอบไปด้วย การจัดตั้งคณะทำงาน การวิเคราะห์สภาพปัญหา การศึกษาการทำงานของมือจับ การกำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัดคุณภาพ และการสร้างสัญญาโครงการ

3.1. การจัดตั้งคณะทำงาน

การจัดตั้งคณะทำงานในงานวิจัยนี้เป็นการให้ความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านของการกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานของชิ้นส่วนจับ เพื่อร่วมกันวิเคราะห์และหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา คัดเลือกสาเหตุโดยการใช้เครื่องมือที่เรียกว่า FMEA (Failure mode and effect analysis) เพื่อนำไปดำเนินการทำลองและปรับปรุงแก้ไขปัญหา ซึ่งผู้วิจัยทำงานอยู่ในตำแหน่งวิศวกรฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าและมีความคุ้มค่ามากที่สุด โดยในการจัดทำโครงการนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ที่เสนอแนวคิดในการเอาตัวหน่วงที่มือจับในรถกระบะออก และทำการทดสอบประสิทธิภาพของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงของบริษัทกรณีศึกษาเทียบกับมือจับของบริษัทอื่นและได้พบปัญหาการกรทบของมือจับที่เกินมาตรฐาน จึงทำให้ต้องจัดตั้งโครงการงานวิจัยนี้เพื่อแก้ปัญหาการกระทบของมือจับให้อยู่ในค่ามาตรฐานและดำเนินการตามขั้นตอนของ ซิกซ์ ซิกมา โดยได้รับการสนับสนุนจากคณะทำงาน เพื่อให้โครงการนี้ดำเนินไปอย่างราบรื่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คณะทำงานในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

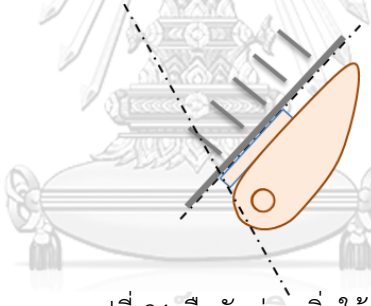
- วิศวกรฝ่ายวิจัยและพัฒนา: ผู้วิจัย (Research and Development)
- วิศวกรฝ่ายทดสอบรถยนต์ (Vehicle Testing)
- วิศวกรฝ่ายตรวจสอบรถยนต์ (Vehicle Control)
- พนักงานฝ่ายจัดซื้อชิ้นส่วนรถยนต์ (Purchasing)
- บริษัทผู้ผลิตมือจับ (Supplier)

3.2. สภาพปัญหาในปัจจุบัน

ในขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนาชิ้นส่วนรถยนต์มีการศึกษาเอาตัวหน่วงในมือจับในรถกระบะออกเนื่องด้วยเอกลักษณ์ของรถกระบะนั้นสมบุกสมบัน มีความแข็งแกร่ง จึงไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงเสียงในห้องโดยสารมากนัก แต่เมื่อเอาตัวหน่วงออกเสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานดังเกินมาตรฐานที่ทางบริษัทกำหนดไว้ โดยการทำงานของมือจับ มีดังนี้

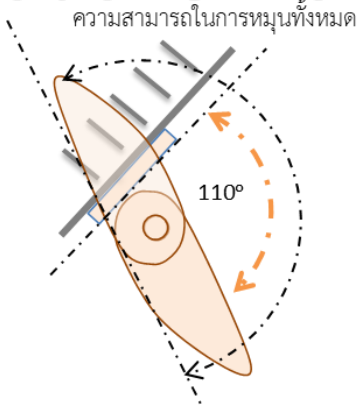
3.2.1. การทำงานของมือจับ

การทำงานของมือจับคือในตำแหน่งปกติก่อนมีการใช้งานส่วนจับจะอยู่ติดกับฐานดังรูปที่ 31 เมื่อมีการใช้งานมือจับ ส่วนจับจะถูกดึงลงมาจับไว้ด้วยองศาที่มากที่สุดเท่ากับ 110 องศา ดังรูปที่ 32 และหลังการใช้งานเสร็จส่วนจับจะถูกปล่อยดีดและกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งก่อนเริ่มใช้งาน ดังรูปที่ 33 จะเห็นได้ว่า เมื่อส่วนจับถูกดึงลงมาเพื่อการใช้งานใน 110 องศา ความสามารถในการดีดกลับของส่วนจับนั้นอยู่ที่ 180 องศา หรือมากกว่า แต่การออกแบบมือจับที่มีฐานมากั้นการหมุนของส่วนเพื่อตามการออกแบบของหลังคารถ ทำให้ส่วนจับสามารถหมุนกลับได้เพียง 110 องศา จึงเกิดการกระแทกระหว่างส่วนจับและฐานขึ้น ซึ่งองศาการใช้งานนี้ เป็นหนึ่งในปัจจัยของการเกิดเสียงกระทบดัง

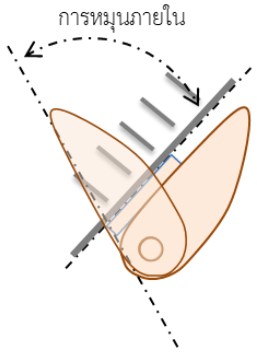


รูปที่ 31 มือจับก่อนเริ่มใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

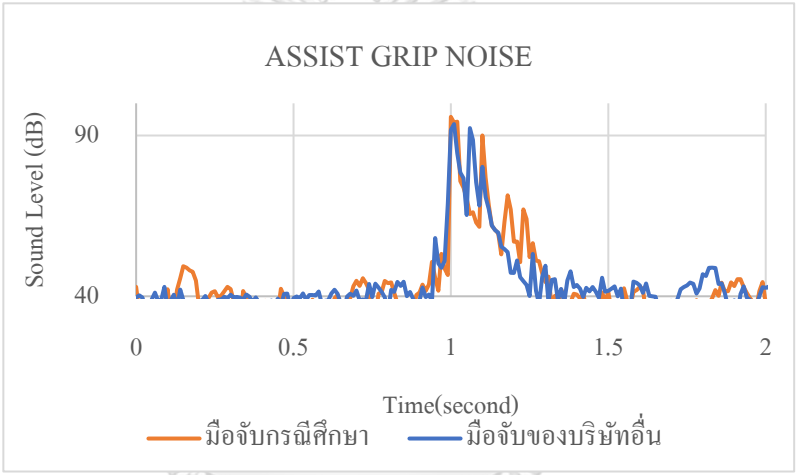


รูปที่ 32 ตำแหน่งของมือจับขณะใช้งาน



รูปที่ 33 มือจับหลังการใช้งาน

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงของบริษัทกรณีศึกษาไปเปรียบเทียบกับมือจับจากบริษัทอื่นโดยการทดสอบ ผลที่ได้เป็นไปดังรูปที่ 34



รูปที่ 34 กราฟบันทึกผลที่ได้จากการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากกราฟจะเห็นได้ว่าเสียงที่วัดได้จากการกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานในครั้งแรกนั้นมีระดับความดังอยู่ที่ 95.7 เดซิเบล สำหรับมือจับของบริษัทกรณีศึกษาและ 94.7 เดซิเบล สำหรับบริษัทอื่น จากนั้นเกิดการกระทบครั้งต่อไปขึ้น โดยมือจับของบริษัทอื่นมีการกระทบครั้งที่สองและสามในเวลาที่ใกล้กับการกระทบครั้งที่หนึ่งมากคือ ห่างจากการกระทบครั้งแรกอยู่ที่ 0.06 วินาที และ 0.1 วินาที ทำให้หูของมนุษย์ได้ยินเหมือนเกิดการกระทบกันแค่ครั้งเดียว ซึ่งต่างจากของบริษัทกรณีศึกษาที่เกิดการกระทบครั้งต่อไปถึง 4 ครั้ง โดยครั้งที่สอง สามและสี่ อยู่ห่างจากกระทบครั้งที่หนึ่งอยู่ที่ 0.1, 0.19 และ 0.23 ตามลำดับ ทำให้หูของมนุษย์นั้นสามารถแยกเสียงของการกระทบกันได้อย่างชัดเจน ผลจากการทดสอบนี้ทำให้บริษัทแม่ที่ญี่ปุ่นได้มีการขอให้ปรับปรุงระดับเสียงที่ดังกว่าของบริษัทอื่นและจำนวนการกระทบกับที่มากกว่าของบริษัทอื่น โดยมีการนำค่าที่ได้จากการทดสอบของมือจับบริษัทอื่นมาตั้งเป็นเป้าหมายไว้ที่ ระดับความดังไม่เกิน 95เดซิเบล และกระทบกันไม่เกิน 3 ครั้งจนสังเกตได้

ปัญหาของการเอาตัวหน่วงออกจากมือจับในกรณีศึกษาคือ

- เสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานที่ดังเกิน 95 เดซิเบล
- เกิดเสียงกระทบกันที่มากกว่า 3 ครั้ง จนสังเกตได้

3.3. การกำหนดเป้าหมายและตัวชีวัด

ปัญหาที่จะดำเนินการปรับปรุงคือ เสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานเกินกว่ามาตรฐานและเสียงกระทบกันที่มากกว่า 3 ครั้ง โดยมีเป้าหมายในการแก้ปัญหาคือ ทำการปรับปรุงระดับความดังของกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐาน และ ปรับปรุงเสียงกระทบกัน โดยตัวชี้วัดที่ใช้คือมาตรฐานจากบริษัทกรณีศึกษาที่มีการกำหนดระดับความดังของเสียงกระทบกันที่ 95 เดซิเบล และจำนวนเสียงกระทบกันไม่เกิน 3 ครั้ง

3.4. การสร้างสัญญาโครงการ (Project Charter)

ตารางที่ 5 สัญญาโครงการของงานวิจัยการปรับปรุงการกระทบของมือจับ

<table>
<tr><td colspan="2">Project Charter</td></tr>
<tr><td colspan="2">Project Title: การใช้ ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) ในการปรับปรุงการกระทบกันระหว่างฐานและส่วนจับของมือจับในรถกระบะ</td></tr>
<tr><td>Business Case:
ผลกระทบจากการศึกษามือจับแบบไม่มีตัวหน่วงในขั้นตอนของวิจัยและพัฒนา โดยที่เกิดปัญหา เสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานดังและจำนวนกระทบเกินมาตรฐานที่บริษัทกำหนด ทำให้ไม่สามารถนำมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงไปใช้กับรถยนต์จริงได้</td><td rowspan="2">Project Constraints:
1. สมาชิกในทีมมีเวลาในการทำโครงการนี้ 10 ชั่วโมงต่อสัปดาห์
2. ต้องวางแผนไม่ให้กระทบกับกระบวนการผลิตปัจจุบัน
3. มีของเสียเกิดขึ้นจากการทดลอง</td></tr>
<tr><td>Problem Statement:
การกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับ มีเสียงดังเกิน 95 เดซิเบล และ จำนวนกระทบเกิน 3 ครั้ง ในขั้นตอนวิจัยและพัฒนาชิ้นส่วนรถกระบะ ซึ่งเกินมาตรฐานของบริษัทกรณีศึกษา ทำให้ไม่สามารถเอาตัวหน่วงออกจากมือจับได้</td></tr>
<tr><td>Objective Statement:</td><td>Project Assumptions:
1. ได้รับการสนับสนุนในการดำเนินโครงการจากผู้บริหารระดับสูง
2. ทีมงานและผู้บริหารระดับสูงจะทำการประชุมในหัวข้อโครงการเดือนละสองครั้ง เพื่อดูความก้าวหน้าและหาแนวทางแก้ไขปัญหาร่วมกัน</td></tr>
</table>

ปรับค่าของปัจจัยต่างๆที่เป็นสาเหตุของปัญหาเพื่อลดเสียงกระทบและจำนวนกระทบของมือจับในรถกระบะ ให้อยู่ในมาตรฐานของบริษัทกรณีศึกษา ภายในเดือน ธันวาคม 2564

Project Metrics:

Business Metrics: ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของบริษัท

Primary Metrics: ระดับเสียงกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับ และจำนวนการกระทบกัน

Secondary Metrics: เวลาในการประกอบมือจับ

Consequential Metrics: พื้นที่ในการจัดเก็บมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง

Financial Metrics: ต้นทุนในการผลิต

Project Scope:

ศึกษาและปรับปรุงการระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานของมือในรถกระบะ

Team Members:

Mrs. Piengpen	หัวหน้าฝ่ายจัดซื้อ
Mr. Chakkaphat	หัวหน้าฝ่ายทดสอบชิ้นส่วนรถยนต์
Mr. Tinnakorn	หัวหน้าฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ
Supplier	ผู้ผลิตมือจับ
Mr. Amano	หัวหน้าฝ่ายวิจัยและพัฒนา
Miss Articha	ผู้วิจัย

Phase	Begin	End
Define	30 พ.ค. 2021	5 ก.ค. 2021
Measure	5 ก.ค. 2021	20 ส.ค. 2021
Analysis	20 ส.ค. 2021	30 ก.ย. 2021
Improve	30 ก.ย. 2021	30 พ.ย. 2021
Control	30 พ.ย. 2021	30 ธ.ค. 2021

Project Timeline:

ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินโครงการ

เริ่มต้นตั้งแต่วันที่ 30 พ.ค. 2021 จนถึง 30 ธันวาคม 2021

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5. สรุประยะนิยามปัญหา

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการทำงานของมือจับและศึกษาสภาพของปัญหาในปัจจุบัน จึงได้กำหนดปัญหาและขอบเขตของงานวิจัยเพื่อปรับปรุงคุณภาพของมือจับคือ เสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานที่มากกว่า 95 เดซิเบล และ เสียงกระทบกันเกิน 3 ครั้งจนสังเกตได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจุบันพบว่า ระดับความดังของเสียกระทบที่ 95 เดซิเบล นั้นไม่มีผลกระทบต่อการเลือกซื้อรถกระบะของลูกค้า เนื่องจากระดับความดังของเสียงกระทบของมือจับในรถกระบะของบริษัทอื่นนั้นมีระดับความดังที่ใกล้เคียง 95 เดซิเบล ลูกค้ายอมรับและซื้อผลิตภัณฑ์จากบริษัทอื่นที่ใช้มือจับในรถยนต์แบบไม่มีตัวหน่วง อย่างไรก็ตามจากกราฟผลการเปรียบเทียบระหว่างมือจับของบริษัทอื่นและบริษัทกรณีศึกษานั้น มีเรื่องของการกระทบกันหลายครั้งที่มือจับของบริษัทกรณีศึกษามีการกระทบกันถึง 4 ครั้งในเวลาที่ห่างกัน ในขณะที่มือจับของบริษัทอื่นมีการกระทบกัน 3 ครั้งในเวลาที่ใกล้กันจนทำให้ได้ยินเหมือนมีการกระทบกันเพียงครั้งเดียว ซึ่งเรื่องจำนวนกระทบกันหลายครั้งนี้

เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่บริษัทแม่ไม่สามารถยอมรับการใช้มือจับแบบไม่มีตัวหน่วงได้ ดังนั้นในระยะของการนิยามปัญหานี้จึงมีปัญหา สองอย่างคือ 1. เสียงกระทบกันระหว่างชิ้นส่วนจับและฐานของมือจับดังเกิน 95 เดซิเบล 2. จำนวนกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับ เกิน 3 ครั้ง ทำให้มีการระบุวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้ว่า ปรับค่าของปัจจัยต่างๆที่เป็นสาเหตุของปัญหาเพื่อลดเสียงกระทบและจำนวนกระทบของมือจับในรถกระบะให้อยู่ในมาตรฐานของบริษัทกรณีศึกษา กล่าวคือ ระดับความดังของเสียงกระทบไม่เกิน 95 เดซิเบล และจำนวนกระทบไม่เกิน 3 ครั้ง โดยมีการสร้างสัญญาโครงการ (Project Charter) เพื่อเป็นการกำหนดและวางแผนการดำเนินงานในลำดับต่อไป รวมถึงการกำหนดสมาชิกในการดำเนินงานในงานวิจัยนี้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ระยะการวัดเพื่อกำหนดปัญหา (Measure Phase)

หลังจากนิยามปัญหา ในขั้นตอนถัดไปผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์หาแหล่งที่มาของปัญหาและกำหนดปัจจัยนำเข้าหลัก (Key process Input variable: KPIVs) ที่อาจส่งผลกระทบต่อการกระทบกันระหว่างฐานและส่วนจับของมือจับ โดยผ่านการวิเคราะห์จากเครื่องมือทางสถิติ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยและคณะเริ่มทำการวิเคราะห์ข้อมูลการกระทบกันของมือจับด้วย เครื่องมือการวิเคราะห์การวัดความแม่นและความเที่ยง (Measurement system analysis: MSA) ซึ่งจะวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทดสอบการแปรปรวนของระบบการวัด (Gage repeatability and reproducibility: Gage R&R) เพื่อให้มั่นใจได้ว่าเครื่องที่ใช้ ผู้ทำการทดลองในการตรวจวัดการกรทบนั้นมีความถูกต้องและแม่นยำ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องการกระบวนการทำงานของมือจับและปัจจัยที่มีความเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดปัญหาการกระทบกันขึ้นได้และส่งกระทบทำให้ไม่สามารถใช้งานมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงได้ในสายงานผลิตรถกระบะจริง ด้วยการระดมสมองจากคณะทำงาน โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์หาปัจจัยต่างๆคือ แผนผังสาเหตุและผล (Cause and effect diagram) หลังจากนั้นนำปัจจัยที่ได้มาเรียงลำดับโดยแบ่งตาม 4M1E (Man, Machin, Material, Method, and Environment) ด้วยตารางเหตุและผล (Cause and effect matrix) และเรียงลำดับและคัดกรองปัจจัยด้วยการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) เพื่อให้ได้ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการกระทบกันของมือจับมากที่สุดและนำไปดำเนินการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1. การวิเคราะห์ความแม่นยำและเที่ยงตรงของระบบการวัด (Measurement System Analysis)

ในการตรวจสอบระดับความดังและจำนวนกระทบของการกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับ จะใช้เครื่องมือวัดเสียงที่ชื่อว่า Function testing noise and Vibration measurement system รุ่น AND AD-3651 โดยความแม่นยำและความถูกต้องของการตรวจสอบจะขึ้นอยู่กับความแม่นยำและถูกต้องของเครื่องมือวัดและความสามารถของพนักงานตรวจสอบมือจับ ดังนั้นผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ระบบการวัดเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

1. การสอบเทียบเครื่องมือวัดเสียง Function testing noise and Vibration measurement system รุ่น AND AD-3651 (Calibration)

เครื่องมือวัดเสียง Function testing noise and Vibration measurement system รุ่น AND AD-3651จะถูกนำไปสอบเทียบ 1 ครั้งต่อปี ดังนั้นความแม่นยำและเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดเสียงสามารถยอมรับได้

2. ในกระบวนการวัดระดับเสียงกระทบและจำนวนกระทบจะใช้พนักงานในการทดสอบทั้งหมดสองคน โดยใช้วิธีการการทดสอบความแปรปรวนของระบบการวัด (Gage repeatability and reproducibility: Gage R&R) ที่สามารถวิเคราะห์ระบบกระบวนการวัดได้ 2 ด้านดังนี้

   ก) รีพีททะบิลิตี้ (Repeatability) แสดงถึงความผันแปรของค่าวัดที่ถูกวัดโดยพนักงานวัดคนเดียวกันโดยเครื่องมือวัดเดียวกันในการใช้ชิ้นงานเดียวกันด้วยเงื่อนไขเดียวกัน

   ข) รีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) แสดงถึงความผันแปรของค่าวัดที่ถูกวัดโดยพนักงานคนเดียวกัน เครื่องมือวัดเดียวกันในการวัดชิ้นงานเดียวกันด้วยเงื่อนไขต่างกัน

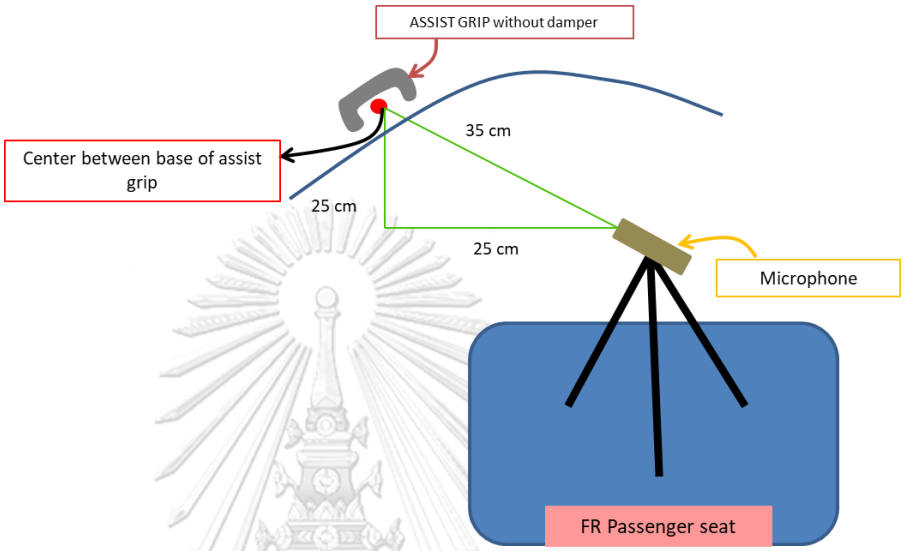
   การทดสอบระบบการวัดของงานวิจัยนี้จะกำหนดจำนวนผู้ทดสอบเป็นจำนวน 2 คน และเครื่องมือวัดเสียง Function testing noise and vibration measurement system รุ่น AND AD-3651 จำนวน 1 เครื่อง ดังนั้นจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์จึงมีจำนวน 15 ตัวอย่าง และกำหนดการวัดซ้ำจำนวน 3 ครั้งในแต่ละตัวอย่าง โดยจำนวนของตัวอย่างและจำนวนการวัดซ้ำจะเป็นไปตามทฤษฎีการกำหนดขนาดตัวอย่างในการเก็บข้อมูลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ขนาดตัวอย่างในการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินระบบการวัด

จำนวนผู้ทดสอบ (พนักงานวัด)	จำนวนอุปกรณ์วัด	จำนวนชิ้นงานที่น้อยที่สุด	จำนวนการวัดซ้ำในแต่ละชิ้นงาน
1	1	10	5
1	2	15	3
2	1	15	3
2	2	10	2
1 หรือ 2	3 หรือมากกว่า	10	2
3 หรือมากกว่า	1 หรือ 2	10	2
3 หรือมากกว่า	3 หรือมากกว่า	10	2

ขั้นตอนและขอบเขตในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ระบบการวัดมีดังนี้

1. เลือกผู้ทดสอบจำนวน 2 คนในการทดสอบการใช้งานมือจับภายในรถกระบะ
2. จัดเตรียมชิ้นงานตัวอย่างจำนวน 15 ชิ้นงาน
3. จัดตั้งอุปกรณ์ในการวัดค่าเสียง ดังรูปที่ 35



รูปที่ 35 ตำแหน่งการวัดเสียงกระทบของมือจับ

โดยตำแหน่งที่ปรากฏดังรูปที่ 35 เป็นการจำลองตำแหน่งที่ลูกค้านั่งและได้ยินเสียงกระทบกันของมือจับ

4. กำหนดขั้นตอนการใช้งานของมือจับโดย ดึงส่วนจับให้สุดตามองศาการใช้งาน จากนั้นปล่อยส่วนจับให้กลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นแบบไม่มีแรงเสียดทาน
5. บันทึกค่าระดับความดังของเสียงละจำนวนกระทบของมือจับด้วยเครื่องมือวัดเสียงและประมวลออกมาใน Excel program
6. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ความผันแปรของระบบการวัด โดยใช้ Minitab program

หลังจากทดสอบตามวิธีการการวิเคราะห์ความแม่นและความเที่ยงของระบบการวัดเสียงกระทบของตัวอย่างมือจับด้วยเครื่องมือวัดเสียง Function testing noise and vibration measurement system รุ่น AND AD-3651 และขั้นตอนการวัดตามที่กล่าวมาข้างต้น ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 7 และตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ผลการวัดค่าของเสียงกระทบ

ชิ้นงานที่	คนที่ 1			คนที่ 2		
	ระดับความดังของเสียง (dB)			ระดับความดังของเสียง (dB)		
	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	วัดครั้งที่ 3	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	วัดครั้งที่ 3
1	98.8	99.0	98.9	98.9	98.8	98.9
2	99.2	99.4	99.3	99.2	99.2	99.3
3	100.0	99.9	100.1	99.9	99.9	99.8
4	99.7	99.6	99.7	99.7	99.6	99.5
5	100.0	99.9	100.1	100.1	100.2	100.1
6	100.1	100.1	100.0	99.8	99.8	99.7
7	99.7	99.7	99.7	100.1	100.0	100.0
8	100.0	100.2	100.2	99.9	100.0	99.8
9	98.1	98.1	97.9	98.3	98.4	98.2
10	99.7	99.6	99.6	99.4	99.2	99.3
11	98.9	98.8	98.9	99.2	99.1	99.0
12	98.3	98.3	98.4	98.5	98.5	98.5
13	97.8	97.8	97.8	97.8	97.8	97.8
14	98.2	98.2	98.1	98.2	98.4	98.3
15	97.8	97.7	97.9	97.9	98.0	98.0

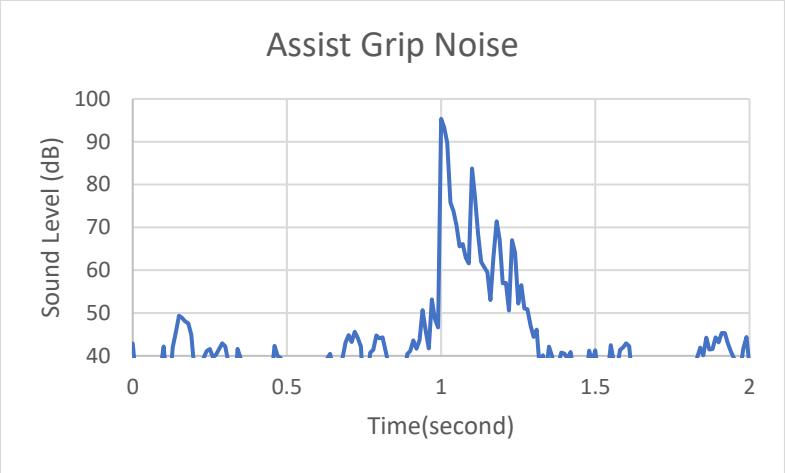
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 ผลของจำนวนกระทบ

ชิ้นงานที่	คนที่ 1			คนที่ 2		
	จำนวนครั้งของการกระทบ			จำนวนครั้งของการกระทบ		
	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	วัดครั้งที่ 3	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	วัดครั้งที่ 3
1	4	4	4	4	4	4
2	4	4	4	4	4	4
3	4	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4
5	4	4	4	4	4	4
6	4	4	4	4	4	4
7	4	4	4	4	4	4
8	4	4	4	4	4	4
9	4	4	4	4	4	4
10	4	4	4	4	4	4
11	4	4	4	4	4	4
12	4	4	4	4	4	4
13	4	4	4	4	4	4
14	4	4	4	4	4	4
15	4	4	4	4	4	4

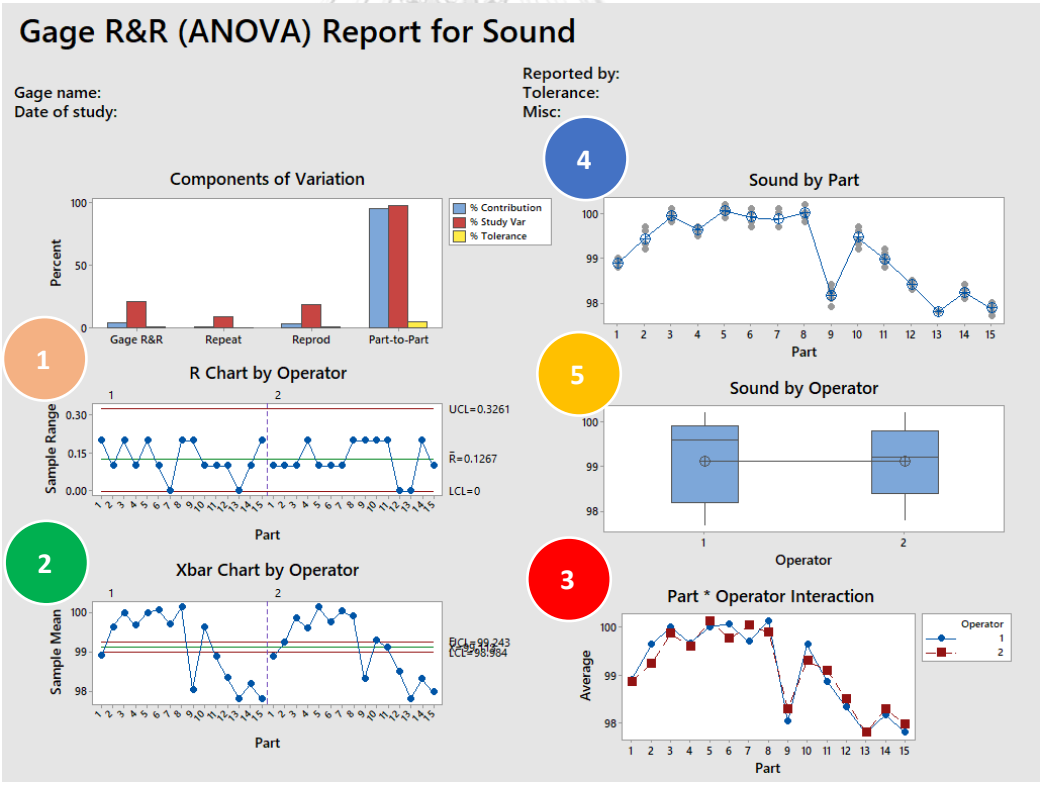
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หมายเหตุ เนื่องจากผลที่ได้ของจำนวนกระทบนั้นเป็นการนับจำนวนยอดสูงจากกราฟที่ได้หลังจากบันทึกค่าเสียงกระทบของมือจับดังรูปที่ 36 ตัวอย่างค่าที่บันทึกได้จากเครื่องมือวัดเสียง ดังนั้นพนักงานทดสอบจะสามารถนับจำนวนครั้งของการกระทบได้เท่ากัน ทำให้มีความแม่นและความเที่ยงตรงที่ยอมรับได้ในส่วนของจำนวนครั้งการกระทบ ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลของเสียงกระทบมาทำการตรวจวัดความแม่นและความเที่ยงเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 36 ตัวอย่างค่าที่บันทึกได้จากเครื่องมือวัดเสียง

จากตารางที่ 7 ผลการวัดค่าของเสียงกระทบจำนวน 15 ครั้ง นำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab และแสดงผลการทดสอบระบบการวัดเสียงได้ดังรูปที่ 37, 38 และ 39



รูปที่ 37 ผลการทดสอบระบบการวัดเสียงกระทบ (1)

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	14	57.4273	4.10195	49.9561	0.000
Operator	1	0.0004	0.00044	0.0054	0.942
Part * Operator	14	1.1496	0.08211	14.2115	0.000
Repeatability	60	0.3467	0.00578		
Total	89	58.9240			

4
5
3

α to remove interaction term = 0.05

รูปที่ 38 ผลการทดสอบระบบการวัดเสียงกระทบ (2)

Gage R&R

Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.031222	4.45
Repeatability	0.005778	0.82
Reproducibility	0.025444	3.63
Operator	0.000000	0.00
Operator*Part	0.025444	3.63
Part-To-Part	0.669974	95.55
Total Variation	0.701196	100.00

7

Process tolerance = 95

8 9

Gage Evaluation

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.176698	1.06019	21.10	1.12
Repeatability	0.076012	0.45607	9.08	0.48
Reproducibility	0.159513	0.95708	19.05	1.01
Operator	0.000000	0.00000	0.00	0.00
Operator*Part	0.159513	0.95708	19.05	1.01
Part-To-Part	0.818519	4.91111	97.75	5.17
Total Variation	0.837374	5.02425	100.00	5.29

Number of Distinct Categories = 6

6

รูปที่ 39 ผลการทดสอบระบบการวัดเสียงกระทบ (3)

จากผลการทดสอบระบบการวัดเสียงกระทบสามารถวิเคราะห์และสรุปผลได้ดังนี้

1. ในข้อนี้จะพิจารณาจาก แผนภูมิ R ระบบการวัดมีความละเอียดเพียงพอควรมี R ตั้งแต่ 4 ค่าขึ้นไป ซึ่งในแผนภูมิ R ในแนวแกน Y ของกลุ่มที่1 มี 3 ค่า แสดงว่าระบบนี้มีความละเอียดที่ไม่เพียงพอในการแยกแยะความแตกต่างของชิ้นงาน อย่างไรก็ตาม ความผันแปรจากระบบการวัดเทียบกับความผันแปรของหระบวนการ(%SV หรือ P/TV) มีค่าต่ำกว่า 30% ซึ่งอยู่ในเกินที่ยอมรับได้
2. ข้อมูลออกนอกขีดจำกัดควบคุมมากกว่า 1 ใน 3 ของจำนวนจุดทั้งหมด แสดงว่าระบบการวัดมีความผันแปรน้อย สามารถใช้ในการประมาณความผันแปรของกระบวนการได้
3. กราฟ Operator*Part Interaction ค่า P = 0.000 < 0.05 แสดงว่า มีผลกระทบร่วมระหว่างพนักงานวัดกับชิ้นงาน ซึ่งหมายความว่า อิทธิพลของพนักงานวัดที่มีผลต่อค่าวัดแตกต่างกันระหว่างชิ้นงานต่าง ๆ
4. สำหรับ part เมื่อพิจารณาค่า p-value ของ Part (0.0000) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.0005 จะพบว่ามีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงสรุปได้ว่ามีชิ้นงานอย่างน้อย 1 คู่ที่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
5. จากกราฟ สำหรับ Operator พบว่า ค่าเฉลี่ยจากการวัดของพนักงานวัดแต่ละคนมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า p-value ของ Operator ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.942 พบว่ามีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากการวัดของพนักงานวัดทั้ง 2 คน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
6. Number of distinct categories (ndc) = 6 แสดงว่าระบบการวัดที่ศึกษามีความสามารถในการแยกแยะข้อมูลที่วัดได้เป็น 6 กลุ่มที่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าระบบการวัดสามารถใช้ประมาณค่าความผันแปรของกระบวนการได้
7. จากองค์ประกอบของความแปรปรวน เมื่อทำการเปรียบเทียบเป็นค่าร้อยละแล้วพบว่า ถ้าความแปรปรวน ทั้งหมดเป็น 100 จะเป็นความแปรปรวนจากกระบวนการผลิต 95.55 และความแปรปรวนจากระบบการวัด 4.45 ซึ่งความแปรปรวนของระบบการวัดยังแบ่งออกเป็นความแปรปรวนจากสาเหตุรีพีททะบิลิตี้ 0.82 และ ความแปรปรวนจากรีโปรดิวซิบิลิตี้ 3.63
8. ความผันแปรจากระบบการวัดเทียบกับความผันแปรของหระบวนการ(%SV หรือ P/TV) คิดเป็น 21.10 ซึ่งน้อยกว่า 30% แสดงว่าระบบการวัดมีความผันแปรอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
9. ความผันแปรจากระบบการวัดเทียบกับค่าคลาดเคลื่อนอนุโลม(%Tolerance) คิดเป็น 1.12% ซึ่งน้อยกว่า 30% แสดงว่าระบบการวัดมีความผันแปรอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการวิเคราะห์ระบบการวัด

เนื่องจากระบบการวัดมีความผันแปรที่ยอมรับได้และความผันแปรจากสาเหตุรีพีททะบิลิตี้ มีค่าไม่ต่างจากความผันแปรจากสาเหตุรีโปรดิวซิบิลิตี้มากนัก จึงไม่จำเป็นต้องปรับปรุงระบบการวัดใหม่ ทำให้การวิเคราะห์ความแม่นยำและเที่ยงตรงของระบบการวัดเครื่องวัดวิเคราะห์ข้อมูลเสียงกระทบของมือจับอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

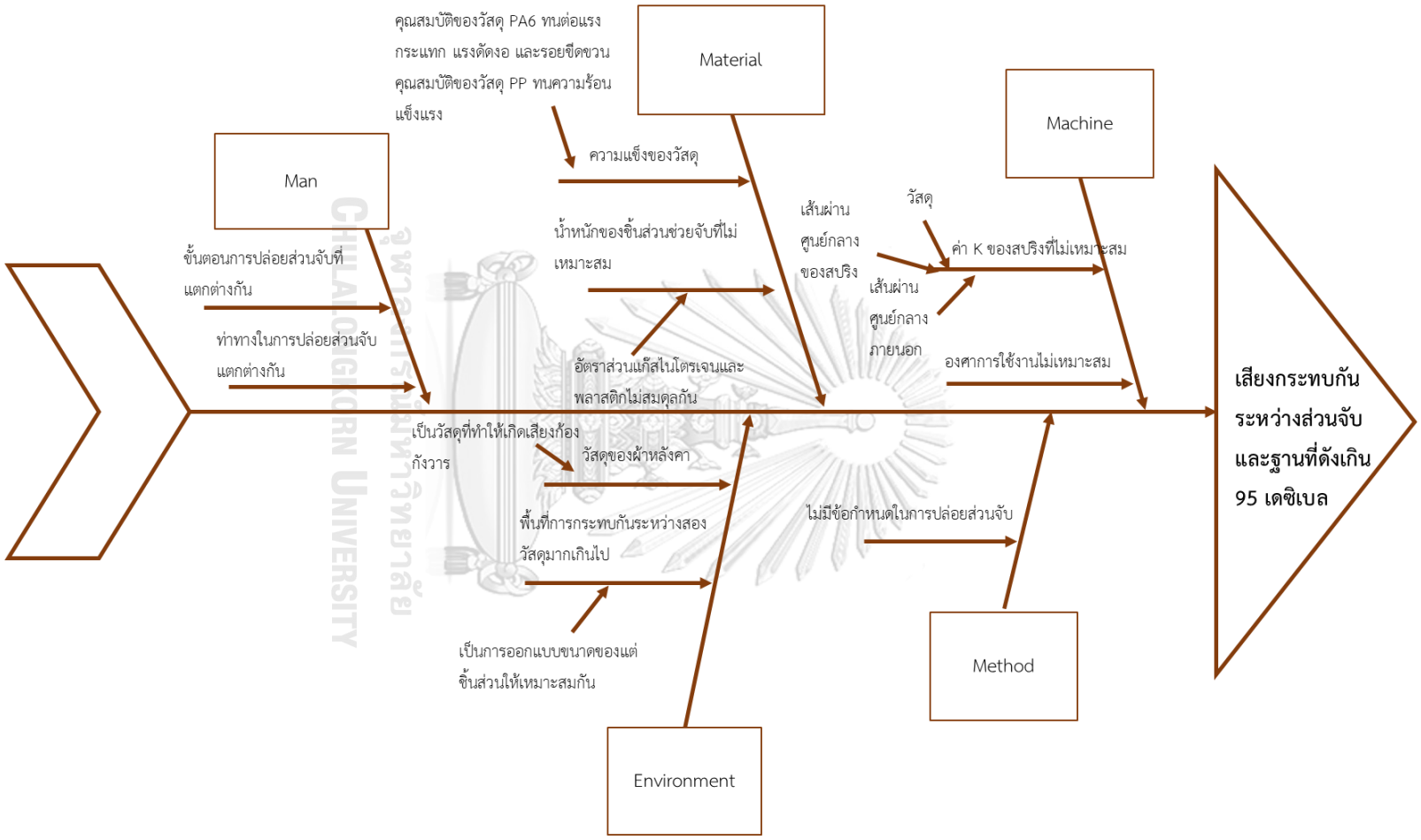
4.2. การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า

หลังจากทำการวิเคราะห์ระบบการวัดเสียงกระทบของมือจับด้วยโปรแกรม Minitab แล้ว ลำดับถัดไปคือการระดมสมองเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบกับระดับความดังของเสียงกระทบ เพื่อนำเอาปัจจัยนำเข้าไปวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงที่ส่งผลกระทบกับระดับความดังของเสียงกระทบที่เกินมาตรฐาน โดยการดำเนินการระดมสมองในขั้นตอนนี้จะเป็นการประชุมกันของสมาชิกที่ได้กล่าวไว้ในระยะนิยามปัญหา นั่นคือ หัวหน้าฝ่ายจัดซื้อ, หัวหน้าฝ่ายทดสอบชิ้นส่วนรถยนต์, หัวหน้าฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ, ผู้ผลิตมือจับ, หัวหน้าฝ่ายวิจัยและพัฒนา และผู้วิจัยที่อยู่ในส่วนของนักวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยขั้นตอนการระสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้ามีดังนี้

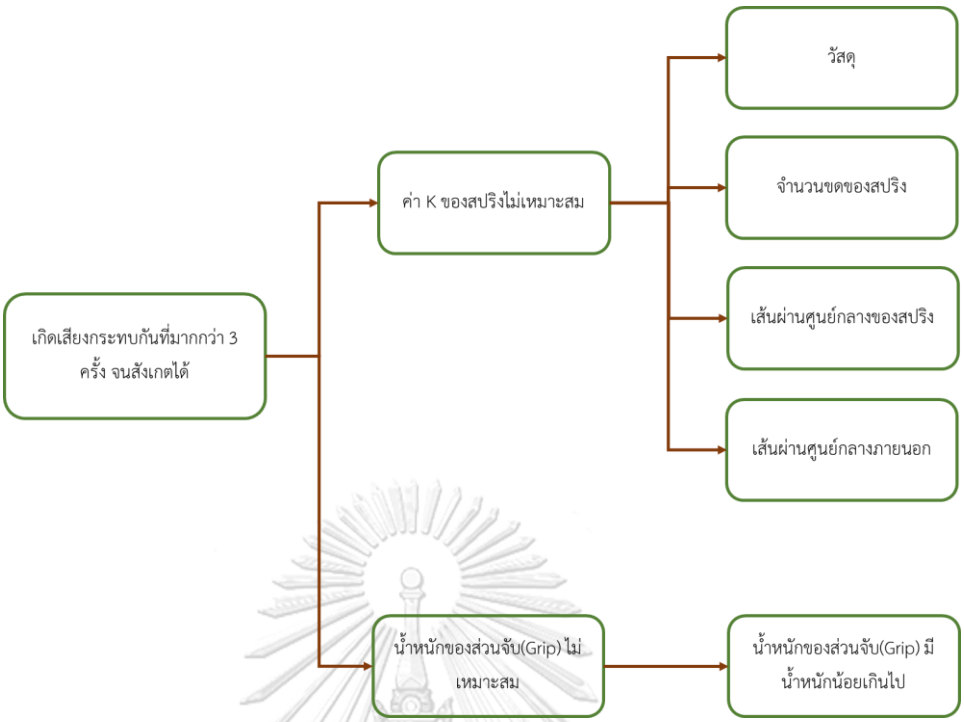
1. วิเคราะห์สาเหตุที่เป็นไปได้ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยแผนผังสาเหตุและผล (Cause and effect diagram) ซึ่งสามารถรวบรวมสาเหตุและแยกแยะหมวดหมู่ของปัจจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. หลังจากวิเคราะห์สาเหตุที่เป็นได้ไปจากแผนผังสาเหตุและผล (Cause and effect diagram) ทีมงานสมาชิกที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นจะนำเอาปัจจัยที่ได้มาคัดกรองด้วยตารางแสดงสาเหตุและผล (Cause and effect matrix) และให้คะแนนตามลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลกระทบกับระดับความดังของเสียงกระทบและจำนวนกระทบ
3. จากนั้นนำปัจจัยที่ได้จากทีมงานที่ผ่านการวิเคราะห์และให้คะแนนตามลำดับความสำคัญจากตารางเหตุและผล มาวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and effect analysis: FMEA) อีกครั้งโดยผ่านการระดมสมองของทีมงาน

4.2.1. การหาสาเหตุและปัจจัยโดยใช้ผังแสดงสาเหตุและผล (Cause and effect diagram)

ในขั้นตอนนี้เป็นการหาสาเหตุและปัจจัยแบบแผนภูมิก้างปลาและแผนภาพต้นใบสำหรับการวิเคราะห์สาเหตุระดับความดังของเสียงกระทบที่เกิน 95 เดซิเบล และแผนภูมิต้นสำหรับจำนวนครั้งที่กระทบกันระหว่างฐานและส่วนจับที่เกิน 3 ครั้ง โดยจะพิจารณาจาก 4M1E คือ Man, Machine, Material, Method, Measurement, และ Environment ดังรูปที่ 40 และ 41



รูปที่ 40 แผนผังเหตุและผล(Cause & effect diagram)แบบแผนภูมิก้างปลาแสดงการปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาเสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานที่ดังเกิน 95 เดซิเบล



รูปที่ 41 แผนผังเหตุและผล (Cause & effect diagram) แบบ Why-Why Analysis แสดงการปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับเกิน 3 ครั้ง

หลังจากทำการทดสอบการวัดและวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อปัญหา คณะผู้วิจัยพบว่าปัญหาเสียงกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับกับจำนวนครั้งที่เกินมาตรฐานนั้นมีความสัมพันธ์กัน โดยสาเหตุและปัจจัยของปัญหาเสียงกระทบดัง มี 9 ปัจจัย และสาเหตุของปัญหาจำนวนกระทบ มี 2 ปัจจัยที่เหมือนกับปัจจัยของปัญหาเสียงกระทบเกินมาตรฐาน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า เมื่อทำการปรับปรุงปัญหาเสียงกระทบดัง ปัญหาจำนวนการกระทบที่เกิน 3 ครั้ง ก้จะถูกปรับปรุงไปด้วย ในงานวิจัยเล่มนี้จึงรวมการวิเคราะห์หาปัจจัยที่สำคัญและการออกแบบการทดลองในการแก้ปัญหาทั้งสองปัญหาด้วย 9 ปัจจัย ในลำดับต่อไป

4.2.2. ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and effect matrix)

หลังจากระดมสมองเพื่อหาสาเหตุและปัจจัยโดยผ่านแผนผังสาเหตุและผล(Cause and Matrix) แบบแผนภูมิก้างปลา ได้สาเหตุและปัจจัยทั้งหมด 9 ปัจจัย จากนั้นนำปัจจัยที่ได้มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสะเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ซึ่งจะมีการวิเคราะห์และให้คะแนน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำสาเหตุและปัจจัยที่ได้จากการระดมสมองของทีมงานทั้งหมด มาใส่ในตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลดังตารางที่ xx โดยแบ่งตามหมวดหมู่ของ 4M1E (Man, Machine, Material, Method and Environment) และให้ทีมงานทุกคนให้คะแนนกับแต่ละปัจจัยตามความรู้ความชำนาญ และความเข้าใจในความสัมพันธ์ของปัจจัยและปัญหาอย่างอิสระต่อกัน โดยการให้คะแนนกับทุกปัจจัยจะมีเกณฑ์การลงคะแนน 0 ถึง 9 คะแนนดังต่อไปนี้

0 = ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับตัวแปรตอบสนอง

1 = มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับตัวแปรตอบสนอง น้อยมาก

3 = มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับตัวแปรตอบสนอง ปานกลาง

9 = มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับตัวแปรตอบสนอง มากที่สุด

2. หลังจากทีมงานทุกคนลงคะแนนครบทุกคนแล้ว ทำการเก็บรวบรวมคะแนน เพื่อนำมาพิจารณาระดับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและปัญหาของแต่ละปัจจัยด้วยเกณฑ์ดังนี้

2.1. กรณีที่คะแนนที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ให้สรุปคะแนนโดยพิจารณาจากคะแนนที่มีคนลงเหมือนกันจำนวนมากที่สุด เช่น ข้อที่ 1 มีคนให้คะแนน 3 จำนวน 3 คน ให้คะแนน 1 จำนวน 2 คน จะสรุปได้ว่าข้อนี้มีคะแนนเท่ากับ 3 คะแนน

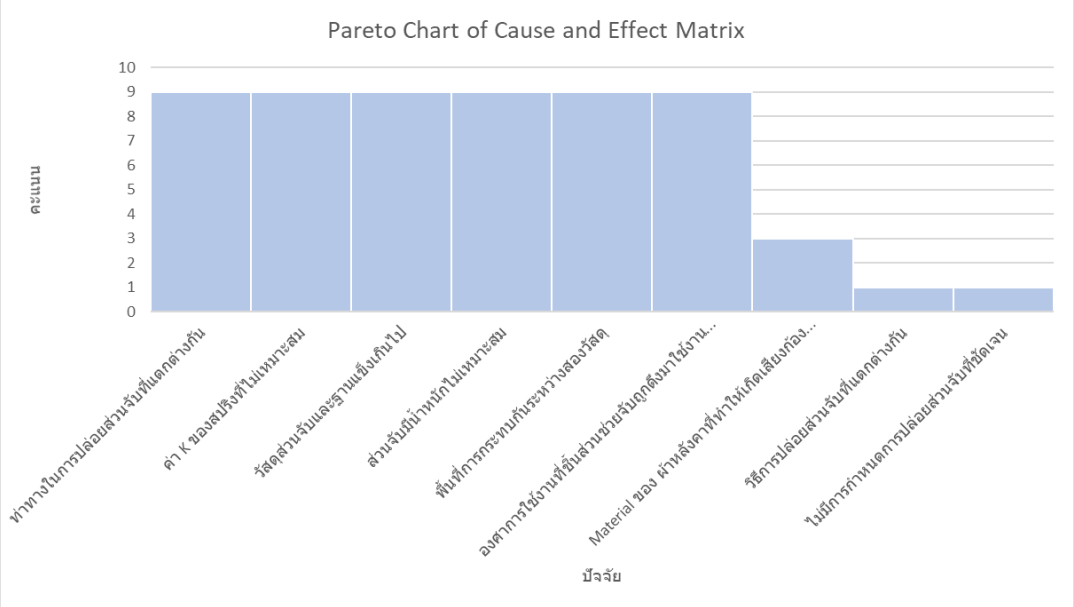
2.2 กรณีที่คะแนนที่ไม่เป็นไปนทิศทางเดียวกัน ให้คะแนนกระจัดกระจาย คนละคะแนน เช่น ในข้อที่ 2 คนหนึ่ง ให้ 3 คะแนน คนหนึ่งให้ 1 คะแนน อีกคนให้ 9 คะแนน ทำให้ไม่สามารถสรุปคะแนนได้ตามข้อ 2.1 ดังนั้นจึงจะต้องมีการตกลงร่วมกันในหัวข้อนั้นๆ และให้คะแนนร่วมกันในข้อนั้นๆ

3. จากนั้นทำการสรุปคะแนนของแต่ละปัจจัยในตารางสาเหตุและผลดังตารางที่ 9 หลังจากนั้นนำปัจจัยทั้งหมดมาจัดลำดับความสำคัญด้วย Pareto chart ที่เรียงจากคะแนนมากไปหาคะแนนน้อยดังรูปที่ 41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของปัจจัยที่มีโอกาสส่งผลต่อการกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับ

ลำดับ	ปัญหา	ปัจจัย	สาเหตุหลัก	คะแนน
1	**เสียงกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานที่ดังเกิน 95 เดซิเบล และจำนวนกระทบเกิน 3 ครั้ง**	Man	วิธีการปล่อยส่วนจับที่แตกต่างกัน	1
2			ท่าทางในการปล่อยส่วนจับที่แตกต่างกัน	9
3		Machine	ค่า K ของสปริงที่ไม่เหมาะสม	9
4		Material	วัสดุส่วนจับและฐานแข็งเกินไป	9
5			ส่วนจับมีน้ำหนักไม่เหมาะสม	9
6		Method	ไม่มีการกำหนดการปล่อยส่วนจับที่ชัดเจน	1
7		veronme	พื้นที่การกระทบกันระหว่างสองวัสดุ	9
8			Material ของ ผ้าหลังคาที่ทำให้เกิดเสียงก้องกังวานมากขึ้น	3
9			องศาการใช้งานที่ชิ้นส่วนช่วยจับถูกดึงมาใช้งานมากเกินไป	9



รูปที่ 42 แผนภูมิพาเรโต้ของความสัมพันธ์ของสาเหตและผลเรียงจากคะแนนมากไปน้อย

จากแผนภูมิพาเรโต้ในรูปที่ 42 จะเก็นได้ว่ามี 6 ปัจจัยที่ทีมงานให้คะแนนความสัมพันธ์สูงที่สุดคือ 9 คะแนน ดังนั้นทั้ง 6 ปัจจัยนี้จึงมีโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อปัญหาได้มากที่สุด ผู้วิจัยได้นำทั้ง 6 ปัจจัยนี้มาวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis; FMEA) ต่อ ซึ่งรายละเอียดของปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัยนี้ แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 หกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระดับความดังของเสียงกระทบและจำนวนครั้งที่กระทบของมือจับ

ลำดับ	พื้นฐานของปัจจัย	สาเหตุหลัก
1	สาเหตุที่เกิดจากพนักงาน	ท่าทางในการปล่อยส่วนจับที่แตกต่างกัน
2	สาเหตุที่เกิดจากอุปกรณ์หรือชิ้นส่วน	ค่า K ของสปริงที่ไม่เหมาะสม
3	สาเหตุที่เกิดจากวัสดุ	วัสดุส่วนจับและฐานแข็งเกินไป
4	สาเหตุที่เกิดจากวัสดุ	ส่วนจับมีน้ำหนักไม่เหมาะสม
5	สาเหตุที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม	พื้นที่การกระทบกันระหว่างสองวัสดุ
6	สาเหตุที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม	องศาการใช้งานที่ชิ้นส่วนช่วยจับถูกดึงมาใช้งานมากเกินไป

ทั้งนี้ทั้ง 6 ปัจจัยนั้นมาจากพื้นฐานของปัจจัยในหลายด้าน คือ สาเหตุที่มาจากพนักงาน, สาเหตุที่มาจากอุปกรณ์หรือชิ้นส่วน (part), สาเหตุที่มาจากวัสดุ และสาเหตุที่มาจากสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการเกิดเสียงกระทบและจำนวนกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับมีปัจจัยจากหลายด้าน โดยมีสมมติฐานการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- **สมมติฐานการวิเคราะห์ของแต่ละปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อปัญหา**

1. ท่าทางในการปล่อยส่วนจับที่แตกต่างกัน คือ พนักงานบางคนใช้ท่าทางในการปล่อยส่วนจับแบบไม่มีแรงของมือมากระทำ และพนักงานบางใช้ท่าทางในการปล่อยส่วนจับแบบมีแรงของมือมากระทำ ในปัจจัยใจนี้จะส่งผลอย่างมากต่อการกระทบของมือจับ เนื่องจากเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำต่อการปล่อยส่วนจับก็จะทำให้เสียงกระทบนั้นมีค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็น อย่างไรก็ตามปัจจัยนี้จะสามารถแก้ไขได้ด้วยการปรับปรุงปัจจัยอื่นๆให้เหมาะสม
2. ค่า K ของสปริงที่ไม่เหมาะสม คือ ค่า K ของสปริงคือค่าคงที่ในสปริงที่สามารถบ่งบอกความแข็งและความอ่อนของสปริงได้ โดยปัจจัยนี้ส่งผลกระทบต่อการกระทบของมือจับอย่างมาก เนื่องจากถ้าค่า K สปริงมากเกินไปจะทำให้สปริงมีความแข็งและส่งผลให้ส่วนจับดีดกลับสู่

ตำแหน่งต้นโดยเร็วและแรงทำให้เกิดเสียงกระทบที่ดังและจำนวนครั้งในการกระทบเกินมาตรฐาน แต่ถ้าค่าสปริงที่ต่ำเกินไปจะทำให้สปริงนั้นมีความอ่อนตัวและส่งผลให้ส่วนจับดีดกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นแบบมีจำนวนกระทบเกินมาตรฐานและอาจเกิดการเด้งไปมาของส่วนจับ ทำให้ดีดกลับไม่ถึงตำแหน่งเริ่มต้น

3. วัสดุส่วนจับและฐานแข็งเกินไป คือ วัสดุของส่วนจับนั้นทำด้วย Polypropylene: PP ที่มีคุณสมบัติที่มีความแข็ง มักใช้ในการขึ้นรูปชิ้นส่วนรถยนต์ วัสดุของฐานคือ Polyamides 6: PA6 ที่มีคุณสมบัติที่มีความแข็งและเหนียว มักใช้ในการรับแรง ซึ่งทั้งสองชิ้นมีความแข็ง และส่งผลให้เมื่อเกิดการกระทบกันมีเสียงดังเกินมาตรฐานได้
4. ส่วนจับมีน้ำหนักไม่เหมาะสม คือ ถ้าน้ำหนักของส่วนจับมากเกินไปจะส่งผลให้แรงภายในส่วนจับนั้นมีมากขึ้นเมื่อส่วนจับถูกปล่อยกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นจะทำให้มีแรงกระทบกับฐานมากขึ้น เสียงกระทบก็จะดังมากขึ้นและอาจทำให้จำนวนกระทบมากขึ้นด้วย แต่ถ้าน้ำหนักของส่วนจับมีค่าน้อยเกินไป ก็จะทำให้แรงภายในของส่วนจับน้อยลงและอาจส่งผลให้ส่วนจับหลังจากปล่อยกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นมีแรงน้อยลงทำให้อาจเกิดเหตุการณ์ที่ส่วนจับดีดกลับไม่ถึงจุดเริ่มต้นเช่นเดียวกับสมมติฐานของค่า K ของสปริง
5. พื้นที่การกระทบกันระหว่างสองวัสดุ คือ พื้นที่การกระทบกันของส่วนจับและฐานส่งผลกระทบให้มีเสียงดังมากขึ้นเมื่อหน้าสัมผัสเยอะขึ้น กล่าวคือถ้าพื้นที่การกระทบมากก็จะส่งผลให้เสียงกระทบดังขึ้น
6. องศาการใช้งานที่มือจับถูกดึงมาใช้งานมากเกินไป คือ องศาการใช้งานส่งผลกระทบต่องเสียงกระทบเป็นอย่างมาก เนื่องจากเมื่อส่วนจับถูกดึงออกมาใช้งานจะมีพลังงานศักย์อยู่ในนั้นและส่วนจับถูกปล่อยกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นก็จะมาพลังงานจลในการกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้น ดังนั้นถ้าองศาการใช้งานมากเกินไปก็จะทำให้ส่วนจับดีดกลับด้วยความเร็วจะเกิดเสียงกระทบที่ดังขึ้น

4.2.3. การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

หลังจากี่ได้ 6 ปัจจัยที่มีโอกาสส่งผลกระทบต่อปัญหามากที่สุดจากตารางแสดงความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ผู้วิจัยนำเอาทั้ง 6ปัจจัยนี้มาวิเคราะห์ด้วย ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) เพื่อคัดกรองปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดเสียงกระทบและจำนวนกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับอย่างแท้จริง เพื่อนำเอาปัจจัยที่แท้จริงไปปรับปรุงแก้ไขต่อในขั้นตอนถัดไป โดยขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบมีดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบด้วยการระดมสมองร่วมกันของทีมงานเดิมและบันทึกผลการวิเคราะห์ตามกระบวนการ
2. ประเมินความร้ายแรงของผลกระทบของปัจจัยต่างๆดังนี้
   - Severity: S คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบ
   - Occurrence: O คือ โอกาสในการเกิดปัญหา
   - Detection: D คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหา

ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลการทบ (AIAG, 2001)

ผลกระทบ ข้อบกพร่อง	**ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ผลิตภัณฑ์**	**ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการภายใน**	**คะแนน**
เกิดอันตรายโดยไม่มีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือขัดต่อกฎหมายโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
เกิดอันตรายโยมีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือขัดต่อกฎหมายโดยมีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยมีการเตือนล่วงหน้า	9
ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้ (เนื่องจากสูญเสียหน้าที่หลัก)	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจต้องถูกทำลายหรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงโดยใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง	8
ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ระดับสมรรถนะลดลงจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจมาก	อาจจะมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบคัดเลือก (sorting) และผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%)อาจถูกทำลาย หรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนก ซ่อมบำรุงระหว่างครึ่งถึงหนึ่งชั่วโมง	7
ผลกระทบต่ำ	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้ด้วยความสะดวกสบายแต่ระดับสมรรถนะลดลง	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจต้องได้รับการรีเวิร์ก หรือได้รับการซ่อมแซมนอกสายการผลิตที่ฝ่ายผลิต	5
ผลกระทบต่ำมาก	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า75%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์อาจได้รับการตรวจสอบแบบคัดเลือก (sorting) โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลายแต่บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจได้รับการรีเวิร์ก	4

ผลกระทบข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ผลิตภัณฑ์	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการภายใน	คะแนน
ผลกระทบเล็กน้อย	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดี นัก ลูกค้าประมาณครึ่งหนึ่งสามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจต้องได้รับการรีเวิร์กในสายการผลิตแต่นอกจุดปฏิบัติงานที่ต้องถูกทำลาย	3
เกือบไม่มีผลกระทบ	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดี นัก ลูกค้าส่วนน้อย (ต่ำกว่า 25%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%)อาจต้องได้รับการรีเวิร์กในสายการผลิตที่จุดปฏิบัติงาน โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลาย	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตได้	อาจมีความไม่สะดวกสบายเล็กน้อยต่อการปฏิบัติงานหรือตัวพนักงานหรือไม่มีผลกระทบใดๆ	1

ตารางที่ 12 เกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง (AIAG, 2001)

โอกาสในการเกิด	ความถี่ในการเกิดข้อบกพร่อง	คะแนน
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	≥ 100,000 (หรือ 10%)	10
	50,000(หรือ 5%)	9
สูง : เกิดข้อบกพร่องบ่อย	20,000(หรือ 2%)	8
	10,000 (หรือ 1%)	7
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	5,000 (หรือ 0.5%)	6
	2,000 (หรือ 0.2%)	5
	1,000 (หรือ 0.1%)	4
ต่ำ : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	500	3
	100	2
ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเลย	≤ 10	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 เกณฑ์การประเมินการตรวจจับปัญหาของระบบควบคุม (AIAG, 2001)

การตรวจจับ	กฎเกณฑ์	คะแนน
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีระบบการตรวจจับใดๆ	10
ห่างไกลมาก	มีระบบควบคุม แต่ไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	9
ห่างไกล	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	8
ต่ำมาก	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	7
ต่ำ	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้	6
ปานกลาง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	5
ค่อนข้างสูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	4
สูง	มีระบบควบคุมและเกือบจะมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	3
สูงมาก	มีระบบควบคุมและมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	2
สูงมาก	มีระบบการควบคุมตอนนี้ค่อนข้างแน่นอนที่จะป้องกันความผิดพลาดและมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	1

ในการคำนวณหาค่า RPN (Risk Priority Number) คือการนำเอา S x O x D ซึ่งค่าที่สูงที่สุดจะแสดงให้เห็นว่าสาเหตุนั้นก่อให้เกิดความเสี่ยงมากที่สุด ควรปรับปรุงสาเหตุนั้นเป็นลำดับต้นๆ ในงานวิจัยนี้ใช้คะแนนการประเมินตามตารางที่กล่าวมาข้างต้น คือ

- Severity: S คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบ พิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการทดลอง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน 1-10 ดังนี้
  - 1 ระดับความรุนแรงที่ส่งผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาน้อยที่สุด
  - 10 ระดับความรุนแรงที่ส่งผลกระทบเมื่อเกิดปัญหามากที่สุด
- Occurrence: O คือ โอกาสในการเกิดปัญหา พิจารณาโอกาสการเกิดปัญหาในกระบวนการทดลอง มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้
  - 1 ความถี่ในการเกิดปัญหาน้อยที่สุด
  - 10 ความถี่ในการเกิดปัญหามากที่สุด
- Detection: D คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหา พิจารณาความสามารถในการตรวจจับปัญหา โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้
  - 1 ความสามารถในการตรวจจับปัญหาน้อยที่สุด
  - 10 ความสามารถในการตรวจจับปัญหามากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์และให้คะแนนตามหลักการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ของทีมงาน ได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 14

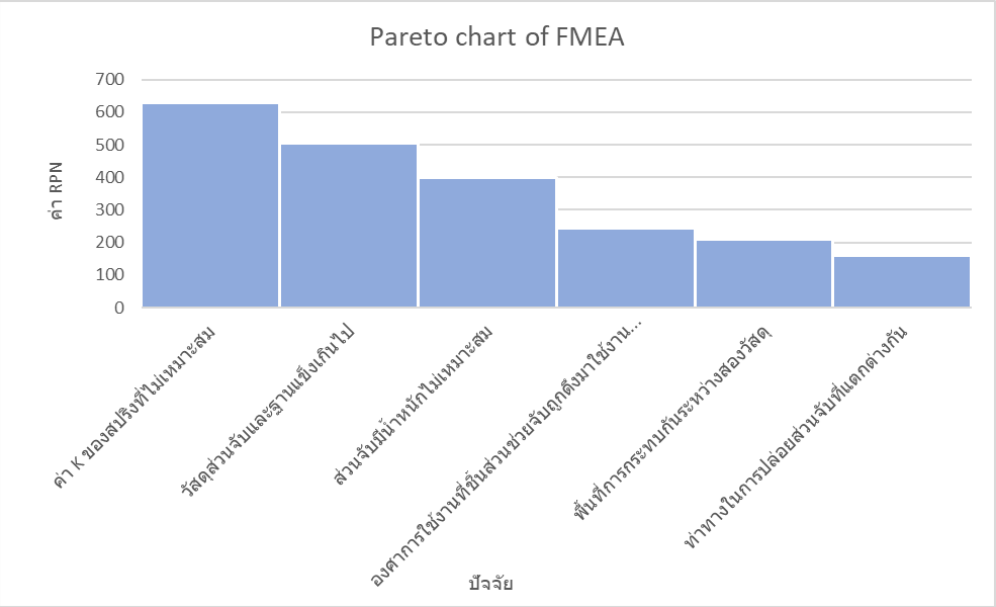
ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

ลำดับที่	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่องที่เป็นไปได้	S	สาเหตุของข้อบกพร่องที่เป็นไปได้	O	การควบคุมในปัจจุบัน	D	RPN	การปฏิบัติการเสนอแนะ
1	ท่าทางในการปล่อยส่วนจับที่แตกต่างกัน	ทำให้แรงที่กระทำต่อส่วนจับตอนปล่อยส่วนจับไม่เท่ากัน	4	ไม่มีการกำหนดท่าทางในการปล่อยส่วนจับที่ชัดเจน	8	ระบุท่าทางในการปล่อยส่วนจับให้ชัดเจน	5	160	กำหนดท่าทางในการปล่อยส่วนจับให้ชัดเจน
2	ค่า K ของสปริงที่ไม่เหมาะสม	ทำให้การเคลื่อนที่เชิงมุมของส่วนจับเร็วมากขึ้น	9	การออกแบบค่า K ของสปริงที่ไม่เหมาะสม	10	ใช้ K สปริงจากการทดลองเริ่มต้น	7	630	ปรับปรุงค่า K ของสปริง
3	วัสดุส่วนจับและฐานแข็งเกินไป	ทำให้เกิดเสียงกระทบที่ดัง	6	คุณสมบัติของวัสดุที่มีความแข็งแรง	7	ใช้วัสดุเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	5	210	ปรับปรุงวัสดุใหม่ความแข็งน้อยลง
4	ส่วนจับมีน้ำหนักที่ไม่เหมาะสม	ทำให้แรงเหวี่ยงของส่วนจับมีค่ามากขึ้น	8	อัตราส่วนแก๊สไนโตรเจนและพลาสติกไม่สมดุลกัน	9	ใช้ส่วนจับจากการทดลองเริ่มต้น	7	504	ปรับปรุงการฉีดขึ้นรูปของส่วนจับ
5	พื้นที่การกระทบกันระหว่างสองวัสดุ	ทำให้มีพื้นที่กระทบกันมากขึ้น	8	การออกแบบพื้นที่การกระทบให้เหมาะสมกัน	10	ใช้ขนาดของส่วนจับและฐานเดิม	5	400	ออกแบบส่วนจับและฐานให้เหมาะสม
6	องศาการใช้งานที่ส่วนจับถูกดึงมาใช้งานไม่เหมาะสม	ทำให้เกิดพลังงานศักย์ก่อนปล่อยส่วนจับมากขึ้น พลังงานจลพลังงานจากส่วนจับถูกปล่อยก็จะมากขึ้น	7	การออกแบบขนาดของแต่ชิ้นส่วนให้เหมาะสมกัน	7	ใช้องศาการใช้งานเดิมตามการออกแบบ	5	245	ปรับปรุงองศาการใช้งานให้เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 เรียงลำดับค่า RPN ของแต่ละปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ FMEA

ลำดับที่	สาเหตุของปัญหา	ค่า RPN
1	ค่า K ของสปริงที่ไม่เหมาะสม	630
2	วัสดุส่วนจับและฐานแข็งเกินไป	504
3	ส่วนจับมีน้ำหนักมากเกินไป	400
4	องศาการใช้งานที่ชิ้นส่วนช่วยจับถูกดึงมาใช้งานไม่เหมาะสม	245
5	พื้นที่การกระทบกันระหว่างสองวัสดุ	210
6	ท่าทางในการปล่อยส่วนจับที่แตกต่างกัน	160



รูปที่ 43 แผนภูมิพาเรโต้เรียงตามลำดับค่า RPN ของแต่ละปัจจัยที่ได้จาการวิเคราะห์ FMEA

หลังจากวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยที่แท้จริงด้วยการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ได้ค่า RPN เรียงจากมากไปน้อยเพื่อจัดลำดับปัจจัยที่ส่งผลกระทบมากที่สุดไปน้อยที่สุดดังแสดงในตารางที่ 15 และแผนภูมิพาเรโต้ในรูปที่ 43 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ค่า K ของสปริงที่ไม่เหมาะสมส่งผลกระทบต่อปัญหามากที่สุด ลองลงมาคือ วัสดุของส่วนจับและฐานที่แข็งเกินไป และ น้ำหนักของส่วนจับที่ไม่เหมาะสม และ องศาการใช้งานของส่วนจับที่ไม่เหมาะสม และพื้นที่การกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐาน และลำดับสุดท้ายคือ ท่าทางในการปล่อยส่วนจับที่

แตกต่างกัน ตามลำดับ ซึ่งทางทีมงานได้เลือก 5 ปัจจัยที่จะนำมาปรับปรุงคือ ค่า K ของสปริง, วัสดุของส่วนจับและฐาน, น้ำหนักของส่วนจับ, องศาการใช้งานของส่วนจับ และ พื้นที่การกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐาน ดังแสดงในตารางที่ 16 และได้มีการตัดปัจจัยท่าทางในปล่อยส่วนจับออก เนื่องจากมีการปรับปรุงโดยการจัดทำข้อกำหนดการปล่อยส่วนจับที่ชัดเจน เพื่อให้พนักงานที่ทำการทดสอบมือจับได้ทำการทดสอบด้วยท่าทางที่เหมือนกัน

ตารางที่ 16 ปัจจัยที่ถูกคัดเลือกหลังจากวิเคราะห์ FMEA เพื่อนำไปปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป

ลำดับที่	สาเหตุของปัญหา	ค่า RPN
1	ค่า K ของสปริงที่ไม่เหมาะสม	630
2	วัสดุส่วนจับและฐานแข็งเกินไป	504
3	ส่วนจับมีน้ำหนักไม่เหมาะสม	400
4	องศาการใช้งานที่ชิ้นส่วนช่วยจับถูกดึงมาใช้งานไม่เหมาะสม	245
5	พื้นที่การกระทบกันระหว่างสองวัสดุ	210

4.3. สรุประยะการตรวจวัดปัญหา

ระยะการวัดเพื่อกำหนดปัญหาในงานวิจัยนี้ได้เริ่มจากการวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงตรงของระบบการวัดของกระบวนการวัดค่าการกระทบของมือจับในรถกระบะโดยใช้เครื่องมือวัดเสียง Function testing noise and Vibration measurement system รุ่น AND AD-3651 ที่ความแม่นยำและเที่ยงตรงของกระบวนการวัดนี้จะขึ้นอยู่กับความแม่นยำของเครื่องมือวัดและความสามารถของพนักงานทดสอบมือจับ หลังจากทำการตรวจสอบ เครื่องมือวัดเสียง Function testing noise and Vibration measurement system รุ่น AND AD-3651 ได้ทำการสอบเทียบความแม่นยำเที่ยงตรงทุกปี ทำให้สามารถเชื่อถือได้ และได้ทำการตรวจสอบความแม่นยำของพนักงานทดสอบโดยการวิเคราะห์ผ่านการทดสอบความแปรปรวนของระบบการวัด (Gage Repeatability and Reproducibility: Gage R&R) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของระบบการวัด %SV หรือ P/TV อยู่ที่ 21.10% ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 30% สามารถสรุปความแม่นยำและเที่ยงตรงของระบบการวัดในส่วนของพนักงานทดสอบได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ หลังจากนั้นได้ทำการระดมสมองของทีมงานเพื่อหาสาเหตุและปัจจัยของปัญหาการกระทบของมือจับด้วย แผนภูมิสาเหตุและผลกระทบ (Cause and effect diagram) แบบแผนภูมิก้างปลาและแผนภูมิต้นใบ ซึ่งได้ทั้งหมด 9 ปัจจัย ที่อาจส่งผลกระทบต่อปัญหา โดยคณะผู้วิจัยพบว่า ปัญหาเสียงกระทบดังเกินมาตรฐานและปัญหาจำนวนกระทบเกิน 3 ครั้ง นั้นมีสาเหตุและปัจจัยร่วมกันจึงสามารถรวมปัจจัยและนำไปทำการ

คัดกรองปัจจัยที่ได้ด้วยตารางสาเหตุและผลกระทบ (Cause and effect matrix) ร่วมกันต่อได้ ด้วยการลงคะแนนให้กับแต่ละปัจจัยที่ส่งผลกระทบมากที่สุดไปน้อยที่สุด ซึ่งได้ปัจจัยที่ส่งกระทบสูงต่อปัญหาทั้งหมด 6 ปัจจัย จากนั้นนำทั้ง 6 ปัจจัยไปวิเคราะห์ลักษณะและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) เพื่อหาปัจจัยที่ควรได้รับการปรับปรุงเป็นลำดับต้นๆ โดยการลงคะแนน Severity: S, Occurrence: O, และ Detection: D เพื่อหาปัจจัยที่มีค่า RPN (Risk Priority Number) ที่สูง พบว่า มี 5 ปัจจัยที่มีค่า RPN สูง และควรได้รับการปรับปรุงก่อน ได้แก่ ค่า K ของสปริง, วัสดุของส่วนจับและฐาน, น้ำหนักของส่วนจับ, องศาการใช้งานของส่วนจับ และ พื้นที่การกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐาน ทั้ง 5 ปัจจัยนี้คณะผู้ทำงานคาดว่าจะส่งผลกระทบและจะมีศักยภาพมากพอที่จะสามารถปรับปรุง แก้ไขปัญหาการกระทบของมือจับได้ โดยทั้ง 5 ปัจจัยนี้จะถูกนำไปใช้ในการออกแบบการทดลองในลำดับต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
ระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหานี้จะเป็นการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่แท้จริงที่ได้ผ่านการคัดกรองจากระยะการวิเคราะห์การวัดในบทที่ 4 จากการระดมสมองของทีมงานและเครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ ซึ่งมี 5 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระดับความดังของเสียงกระทบและจำนวนกระทบมีค่า RPN สูง ซึ่งควรที่จะได้รับการปรับปรุงเป็นลำดับแรก ได้แก่ ค่า K ของสปริง, วัสดุของส่วนจับและฐาน, น้ำหนักของส่วนจับ, องศาการใช้งานของส่วนจับ และ พื้นที่การกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐาน โดยขั้นตอนถัดไปคือการนำทั้ง 5 ปัจจัยมาทดสอบสมมติฐานทางสถิติ เพื่อหาว่าปัจจัยใดที่ส่งผลกระทบต่อระดับความดังของเสียงกระทบและจำนวนกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้หลักการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาอย่างมีนัยสำคัญ

5.1 ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบสมมติฐานของการออกแบบการทดลอง

หลังจากที่ได้ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระดับความดังของเสียงกระทบที่เกินมาตรฐาน 95 เดซิเบล และจำนวนการกระทบที่เกิน 3 ครั้ง ของมือจับอย่างแท้จริง ทั้ง 5 ปัจจัย โดยผ่านกระบวนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ สามารถแสดงทั้ง 5 ปัจจัยได้ดังนี้

1. ค่า K ของสปริงที่ไม่เหมาะสม
2. วัสดุของส่วนจับและฐานที่แข็งเกินไป
3. น้ำหนักของส่วนจับที่ไม่เหมาะสม
4. องศาการใช้งานของส่วนจับ
5. พื้นที่การกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐาน

ปัจจัยทั้ง 5 จะสามารถนำมาออกแบบการทดลองเป็นการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) ที่กำหนดระดับของปัจจัยดังตารางที่ 17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 17 ระดับของปัจจัยในการทดลองส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD)

ลำดับ	ปัจจัย	หน่วย	ระดับ		
			-1(ต่ำ)	0(กลาง)	1(สูง)
1	ค่า K ของสปริง	Nmm/deg	0.80	0.94	1.35
2	วัสดุของส่วนจับ	-	1	2	3
3	น้ำหนักของส่วนจับ	g	78	79	80
4	พื้นที่กระทบ	cm^2	1.6	2	2.4
5	องศาการใช้งาน	deg	100	105	110

หมายเหตุ ในส่วนของวัสดุของส่วนจับและฐานที่แข็งเกินไป ในการทดลองนี้ทางผู้วิจัยเลือกที่จะปรับปรุงวัสดุของส่วนจับด้วยการติด Poly Urethane (PU) ในระดับกลาง และ Chip Urethane ในระดับที่ต่ำ โดยระดับสูงนั้นจะเป็นวัสดุเริ่มต้นของส่วนจับ (PP)

5.2. หลักการปรับค่าของแต่ละปัจจัยในการออกแบบการทดลอง

หลักการการปรับค่าของแต่ละปัจจัยจะถูกกำหนดโดยข้อจำกัดของแต่ละปัจจัยจากความสามารถในการผลิตมือจับและส่วนประกอบของมือจับตามความเป็นจริง โดยอ้างอิงจากค่าของแต่ละปัจจัยในปัจจุบันที่ตั้งไว้ในระดับสูง นั่นคือ ค่า K ของสปริงเท่ากับ 1.35 Nmm/deg ใช้วัสดุของส่วนจับเป็นแบบเริ่มต้น (PP : แบบที่ 3) น้ำหนัก 80 กรัม พื้นที่กระทบ 2.4 ตารางเซนติเมตร และองศาการใช้งานอยู่ที่ 110 องศา จากนั้นปรับค่าของแต่ละปัจจัยตามข้อจำกัดนั้นๆ ตามความเหมาะสม เพื่อให้เสียงกระทบและจำนวนกระทบอยู่ในค่ามาตรฐาน หากมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่บริษัทกรณีศึกษายอมรับได้

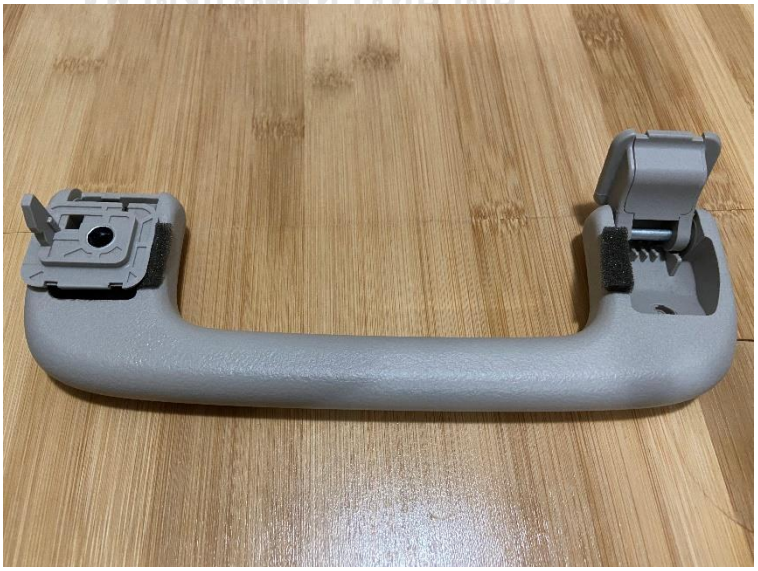
ปัจจัยแรกคือ ค่า K ของสปริง ปัจจัยนี้จะถูกปรับตาม K spring ตามที่ผู้ผลิตสปริงสามารถผลิตให้กับบริษัทผลิตมือจับได้ จากค่าปัจจุบันที่ทางบริษัทกรณีศึกษาใช้อยู่นั้นอยู่ที่ K เท่ากับ 1.35 เป็นค่าที่อยู่ในระดับสูง และ คณะผู้วิจัยได้ตั้งค่า K ของ Spring ในระดับต่ำที่ 0.8 ตามที่ผู้ผลิตสปริงจะสามารถผลิตให้ได้ จากนั้นค่า K เท่ากับ 0.94 Nmm/deg ในรับกลางนั้น ได้มาจาก การออกแบบการทดลอง ซึ่งได้รับการยอมรับจากผู้ผลิตสปริงแล้วเช่นกัน

ปัจจัยที่สองคือ วัสดุของส่วนจับ หรือสาเหตุที่วัสดุของส่วนจับและฐานแข็งเกินไป ดังนั้นผู้วิจัยจะต้องเลือกหนึ่งวัสดุมาปรับปรุง โดยในการปรับปรุงครั้งนี้ผู้วิจับเลือกที่จะปรับวัสดุของส่วนจับ

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยไม่สามารถเปลี่ยนวัสดุของส่วนจับได้เนื่องจากจะทำให้กระทบกับกระบวนการผลิตส่วนจับและคุณสมบัติเฉพาะตามที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด ซึ่งจะทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในการปรับปรุงในส่วนของวัสดุของส่วนจับจึงเป็นการนำเอา วัสดุซับเสียงมาติดโดยแบ่งเป็น ระดับที่สูง เป็นวัสดุของส่วนจับดั่งเดิม (PP) มีขนาดกว้าง 0.6 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร ดังแสดงในรูป 44 ระดับที่กลาง Poly Urethane (PU) ขนาด กว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร สูง 0.2 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 45 และ ระดับที่ต่ำ Chip Urethane ขนาด กว้าง 0.4 มิลลิเมตร ยาว 2 เซนติเมตร สูง 0.3 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 46

รูปที่ 44 พื้นที่เริ่มต้นโดยไม่มีวัสดุซับเสียงมาติด มีขนาด กว้าง 0.6 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 45 Poly Urethane (PU) ขนาด กว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร สูง 0.2 เซนติเมตร

รูปที่ 46 Chip Urethane ขนาด กว้าง 0.4 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร สูง 0.3 เซนติเมตร

ปัจจัยที่สามคือ น้ำหนักของส่วนจับ ในการปรับปรุงนี้มีค่าน้ำหนักของมือจับปัจจุบันที่ทำให้เกิดปัญหาอ้างอิงอยู่ที่ 80 กรัม ในระดับสูง และทำการปรับค่าให้ต่ำลงตามที่ผู้ผลิตส่วนจับทำได้ คือ 79 กรัม ในระดับกลาง และ 78 กรัม ในระดับต่ำ

ปัจจัยที่สี่คือ พื้นที่ตกกระทบวัดตามพื้นที่ที่ส่วนจับและฐานกระทบกัน โดยมีขนาดตามวัสดุซับเสียงดังปัจจัยที่สอง นั่นคือ ระดับสูงมีพื้นที่ 2.4 ตารางเซ็นติเมตร ระดับกลางมีพื้นที่ 2 ตารางเซ็นติเมตร และระดับต่ำมีพื้นที่ 1.6 ตารางเซ็นติเมตร

ปัจจัยที่ห้าคือ องศาการใช้งาน จากการออกแบบองศาการใช้งานของมือจับในปัจจุบันอยู่ที่ 110 องศา ซึ่งเป็นระดับสูง และในการทดลองจึงปรับองศาการใช้งานให้แคบขึ้น โดยที่ ระดับกลางมีอาศาการใช้งานอยู่ 105 องศา และระดับต่ำมีองศาการใช้งานที่ 100 องศา

5.3. ตัวแปรตอบสนอง

ตัวแปรตอบสนองในการทดลองคือ ค่าระดับความดังของเสียงกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับในหน่วย เดซิเบล dB และจำนวนการกระทบของมือจับ

5.4. การออกแบบการทดลอง

ในการออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้ใช้การออกแบบการทดลองส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) ซึ่งมีปัจจัยทั้งหมด 5 ปัจจัย โดยแต่ละปัจจัยจะมี 3 ระดับ ซึ่งจะมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- ทำการเลือกการทำลองแบบพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Design) ในโปรแกรม Minitab และเลือกลำดับการทดลองให้เป็นแบบสุ่ม (Randomization) เพื่อให้มีการสุ่มการทดลองทั้งสามส่วนคือ ส่วนของการทองแฟคทอเรียล ส่วงของจุดแกน (Axial Runs) และ ส่วนของจุดศูนย์กลาง (Center Runs) โดยจะทำการเลือกจำนวนการครั้งทดลองที่ 32 ครั้งตามตารางที่ 18

-

ตารางที่ 18 จำนวนครั้งการทดลองของแบบการทดลองแบบพื้นผิวผลตอบ

Available Response Surface Designs (with Number of Runs)

Design		Factors								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Central Composite full	unblocked	13	20	31	52	90	152			
	blocked	14	20	30	54	90	160			
Central Composite half	unblocked				32	53	88	154		
	blocked				33	54	90	160		
Central composite quarter	unblocked							90	156	
	blocked							90	160	
Central Composite eighth	unblocked									158
	blocked									160
Box-Behnken	unblocked		15	27	46	54	62		130	170
	blocked			27	46	54	62		130	170

5.5. ขั้นตอนการทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการตั้งค่าการออกแบบการทดลอง รายละเอียดของการทดลองที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม Minitab ก็จะเป็นไปตามตารางที่ 19 เมื่อได้เงื่อนไขในการทดลองทั้งหมด 32 เงื่อนไข ทั้ง 32 เงื่อนไขนี้จะถูกส่งไปให้ผู้ผลิตมือจับ เพื่อที่จะผลิตมือจับตามเงื่อนไขนั้น และนำทั้ง 32 เงื่อนไข มาทำการทดสอบเสียงกระทบและจำนวนครั้งในการกระทบภานในหนึ่งวัน เพื่อหลีกเลี่ยงปัจจัยภายนอก เช่น ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งของไมค์วัดเสียง เป็นต้น

ตารางที่ 19 รายละเอียดและลำดับการทดลองจากการออกแบบการทดลอง Central Composite Design (CCD)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	K Spring	Weight of Grip	Material	Hitting area	Opearated angle
14	1	1	1	1.35	78	3	2.4	100
11	2	1	1	0.8	80	1	2.4	110
4	3	1	1	1.35	80	1	1.6	110
9	4	1	1	0.8	78	1	2.4	100
18	5	-1	1	1.35	79	2	2	105

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	K Spring	Weight of Grip	Material	Hitting area	Opearated angle
29	6	0	1	0.94	79	2	2	105
5	7	1	1	0.8	78	3	1.6	100
1	8	1	1	0.8	78	1	1.6	110
28	9	0	1	0.94	79	2	2	105
21	10	-1	1	0.94	79	1	2	105
23	11	-1	1	0.94	79	2	1.6	105
22	12	-1	1	0.94	79	3	2	105
12	13	1	1	1.35	80	1	2.4	100
13	14	1	1	0.8	78	3	2.4	110
3	15	1	1	0.8	80	1	1.6	100
6	16	1	1	1.35	78	3	1.6	110
24	17	-1	1	0.94	79	2	2.4	105
26	18	-1	1	0.94	79	2	2	110
15	19	1	1	0.8	80	3	2.4	100
2	20	1	1	1.35	78	1	1.6	100
32	21	0	1	0.94	79	2	2	105
10	22	1	1	1.35	78	1	2.4	110
27	23	0	1	0.94	79	2	2	105
19	24	-1	1	0.94	78	2	2	105
30	25	0	1	0.94	79	2	2	105
8	26	1	1	1.35	80	3	1.6	100
31	27	0	1	0.94	79	2	2	105
16	28	1	1	1.35	80	3	2.4	110
20	29	-1	1	0.94	80	2	2	105
7	30	1	1	0.8	80	3	1.6	110
17	31	-1	1	0.8	79	2	2	105
25	32	-1	1	0.94	79	2	2	100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.6. ผลการทดลอง

เมื่อได้รายละเอียดเงื่อนไขจากการประมวลผลของโปรแกรม Minitab ก็ได้ทำการส่งข้อมูลเงื่อนไขทั้งหมดให้กับผู้ผลิตมือจับเพื่อผลินมือจับตามเงื่อนไขที่ได้ แล้วมาทำการทดลองตามลำดับได้ผลการทดลองดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลการทดลองจากการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	K Spring	Weight of Grip	Material	Hitting area	Operation angle	Sound level	Hitting quantity
14	1	1	1	1.35	78	3	2.4	100	99.5	4
11	2	1	1	0.8	80	1	2.4	110	92.4	2
4	3	1	1	1.35	80	1	1.6	110	100.2	4
9	4	1	1	0.8	78	1	2.4	100	93.8	3
18	5	-1	1	1.35	79	2	2	105	98.7	4
29	6	0	1	0.94	79	2	2	105	96.2	3
5	7	1	1	0.8	78	3	1.6	100	90.6	2
1	8	1	1	0.8	78	1	1.6	110	91.1	3
28	9	0	1	0.94	79	2	2	105	97.2	3
21	10	-1	1	0.94	79	1	2	105	97.8	3
23	11	-1	1	0.94	79	2	1.6	105	97.0	3
22	12	-1	1	0.94	79	3	2	105	96.4	3
12	13	1	1	1.35	80	1	2.4	100	100.0	4
13	14	1	1	0.8	78	3	2.4	110	90.2	2
3	15	1	1	0.8	80	1	1.6	100	91.4	3
6	16	1	1	1.35	78	3	1.6	110	100.0	4
24	17	-1	1	0.94	79	2	2.4	105	97.2	3
26	18	-1	1	0.94	79	2	2	110	97.1	4
15	19	1	1	0.8	80	3	2.4	100	90.5	2
2	20	1	1	1.35	78	1	1.6	100	100.1	4
32	21	0	1	0.94	79	2	2	105	98.4	3
10	22	1	1	1.35	78	1	2.4	110	100.0	4
27	23	0	1	0.94	79	2	2	105	98.0	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	K Spring	Weight of Grip	Material	Hitting area	Operation angle	Sound level	Hitting quantity
19	24	-1	1	0.94	78	2	2	105	97.0	3
30	25	0	1	0.94	79	2	2	105	97.9	3
8	26	1	1	1.35	80	3	1.6	100	99.2	4
31	27	0	1	0.94	79	2	2	105	98.1	3
16	28	1	1	1.35	80	3	2.4	110	99.5	4
20	29	-1	1	0.94	80	2	2	105	97.4	3
7	30	1	1	0.8	80	3	1.6	110	93.0	2
17	31	-1	1	0.8	79	2	2	105	92.1	3
25	32	-1	1	0.94	79	2	2	100	97.0	3

ผลการทดลองที่ได้จะเห็นได้ว่าในแต่ละเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ทำให้เสียงกระทบและจำนวนกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับมีทั้งผ่านและไม่ผ่านมาตรฐานที่ตั้งไว้ โดยขั้นตอนต่อไปจะนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยการตรวจสอบสมมติฐานว่าข้อมูลมีลักษณะเหมาะสมที่จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติหรือไม่ ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ

5.7. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากได้ผลการทดลองของเสียงกระทบและจำนวนกระทบของมือจับดังตารางที่ 20 ซึ่งเป็นการทดลองที่ได้จากการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางทั้งหมด 32 เงื่อนไข จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้ไปทำการวิเคราะห์การทดลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Minitab ดังรูปที่ 47 และ รูปที่ 48

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	8	319.432	39.929	89.45	0.000
Linear	5	292.484	58.497	131.05	0.000
K Spring	1	288.801	288.801	647.00	0.000
Weight of Grip	1	0.094	0.094	0.21	0.651
Material	1	3.467	3.467	7.77	0.010
Hitting area	1	0.014	0.014	0.03	0.862
Opearated angle	1	0.109	0.109	0.24	0.626
Square	1	93.290	93.290	209.00	0.000
K Spring*K Spring	1	93.290	93.290	209.00	0.000
2-Way Interaction	2	5.446	2.723	6.10	0.007
Weight of Grip*Opearated angle	1	2.806	2.806	6.29	0.020
Material*Hitting area	1	2.641	2.641	5.92	0.023
Error	23	10.266	0.446		
Lack-of-Fit	18	7.013	0.390	0.60	0.807
Pure Error	5	3.253	0.651		
Total	31	329.699			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.668107	96.89%	95.80%	93.10%

รูปที่ 47 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเสียงกระทบของมือจับ

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	11.5807	2.31614	46.53	0.000
Linear	3	10.5604	3.52012	70.71	0.000
K Spring	1	9.7717	9.77165	196.30	0.000
Weight of Grip	1	0.0000	0.00000	0.00	1.000
Material	1	0.7887	0.78871	15.84	0.000
Square	1	0.2535	0.25351	5.09	0.033
Weight of Grip*Weight of Grip	1	0.2535	0.25351	5.09	0.033
2-Way Interaction	1	0.8706	0.87057	17.49	0.000
K Spring*Material	1	0.8706	0.87057	17.49	0.000
Error	26	1.2943	0.04978		
Lack-of-Fit	21	1.2943	0.06163	*	*
Pure Error	5	0.0000	0.00000		
Total	31	12.8750			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.223114	89.95%	88.01%	87.62%

รูปที่ 48 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจำนวนกระทบของมือจับ

จะเห็นได้ว่าจากรูปที่ 47 และ รูปที่ 48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ของทั้งปัญหาเสียงกระทบดังและจำนวนครั้งการกระทบ ที่มีการพิจารณาค่า P-Value ของแต่ละปัจจัย โดยที่ถ้าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05 จะสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อปัญหาอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในการวิเคราะห์นี้มีระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เริ่มจากการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งกระทบต่อเสียงกระทบของมือจับ คือปัจจัยหลัก ค่า K ของ Spring และ วัสดุของส่วนจับ และในส่วนของปัจจัยร่วมมี 2 คู่ ได้แก่ น้ำหนักของส่วนจับกับองศาการใช้งาน และ วัสดุของส่วนจับกับพื้นที่การกระทบ ค่า R-sq อยู่ที่ 96.89% ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยสามารถอธิบายตัวแปรตอบสนองได้ดี ในส่วนของการวิเคราะห์จำนวนครั้งกระทบ จากรูปจะเห็นได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบได้แก่ ปัจจัยหลัก ค่า K ของสปริง และวัสดุของส่วนจับ โดยปัจจัยร่วมคือ ค่า K ของสปริง และวัสดุของส่วนจับ เช่นกัน มีค่า R-sq อยู่ที่ 89.95% ซึ่งปัจจัยที่ได้สามารถอธิบายตัวแปรตอบสนองได้ดีเช่นกัน สมมติฐานที่ตั้งไว้ในบทที่ 4 นั้นเป็นจริง ทั้งห้าปัจจัยส่งผลกระทบต่อปัญหาเสียงกระทบดังและจำนวนครั้งการกระทบ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่ส่งกระทบต่อปัญหาเสียงกระทบและจำนวนครั้งกระทบอย่างมีนัยสำคัญมีทั้งหมด 5 ปัจจัย คือค่า K ของ Spring, วัสดุของส่วนจับ, น้ำหนักของส่วนจับ, องศาการใช้งาน และพื้นที่การกรทบ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะถูกนำไปหาค่าที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดลองในขั้นตอนถัดไป

5.8. สรุปผลการทดลอง

ในระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อระดับความดังและจำนวนครั้งการกระทบของมือจับที่มีการใช้กระบวนการทางสถิติต่างๆมาวิเคราะห์สมมติฐานหาสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา โดยเริ่มที่การออกแบบการทดลองซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) ซึ่งมีปัจจัยทั้งหมด 5 ปัจจัย และแต่ละปัจจัยจะมี 3 ระดับ คือ K ของ Spring, วัสดุของส่วนจับ, น้ำหนักของส่วนจับ, องศาการใช้งาน และพื้นที่การกระทบ มาออกแบบการทดลองได้ทั้งหมด 32 แบบการทดลอง หลังจากนั้น ทำการทดลองตามผลของการออกแบบการทดลอง ซึ่งผลที่ได้ออกมามีทั้งผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ จึงนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์เชิงสถิติ พบว่า ทั้ง 5 ปัจจัยส่งผลกระทบต่อระดับเสียงกระทบของมือจับ และมี 1 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อจำนวนครั้งการกระทบ โดยที่ ค่า R-sq อยู่ที่ 96.89% และ 90.39% ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ดังนั้นจึงสามารถพิสูจน์ได้ว่า ทั้ง 5 ปัจจัย คือ K ของ Spring, วัสดุของส่วนจับ, น้ำหนักของส่วนจับ, องศาการใช้งาน และพื้นที่การกรทบ ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญตามสมมติฐาน และทั้ง 5 ปัจจัยจะถูกนำไปหาระดับที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป

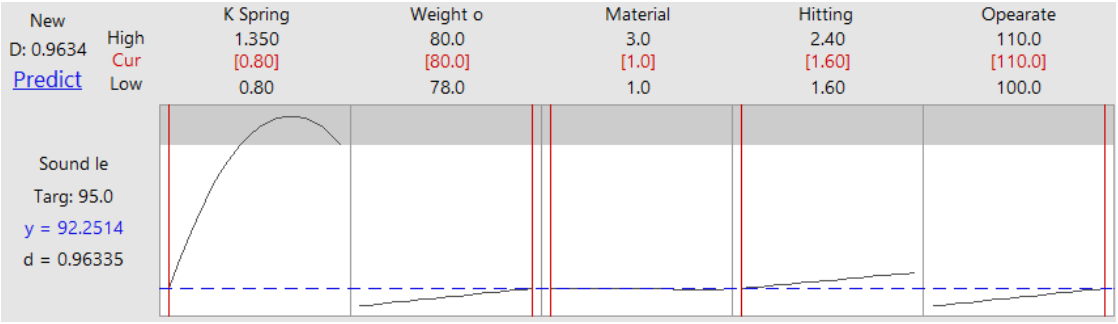
บทที่ 6
ระยะปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)

หลังจากทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในระยะที่แล้ว ผลการวิเคราะห์ที่ออกมานั้นทำให้รู้ถึงปัจจัยที่แท้จริงที่ส่งผลกระทบต่อระดับเสียงการกระทบและจำนวนครั้งการกระทบของมือจับอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อได้ปัจจัยที่ส่งกระทบต่อปัญหาแล้ว ซึ่งมี 5 ปัจจัยหรือปัจจัยทั้งหมดที่ได้จากการสมมติ คือ K ของ Spring, วัสดุของส่วนจับ, น้ำหนักของส่วนจับ, องศาการใช้งาน และพื้นที่การกระทบ และนำปัจจัยเหล่านี้มาปรับปรุงแก้ไขเพื่อหาระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย โดยสามารถใช้การออกแบบการทดลองเดิมได้เลย เนื่องจากทั้งปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมทุกตัวส่งผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ จึงไม่จำเป็นต้องออกแบบการทดลองใหม่เพื่อตัดปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องออก ซึ่งในการปรับปรุงแต่ละปัจจัยโดยการหาระดับที่เหมาะสมด้วยกระบวนการหาค่าที่เหาะสม (Response Optimization) จากโปรแกรม Minitab จะช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์หาระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมกันและสามารถลดจำนวนการทดลองเพิ่มเติมเพื่อหาระดับที่เหมาะสม เมื่อได้ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย จะนำค่าที่ได้มากำหนดระดับของปัจจัยใหม่เพื่อทดสอบแบบจำลองที่ได้จากค่าที่เหมาะสม จากนั้นทำการวัดผลและวิเคราะห์การทดลองเชิงสถิติ สรุปผลการทดลองและค่าที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการกำหนดสภาวะในการผลิตจริงต่อไป

6.1. ค่าที่เหมาะสมกับงานวิจัย

ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยหาได้จากการนำทั้ง 5 ปัจจัยที่ผ่านการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญทางสถิติในระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุ ได้แก่ K ของ Spring, วัสดุของส่วนจับ, น้ำหนักของส่วนจับ, องศาการใช้งาน และพื้นที่การกระทบ มาหาค่าที่เหมาะสมโดยใช้กระบวนการหาค่าที่เหมาะสม(Response Optimization) จากโปรแกรม Minitab ค่าที่เหมาะสมที่สุดจะทำให้ค่าความพึงพอใจโดยรวม (Composite Desirability) เข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งค่าที่เหมาะสมที่ได้ ดังรูปที่ 45 มีค่าความพึงพอใจที่ 0.96 และค่าสมมติฐานตัวแปรตอบสนองอยู่ที่ 92.25 ต่ำว่าค่ามาตรฐานที่บริษัทกำหนด สามารถยอมรับได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 49 ค่าที่เหมาะสมสำหรับการลดเสียงกระทบและจำนวนครั้งการกระทบของมือจับ

จากรูปที่ 49 สามารถสรุประดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยได้ดังตารางที่ 21 คือ ค่า K ของสปริง เท่ากับ 0.8, วัสดุของส่วนจับเป็นแบบที่ 3 คือแบบที่ติดวัสดุ Chip Urethane เพิ่ม, น้ำหนักของส่วนจับอยู่ที่ 80 กรัม, พื้นที่การกระทบ เท่ากับ 1.6 ตารางเซนติเมตร และองศาการใช้งานเท่ากับ 110 องศา

จากนั้น นำค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ทั้ง 5 ปัจจัยไปกำหนดการทำมือจับในแบบของชิ้นส่วนต้นแบบเพื่อพิสูจน์ค่าระดับความเหมาะสมโดยการทดลองใช้มือจับ เป็นจำนวน 30 ชิ้น

ตารางที่ 21 ค่าที่เหมาะสมของปัจจัย

ลำดับ	ปัจจัย	หน่วย	ระดับ
1	ค่า K ของสปริง	Nmm/deg	0.8
2	วัสดุของส่วนจับ	-	3
3	น้ำหนักของส่วนจับ	g	80
4	พื้นที่กระทบ	cm^2	1.6
5	องศาการใช้งาน	deg	110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2. ผลการทดลอง

หลังจากทำการทดลองการใช้งานของมือจับที่ได้ค่าความเหมาะสมของแต่ละปัจจัยจาก Response Optimizer จำนวน 30 ชิ้น ได้เสียงกระทบระหว่างส่วนจับและฐาน และจำนวนครั้งการกระทบของมือจับดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ตารางผลการทดลองหลังจากได้ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย

ลำดับ	**ระดับเสียงกระทบหลังการปรับปรุง**	**จำนวนครั้งการกระทบ**
1	90.6	2
2	90.3	2
3	91.4	2
4	91.0	2
5	91.7	2
6	92.1	2
7	92.2	2
8	91.7	2
9	92.0	2
10	90.4	2
11	91.2	2
12	90.9	2
13	91.5	2
14	91.8	2
15	92.2	2
16	91.6	2
17	91.5	2
18	91.4	2
19	91.9	2
20	92.4	2
21	92.3	2
22	91.8	2
23	91.5	2
24	92.0	2
25	91.8	2
26	91.7	2
27	91.8	2

ลำดับ	ระดับเสียงกระทบหลังการปรับปรุง	จำนวนครั้งการกระทบ
28	92.3	2
29	91.5	2
30	92.2	2

จากตารางที่ 22 ผลการทดลองหลังได้ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย พบว่าระดับความดังของเสียงกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับมีค่าเฉลี่ยอยู่ 91.6 dB และจำนวนครั้งการกระทบอยู่ที่ 2 ครั้ง ซึ่งอยู่ในค่ามาตรฐานของบริษัทกรณีศึกษา สามารถสรุปได้ว่าค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยนี้สามารถนำมาประกอบใช้กับรถจริงได้ โดยตัวอย่างผลการทดลองในรูปแบบของข้อมูลดิบดังภาคผนวก ก รูปที่ 53

6.3. สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขของกระบวนการ

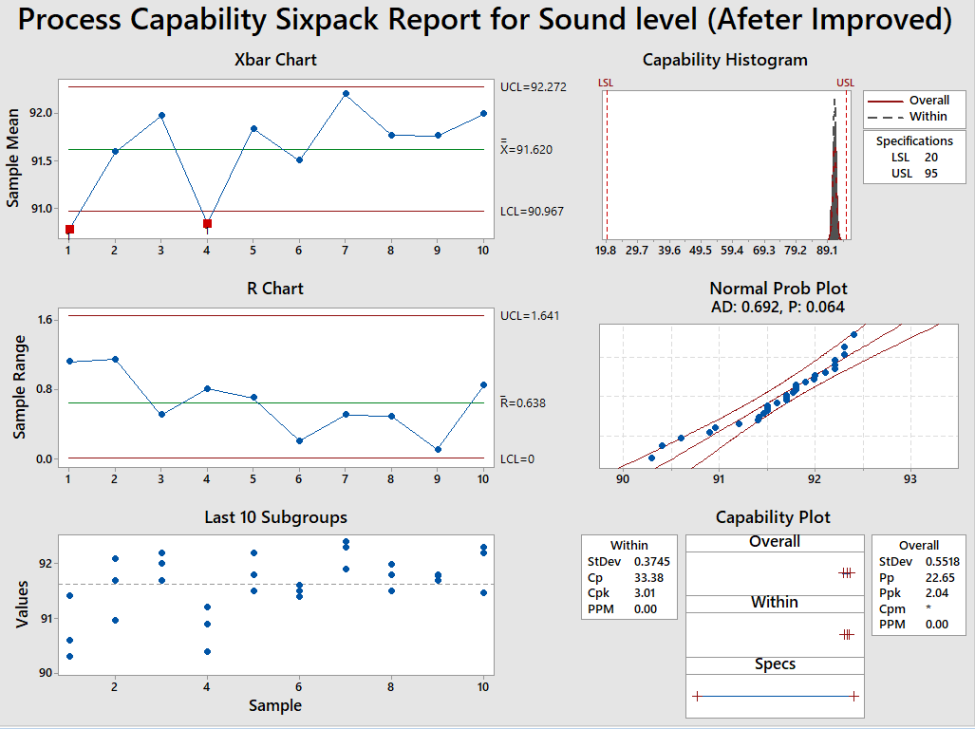
หลังจากทำการทดลองมือจับต้นแบบคือ กำหนดระดับของปัจจัยตามค่าที่เหมาะสมที่ได้จากการกระบวนการหาค่าที่เหมาะสม (Response Optimization) ของโปรแกรม Minitab ได้แก่ ค่า K ของสปริง เท่ากับ 0.8, วัสดุของส่วนจับเป็นแบบที่ 3 คือแบบที่ติดวัสดุ Chip Urethane เพิ่ม, น้ำหนักของส่วนจับอยู่ที่ 80 กรัม, พื้นที่การกระทบ เท่ากับ 1.6 ตารางเซนติเมตร และองศาการใช้งานเท่ากับ 110 องศา พบว่า สมมติฐานที่ตั้งขึ้นหลังจากทำการระดมสมองนั้นถูกต้อง ปัจจัยทั้งห้าส่งผลกระทบต่อปัญหา และเมื่อมีการปรับระดับของปัจจัยให้เหมาะสม ระดับความดังของเสียงกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับและจำนวนครั้งการกระทบอยู่ในค่ามาตรฐานของบริษัทกรณีศึกษา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการควบคุมระดับของแต่ปัจจัยให้คงที่ในขั้นตอนถัดไป

บทที่ 7
ระยะควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

ระยะควบคุมกระบวนการผลิตเป็นระยะสุดท้ายของกระบวนการ ซิกซ์ ซิกมา ซึ่งในขั้นตอนนี้จะนำเอาแนวทางในการแก้ปัญหามาให้ในกระบวนการผลิตจริงในระยะที่ 6 ระยะปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement phase) มาควบคุมมือจับให้อยู่ในค่าที่เหมาะสมตลอดเวลาและยั่งยืน โดยที่จะนำเอาระดับของแต่ละปัจจัยที่ผ่านการวิเคราะห์และปรับปรุงมาควบคุมกระบวนการผลิตมือจับให้มาตราฐานตามที่บริษัทกำหนด

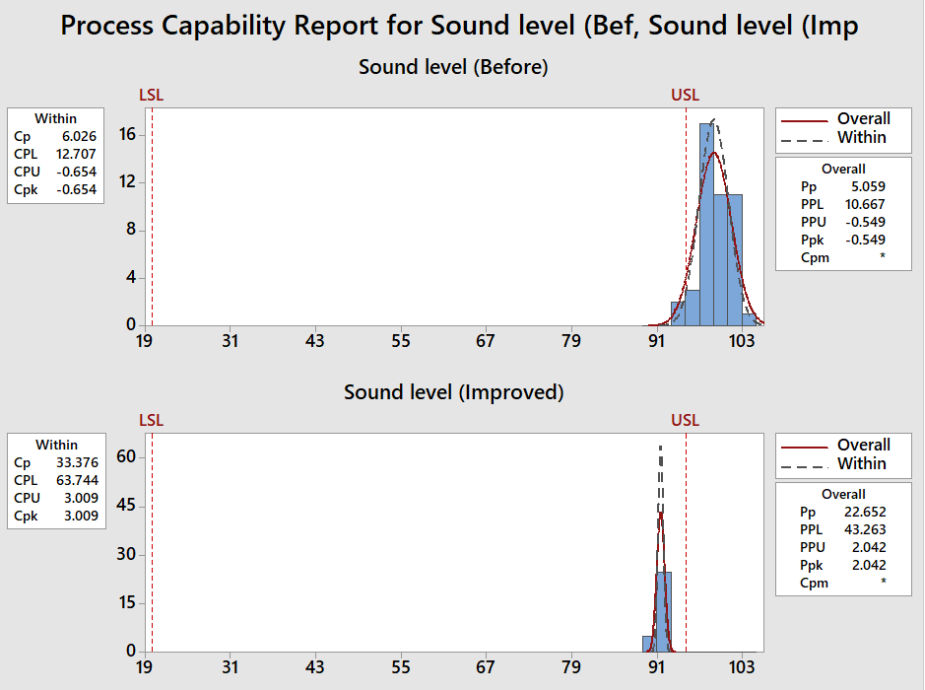
7.1. ข้อมูลหลังการปรับปรุงแต่ละปัจจัยของมือจับ

หลังจากการปรับปรุงแต่ละปัจจัยของมือจับด้วยค่าที่เหมาะสม ซึ่งผลจากการทดลองที่ได้พบว่าค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยสามารถลดระดับเสียงกระทบและจำนวนครั้งการกระทบได้จริง และได้นำข้อมูลผลการทดลองไปวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ(Process Capability Sixpack) ได้ดังรูปที่ 50



รูปที่ 50 ความสามารถของกระบวนการหลังปรับปรุงแต่ละปัจจัยของมือจับ

จากรูปที่ 49 เมื่อประเมินความสามารถของกระบวนการโดยการพิจารณาค่า Cp และ Cpk พบว่าค่าที่ได้เท่ากับ 33.38 และ3.01 ตามลำดับ มากกว่า 1.33 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของ Cp และ Cpk ดังนั้น กระบวนการวัดและค่าระดับความดังของเสียงและจำนวนครั้งการกระทบหลังการปรับปรุงนี้สามารถยอมรับได้ และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงดังรูปที่ 51



รูปที่ 51 ผลการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูป 51 จะเห็นได้ว่าก่อนปรับปรุง ค่า Cp มากกว่า 1.33 หมายความว่า กระบวนการหรือข้อมูลการกระทบนี้สามารถยอมรับได้ในส่วนของความแปรปรวน แต่ค่า Cpk มีค่าน้อยกว่า 1.33 นั่นหมายความว่า กระบวนการหรือข้อมูลการกระทบนี้นั้น ไม่สามารถยอมรับได้ในส่วนของค่าเฉลี่ย เนื่องจากค่าเฉลี่ยนั้นเกินค่ามาตรฐานออกไป และหลังจากทำการปรับปรุงปัจจัยทั้ง 5 ของมือจับก็ทำให้ข้อมูลการกระทบของมือจับมีค่า Cp และ Cpk มากกว่า 1.33 สามารถยอมรับได้ทั้งความแปรปรวนและค่าเฉลี่ย ดังนั้นปัจจัยที่ได้จากการปรับปรุงจึงสามารถนำไปกำหนดแบบแผนการใช้งานได้ในลำดับถัดไป

7.2. แนวทางการควบคุมระดับของปัจจัย

- ในลำดับถัดไปนำเค่าที่เหมาะสมเหล่านี้ไปกำหนดเป็นแบบแผนในการใช้ควมคุมการผลิตมือจับโดยการระบุดค่าที่เหมาะสมลงไปในแบบของชิ้นส่วยช่วยจับ (Drawing) ซึ่งจะได้รับการตกลงร่วมกันจากทีมงามทุกคน ทั้งหัวหน้าฝ่ายจัดซื้อ หัวหน้าฝ่ายทดสอบชิ้นส่วนรถยนต์ หัวหน้าฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ หัวหน้าฝ่ายวิจัยและพัฒนาในประเทศไทย และหัวหน้าฝ่ายวิจัยและพัฒนาจากบริษัทต้นสังกัดในต่างประเทศ ทั้งนี้ปัจจัยที่ต้องระบุลงไปในแบบมีดังนี้ ค่า K ของสปริงเท่ากับ 0.8 วัสดุของส่วนจับที่ติด Chip Urethane เพิ่ม และน้ำหนักของส่วนจับเท่ากับ 80 กรัม และองศาการใช้งานเท่ากับ 110 องศา ในส่วนของพื้นที่การกระทบนั้นสอดคล้องกับขนาดของ Chip Urethane ที่ติดจึงไม่จำเป็นต้องระบุลงไปในแบบ

- ทีมตรวจสอบคุณภาพรถยนต์จัดตั้งการตรวจสอบคุณภาพของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง (Inspection) โดยการกำหนดท่าทางการตรวจสอบ คือ ดึงส่วนจับให้สุดที่องศาการใช้งานเท่ากับ 110 องศา แล้วปล่อยส่วนจับแบบที่ลูกค้าใช้งานจริง

7.3. สรุประยะการควบคุมการผลิต

หลังจากนำแนวทางการปรับปรุงระดับของแต่ละปัจจัยตามค่าที่เหมาะสมไปผลิตเป็นมือจับต้นแบบเพื่อมาทดลองระดับเสียงของการกระทบระหว่างส่วนจับและฐาน และจำนวนครั้งการกระทบพบว่าผลที่ได้ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่บริษัทกำหนด และเมื่อประเมินความสามารถของกระบวนการทั้งก่อนปรับปรุงและปลังปรับปรุง พบว่า ก่อนปรับปรุงนั้นค่า Cpk น้อยกว่า 1.33 ซึ่งทำให้ไม่สามารถยอมรับกระบวนการนี้ได้ จำเป็นต้องปรับปรุงมือจับเพิ่ม หลังจากปรับปรุง ค่า Cpk เพิ่มขึ้น เกิน 1.33 สามารถยอมรับมือจับนี้ได้ ทำให้ยืนยันได้ว่าค่าที่เหมาะสมของแต่ละสามารถนำมาปรับใช้กับการผลิตมือจับได้จริง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมค่าที่เมาะสมของแต่ละปัจจัยเพื่อรักษาระดับของเสียงกระทบและจำนวนครั้งการกระทบของมือจับให้อยู่ในค่ามาตรฐานตามที่บริษัทกรณีศึกษากำหนดด้วยการนำค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยระบุลงในแบบของของมือจับ (Drawing)

บทที่ 8
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีจัดทำขึ้นเพื่อปรับปรุงแก้ไขปัญหาเสียงกระทบดังและจำนวนครั้งการกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงในรถกระบะ ของบริษัทผลิตและประกอบรถยนต์ในประเทศไทย โดยมุ่งเน้นให้ชิ้นส่วนทุกชิ้นของรถยนต์ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่บริษัทกำหนด ซึ่งมือจับเป็นชิ้นส่วนภายในรถยนต์ที่จะต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานของบริษัทเช่นกัน ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะลดระดับความดังของเสียงกระทบและจำนวนครั้งการกระทบให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่บริษัทกำหนดไว้ โดยเกณฑ์ที่บริษัทตั้งไว้คือ ระดับความดังของเสียงกระทบไม่เกิน 95 dB และจำนวนครั้งการกระทบ ไม่เกิน 3 ครั้ง ซึ่งค่าระดับความดังของเสียงกระทบและจำนวนครั้งการกระทบของมือจับในปัจจุบันมีค่ามากเกินมาตรฐานของบริษัท

ในงานวิจัยนี้ดำเนินการการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยการใช้ขั้นตอนทั้ง 5 ของ ซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC) เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุหรือปัจจัย และค่าสภาวะที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาการกระทบของมือจับ ซึ่งหลังจากทำการวิเคราะห์ตามขั้นตอนทั้ง 5 ของ ซิกซ์ ซิกม่า ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า ระดับของเสียงกระทบเฉลี่ยอยู่ที่ 91.6 dB และจำนวนครั้งในการกระทบอยู่ที่ 2 ครั้ง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่บริษัทกำหนดไว้ โดยจะสรุปในแต่ละขั้นตอนทำการทำงานดังนี้

8.1. บทสรุปของระยะนิยามปัญหา

ระยะนิยามปัญหานี้ เป็นขั้นตอนของการกำหนดปัญหาที่เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า โดยขั้นตอนนี้จะเริ่มต้นด้วยการจัดตั้งคณะทำงานที่ประกอบไปด้วย วิศวกรฝ่ายวิจัยและพัฒนา: ผู้วิจัย (Research and Development), วิศวกรฝ่ายทดสอบ (Vehicle Testing), วิศวกรฝ่ายตรวจสอบ (Vehicle Control), พนักงานฝ่ายจัดซื้อ (Purchasing) และบริษัทผู้ผลิตมือจับ (Supplier) จากนั้นทำการศึกษาสภาพของปัญหาการกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง การทำงานของมือจับนั้นคือ ในตำแหน่งปกติก่อนมีการใช้งาน ส่วนจับและฐานจะอยู่ติดกัน และเมื่อมีการใช้งาน ส่วนจับจะถูกดึงมาจับไว้เพื่อทรงตัวขณะเกินทาง โดยมีองศาการใช้งานสูงสุดที่ 110 องศา หลังจากใช้งานส่วนจับเสร็จ ส่วนจับก็จะถูกปล่อยกลับคืนสู่ตำแหน่งเริ่มต้น เมื่อส่วนจับดีดกลับไปถึงตำแหน่งเริ่มต้นด้วยความเร็วเชิงมุม ก็จะทำให้ส่วนจับนั้นเกิดเสียงกระทบระหว่างส่วนจับและฐานดังขึ้น ซึ่งดังเกินมาตรฐานที่บริษัทกำหนด คือ 95 เดซิเบล จำนวนครั้งการกระทบไม่เกินสามครั้งจนสังเกตได้ ทั้งนี้ ได้มีการนำเอามือจับแบบไม่มีตัวหน่วงของบริษัทกรณีศึกษาไปทดสอบเทียบกับมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงของบริษัทคู่แข่ง พบว่า มือจับของบริษัทกรณีศึกษามีเสียง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดังที่ 95.7 เดซิเบล และมีจำนวนครั้งการกระทบ 4 ครั้งจนสังเกตได้ ในส่วนของมือจับของบริษัทคู่แข่งนั้นมีระดับความดังของเทียงกระทบอยู่ 94.7 เดซิเบล และมีจำนวนครั้งการ 3 ครั้งที่สังเกตได้ยาก จึงสามารถกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นได้คือ เสียงกระทบระหว่างส่วนจับและฐานดังเกิน 95 เดซิเบล และจำนวนครั้งการกระทบเกิน 3 ครั้งจนสังเกตได้ เมื่อสามารถกำหนดปัญหาได้ จึงจัดทำสัญญาโครงการ (Project Charter) เพื่อเป็นการกำหนดและวางแผนการดำเนินงานในลำดับต่อไป รวมถึงการกำหนดสมาชิกในการดำเนินงานในงานวิจัยนี้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

8.2. บทสรุปของระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุและปัจจัย

ในระยะการวัดเพื่อกำหนดปัญหานี้ จะเป็นขั้นตอนที่รวบรวมข้อมูลของการกระทบกันระหว่างส่วนจับและฐานเพื่อนำมาวิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยของปัญหา โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลการกระทบด้วยเครื่องมือวัดเสียง Function testing noise and Vibration measurement system รุ่น AND AD-3651 (Calibration) โดยใช้พนักงานจำนวน 2 คนในการทดสอบมือจับเพื่อเก็บข้อมูล จากนั้น นำข้อมูลที่ได้มาทดสอบความแปรปรวน (Gage Repeatability and Reproducibility: Gage R&R) เพื่อวิเคราะห์กระบวนการวัดในส่วนของรีพีททะบิลิตี้ (Repeatability) ที่แสดงความผันแปรของค่าที่ได้จากพนักงานวัดคนเดียวกัน เครื่องมือเดียวกัน ชิ้นงานชิ้นเดียวกันและเงื่อนไขเดียวกัน และ รีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) ที่แสดงความผันแปรของค่าที่ได้จากพนักงานวัดคนเดียวกัน เครื่องมือเดียวกัน ชิ้นงานชิ้นเดียวกันและเงื่อนไขต่างกัน หลังจากทำการวิเคราะห์ความผันแปรของข้อมูล พบว่า ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนี้สามารถยอมรับได้ จึงสามารถนำข้อมูลนี้ไปทำการวิเคราะห์ด้วยการระดมสมองเพื่อหาปัจจัยใจนำเข้า ซึ่งจะวิเคราะห์ผ่านแผนผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) โดยพิจารณาจาก 4M1E คือ Man, Machine, Material, Method, Measurement, และ Environment ได้ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อปัญหาทั้งหมด 9 ปัจจัย และนำ 9 ปัจจัยจัดลำดับความสำคัญโดยแผนภูมิพาเรโต้ มีทั้งหมด 6 ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อปัญหามากที่สุด จากนั้น นำ 6 ปัจจัยไปวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) โดยหลังจากทำการวิเคราะห์ พบว่า ค่า K ของสปริงที่ไม่เหมาะสม ส่งผลกระททบต่อปัญหามากที่สุดเนื่องจากมีค่า RPN มากที่สุด ลำดับถัดไป คือ วัสดุส่วนจับและฐานแข็งเกินไป, ส่วนจับมีน้ำหนักมากเกินไป องศาการใช้งานที่มือจับถูกดึงมาใช้งานไม่เหมาะสม, พื้นที่การกระทบกันระหว่างสองวัสดุ และท่าทางในการปล่อยส่วนจับที่แตกต่างกัน สำคัญต่อปัญหาน้อยลงมาตามลำดับ ทางผู้วิจัยและทีมงานเลือก 5 ปัจจัยแรก ไปออกแบบการทดลอง เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการกระทบของมือจับอย่างแท้จริงในขั้นตอนถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8.3. บทสรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยของปัญหา เป็นขั้นตอนที่จะนำเอาปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อปัญหาการกระทบของมือจับที่ได้จากการวิเคราะห์ผ่านการระดมสมอง แผนผังสาเหตุและผล คัดกรองปัญหาผ่านการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่จะนำมาออกแบบการทดลอง 5 ปัจจัย คือวัสดุส่วนจับและฐานแข็งเกินไป, ส่วนจับมีน้ำหนักมากเกินไป องศาการใช้งานที่มือจับถูกดึงมาใช้งานไม่เหมาะสม และพื้นที่การกระทบกันระหว่างสองวัสดุเพื่อหาสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาการกระทบอย่างแท้จริงผ่าน โดยในงานวิจัยนี้ทำการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง Central Composite Design: CCD) แต่ละปัจจัยจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยในส่วนระดับของปัจจัยวัสดุของส่วนจับและฐานแข็งเกินไป ทางผู้วิจัยเลือกที่จะปรับระดับของส่วนจับด้วยการติดวัสดุซับเสียงเพิ่มเติมเป็น PU foam และ Chip Urethane เนื่องจากวัสดุของส่วนจับและฐานไม่สามารถเปลี่ยนได้ จึงจำเป็นต้องหาวัสดุเพิ่มเติมมาติด และมีการทดลอง 32 การทดลอง จากผลการทดลองพบว่า ทั้ง 5 ปัจจัยส่งผลกระทบต่อปัญหาการกระทบของมือจับอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม ซึ่งทั้ง 5 ปัจจัยจะถูกนำไปปรับปรุงเพื่อหาระดับที่เหมาะสมในขั้นตอนถัดไป

8.4. บทสรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

หลังจากได้ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาอย่างแท้จริงจากระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ทั้ง 5 ปัจจัย คือ ค่า K ของสปริง, วัสดุของส่วนจับ, น้ำหนักของส่วนจับ, องศาการใช้งาน และพื้นที่การกระทบ มาทำการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมโดยใช้ Response Optimizer จากโปรแกรม Minitab ซึ่งค่าที่เหมาะสมที่ได้คือ ค่า K ของสปริงเท่ากับ 0.8, วัสดุของส่วนจับ แบบติด Chip Urethane เพิ่ม, น้ำหนักของส่วนจับเท่ากับ 80 กรัม, องศาการใช้งานเท่ากับ 110 องศา และพื้นที่การกระทบเท่ากับ 1.6 ตารางเซนติเมตร จากนั้นนำค่าที่เหมาะสมไปกำหนดมือจับต้นแบบแล้วทำการทดลองเพื่อดูค่าผลลัพธ์เสียงกระทบและจำนวนกระทบระหว่างส่วนจับและฐานของมือจับ ผลลัพธ์ที่ได้ค่า เสียงกระทบระหว่างส่วนจับและฐานเฉลี่ยอยู่ที่ 91.6 เดซิเบล และจำนวนครั้งการกระทบอยู่ที่ 3 ครั้ง ซึ่งอยู่ในค่ามาตรฐานที่บริษัทกรณีศึกษากำหนดไว้

8.5. บทสรุประยะการควบคุมการผลิต

ในระยะการควบคุมการควบคุมการผลิตจะเป็นขั้นตอนการควบคุมค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยให้คงที่ เมื่อได้ค่าที่เหมาะสมจากระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ จึงทำการกำหนดค่าที่เมาะสมของแต่ละปัจจัยโดยการระบุค่าที่เหมาะสมลงไปในแบบ (Drawing) ของมือจับเพื่อกำหนดการผลิตมือจับ ปัจจัยที่ถูกกำหนดลงไปในแบบคือ ค่า K ของสปริงเท่ากับ 0.8 วัสดุของส่วนจับที่ติด Chip

Urethane เพิ่ม และน้ำหนักของส่วนจับเท่ากับ 80 กรัม และองศาการใช้งานเท่ากับ 110 องศา ในส่วนของพื้นที่การกระทบนั้นสอดคล้องกับขนาดของ Chip Urethane ที่ติด จึงไม่จำเป็นต้องระบุลงไปในแบบ ซึ่งในการระบุค่าที่เหมาะสมในแบบของมือจับนี้จะต้องได้รับการตกลงจากทีมงาน คือ ทั้งหัวหน้าฝ่ายจัดซื้อ หัวหน้าฝ่ายทดสอบชิ้นส่วนรถยนต์ หัวหน้าฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ หัวหน้าฝ่ายวิจัยและพัฒนาในประเทศไทย และหัวหน้าฝ่ายวิจัยและพัฒนาจากบริษัทต้นสังกัดในต่างประเทศ และในขั้นตอนนี้ยังทำการตรวจสอบมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงนี้ โดยการกำหนดท่าทางการตรวจสอบ คือ ดึงส่วนจับให้สุดที่องศาการใช้งานเท่ากับ 110 องศา แล้วปล่อยส่วนจับแบบที่ลูกค้าใช้งานจริง แล้วสังเกตระดับความดังของเสียงและจำนวนครั้งการกระทบ

8.6. บทสรุปค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง

8.6.1. ค่าใช้จ่ายในการจัดทำมือจับ

- จัดทำมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง 15 ชิ้น เพื่อนำมาใช้ในขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดปัญหา
- จัดทำมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงต้นแบบ 32 ชิ้น เพื่อนำมาใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัจจัย
- จัดทำมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงต้นแบบ 30 ชิ้น เพื่อนำมาใช้ในขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขปัญหา
- เป็นจำนวนเงิน 13,900 บาท

8.6.2. ผลกำไรที่จะได้หลังจากเอาตัวหน่วงออกจากมือจับ

- ประมาณ 4 ล้านบาทต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

8.7. ข้อจำกัดและอุปสรรคในการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยและทีมงานได้พบกับข้อจำกัดและอุปสรรคต่อการทำงานดังนี้

1. ข้อจำกัดของวัสดุของมือจับทั้งส่วนจับและฐานที่ไม่สามารถทำการเปลี่ยนวัสดุได้ ทำให้ในการปรับระดับของวัสดุส่วนจับจึงจำเป็นต้องติดวัสดุอื่นเพิ่มเติม
2. ระยะเวลาในการดำเนินงาน เนื่องจากในบางครั้งทีมงานคณะผู้ร่วมดำเนินการมีเวลาไม่ตรงกันจึงทำให้การดำเนินงานวิจัยเป็นไปได้อย่างล่าช้า
3. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวัดค่ามีเพียงเครื่องเดียวเมื่อมีการนำเครื่องวัดไปสอบเทียบจึงไม่มีเครื่องอื่นสำรอง ทำให้การดำเนินงานล่าช้า

8.8. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะของงานวิจัยมีดังนี้

1. ในงานการปรับปรุงการกระทบกันของมือจับสามารถเพิ่มคุณภาพให้ดีขึ้น มีเสียงกระทบในระดับต่ำ และจำนวนครั้งการกระทบน้อย อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน หากมีการศึกษาวัสดุอื่นๆเพิ่มเติมในการนำมาติดที่ส่วนจับ ก็จะสามารถเพิ่มคุณภาพให้กับมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงได้

2. ในงานวิจัยนี้หากมีการศึกษาพื้นที่ในการติดวัสดุอื่นที่ส่วนจับเพิ่มเติมให้หลบสายตาจากลูกค้าได้ ก็จะเป็นประโยชน์ต่อรูปลักษณะของมือจับ

3. งานวิจัยนี้สามารถเป็นพื้นฐานการเรียนรู้การลดเสียงของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดการลดเสียงกระทบของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงให้ไม่มีเสียงกระทบหรือมีเสียงดังในระดับที่ต่ำมากได้

4. นอกจากแนวคิด ซิกซ์ ซิกม่า ที่สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการกระทบของมือจับให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดแล้ว ยังมีแนวคิดวิธีการอื่นที่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้เช่นกัน เช่น Value Engineering ที่เป็นกระบวนการใช้เทคนิคที่มีระบบในการปรับปรุงการทำงานของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุดและมีความน่าเชื่อถือ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมด 7 ขั้นตอน หรือ Design Thinking ที่เป็นกระบวนการการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยจะยึดหลักผู้ใช้งานเป็นหลักเพื่อแก้ปัญหาได้ตรงจุด มีกระบวนการดำเนินงานทั้งหมด 5 ขั้นตอน ทั้งสองวิธีการนี้จะมีขั้นตอนที่มีความใกล้เคียงกับกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า คือมีการกำหนดปัญหา วิเคราะห์ปัญหา ทดสอบเพื่อพิสูจน์ปัญหา สร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ หาแนวทางเงื่อนไขที่เหมาะสม และสรุปผล ซึ่งอาจเป็นทางเลือกในการปรับปรุงพัฒนามือจับต่อไปได้

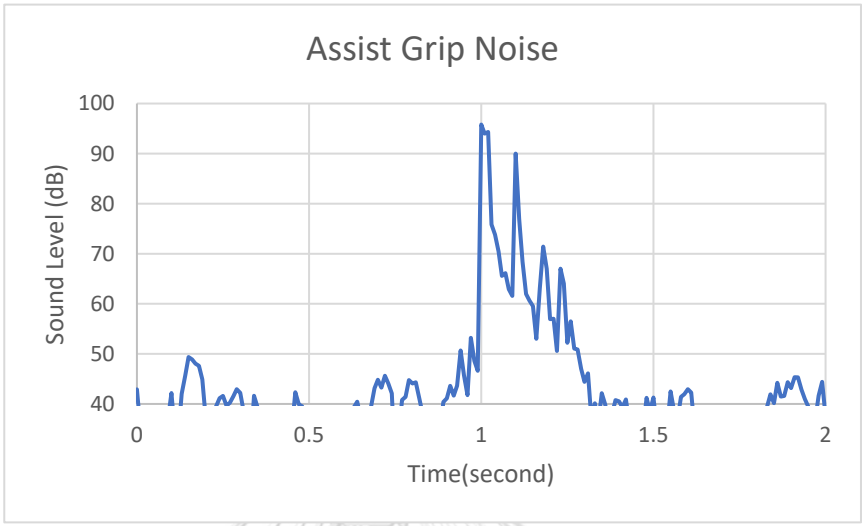
ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ใช้การแก้ปัญหาผ่านแนวคิดซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งมีผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปตามมาตรฐานที่บริษัทต้องการและยังมีเครื่องมือต่างๆที่ช่วยให้ผู้วิจัยและทีมงานมีแนวทางการแก้ไขปัญหาได้อย่างชัดเจน สามารถช่วยลดการทำมือจับต้นแบบที่มากเกินความจำเป็นได้ ทำให้ช่วยลดต้นทุนในการปรับปรุงได้อีกด้วย

ภาคผนวก

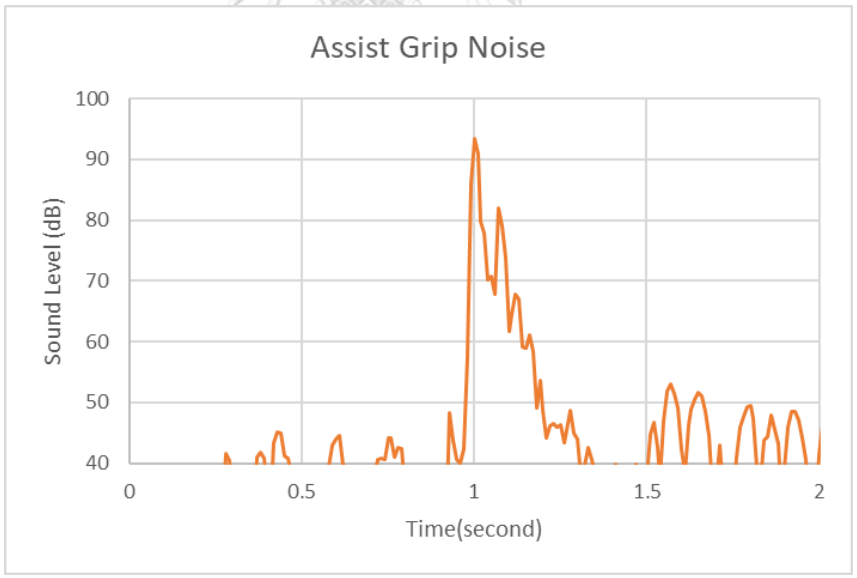
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ภาถผนวก ก 1. ตัวอย่างข้อมูลดิบก่อนและหลังปรับปรุงมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงปัจจัยตามค่าที่เหมาะสม



รูปที่ 52 รูปตัวอย่างข้อมูลดิบก่อนปรับปรุงมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง



รูปที่ 53 รูปตัวอย่างข้อมูลดิบหลังปรับปรุงมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง

ภาถผนวก ก 2. ท่าทางในการทดสอบมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง

รูปที่ 54 ตัวอย่างท่าทางการทดสอบมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข 1. ค่าการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ตารางที่ 23 ตารางผลคะแนนของปัจจัยที่มีโอกาสส่งผลกระทบต่อปัญหาการกระทบของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วงของทีมงานแต่ละคน

ลำดับ	4M1E	สาเหตุ	ทีมงานคนที่ 1	ทีมงานคนที่ 2	ทีมงานคนที่ 3	ทีมงานคนที่ 4	ทีมงานคนที่ 5
			คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน
1	Man	ขั้นตอนการปล่อยส่วนจับที่แตกต่างกัน	1	1	1	3	3
2		ท่าทางในการปล่อยส่วนจับแตกต่างกัน	3	9	9	3	9
3	Machine	ค่า K ของ Spring ที่ไม่เหมาะสม	9	9	9	9	9
9		องศาการใช้งานไม่เหมาะสม	9	9	3	9	9
4	Material	วัสดุของส่วนจับและฐานที่แข็งเกินไป	3	9	9	3	9
5		น้ำหนักของส่วนจับไม่เหมาะสม	9	9	9	3	9
6	Method	ไม่มีข้อกำหนดในการปล่อยส่วนจับ	1	1	1	1	1
7	Environment	พื้นที่การกระทบกันมากเกินไป	9	9	9	3	9
8		วัสดุของผ้าหลังคา	3	3	3	3	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 ตารางสรุปคะแนนของปัจจัยที่มีโอกาสส่งผลกระทบต่อปัญหาการกระทบของมือจับแบบไม่มีตัวหน่วง

ลำดับ	4M1E	สาเหตุ	คะแนนสุดท้าย
1	Man	ขั้นตอนการปล่อยส่วนจับที่แตกต่างกัน	1
2		ท่าทางในการปล่อยส่วนจับแตกต่างกัน	9
3	Machine	ค่า K ของ Spring ที่ไม่เหมาะสม	9
9		องศาการใช้งานไม่เหมาะสม	9
4	Material	วัสดุของส่วนจับและฐานที่แข็งเกินไป	9
5		น้ำหนักของส่วนจับไม่เหมาะสม	9
6	Method	ไม่มีข้อกำหนดในการปล่อยส่วนจับ	1
7	Environment	พื้นที่การกระทบกันมากเกินไป	9
8		วัสดุของผ้าหลังคา	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

1. Breyfogle III, F. W. (2003). *Implementing six sigma: smarter solutions using statistical methods*. John Wiley & Sons.
2. Dhiraj, K., & Deepak, K. (2014). A review of Six Sigma approach: methodology, obstacles and benefits. *Global journal of engineering, design & technology*, *3*(4), 1-5.
3. Gama, N. V., Ferreira, A., & Barros-Timmons, A. (2018). Polyurethane foams: Past, present, and future. *Materials*, *11*(10), 1841.
4. Gijo, E., Antony, J., Kumar, M., McAdam, R., & Hernandez, J. (2014). An application of Six Sigma methodology for improving the first pass yield of a grinding process. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
5. Jirasukprasert, P., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., & Lim, M. K. (2014). A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process. *International journal of lean six sigma*.
6. Kobelev, V. (2018). *Durability of springs*. Springer.
7. Loredana, E. M. (2017). The analysis of causes and effects of a phenomenon by means of the "fishbone" diagram. *Analele Universităţii Constantin Brâncuşi Din Târgu Jiu: Seria Economie*, *1*(5), 97-103.
8. Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments*. John wiley & sons.
9. Parodi, E. (2017). Structure properties relations for polyamide 6.
10. Shubhra, Q. T., Alam, A. M., & Quaiyyum, M. A. (2013). Mechanical properties of polypropylene composites: A review. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, *26*(3), 362-391.
11. Strutt, J. W., & Rayleigh, J. W. S. B. (1894). *The theory of sound* (Vol. 1). Macmillan.
12. Valles, A., Sanchez, J., Noriega, S., & Nuñez, B. G. (2009). Implementation of Six Sigma in a manufacturing process: A case study. *International Journal of Industrial Engineering*, *16*(3), 171-181.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

13. คุนัช สุขสมานวงศ์, (2556). การเปรียบเทียบปารกรับปรุงกระบวนการทำงานระหว่างแนวทาง ลีน และลีนซิกซ์ ซิกม่าในโรงงานผลิตเครื่องยนต์เรือ จุฬาลงกรมหาวิทยาลัย].
14. ฐิติมา ฤทธิประเสริฐศรี, (2554). การลดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มโดยใช้แนวคิด ลีน ซิกซ์ ซิกม่า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].
15. นภนิกันติ์ วงศ์ทรัพย์สกุล, (2562). การปรับปรุงกระบวนการผสมยางมาสเตอร์แบท *EPDM* ไม่มีน้ามัน โดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกมา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].
16. นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, (2557). คุณภาพ และ ซิกซ์ ซิกม่า. เอกสารประกอบการสอนในวิชาการปรับปรุงคุณภาพ ระดับปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์.
17. ปุณยวัจน์ แอกทอง, (2554). การศึกษาปัญหาและกาหนดกลยุทธ์การเพิ่มผลประกอบการของร้านอาหาร *4Dinner* มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย].
18. วิทยา เจนจิวัฒนกุล, (2554). การลดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติกโดยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	อาทิชา วัฒนะไมตรี
วัน เดือน ปี เกิด	23 ตุลาคม 2537
สถานที่เกิด	ตราด
วุฒิการศึกษา	จบการศึกษาปริญญาตรีจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยบูรพา
ที่อยู่ปัจจุบัน	ตราด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University