การลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยในกระบวนการขึ้นรูปฝาครอบถังน้ำมัน

น.ส.ณัฐชนันท์ ชูสมบัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Defective Reduction from Burrs and Marks in Metal Sheet Forming Process of Oil Pan

Miss Nutchanun Choosombut

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 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยในกระบวนการขึ้นรูปฝาครอบถังน้ำมัน
โดย	น.ส.ณัฐชนันท์ ชูสมบัติ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริศรา เจียมสงวนวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณัฐชนันท์ ชูสมบัติ : การลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยในกระบวนการขึ้นรูปฝาครอบถังน้ำมัน. (Defective Reduction from Burrs and Marks in Metal Sheet Forming Process of Oil Pan) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดสัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขชิ้นงานจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย ในกระบวนการขึ้นรูปโลหะแบบแผ่น เพื่อเป็นชิ้นส่วนในการประกอบถังน้ำมัน โดยการดำเนินงานได้ใช้หลักการ DMAIC ในการปรับปรุงกระบวนการ โดยมีเป้าหมายที่จะลดสัดส่วนของเสียให้เหลือร้อยละ 3 ของปริมาณการผลิตปัจจุบัน ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทครีบ ได้แก่ ลักษณะของระนาบ แรงกำหนดของเครื่องปั๊มตัดเจาะ และอายุการใช้งานแท่งตัด และได้ปรับปรุง โดยจัดทำระนาบพันช์ใหม่โดยการเจียระไนพันช์ให้เรียบก่อนการปั๊มเจาะรูชิ้นงาน เนื่องจากเดิมเมื่อปั๊มระนาบชิ้นงานพบว่าชิ้นงานไม่เรียบทำให้เกิดช่องว่างขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดครีบสูง ต่อมาจึงปรับปรุงเรื่องแรงกำหนดที่เหมาะสมสำหรับช่วงสโตรกการทำงานต่างๆ โดยใช้แรงกำหนด 150 ตัน ในสโตรกที่ 1 - 13,000 แล้วจึงเปลี่ยนแรงกำหนดเป็น 220 ตัน ตั้งแต่สโตรกที่ 13,001 - 23,000 แล้วจึงเจียระไนแท่งตัดและดายตัดเพื่อเริ่มนับสโตรกใหม่ ในส่วนข้อบกพร่องประเภทรอย ได้ปรับปรุงการขนย้ายชิ้นงานโดยใช้อุปกรณ์ขนย้ายชิ้นงานที่เล็กลงและใช้พลาสติกแทนเหล็ก การติดตั้งท่อลมเป่าเศษให้แก่กระบวนการผลิตเพื่อเป่าเศษชิ้นงานหลังจากการตัดเฉือน และจัดทำมาตราฐานการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและพันช์ คือ การทาน้ำมันเมื่อปั๊มชิ้นงานครบทุก 3 ชิ้น หลังการปรับปรุงพบว่า สามารถลดสัดส่วนของเสียเหลือร้อยละ 0.08 ของปริมาณการผลิตปัจจุบัน ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายรวมที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยลงได้ 199,378 บาทต่อการผลิต 138,000 ชิ้นงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6170157121 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Metal Sheet Forming Process, Burr, Mark, Defective Reduction, DMAIC

Nutchanun Choosombut : Defective Reduction from Burrs and Marks in Metal Sheet Forming Process of Oil Pan. Advisor: Asst. Prof. Napassavong Osothsilp, Ph.D.

The objective of this research is to reduce defective rate and total expense in reworking burr and mark defects in metal sheet forming process of oil pan. This research applied the DMAIC approach with the aim to reduce the defective rate to 3 percent of current production volume. This research studied the factors causing burrs, which were horizontal plane surface, nominal force of pressing machine, and tool life of punch and die. The improvement was to adjust original punch plane by smoothing the punch surface before punching the workpiece. Subsequently, the optimum nominal force of pressing machine was adjusted. The adjustment was to applying 150 tons of force for strokes 1 - 13,000 and then changing the force to 220 tons for strokes 13,001 - 23,000. After 23,000th stroke, then the punch and the die were polished and start counting strokes for the new cycle. Regarding mark defect, it was improved by replacing big metal transportation equipment by smaller plastic equipment, installing the waste blowing pipe on the machine to blow out the scrap after machining. Finally making standard for oiling the workpiece and punch by applying oil on every 3 workpieces. After improvement, it was found that the defective rate was reduced to 0.08 percent of the current production volume, resulting in a reduction in total cost related to burrs and marks of 199,378 baht per 138,000 parts.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Industrial Engineering	Student's Signature .....
Academic Year:	2020	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่าย เนื่องด้วยความช่วยเหลือ และการเสียสละเวลาในการฝึกฝน รวมถึงการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้วิจัยขอถือโอกาสนี้กราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.อริศรา เจียมสงวนวงศ์ และรองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้เข้าไปทำการศึกษาวิจัยและกรุณาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ให้ความร่วมมือในการวิจัย รวมถึงคณะทำงานคุณเรวดี คุณทองปน คุณชัชพงศ์ และพนักงานทุกคนที่ช่วยแสดงความคิดเห็นเพื่อทำการระดมความคิด ร่วมสนับสนุน ให้ความช่วยเหลือในการทดลองเป็นอย่างดียิ่ง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ ทำให้ผู้วิจัยมีความอดทนต่อการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในงานวิจัยครั้งนี้ที่ไม่ได้ถูกกล่าวถึงมา ณ ที่นี้ด้วย

ณัฐชนันท์ ชูสมบัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดโรงงานกรณีศึกษา 3

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 5

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 9

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 9

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 9

1.6 แผนการดำเนินงานวิจัย 12

1.7 ผลที่ได้รับ 13

1.8 ประโยชน์ที่ได้รับ 13

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 14

2.1 หลักการ DMAIC 14

2.1.1 ประวัติของ DMAIC 14

2.1.2 ความหมายของ DMAIC 14

2.1.3 การจัดองค์กรตามหลักการ DMAIC 15

2.1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานตามหลักการ DMAIC 16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 การออกแบบการทดลอง 25
2.2.1 ประเภทของการออกแบบการทดลอง 26
2.2.2 ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง 26
2.3.1 ประเภทของกระบวนการขึ้นรูปโลหะ 27
2.3.2 องค์ประกอบในการขึ้นรูปโลหะแผ่น 28
2.3.3 กรรมวิธีที่ใช้ในงานปั๊ม 29
2.3.4 ประเภทของแม่พิมพ์ในการขึ้นรูป 30
2.3.5 เครื่องปั๊มโลหะ 32
2.3.6 คุณสมบัติทางกลและการเปลี่ยนรูปของวัสดุ 33
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 36
2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการ DMAIC 36
2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลองที่เกี่ยวข้อง 36
2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการขึ้นรูปโลหะด้วยกระบวนการปั๊ม 37
บทที่ 3 ระยะกำหนดปัญหา 39
3.1 การจัดตั้งทีมงาน 39
3.2 กระบวนการผลิต 40
3.2.1 ข้อบกพร่องคุณสมบัติเชิงปริมาณ 41
3.2.2 ข้อบกพร่องคุณสมบัติเชิงคุณภาพ 42
3.3 กระบวนการวิเคราะห์และสัญญาโครงการ 46
3.3.1 กระบวนการวิเคราะห์กระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน 46
3.3.2 สัญญาโครงการ 48
3.4 สรุประยะกำหนดปัญหา 50
บทที่ 4 ระยะวิเคราะห์ระบบการวัด 51
4.1 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมัน 51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 การวิเคราะห์ความแม่นและความเที่ยงของระบบการวัดของข้อมูลแบบผันแปรและข้อมูลแบบนับ 53
4.2.1 มาตรฐานในการตรวจสอบชิ้นงาน 54
4.2.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement system analysis) 54
4.3 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) 67
4.3.1 ความสามารถของกระบวนการในข้อบกพร่องประเภทครีบข้อมูลแบบต่อเนื่อง 67
4.3.2 ความสามารถของกระบวนการในข้อบกพร่องประเภทรอยข้อมูลแบบหน่วยนับ 73
4.4 การวิเคราะห์สาเหตุ และผลของการเกิดของเสีย (Cause and Effect Analysis) 75
4.4.1 ผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบ 75
4.4.2 ผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอย 78
4.5 การวิเคราะห์ความล้มเหลว และผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน (FMEA) 79
4.6 สรุประยะวิเคราะห์การวัด 99
บทที่ 5 ระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 101
5.1 การกำหนดปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง 101
5.2 ศึกษาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน 105
5.2.1 ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบ 105
5.2.2 ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอย 116
5.3 สรุประยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 127
บทที่ 6 ระยะการปรับปรุงกระบวนการ 129
6.1 การปรับปรุงกระบวนการของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบ 129
6.1.1 ปัจจัยเรื่องระนาบ 129
6.1.2 ปัจจัยเรื่องอายุการใช้งานและแรงกำหนดที่เหมาะสมของแท่งตัด 131
6.2 การปรับปรุงกระบวนการของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอย 141
6.2.1 ปัจจัยเรื่องการขนย้ายชิ้นงาน 141

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2.2 ปัจจัยเรื่องเศษของชิ้นงานปรับปรุงโดยการติดตั้งท่อลมเป่าเศษชิ้นงาน 143
6.2.3 ปัจจัยเรื่องความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊ม..... 144
6.3 สรุประยะปรับปรุงกระบวนการ..... 146
บทที่ 7 ระยะควบคุมกระบวนการ..... 147
7.1 ผลการยืนยันผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 147
7.2 การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงและอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน..... 150
7.2.1 การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง..... 150
7.2.2 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน..... 151
7.3 การควบคุมกระบวนการ..... 156
7.3.1 แผนควบคุม..... 156
7.3.2 มาตราฐานการทำงานของการปฏิบัติงาน..... 157
7.4 สรุประยะควบคุมกระบวนการ..... 158
บทที่ 8 สรุปผล และข้อเสนอแนะ..... 159
8.1 สรุปผลการวิจัย..... 159
8.2 ประโยชน์ที่ได้รับ..... 161
8.3 ข้อจำกัดในการทำงานวิจัย..... 161
8.4 ข้อเสนอแนะ..... 162
บรรณานุกรม..... 163
ประวัติผู้เขียน..... 170

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 สถิติสะสมแสดงจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการ ตาม พ.ร.บ.โรงงานโดยจำแนกตามประเภทของโรงงาน สิ้นปี พ.ศ. 2561.....1

ตารางที่ 1.2 ปริมาณของเสียที่เกิดในกระบวนการสายการผลิต C ตั้งแต่มกราคม 2562 ถึง สิงหาคม 2562 (ชิ้น) 5

ตารางที่ 1.3 จำนวนของเสียแยกตามประเภทผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ มกราคม 2562 ถึง สิงหาคม 2562 (ชิ้น).....6

ตารางที่ 1.4 มูลค่าความเสียหายของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ มกราคม 2562 ถึง สิงหาคม 2562 (บาท).....7

ตารางที่ 1.5 ประเภทข้อบกพร่องในการผลิตฝาครอบถังน้ำมันตั้งแต่เดือน ม.ค. 2562 ถึง ส.ค. 25628

ตารางที่ 1.6 แผนการดำเนินงานวิจัย..... 12

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างตารางต้นแบบของรายละเอียดสัญญาโครงการ (Project Charter).....18

ตารางที่ 2.2 ตารางขนาดสิ่งตัวอย่างในการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลแบบนับ (Fasserand Brettner, 1992)..... 20

ตารางที่ 2.3 ตารางขนาดสิ่งตัวอย่างในการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลแบบต่อเนื่อง..... 20

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การตัดสินใจในการประเมินผลของระบบการวัดแบบต่อเนื่อง 22

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์การตัดสินใจในการประเมินผลของระบบการวัดแบบนับ..... 23

ตารางที่ 2.6 ตารางองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกลของเหล็ก SPCC..... 36

ตารางที่ 3.1 ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขและค่าใช้จ่ายของชิ้นงานที่ไม่สามารถนำกลับมาแก้ไขได้.....45

ตารางที่ 3.2 ประเภทข้อบกพร่องในการผลิตฝาครอบถังน้ำมันตั้งแต่เดือน ม.ค. 2562 ถึง ส.ค. 2562 46

ตารางที่ 3.3 สัญญาโครงการลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปฝาครอบถังน้ำมัน 49

ตารางที่ 4.1 กระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน.....51

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทครีบ (มม.)..... 55

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ตารางที่ 4.3 เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดในข้อบกพร่องประเภทรอย 60
ตารางที่ 4.4 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดในข้อบกพร่องประเภทรอย 61
ตารางที่ 4.5 สรุปผลการทดลองความเห็นพ้องระหว่างพนักงานกับมาตราฐานโรงงานในข้อบกพร่องประเภทรอย 65
ตารางที่ 4.6 ผลสรุปของค่าดัชนีชี้วัดของระบบการวัดของชิ้นงานตัวอย่าง 65
ตารางที่ 4.7 ข้อมูลการวัดเชิงปริมาณของการวัดค่าความสูงครีบของชิ้นงาน 68
ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณของความสูงครีบ (มม.) 70
ตารางที่ 4.9 จำนวนข้อบกพร่องประเภทรอยในการผลิตฝาครอบถังน้ำมันตั้งแต่เดือน ม.ค. 2562 ถึง ส.ค. 2562 74
ตารางที่ 4.10 ปัจจัยซึ่งอาจจะส่งผลต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ 77
ตารางที่ 4.11 ปัจจัยซึ่งอาจจะส่งผลต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอย 79
ตารางที่ 4.12 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบ 80
ตารางที่ 4.13 เกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิดของสาเหตุ 81
ตารางที่ 4.14 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ 82
ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ความล้มเหลว และผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน .. 84
ตารางที่ 4.16 ค่าความสูงครีบของชิ้นงาน (มม.) ที่ระดับอายุการใช้งานสโตรกต่าง ๆ 92
ตารางที่ 5.1 ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย.....101
ตารางที่ 5.2 ข้อมูลวัดความสูงครีบจากปัจจัยระยะระนาบ.....106
ตารางที่ 5.3 ค่าใช้จ่ายในการทำระนาบพันซ์ใหม่.....107
ตารางที่ 5.4 พื้นที่ตัดวงกลมของฝาครอบถังน้ำมัน 111
ตารางที่ 5.5 พื้นที่ตัดส่วนโค้งของฝาครอบถังน้ำมัน.....112
ตารางที่ 5.6 พื้นที่ตัดเส้นตรงของฝาครอบถังน้ำมัน.....112
ตารางที่ 5.7 ข้อมูลวัดความสูงครีบจากปัจจัยแรงกำหนด.....114

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.8 ข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องรอยในเรื่องการขนย้ายชิ้นงาน 118
ตารางที่ 5.9 ข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องรอยในการทดลองทาน้ำมันก่อนปั๊ม 7 ทางเลือก 119
ตารางที่ 5.10 ค่าใช้จ่ายรวมในแต่ละทางเลือกในการทาน้ำมันก่อนการปั๊มในการผลิต 1,500 ชิ้นงาน 122
ตารางที่ 5.11 ข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องรอยในการทดลองทาน้ำมันรอบตัว 4 ทางเลือก 123
ตารางที่ 5.12 ข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่พบข้อบกพร่องประเภทรอยจากการติดตั้งท่อลมเป่าเศษ 126
ตารางที่ 6.1 ข้อมูลยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเรื่องระนาบ..... 130
ตารางที่ 6.2 ค่าใช้ในการเจียระไนแท่งตัด และแผ่นดายตัดต่อครั้ง 132
ตารางที่ 6.3 ค่าแรงของช่างในการซ่อมบำรุงต่อครั้ง 133
ตารางที่ 6.4 ความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการซ่อมบำรุงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอายุการใช้งานของแท่งตัดและแรงกำหนดในการขึ้นรูป..... 137
ตารางที่ 6.5 ข้อมูลยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเรื่องแรงกำหนดและอายุการใช้งานแท่งตัด .. 138
ตารางที่ 6.6 ข้อมูลยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเรื่องการขนย้ายชิ้นงาน..... 142
ตารางที่ 6.7 ข้อมูลยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเรื่องการติดตั้งท่อลมเป่าเศษ 143
ตารางที่ 6.8 ข้อมูลยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเรื่องความถี่ในการทาน้ำมันก่อนปั๊ม..... 145
ตารางที่ 6.9 ปรับปรุงปัจจัยในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน 146
ตารางที่ 7.1 ปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการยืนยันผลการทดลอง..... 147
ตารางที่ 7.2 ตารางยืนยันผลการทดลอง..... 149
ตารางที่ 7.3 สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต..... 150
ตารางที่ 7.4 สัดส่วนของเสียแต่ละประเภทของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการก่อนและหลังปรับปรุง 150
ตารางที่ 7.5 ค่าใช้จ่ายในการทำท่อลมเป่าเศษ 153
ตารางที่ 7.6 ค่าใช้จ่ายของน้ำมันขึ้นรูปที่ใช้ในกระบวนการ 154

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ตารางที่ 7.7 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงกระบวนการในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย . 155

ตารางที่ 7.8 แผนควบคุมของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน 156

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 กระบวนการผลิตในสายการผลิต C....4
รูปที่ 1.2 แนวโน้มการผลิตของผลิตภัณฑ์สายการผลิต C ในปี พ.ศ.2563 - ปี พ.ศ.2564....7
รูปที่ 1.3 ประเภทข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน....8
รูปที่ 2.1 กระบวนการในการปรับปรุงต่อเนื่องตามหลักการ DMAIC....17
รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของความผันแปรของระบบการวัด....20
รูปที่ 2.3 กระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่น....27
รูปที่ 2.4 กระบวนการขึ้นรูปโลหะก้อน....28
รูปที่ 2.5 แม่พิมพ์เดี่ยว....31
รูปที่ 2.6 แม่พิมพ์ผสม....31
รูปที่ 2.7 แม่พิมพ์ต่อเนื่อง....31
รูปที่ 2.8 แม่พิมพ์ส่งผ่าน....32
รูปที่ 2.9 ความเค้นในการขึ้นรูปโลหะ....34
รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน....40
รูปที่ 3.2 ฝาครอบถังน้ำมัน....41
รูปที่ 3.3 การวัดค่าความสูงครีบ....42
รูปที่ 3.4 การตรจสอบรอยบนตัวชิ้นงาน....43
รูปที่ 3.5 แผนภาพข้อบกพร่องและวิธีการแก้ไขในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน....44
รูปที่ 3.6 แผนผังพาเรโตแสดงสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน....47
รูปที่ 3.7 แผนผังพาเรโตแสดงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันรุ่น....47
รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทครีบ....57
รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทรอย....64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในข้อบกพร่องประเภทครีบ..... 72
รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการข้อบกพร่องประเภทรอย..... 74
รูปที่ 4.5 แผนภาพเหตุและผลของของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ..... 76
รูปที่ 4.6 แผนภาพเหตุและผลของของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอย..... 78
รูปที่ 4.7 แผนภูมิเรียงลำดับคะแนนจากการวิเคราะห์ FMEA ของข้อบกพร่องประเภทครีบ..... 87
รูปที่ 4.8 ชิ้นงานผ่านกระบวนการปั๊มระนาบ..... 89
รูปที่ 4.9 ชิ้นงานการขึ้นรูปที่เกี่ยวข้องกับระยะระนาบ..... 90
รูปที่ 4.10 ลักษณะคุณภาพขอบตัดชิ้นงาน..... 91
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของแท่งตัดและความสูงครีบ..... 92
รูปที่ 4.12 แผนภูมิเรียงลำดับคะแนนจากการวิเคราะห์ FMEA ของข้อบกพร่องประเภทรอย..... 95
รูปที่ 4.13 ภาพแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้าและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ . 98
รูปที่ 5.1 แผนภาพความเชื่อมโยงของปัจจัยข้อบกพร่องประเภทครีบและข้อบกพร่องประเภทรอย.....104
รูปที่ 5.2 ขั้นตอนในการทดลองเรื่องระนาบ.....105
รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบความสูงครีบของระยะระนาบแบบเก่าและแบบใหม่.....106
รูปที่ 5.4 ขนาดของฝาครอบถังน้ำมัน.....110
รูปที่ 5.5 การเปรียบเทียบความสูงครีบของปัจจัยแรงกำหนด.....115
รูปที่ 5.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการขนย้ายสถานีงานก่อนและหลังปรับปรุง.....117
รูปที่ 5.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการขนย้ายสถานีงานและจุดรอตรวจข้อบกพร่องประเภทรอย.....117
รูปที่ 5.8 กราฟเปรียบเทียบผลต่างแต่ละคู่ทางเลือกของความถี่ในการทาน้ำมันก่อนการปั๊ม.....121
รูปที่ 5.9 การทำงานเดิมและการทำงานใหม่ที่มีการติดตั้งท่อลมเป่าเศษชิ้นงาน.....125
รูปที่ 6.1 ความสูงครีบเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงเรื่องระนาบ.....131
รูปที่ 6.2 ความสูงครีบหลังการปรับปรุงเรื่องแรงกำหนดและอายุการใช้งานแท่งตัด.....138

Chulalongkorn University

หน้า

รูปที่ 6.3 การสึกหรอของแท่งตัด.....140

รูปที่ 7.1 แผนภูมิควบคุม p กระบวนการหลังการปรับปรุงฝาครอบถังน้ำมัน.....149

รูปที่ 7.2 มาตราฐานการทำงานสำหรับการปฏิบัติงาน.....157

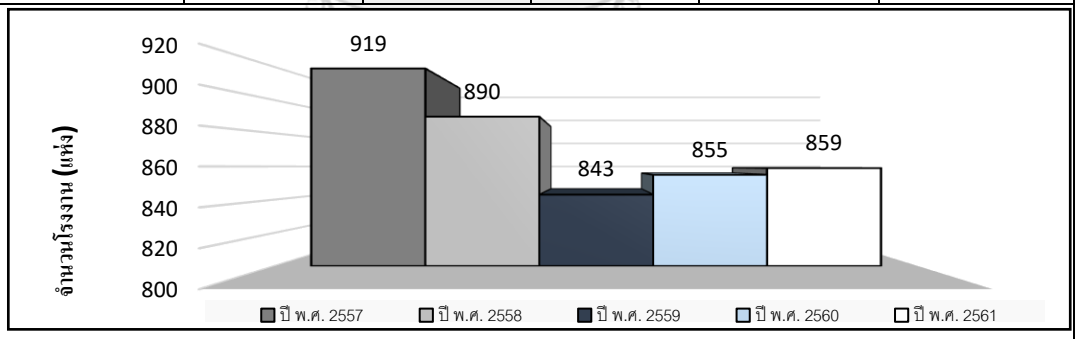
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทย ส่งผลทำให้เกิดอุตสาหกรรมปลีกย่อยที่เกี่ยวข้องกับงานชิ้นส่วนยานยนต์เกิดขึ้นตามลำดับ โดยชิ้นส่วนยานยนต์ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปโลหะโดยวิธีการปั๊ม หรือกระแทกได้เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการที่สำคัญของอุตสาหกรรมการขึ้นรูปชิ้นส่วนยานยนต์ จากการแสดงสถิติสะสมจำนวนโรงงานของโรงงานประเภทการขึ้นรูปโลหะด้วยวิธีปั๊ม หรือกระแทก ใน ปี พ.ศ.2558 ถึง ปี พ.ศ.2561 มีสถิติจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการลดลงจาก ปี พ.ศ.2557 อย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากสภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบันเกิดการชะลอตัว ทำให้อุตสาหกรรมยายนต์ได้ชะลอการผลิต ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมปลีกย่อยที่เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนยานยนต์ชะลอการผลิตเพื่อจัดจำหน่ายเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 สถิติสะสมแสดงจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการ ตาม พ.ร.บ.โรงงานโดยจำแนกตามประเภทของโรงงาน สิ้นปี พ.ศ. 2561

โรงงานประเภท	สถิติสะสมจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการ (แห่ง)				
	ปี พ.ศ.2557	ปี พ.ศ.2558	ปี พ.ศ.2559	ปี พ.ศ.2560	ปี พ.ศ.2561
64(2)*	919	890	843	855	859



หมายเหตุ *ประเภทหรือชนิดของโรงงานจำแนกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2553 ความหมายคือประเภทโรงงาน ลำดับที่ 64 คือโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์โลหะ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง และ (2) การทำผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีปั๊มหรือกระแทก

อ้างอิงข้อมูลจาก ศูนย์ข้อมูลธุรกิจอุตสาหกรรม ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมโรงงานอุตสาหกรรม

จากตารางที่ 1.1 แสดงให้เห็นว่า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 หลังจากมีการลดลงของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการ ภายในปี พ.ศ. 2561 ก็ยังไม่ได้ฟื้นตัวอย่างเต็มที่ เนื่องจากสภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบันเกิดการชะลอตัว อันเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ อาทิเช่น สถานการณ์ด้านเศรษฐกิจที่มีความซับซ้อนและอ่อนไหว ตลอดจนความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การประสบปัญหาทางด้านภัยธรรมชาติและความไม่สงบทางด้านการเมือง อีกทั้งยังประกอบด้วยการเติบโตในอุตสาหกรรมเดียวกันของประเทศเพื่อนบ้านในภูมิภาค ส่งผลกระทบต่อยอดการผลิตของประเทศไทยเช่นเดียวกัน ทำให้โรงงานที่ทำการประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมยานยนต์หรือชิ้นส่วนยานยนต์พึงได้รับผลกระทบด้วย ซึ่งโรงงานการขึ้นรูปจากโลหะด้วยวิธีการปั๊ม หรือกระแทก ต้องทำการปรับตัวและเปลี่ยนแปลงต่อการแข่งขันที่สูงขึ้นในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อให้โรงงานของตนยังเป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรมโดยสามารถรักษามาตรฐานของผลิตภัณฑ์และยังคงรักษาฐานลูกค้าเดิมไว้ได้ หรือเพื่อที่จะทำการแข่งขันกับโรงงานคู่แข่งได้ ไม่ว่าจะเป็นด้านราคาผลิตภัณฑ์ ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การบริการ เป็นต้น

ผู้ศึกษามีความสนใจที่จะศึกษาเรื่องการปรับปรุงประสิทธิภาพชิ้นส่วนยานยนต์ ในกระบวนการขึ้นรูปโลหะด้วยวิธีการปั๊ม หรือกระแทก ซึ่งในกระบวนการผลิตจะไม่สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องได้ โดยในโรงงานที่ศึกษาพบปัญหาของเสียเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ยังไม่ได้รับการแก้ไขอย่างจริงจังเนื่องจากสาเหตุหลายปัจจัย ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยความร่วมมือของหลายฝ่าย ในสายการผลิตชิ้นส่วนมีชิ้นส่วนจำนวนมากและมีความหลากหลายในกระบวนการการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้นงาน ซึ่งปริมาณการผลิตแต่ละชิ้นงานมีความแตกต่างกันตามความต้องการของลูกค้า ผู้ศึกษาจึงต้องนำเทคนิคและหลักการทางวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตโดยวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต โดยเป้าหมายเป็นไปตามที่โรงงานกำหนดไว้

1.1 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดโรงงานกรณีศึกษา

1.1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน

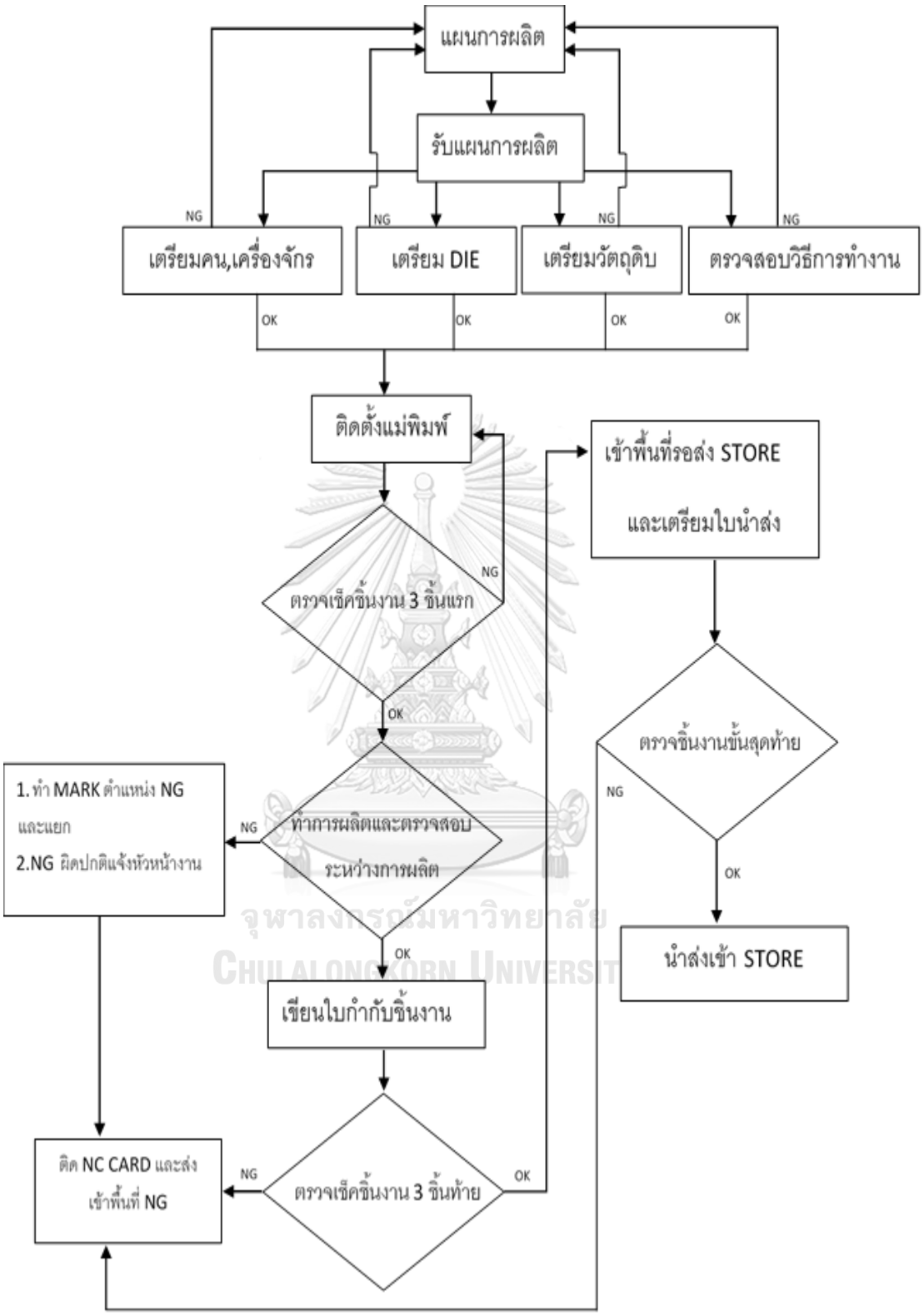
โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เริ่มต้นโดยราวปี พ.ศ. 2488 หลังจากที่สงครามโลกครั้งที่ 2 ยุติลง เกิดการขาดแคลนอะไหล่รถอย่างหนักโดยเฉพาะหม้อน้ำรถยนต์ ทางโรงงานได้จัดตั้งห้างหุ้นส่วนเพื่อคิดค้นประดิษฐ์และผลิตรังผึ้งหม้อน้ำรถยนต์ขึ้นมา โดยหม้อน้ำที่ผลิตออกมาก็ได้รับความสนใจและสั่งซื้อจากลูกค้า เนื่องจากเป็นผู้ผลิตรายแรกและรายเดียวในขณะนั้น จึงเป็นโอกาสให้มีเงินทุนนำมาขยายกิจการได้ ต่อมาในปี พ.ศ. 2505 ได้ตั้งบริษัทขึ้นเพื่อผลิตหม้อน้ำรถยนต์ รถบรรทุกและรถแทรกเตอร์ทุกชนิด ลูกค้าขณะนั้นก็คือตลาดทั่วไป ปีพ.ศ. 2516 โรงงานได้ขยายการผลิตดำเนินการผลิตหม้อน้ำ ถังน้ำมันรถยนต์ และชิ้นส่วนรถยนต์อีกหลายชนิด โดยใช้เครื่องจักรที่ทันสมัยจากต่างประเทศและได้ดำเนินกิจการมาจนถึงปัจจุบัน เวลาการทำงานเริ่มตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันเสาร์ รวม 6 วันในหนึ่งสัปดาห์ หยุดวันอาทิตย์ การทำงานแบ่งเป็น 2กะ โรงงานในเครือสามารถแบ่งได้เป็น 5 กลุ่มธุรกิจหลัก คือ ผลิตหม้อน้ำ และชิ้นส่วนงานปั๊ม, ถังน้ำมัน, ท่อน้ำมันและใบพัดหม้อน้ำ, แผงคอยล์และแผนกตรวจสอบและสอบเทียบเครื่องมือวัด

1.1.2 ผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานผลิตประกอบด้วย 4 ส่วน คือ 1. โรงงานส่วนของหม้อน้ำ, 2. โรงงานส่วนของประกอบ, 3. โรงงานส่วนของถังน้ำมันและ 4. โรงงานส่วนของโรงผลิต (ปั๊มชิ้นส่วน) ซึ่งโรงปั๊มชิ้นส่วนแบ่งสายการผลิตออกเป็น 4 สายการผลิตย่อย คือ สายการผลิต A คือ สายการผลิตชิ้นส่วนขนาดใหญ่พิเศษ, สายการผลิต B คือ สายการผลิตชิ้นส่วนขนาดใหญ่, สายการผลิต C คือ สายการผลิตชิ้นส่วนขนาดกลางและ สายการผลิต C ล่าง คือ สายการผลิตชิ้นส่วนขนาดเล็ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โรงงานผลิต (ปั๊มชิ้นส่วน) ที่ศึกษาตั้งอยู่ที่จังหวัดสมุทรปราการ โดยจะศึกษาเฉพาะสายการผลิตชิ้นส่วนในสายการผลิต C เท่านั้น อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของทางโรงงาน คือ สายการผลิต A และ B เป็นสายการผลิตชิ้นส่วนขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินการและเงินลงทุนในการทดลองค่อนข้างสูง ส่วนสายการผลิต C ล่าง เป็นสายการผลิตชิ้นส่วนขนาดเล็กผลิตภัณฑ์มีการทดลองขึ้นรูปเพื่อปรับเปลี่ยนอยู่เสมอ ดังนั้นสายการผลิต C จึงเป็นสายการผลิตที่จะทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ซึ่งแสดงกระบวนการผลิตในสายการผลิต C ในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 กระบวนการผลิตในสายการผลิต C

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ต้องทำการปรับตัวและเปลี่ยนแปลงต่อการแข่งขันที่สูงขึ้นในอุตสาหกรรม โดยทางโรงงานต้องรักษามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับเงื่อนไขมาจากลูกค้า ซึ่งทางโรงงานนอกจากจะผลิตหม้อน้ำรถยนต์แล้ว ยังผลิตชิ้นส่วนของรถยนต์อื่น ๆ อีก เช่น ถังน้ำมัน สายนำน้ำมันและสายน้ำมัน ชิ้นส่วนปั๊มอื่น ๆ เป็นต้น ในสภาวะเศรษฐกิจชะลอตัว ทางโรงงานมีจำนวนคำสั่งซื้อจากลูกค้าลดลง ส่งผลให้ยอดการผลิตผลิตภัณฑ์รวมลดน้อยลงจากเดิมมากถึงร้อยละ 30 เทียบกับ 2 ไตรมาสที่ผ่านมา อีกทั้งทางโรงงานยังต้องแบกรับภาระค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก ทำให้ทางโรงงานพิจารณาที่จะต้องจัดการกับค่าใช้จ่ายสิ้นเปลืองโดยเล็งเห็นถึงสัดส่วนของเสียที่สูงส่งผลต่อการมีค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงานในกระบวนการผลิตเกิดขึ้น ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการปรับปรุงคุณภาพภายในโรงงาน

จากการตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในสายการผลิต จะพบว่ามูลค่าของเสียสูงที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นในกระบวนการหลังการชุบสี ซึ่งสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องเกิดตั้งแต่กระบวนการการขึ้นรูปโลหะ ซึ่งในระหว่างกระบวนการต่าง ๆ ได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องเรื่อยมา ซึ่งถ้าข้อบกพร่องหลุดรอดไปยังกระบวนการชุบสีถือเป็นกระบวนการสุดท้ายที่จะพบข้อบกพร่อง ซึ่งส่งผลทำให้มีมูลค่าความเสียหายมากที่สุด ผู้ศึกษาเล็งเห็นว่าควรแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุ จึงเลือกศึกษาในสายการผลิตการขึ้นรูปโลหะโดยวิธีการปั๊ม หรือกระแทก ดังนั้นทางทีมงานจึงทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ในการปรับปรุงคุณภาพ โดยรวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตในเดือน มกราคม 2562 ถึง สิงหาคม 2562 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1.2 ปริมาณของเสียที่เกิดในกระบวนการสายการผลิต C ตั้งแต่มกราคม 2562 ถึง สิงหาคม 2562 (ชิ้น)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	รวม
ปริมาณของเสีย(ชิ้น)	1,953	2,113	1,974	1,946	2,800	1,332	1,319	1,969	15,406
ปริมาณการผลิต(ชิ้น)	33,370	30,408	31,049	28,252	45,201	23,203	25,404	32,829	249,716
สัดส่วนปริมาณของเสีย	5.85	6.95	6.36	6.89	6.19	5.74	5.19	6.00	6.17

จากตารางที่ 1.2 พบว่าปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการปั๊มในเดือน มกราคม 2562 ถึง สิงหาคม 2562 มีสัดส่วนของเสียรวม ร้อยละ 6.17 ซึ่งเป้าหมายของโรงงาน ควรมีสัดส่วนของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 3 ทางทีมงานจึงต้องวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตเพื่อให้อยู่ในเป้าหมายที่กำหนด โดยทางทีมงานจะศึกษาสัดส่วนของเสียของผลิตภัณฑ์ในกระบวณการปั๊มแต่ละประเภทตั้งแต่ มกราคม 2562 ถึง สิงหาคม 2562 ซึ่งแสดงรายละเอียด ในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 จำนวนของเสียแยกตามประเภทผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ มกราคม 2562 ถึง สิงหาคม 2562 (ชิ้น)

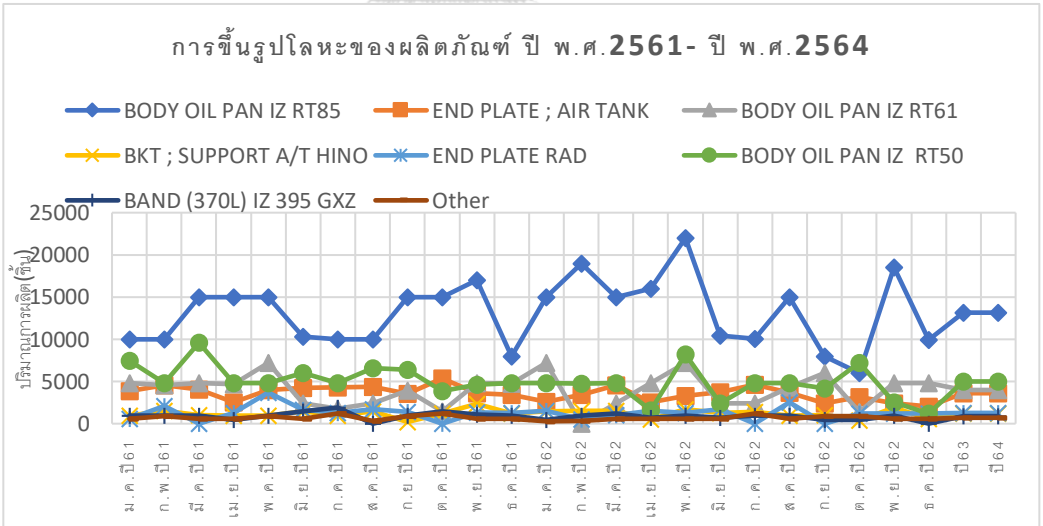
ประเภทของรุ่นผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	รวม	สัดส่วน
ฝาครอบถังน้ำมัน รุ่น RT85	1,921	2,033	1,919	1,930	2,776	1,302	1,304	1,931	15,116	98.12%
END PLATE ; AIR TANK AL	8	62	26	8	7	23	8	10	152	0.99%
BKT ; SUPPORT	0	13	21	4	2	6	0	6	52	0.34%
ฝาครอบถังน้ำมัน รุ่น RT61	20	0	0	1	4	0	4	9	38	0.25%
ฝาครอบถังน้ำมัน รุ่น RT50	1	2	2	0	4	0	0	4	13	0.08%
อื่น ๆ TANKBRAKE&TANKCLUTCH	2	1	0	3	4	0	0	3	13	0.08%
END PLATE RAD	1	2	4	0	0	1	3	1	12	0.08%
BAND (370L) IZ 395 GXZ	0	0	2	0	3	0	0	5	10	0.06%
รวม	1,953	2,113	1,974	1,946	2,800	1,332	1,319	1,969	15,406	-

จากตารางที่ 1.3 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของเสียมากที่สุด ตั้งแต่ มกราคม 2562 ถึง สิงหาคม 2562 คือ ฝาครอบถังน้ำมัน รุ่น RT85 ซึ่งมีสัดส่วนของเสีย ร้อยละ 98.12 จากจำนวนสัดส่วนของเสียทั้งหมด

ตารางที่ 1.4 มูลค่าความเสียหายของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ มกราคม 2562 ถึง สิงหาคม 2562 (บาท)

ประเภทของรุ่นผลิตภัณฑ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	รวม	สัดส่วน
ฝาครอบถังน้ำมัน รุ่น RT85	26,369.71	27,802.26	26,151.66	26,264.24	37,955.13	17,760.38	17,876.91	26,320.98	206,501.27	81.71 %
END PLATE ; AIR TANK AL IZ	1,435.56	12,944.72	4,678.56	1,443.52	1,263.58	4,142.69	1,432.13	1,790.16	29,130.90	11.53 %
BKT ; SUPPORT	-	2,532.51	4,174.70	793.89	390.14	1,164.10	-	1,137.60	10,192.95	4.03 %
ฝาครอบถังน้ำมัน รุ่น RT61	1,554.87	-	-	83.19	324.20	-	319.80	722.85	3,004.90	1.19 %
BAND (370L) IZ 395 GXZ	-	-	322.87	-	492.24	-	-	481.99	1,297.09	0.51 %
END PLATE RAD	74.22	144.27	298.40	-	-	78.60	285.31	92.93	973.74	0.39 %
ฝาครอบถังน้ำมัน รุ่น RT50	79.09	145.97	160.90	-	325.73	-	-	246.25	957.94	0.38 %
อื่น ๆ TANK BRAKE& TANK CLUTCH	92.59	66.72	-	146.79	216.14	-	-	147.34	669.57	0.26 %
รวม	29,606.04	43,636.45	35,787.09	28,731.63	40,967.16	23,145.77	19,914.15	30,940.10	252,728.36	

จากตารางที่ 1.4 พบว่า คือ ฝาครอบถังน้ำมัน รุ่น RT85 มีมูลค่าความเสียหายร้อยละ 81.71 จากมูลค่าความเสียหายของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ผู้จัดทำจึงทำการศึกษาแนวโน้มของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 1.2



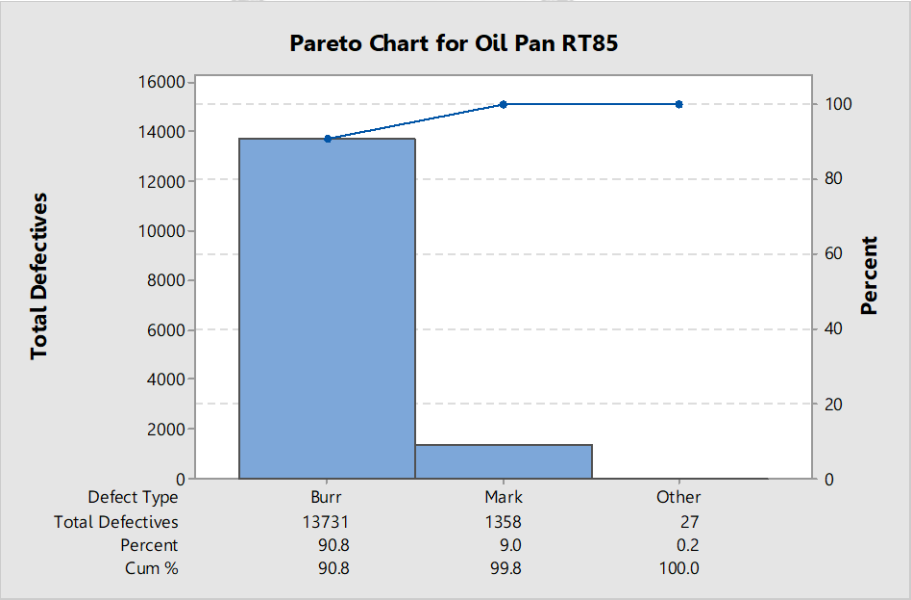
รูปที่ 1.2 แนวโน้มการผลิตของผลิตภัณฑ์สายการผลิต C ในปี พ.ศ.2563 - ปี พ.ศ.2564

จากรูปที่ 1.2 พบว่าผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมันรุ่น RT85 มีปริมาณการผลิตที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ในปีเดียวกันและแนวโน้มค่อนข้างคงที่ในปีถัดไป เนื่องจากตัวฝาครอบถังน้ำมันรุ่นนี้นำไปใช้ได้กับรถกระบะในหลายรุ่น จึงทำให้มีปริมาณการผลิตที่ค่อนข้างสูง

จากตารางที่ 1.3, 1.4 และรูปที่ 1.2 พบว่าผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมันรุ่น RT85 มีสัดส่วนของเสียมากที่สุด มีมูลค่าความเสียหายสูงที่สุด และมีแนวโน้มในการผลิตที่สูงที่สุด ดังนั้นหากต้องการที่จะปรับปรุงคุณภาพในสายการผลิตนี้ ผู้จัดทำจึงเลือกปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมันรุ่น RT85 ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในสายการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน รุ่น RT85 เกิดข้อบกพร่องขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปโลหะ ทางทีมงานจึงทำการคัดเลือกข้อบกพร่องในการปรับปรุงคุณภาพการผลิต โดยรวบรวมข้อมูลประเภทของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ฝาครอบถังน้ำมัน รุ่น RT85 ตั้งแต่เดือนเดือน มกราคม 2562 ถึง สิงหาคม 2562 โดยมีรายละเอียดแสดงใน ตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 ประเภทข้อบกพร่องในการผลิตฝาครอบถังน้ำมันตั้งแต่เดือน ม.ค. 2562 ถึง ส.ค. 2562

ข้อบกพร่อง	ประเภท	ม.ค.-62	ก.พ.-62	มี.ค.-62	เม.ย.-62	พ.ค.-62	มิ.ย.-62	ก.ค.-62	ส.ค.-62	จำนวนของเสีย
ครีบ	Rework	1,749	1,828	1,755	1,761	2,495	1,198	1,190	1,755	13,731
รอย	Rework	165	201	162	168	276	102	110	174	1,358
บุบ	Rework	3	0	0	0	1	0	0	1	5
ผิดรูป	Scrap	4	3	2	1	4	2	4	1	21
แตก	Scrap	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Total Defectives (ชิ้น)		1,921	2,033	1,919	1,930	2,776	1,302	1,304	1,931	15,116
Total Output (ชิ้น)		15,000	18,967	15,000	16,000	22,000	10,409	10,027	14,995	122,398



รูปที่ 1.3 ประเภทข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน

จากตารางที่ 1.5 และรูปที่ 1.3 พบว่าเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการผลิตพบว่าของเสียในกระบวนการขึ้นรูป คือข้อบกพร่องประเภทครีบและข้อบกพร่องประเภทรอยมีสัดส่วนที่สูง โดยสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทครีบสูงที่สุดเมื่อเทียบกับข้อบกพร่องประเภทอื่น งานวิจัยนี้จึงเลือกแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบ จากการศึกษาทางโรงงานอยากให้แก้ไขข้อบกพร่องประเภทรอยด้วย เนื่องจากขั้นตอนในการตรวจสอบเป็นการตรวจแบบ 100 เปอร์เซนต์ทุกชิ้นทุกมุมทุกด้าน ทำให้ต้องเสียทรัพยากรทางด้านบุคลากรและเวลาเป็นอย่างมาก ทางทีมงานพบว่าถ้าการปั๊มชิ้นงานบางครั้งทำให้ครีบหลุดออกมาติดที่หน้าแม่พิมพ์ หากปั๊มชิ้นงานต่อไปจะทำให้เกิดการปั๊มทับเศษเหล็กที่ติดอยู่ที่หน้าแม่พิมพ์ ส่งผลให้เกิดของเสียประเภทรอยจากการปั๊ม จึงเห็นสมควรศึกษาข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภทนี้ โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ของฝาครอบถังน้ำมันในรถกระบะ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์และกำหนดหัวข้อปัญหาใน บทที่ 3 ระยะศึกษาข้อมูลและการนิยามปัญหา โดยงานวิจัยนี้จะปรับปรุงของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อลดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากของเสียข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยในกระบวนการผลิตโดยการขึ้นรูปโลหะแบบแผ่นเพื่อเป็นชิ้นส่วนในการประกอบถังน้ำมัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะสายการผลิตโดยการขึ้นรูปโลหะแบบแผ่นด้วยวิธีการปั๊ม หรือกระแทกสำหรับชิ้นส่วนในการประกอบถังน้ำมันผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมัน รุ่น RT85

2. ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยในกระบวนการปั๊มสายการผลิต C เท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะดำเนินการตามหลักการ DMAIC มีขั้นตอนในการดำเนินงานทั้งหมด 5 ขั้นตอน

1. ระยะศึกษาข้อมูลและการนิยามปัญหา (Define Phase)

    ก) ศึกษางานวิจัยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางของหลักการ DMAIC

ข) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปโลหะด้วยวิธีการปั๊ม หรือการกระแทก และปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยจากกระบวนการปั๊ม

ค) เก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นสำรวจสภาพปัญหาในปัจจุบันมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดหัวข้อปัญหา เป้าหมาย ระยะเวลาการดำเนินการและขอบเขตข้อจำกัดต่าง ๆ ของโครงการ

ง) จัดตั้งทีมทำงานเพื่อเข้าร่วมทีมในการปรับปรุงคุณภาพโดยพิจารณาจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในสายการผลิตการขึ้นรูปโลหะ

2. ระยะวิเคราะห์ระบบการวัด (Measure Phase)

ก) วิเคราะห์ความแม่นและเที่ยงของระบบการวัดในการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย

ข) เก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความสูงครีบและรอย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

3. ระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)

ก) วิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่อาจจะส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง ด้วยการใช้แผนภาพก้างปลาจากนั้นใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลด้วย Cause and Effect Matrix โดยการให้คะแนนเพื่อเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัย จากนั้นนำปัจจัยนำเข้าที่คัดกรองจากวิเคราะห์ความล้มเหลว และผลกระทบ เลือกปัจจัยที่จะนำไปพิสูจน์ว่าปัจจัยนั้นมีผลต่อการทำให้เกิดของเสียอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ อย่างไร

ข) นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องจากการวิเคราะห์เรื่องครีบ คือ อายุการใช้แท่งตัด แรงกำหนด และระยะระนาบของชิ้นงาน มาทดลองและทดสอบความมีนัยสำคัญต่อสัดส่วนของเสีย และศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องจากการวิเคราะห์เรื่องรอย คือ ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มไม่เหมาะสม ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวไม่เหมาะสม และการขนย้ายพร้อมกันในปริมาณมาก และเศษของชิ้นงาน โดยนำปัจจัยมาทดลองวิเคราะห์และหาวิธีการแก้ไขปัญหา โดยต้องเป็น

มาตราฐานการทำงานที่โรงงานสามารถกระทำได้โดยไม่กระทบต่อกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์อื่น

4. ระยะปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

ก) ออกแบบการทดลองเพื่อหามาตราฐานการทำงานที่เหมาะสมของปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำให้ค่าตัวแปรตอบสนองคือสัดส่วนของเสียลดลงตามเป้าหมาย

ข) ทำการทดลองตามแผนการทดลองที่ได้ออกแบบไว้

ค) วิเคราะห์และสรุปมาตราฐานการทำงานที่เหมาะสม

5. ระยะควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

ก) ทดสอบยืนยันผลการทดลองโดยหาค่าสัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขข้อบกพร่อง หลังจากการใช้การปรับปรุงปัจจัยที่ได้วิเคราะห์ว่าเหมาะสมเพื่อใช้วัดผลหลังการปรับปรุงคุณภาพ

ข) จัดทำเอกสารการควบคุมกระบวนการ คือ ทำแผนควบคุม (Control Plan) และวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ของสายการผลิต

6. สรุปผลเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงโดยเปรียบเทียบสัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขข้อบกพร่องต่อการผลิตที่ลดลง

7. สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ และจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.6 แผนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.6 แผนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	ระยะเวลาในการดำเนินการ																	
	ธ.ค. 62	ม.ค. 63	ก.พ. 63	มี.ค. 63	เม.ย. 63	พ.ค. 63	มิ.ย. 63	ก.ค. 63	ส.ค. 63	ก.ย. 63	ต.ค. 63	พ.ย. 63	ธ.ค. 63	ม.ค. 64	ก.พ. 64	มี.ค. 64	เม.ย. 64	พ.ค. 64	มิ.ย. 64
1. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง																			
2. ระยะศึกษาข้อมูลและกำหนดปัญหา																			
3. ระยะวิเคราะห์ระบบการวัด																			
4. ระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา																			
5. ระยะปรับปรุงกระบวนการ																			
6. ระยะควบคุมกระบวนการ																			
7. สรุปผลการวิจัย																			
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์																			

1.7 ผลที่ได้รับ

วิธีการปฏิบัติงานใหม่ที่ทำให้สัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยลดลงในกระบวนการผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมันรุ่นด้วยวิธีการปั๊ม

1.8 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยในกระบวนการขึ้นรูปโลหะด้วยการปั๊ม หรือกระแทก

2. ลดสัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายในการแก้ไขที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยของการผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมันด้วยวิธีการปั๊ม

3. สามารถนำแนวคิดไปประยุกต์ใช้และเป็นแนวทางในการลดของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยของกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นของสายการผลิตอื่นหรืออุตสาหกรรมอื่นที่มีการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยวิธีการปั๊มหรือกระแทก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการ DMAIC

2.1.1 ประวัติของ DMAIC

จุดเริ่มต้นแนวความคิดของวิธีการทาง DMAIC เริ่มมีการพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.1985 โดย Bill Smith และ Mikel Harry วิศวกรของบริษัทโมโตโรล่า ได้นำเสนอเทคนิคและวิธีการปรับปรุงกระบวนการในรูปแบบใหม่ที่เรียกว่า DMAIC และภายใต้การนำของบ็อบ เกลวิน (Bob Galvin) ผู้บริหารของโมโตโรล่าในสมัยนั้น ได้เริ่มมีการนำวิธีการทาง DMAIC มาใช้ในปี ค.ศ. 1987 โดยมุ่งเน้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนในทุกสิ่งที่โมโตโรล่าทำ และดำเนินการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องทำให้ช่วยลดต้นทุนให้กับบริษัทเป็นอย่างมาก จากนั้นเป็นต้นมาเป็นแรงผลักดันให้กับบริษัทชั้นนำในสหรัฐอเมริกาจึงได้นำแนวคิดการบริหารจัดการแบบ DMAIC เข้ามาใช้ เป็นแผลกลยุทธ์ขององค์กรและประสบความสำเร็จสามารถลดค่าใช้จ่ายของบริษัทได้อย่างมาก

2.1.2 ความหมายของ DMAIC

การพัฒนาองค์การแบบ DMAIC [1] เป็นการพัฒนาที่มุ่งเน้นความเป็นเลิศ ซึ่งได้มีการกำหนดแนวทางในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านการสื่อสาร การสร้างกลยุทธ์ และนโยบาย การกระจายนโยบาย การจูงใจ และการจัดสรรทรัพยากรในองค์การให้เหมาะสม เพื่อให้การปรับปรุงองค์การเป็นไปอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ โดยเน้นการมีส่วนร่วมของพนักงานที่มีความสามารถ มีความตั้งใจที่จะปรับปรุง ต้องได้รับความรู้ที่เพียงพอต่อการปรับปรุง รวมทั้งมีทีมที่มีความสามารถและมีความตั้งใจที่จะปรับปรุง มีทีมที่ปรึกษาที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์สูงคอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุนเพื่อให้ความผิดพลาดในการผลิตและการบริการมีน้อยที่สุด แนวความคิดการบริหารปรับปรุงองค์การ DMAIC มีความแตกต่างจากแนวความคิดในการบริหารแบบเดิม ที่เน้นการปรับปรุงการทำงานโดยเริ่มจากผู้บริหาร แล้วจึงกระจายให้หน่วยงานต่าง ๆ ในองค์การปรับปรุง โดยขาดระบบการให้คำปรึกษาแนะนำและการช่วยเหลือที่เหมาะสม เป็นการบริหารที่มุ่งเน้นในการลดความผิดพลาด ลดความสูญเปล่า และลดการแก้ไขตัวชิ้นงาน และสอนให้พนักงานรู้แนวทางในการทำธุรกิจอย่างมีหลักการ และจะไม่พยายามจัดการกับปัญหาแต่จะพยายามกำจัดปัญหาทิ้ง DMAIC จะดีที่สุดเมื่อทุกคนในองค์การร่วมมือกันตั้งแต่หัวหน้า ไปจนถึงบุคลากรทั่วไปในองค์การ จึงถูกนำมาใช้เป็นชื่อเรียกของวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพในขบวนการใด ๆ โดยมุ่งเน้นการลดความไม่แน่นอน และการปรับปรุงขีดความสามารถในการทำงานให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด เพื่อนำมาซึ่งความพอใจของลูกค้า และผลที่ได้รับสามารถวัดเป็นจำนวนเงินได้อย่างชัดเจน ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มรายได้ หรือลดรายจ่ายก็ตาม

DMAIC เป็นกลยุทธ์ทางธุรกิจที่มีประสิทธิภาพในการบริหารใช้เครื่องมือทางสถิติมาใช้ในการพัฒนาและเพิ่มคุณภาพของสินค้าและการบริการ โดยมีกรอบแนวคิดว่า มีเป้าหมายอยู่ที่การลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการ เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าและหน้าที่ขององค์กรเพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าระหว่างต้นทุนการใช้ทรัพยากรและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าพึงจะได้รับ นอกจากนี้ยังได้ใช้สัญลักษณ์ทางสถิติ คือ ซิกมา (σ) เป็นตัววัดความผันแปรของกระบวนการ และยังแสดงถึงระดับการเบี่ยงเบนของกระบวนจากเป้าหมายที่ตั้งไว้ให้ได้คุณภาพซึ่งอยู่ที่ค่า 4 ซิกมา (4σ) ถ้าอยากให้กระบวนการมีประสิทธิภาพสูงสุดต้องใช้ค่าระดับ 6 ซิกมา (6σ) ที่ทั่วโลกต่างยอมรับกัน

DMAIC เป็นวิธีการจัดการที่ช่วยให้ บริษัท สามารถใช้ข้อมูลเพื่อกำจัดข้อบกพร่องในกระบวนการใด ๆ และเป็นวิธีการที่ลูกค้าเป็นศูนย์กลางซึ่งจะช่วยลดความแปรปรวนของกระบวนการและเพิ่มประสิทธิภาพการพัฒนา ซึ่งหลักการ DMAIC เป็นการปรับปรุงกระบวนการ โดยมีจุดประสงค์เพื่อสนองความต้องการของลูกค้าบริหารโดยปรับปรุงบนพื้นฐานกระบวนการแก้ปัญหาทั้ง 5 ระยะในกระบวนการ คือระยะกำหนดปัญหา (Define Phase) ระยะการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measure Phase) ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase) ระยะการปรับปรุงกระบวนการ (Improvement Phase) และระยะการควบคุมกระบวนการ (Control Phase) ที่ได้มีการรวบรวมเครื่องมือทางสถิติและเครื่องมือในการปรับปรุงการผลิตเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

2.1.3 การจัดองค์กรตามหลักการ DMAIC

การดำเนินการตามหลักการ DMAIC นั้นเริ่มต้นและสิ้นสุดลงด้วยการสร้างความพึงพอใจให้เกิดกับลูกค้าซึ่งนั้นจะเป็นการดำเนินงานทั่วทั้งองค์กร เพื่อเป็นการสร้างรากฐานในการปรับปรุงคุณภาพอย่างแท้จริง โดยจัดตั้งคณะทำงานเพื่อการดำเนินงานและวางรากฐานอย่างเป็นระบบ ซึ่งคณะทำงานนี้จะต้องได้รับการอบรมและการฝึกฝน เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการแนวคิดในการปรับปรุงคุณภาพ, เครื่องมือทางสถิติ และวิธีการในการดำเนินงานตามรับผิดชอบของตน ผู้มีบทบาทสำคัญใน DMAIC แบ่งได้ดังนี้

Project Champions: มีความสำคัญอย่างมากต่อความสำเร็จของโครงการ เป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบสูงสุดต่อผลสำเร็จในชิ้นงานชิ้นใดชิ้นหนึ่ง โดยผู้บริหารระดับสูงของบริษัทจะมีหน้าที่ในการเลือกโครงการที่ต้องการปรับปรุงโดยจะกำหนดเป้าหมายของโครงการให้ชัดเจนทำการจัดสรรทรัพยากรและกำจัดอุปสรรคเพื่อให้โครงสำเร็จและบรรลุเป้าหมายตามที่ตั้งไว้

Process Owner: เป็นเจ้าของหน่วยงานหรือพื้นที่ที่ต้องการจะปรับปรุง มีหน้าที่ดูแลรับผิดชอบในด้านการรับระบบที่ถูกสร้างและลงมือปฏิบัติงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับโครงการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Master Black Belt: วางแผนคัดเลือกบุคลากร เป็นส่วนหนึ่งของคณะทำงานที่ไม่ได้ทำงานเต็มเวลา แต่จะเป็นผู้ที่มีความรู้เชี่ยวชาญในกรรมวิธีทาง DMAIC และการใช้เครื่องมือทางสถิติ และเทคนิคต่าง ๆ เป็นพิเศษ ซึ่งเมื่อใดที่คณะทำงานมีปัญหาทางเทคนิคในการดำเนินงาน หรือการคำนวณต่าง ๆ จะมีหน้าที่ให้คำปรึกษา แนะนำ รวมไปถึงการจัดการฝึกอบรมให้แก่คณะทำงานด้วย มีการติดตามโครงการอย่างต่อเนื่องในทุกส่วน ประเมินความคุ้มค่าของบริษัท ซึ่งตำแหน่งนี้บริษัทส่วนมากจะให้ผู้บริหารระดับสูงรับผิดขอบ

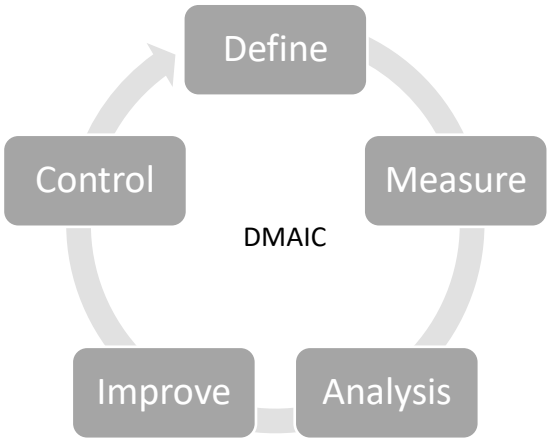
Black Belt: เป็นหัวหน้าของโครงการ DMAIC มีหน้าที่ปรับปรุงโครงการให้สำเร็จ สามารถให้เวลาอย่างเต็มที่ในการทำ DMAIC และต้องสามารถอธิบายทีมงานได้เกี่ยวกับหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละบุคคลได้

Green Belt: เป็นบุคคลที่ได้รับเลือกให้ช่วยในการปรับปรุงกระบวนการและปรับปรุงคุณภาพของ DMAIC เป็นสมาชิกที่ทำโครงการแบบเต็มเวลา แก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานประจำที่ทำอยู่ โดยทั่วไปจะนิยมให้ผู้บริหารระดับกลางเป็นสมาชิกมีหน้าที่ในการเตรียมความพร้อมสนับสนุนการทำงานให้กับ Black Belt ให้การบริหารจัดการมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2.1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานตามหลักการ DMAIC

ใช้หลักการ DMAIC [2] ที่มุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาในกระบวนการเป็นหลักโดยผู้ที่เกี่ยวข้องและมีบทบาทสำคัญจะดำเนินงานตามแนวทางของ DMAIC คือกระบวนการในการปรับปรุง ดังรูปที่ 2.1 โดยก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการหลักนั้นจะต้องทำการนิยามถึงปัญหาที่ต้องการจะนำมาปรับปรุง โดยควรเลือกปัญหาที่สำคัญที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อกระบวนการการทำงาน จากนั้นทำการเลือกลักษณะของตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) เพื่อมาทำการศึกษาและเป็นตัววัดผลในการปรับปรุง จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการในขั้นต่าง ๆ ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2.1 กระบวนการในการปรับปรุงต่อเนื่องตามหลักการ DMAIC

1) Define Phase (D) หรือระยะกำหนดปัญหา เมื่อได้เลือกเรื่องที่จะนำมาปรับปรุงแล้ว จึงกำหนดหัวข้อและขอบเขตว่าโครงการนี้จะทำการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงในเรื่องใดและมีเป้าหมายอย่างไร นอกจากนี้จะต้องกำหนดขอบเขตของโครงการเพื่อให้มีทิศทางและขนาดที่เหมาะสมภายในกรอบระยะเวลาที่กำหนด เพื่อให้เกิดความชัดเจนว่าโครงการนี้จะเข้าไปเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานในขั้นตอนใดบ้าง โดยทำให้ทราบถึงจุดเริ่มต้นและสิ้นสุด จำเป็นต้องกำหนดกรอบของโครงการเพื่อให้เกิดความเข้าใจไปในแนวทางเดียวกัน เพื่อมีเป้าหมายให้ผู้ร่วมดำเนินงานสามารถร่วมมือกันทำงานได้อย่างลุล่วง โดยข้อมูลจะถูกรวบรวมไว้ในสัญญาโครงการ (Project Charter) ซึ่งรายละเอียดโครงการจะประกอบด้วย เหตุผลทางธุรกิจ (Business Case) สภาพปัญหา (Problem Statement) วัตถุประสงค์ของโครงการ (Objective Statement) ตัวชี้วัดของโครงการ (Project Metrics) ขอบเขตโครงการ (Project Scope) ข้อจำกัดของโครงการ (Project Constraints) สมมติฐานของโครงการ (Project Assumptions) สมาชิกในทีม (Team Members) ระยะเวลาในการดำเนินการโครงการ (Project Timeline) แสดงในตารางที่ 2.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างตารางต้นแบบของรายละเอียดสัญญาโครงการ (Project Charter)

<table>
<tr><td colspan="2">Project Charter</td></tr>
<tr><td colspan="2">Project Title:</td></tr>
<tr><td>Business Case:</td><td>Project Constraints:</td></tr>
<tr><td>Problem Statement:</td><td>Project Assumptions:</td></tr>
<tr><td>Objective Statement:</td><td>Team Members:</td></tr>
<tr><td>Project Metrics:</td><td rowspan="2">Project Timeline:
Project begin date:
Project end date:
<table><tr><td>Phase</td><td>Begin</td><td>End</td></tr><tr><td>Define</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Measure</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Analysis</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Improve</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Control</td><td></td><td></td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Project Scope:</td></tr>
</table>

2) Measure Phase (M) หรือระยะการวิเคราะห์ระบบการวัด เป็นขั้นตอนการวัดความสามารถของกระบวนการที่เป็นจริงในปัจจุบัน เพื่ออธิบายถึงสภาพปัญหาของโครงการที่ปรับปรุงโดยการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis : PCA) แล้วจึงประเมินความสามารถของกระบวนการก่อนการปรับปรุงว่ามีความแตกต่างจากเป้าหมายอย่างไร โดยก่อนที่จะเก็บข้อมูลต้องมีการวิเคราะความสามารถของระบบการวัดเพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูล สายการผลิตที่ผู้ศึกษาเข้าไปทำงานวิจัยมีการวัดด้วยข้อมูลแบบนับและข้อมูลแบบต่อเนื่อง ซึ่งต้องใช้พารามิเตอร์ที่มีการตัดสินใจด้วยข้อกำหนดตามสเปค โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 การวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection Plan) ทำแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลและกำหนดวิธีการเก็บข้อมูลให้เหมาะสมกับโครงการ

2.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis : MSA) [3] เพื่อวิเคราะห์ความแม่น (Accuracy) และ ความเที่ยง (Precision) ความแม่นพิจารณาจากผลการตรวจสอบที่ถูกต้อง หรือ ความใกล้เคียงกับค่าจริง ส่วนความเที่ยงพิจารณาความซ้ำของการตัดสินใจ

หรือการวัดซ้ำใกล้เคียงค่าเดิม และผลควรออกมาได้เหมือนกัน องค์ประกอบความผันแปรของระบบการวัด ในการวิเคราะห์ระบบการวัด สามารถจำแนกประเภทความผันแปรออกเป็น 5 ประเภท คือ ไบอัส (bias) ความมีเสถียรภาพ (stability) คุณสมบัติเชิงเส้นตรง (linearity) รีพีททะบิลิตี้ (repeatability) และรีโปรดิวซิบิลิตี้ (reproducibility) สามารถสรุปได้ ในรูปที่ 2.2

1) ประเภทความผันแปร ประกอบด้วย

1.1 ความผันแปรของตำแหน่ง (Location Variation) เป็นคุณสมบัติของการเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยจากผลการวัดเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง (Reference Value) สามารถกำหนดได้ ดังนี้

- ความเอนเอียง หรือไบอัส (Bias) คือ ความแตกต่างของค่าวัดที่เบี่ยงเบนไปจากค่าจริง หรือค่าของสิ่งที่ทำการวัด

- ความเสถียรภาพ (Stability) คือ ความผันแปรในการวัดที่ได้จากกระบวนการวัดโดยอาศัยชิ้นงานเดียวกันในการวัดช่วงเวลาที่ยาวนานขึ้น

- คุณสมบัติเชิงเส้นตรง (Linearity) คือ การเปลี่ยนแปลงไปของค่าไบอัสของระบบการวัดตลอดช่วงเวลาการใช้งานเมื่อมีการเปลี่ยนย่านการวัด

1.2 ความผันแปรของกว้าง (Width Variation) คือ อิทธิพลโดยรวมของความสามารถในการแยกความแตกต่าง ความไว และความสามารถในการทำซ้ำ ตลอดช่วงของการวัด แบ่งความผันแปรออกเป็น

- รีพีททะบิลิตี้ (Repeatability) คือ ความผันแปรของค่าวัดจากระบบการวัดภายในเงื่อนไขเดียวกันโดยใช้พนักงาน เครื่องมือวัดและชิ้นงานวัดเดียวกันทำการวัดซ้ำ ซึ่งโดยทั่วไปมักจะมีสาเหตุจากเครื่องมือวัด (Equipment Variation : EV)

- รีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) คือ ค่าความผันแปรของค่าวัดจากระบบการวัดระหว่างเงื่อนไขของการวัดโดยใช้เครื่องมือวัดและชิ้นงานวัดเดียวกัน สิ่งที่แตกต่างคือพนักงาน ซึ่งโดยทั่วไปมักจะมีสาเหตุมาจากพนักงานวัด (Appraiser Variation : AV)

รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของความผันแปรของระบบการวัด

2) ขั้นตอนในการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อมูล มีดังนี้

2.1 กำหนดจำนวนพนักงานที่ทำการตรวจสอบประจำและจำนวนเครื่องมือที่วัดประจำ (ในกรณีที่เป็นการวัดแบบต่อเนื่อง)

2.2 กำหนดจำนวนชิ้นงานตัวอย่างในการเก็บข้อมูล โดยการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลแบบนับ อ้างอิงเกณฑ์ตามตารางที่ 2.2 และการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลแบบต่อเนื่อง อ้างอิงเกณฑ์ตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 ตารางขนาดสิ่งตัวอย่างในการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลแบบนับ

จำนวนพนักงานตรวจสอบ	จำนวนชิ้นงานตัวอย่างที่ต่ำที่สุด	จำนวนทดลองซ้ำที่ต่ำที่สุด
1	24	5
2	18	4
มากกว่าหรือเท่ากับ 3	12	3

อ้างอิงจาก (Fasser and Brettner, 1992) [4]

ตารางที่ 2.3 ตารางขนาดสิ่งตัวอย่างในการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลแบบต่อเนื่อง

จำนวนพนักงานวัด	จำนวนอุปกรณ์วัด	จำนวนชิ้นงานที่น้อยที่สุด	จำนวนการวัดซ้ำแต่ละชิ้นงาน
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

2.3 ออกแบบตารางเก็บข้อมูล โดยลำดับในการเก็บข้อมูลต้องเป็นแบบสุ่มให้ลำดับชิ้นงานในการนำมาตรวจสอบเป็นแบบสุ่ม โดยไม่ให้พนักงานทราบว่าเป็นชิ้นงานชิ้นใด เมื่อตรวจสอบครบรอบแล้ว ก็ทำเช่นนี้จนครบการวัดค่าครั้งแรกของพนักงานวัดทุกคน จากนั้นทำซ้ำจนกระทั่งครบจำนวนรอบการวัดซ้ำตามที่กำหนดไว้

2.4 วิเคราะห์ผลตามดัชนีชี้วัดที่ต้องการเพื่อให้ทราบถึงความสามารถของพนักงานในเรื่องของระบบการวัด โดยหากผลการประเมินผ่าน แสดงว่าระบบการวัดนั้นมีความเที่ยงเพียงพอ หากผลการประเมินเป็นไม่ผ่าน จำเป็นต้องปรับปรุงความเที่ยงของระบบการวัด ก่อนจะนำค่าการวัดไปใช้วิเคราะห์

3) การวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อมูล

3.1 การวิเคราะห์ความเที่ยงของระบบการวัดข้อมูลแบบต่อเนื่อง จะทำให้ทราบว่าระบบการวัดนั้นมีความเที่ยงเพียงพอที่จะแยกแยะความแตกต่างของชิ้นงานได้หรือไม่

สูตรที่ใช้หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้านรีพีททะบิลิตี้

$$\hat{\sigma}_{\text{repeatability}} = \frac{\bar{R}}{d_2} \qquad \text{_____(2.1)}$$

เมื่อ $\bar{\bar{R}} = \frac{\bar{R}_1 + \bar{R}_2 + \cdots + \bar{R}_p}{p}$

โดยที่ $\bar{R}_i$ คือ ค่าเฉลี่ยของพิสัยของทุกชิ้นงานของพนักงานวัดคนที่ i

d_2 คือ ค่าคงที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง ซึ่งในที่นี้ คือ จำนวนครั้งของการวัดซ้ำของแต่ละชิ้นงานโดยแต่ละคน

สูตรที่ใช้หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้านรีโปรดิวซิบิลิตี้

$$\hat{\sigma}_{\text{reproduciblity}} = \frac{R_{\bar{\bar{x}}}}{d_2} \quad \text{_____(2.2)}$$

เมื่อ $R_{\bar{\bar{x}}} = \bar{\bar{x}}_{\max} - \bar{\bar{x}}_{\min}$

$\bar{\bar{x}}_{\max} = \max(\bar{\bar{x}}_1, \bar{\bar{x}}_2, \dots, \bar{\bar{x}}_p)$

$\bar{\bar{x}}_{\max} = \min(\bar{\bar{x}}_1, \bar{\bar{x}}_2, \dots, \bar{\bar{x}}_p)$

โดยที่ $\bar{x}_i$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้ทั้งหมดของพนักงานวัดคนที่ i

d_2 คือ ค่าคงที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง ซึ่งในที่นี้คือ จำนวนพนักงานวัด

สูตรการหาความผันแปรมาตรฐานของระบบการวัด

$$\sigma^2_{\text{measurement}} = \sigma^2_{\text{gage}} = \sigma^2_{\text{repeatability}} + \sigma^2_{\text{reproducibility}} \quad \text{_____(2.3)}$$

สูตรการคำนวณค่า Precision-to-total Variation (P/TV)

$$P/TV = \frac{6\hat{\sigma}_{measurement}}{6\hat{\sigma}_{total}} \quad \text{_____(2.4)}$$

สูตรการคำนวณค่า Precision-to-Tolerance Ratio (P/T)

$$P/T = \frac{6\hat{\sigma}_{measurement}}{USL-LSL} \quad \text{_____(2.5)}$$

สูตรการคำนวณค่าความผันแปรของผลิตภัณฑ์

$$\sigma^2_{total} = \sigma^2_{gage} + \sigma^2_{product} \quad \text{_____(2.6)}$$

$$S^2 = \sigma^2_{gage} + \sigma^2_{product} \quad \text{_____(2.7)}$$

$$\sigma^2_{product} = S^2 - \sigma^2_{gage} \quad \text{_____(2.8)}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การตัดสินใจในการประเมินผลของระบบการวัดแบบต่อเนื่อง

P/TV	P/T	ผลการประเมิน
<10%	<10%	ยอมรับได้
10% ถึง <30%	10% ถึง <30%	อาจยอมรับได้ โดยพิจารณาจากปัจจัยอื่น ๆ
≥ 30%	≥ 30%	ไม่สามารถยอมรับได้ต้องหาสาเหตุและทำการแก้ไข

อ้างอิงจาก Automotive industry Action Group (AIAG) (2008) [5]

3.2 การวิเคราะห์ความเที่ยงของระบบการวัดข้อมูลแบบต่อเนื่อง จะทำให้ทราบว่าระบบการวัดนั้นมีความเที่ยงเพียงพอที่จะแยกแยะความแตกต่างของชิ้นงานได้หรือไม่

- การวิเคราะห์ค่าวัดของพนักงานแต่ละคน

% รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}}$ _____(2.9)

% คะแนนของค่าแอตทริบิวต์ = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}}$ ___(2.10)

ดัชนีความมีประสิทธิผลของพนักงาน (O_E) = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่ตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง}}{\text{โอกาสทั้งหมดของการตัดสินใจ}}$ _____(2.11)

ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด (I_{FA}) = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะปฏิเสธอย่างผิดพลาด}}$ _____(2.12)

ดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด(I_{MISS}) = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่ยอมรับอย่างผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะยอมรับอย่างผิดพลาด}}$ _____(2.13)

- การวิเคราะห์ค่าวัดระหว่างพนักงานแต่ละคน

% ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}}$ ____(2.14)

% คะแนนของประสิทธิผลของค่าแอตทริบิวต์ = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ถูกต้องเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}}$ (2.15)

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์การตัดสินใจในการประเมินผลของระบบการวัดแบบนับ

การตัดสินใจ	O_E	I_{FA}	I_{MISS}
ยอมรับพนักงานทดสอบได้	≥ 90%	≤ 5%	≤ 2%
ยอมรับพนักงานทดสอบแบบก้ำกึ่ง	≥ 80%	≤ 10%	≤ 5%
ไม่สามารถยอมรับพนักงานทดสอบได้	< 80%	> 10%	> 5%

อ้างอิงจาก Automotive industry Action Group (AIAG) (2002,p.132)

4) การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

4.1 ระบบการวัดข้อมูลแบบต่อเนื่อง

$$C_p = \frac{\text{USL}-\text{LSL}}{6\sigma_{within}} \quad \text{_____(2.16)}$$

$$P_p = \frac{\text{USL}-\text{LSL}}{6\sigma_{overall}} \quad \text{_____(2.17)}$$

$$C_{pk} = \min(C_{pu} = \frac{\text{USL}-\mu}{3\sigma_{within}}, C_{pl} = \frac{\mu-\text{LSL}}{3\sigma_{within}}) \quad \text{_____(2.18)}$$

$$P_{pk} = \min(P_{pu} = \frac{\text{USL}-\mu}{3\sigma_{overall}}, P_{pl} = \frac{\mu-\text{LSL}}{3\sigma_{overall}}) \quad \text{_____(2.19)}$$

$$n = (Z_\alpha)^2 \frac{[\frac{1}{9(\hat{C}_{pk})^2}+\frac{1}{2}]}{[1-\frac{C_{pk}}{\hat{C}_{pk}}]^2} \quad \text{_____(2.20)}$$

โดยที่ n คือ ขนาดตัวอย่าง

Z_α คือ ค่าปกติมาตรฐานที่สอดคล้องกับระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha)\%$

$\hat{C}_{pk}$ คือ ค่าประมาณดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการจากกลุ่มตัวอย่าง

$\frac{C_{pk}}{\hat{C}_{pk}}$ คือ ค่าประมาณดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการที่แท้จริง เทียบกับดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการจากกลุ่มตัวอย่าง

4.2 ระบบการวัดข้อมูลแบบนับ

$$\text{สัดส่วนของเสีย} = \frac{\text{จำนวนตัวอย่างที่เป็นของเสีย}}{\text{จำนวนตัวอย่างชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \quad \text{_____(2.21)}$$

3) Analyze Phase (A) หรือระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการระบุสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดความผิดพลาดหรือของเสีย โดยทีมทำงานร่วมมือกันวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าที่แท้จริงที่มีนัยสำคัญต่อปัญหา สาเหตุของปัญหานั้นอาจมีความเป็นไปได้หลายสาเหตุ จึงต้องทำการคัดกรองปัญหาเพื่อพิสูจน์ว่าสาเหตุของปัญหามีนัยสำคัญด้วยเครื่องมือต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่วิธีการทาง DMAIC จะใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการระดมสมอง เช่น ก้างปลา (Fish Bone) การวิเคราะห์ด้วยหลักการ 5 ทำไม (5-WHY Analysis) เป็นต้น เพื่อให้เห็นสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้ หลังจากที่คัดกรองปัญหาแล้วนำข้อมูลมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) นำคะแนนที่ได้มาเรียงความสำคัญจากมากไปน้อยและตัดปัจจัยที่คาดว่าจะไม่มีผลกระทบหรือมีผลกระทบน้อยออกไป เพื่อให้ตัวแปรนำเข้ามีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถิติ เช่น การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เป็นต้น เพื่อระบุปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการทดลอง และทำการออกแบบการทดลองให้เหมาะสมกับจำนวนปัจจัยที่นำมาทดลอง

4) Improve Phase (I) หรือระยะการปรับปรุงกระบวนการ หลังจากที่ทราบสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแล้วในขั้นตอนนี้จะวางแผนในการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ใช้กระบวนการทางสถิติที่เหมาะสม แล้วจึงนำมาประเมินหาแนวทางที่เหมาะสมกับโรงงานโดยควรจะเลือกดำเนินการตามเงื่อนไขที่ทางโรงงานตั้งไว้ คือ เป็นค่าที่โรงงานสามารถกระทำได้โดยไม่กระทบต่อกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์อื่น ไม่ใช้งบประมาณสูงในการปรับปรุงโครงการ งานวิจัยฉบับนี้เป็นการปรับปรุงเพื่อหาค่าที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอน คือ กำหนดขั้นตอนสำหรับการดำเนินการทดลองที่ได้มาจากการออกแบบการทดลองและตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ก่อนหน้าเพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับโรงงานจากตัวแปรที่ได้กำหนด

5) Control Phase (C) หรือระยะการควบคุมกระบวนการ เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่นำค่าปัจจัยที่เหมาะสมมาทดลองใช้ในกระบวนการการทำงาน เป็นขั้นตอนที่ปรับปรุงอย่างต่อเนื่องหลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการในระยะปรับปรุง โดยจะต้องวางแผนการควบคุมเพื่อให้คงสภาพการเปลี่ยนแปลงนี้อยู่ในกระบวนการผลิต หลังจากที่ติดตามประเมินผลแล้วพบว่ากระบวนการใหม่ที่ออกแบบนิ่งแล้วจึงจัดทำทำแผนควบคุม (Control Plan) และอบรมพนักงานให้มีความรู้ความเข้าใจถึงการทำงานใหม่ โดยอาจระบุในคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction)

2.2 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลอง [6] เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยการออกแบบการทดลองทำการทดลองสำหรับค้นหาคำตอบจากกระบวนการหรือวิธีการที่ไม่ทราบผลอย่างชัดเจนให้เกิดความชัดเจนขึ้น หรือเป็นการทำการทดลองเพื่อการทดสอบสมมุติฐาน ว่าปัจจัยที่เราสนใจศึกษานั้นส่งผลกระทบอย่างไรกับตัวแปรตอบสนอง โดยมีจุดมุ่งหมายที่สำคัญคือ เพื่อยืนยันข้อเท็จจริงหรือเพื่อค้นหาข้อเท็จจริง ซึ่งต้องมีดำเนินการอย่างเป็นระบบขั้นตอนอาศัยเทคนิคทางสถิติขั้นสูงเพื่อใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการเพื่อให้ได้ผลตอบสนองเป็นไปตามเป้าหมาย หรือให้ได้สมการความสัมพันธ์ของปัจจัยกับผลตอบสนอง โดยที่ต้องคำนึงถึงทรัพยากรในการทดลองให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.1 ประเภทของการออกแบบการทดลอง

ประเภทของการออกแบบการทดลอง ประกอบด้วย

1. การออกแบบการทดลองแบบ One Factor at a Time: OFAT เป็นการทดลองที่ทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยทีละ 1 ปัจจัย โดยในการทดสอบแต่ละครั้งจะมีการกำหนดค่าระดับของปัจจัยที่ต้องการศึกษาตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป และคงค่าของปัจจัยอื่น ๆ ที่สนใจศึกษาพร้อมกันไว้ที่ค่า ๆ หนึ่งในการทดลอง ดังนั้นจะสามารถสรุปผลได้เพียงทีละปัจจัย แต่ไม่สามารถสรุปผลของปัจจัยอื่น ๆ ที่ถูกคงค่าไว้ได้

2. การออกแบบการทดลองแบบ Design of Experiment: DOE วิธีนี้เป็นการทดสอบที่สามารถให้เห็นผลของปัจจัยใด ๆ ที่ระดับของปัจจัยอื่น ๆ อย่างน้อย 2 ระดับ ซึ่งทำให้สามารถศึกษาถึงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยที่ทำการศึกษาได้ ซึ่งแตกต่างกับวิธีการของ OFAT ที่ไม่สามารถศึกษาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยได้ และวิธี DOE ใช้จำนวนการทดลองและขนาดตัวอย่างน้อยกว่าวิธีการแบบ OFAT

2.2.2 ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง

1. ระบุวัตถุประสงค์ของการทำการทดลอง ควรมีความชัดเจน เจาะจง ได้แก่ การกำหนดตัวแปรตอบสนองและปัจจัยที่จะศึกษา และการกำหนดว่าจะศึกษาเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัย หรือจะศึกษาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย ซึ่งการกำหนดตัวแปรนำเข้า มี 2 ประเภท คือ ตัวแปรที่สามารถควบคุมได้สามารถควบคุมโดยวิศวกรการผลิต เช่น การตั้งค่าเครื่องจักร วิธีการปฏิบัติงาน เป็นต้น และตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้หรือตัวแปรรบกวน เช่น อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม ความชื้นในอากาศที่ไม่แน่นอน ณ.เวลาที่แตกต่างกัน หรือ สิ่งที่ต้องลงทุนสูงอยู่นอกขอบเขตที่สามารถกระทำได้ เป็นต้น

2. ออกแบบการทดลอง ประกอบด้วย กำหนดแบบการทดลองที่จะใช้ โดยพิจารณาตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาว่าต้องการศึกษาเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัย, เขียนเมทริกซ์การออกแบบ, กำหนดค่าของแต่ละระดับของปัจจัยที่จะทำการทดสอบและกำหนดตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจจะมีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนองเพื่อทำการควบคุมตัวแปรเหล่านั้น

3. ทำการทดลองตามที่ออกแบบไว้

4. วิเคราะห์ผลการทดลองหลังจากที่ได้ทดลองจึงแสดงผลการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่าข้อมูลมีลักษณะที่เหมาะสมที่จะใช้เทคนิค การวิเคราะห์ความถดถอย (Analysis of Variance: ANOVA) ในการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยได้หรือไม่ ทดสอบความมีนัยสำคัญของ

ผลกระทบของปัจจัยด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (Hypothesis Testing) และกรณีมีการทำการทดลองซ้ำ สามารถพิจารณาได้จากค่า p-value จากการทำการทดสอบ t (t-test) ของค่าผลกระทบของปัจจัย และการทำการทดสอบ z (z-test) ของค่าผลกระทบของปัจจัย

5. สรุปความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีนัยสำคัญ

6. หาการตั้งค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้สัดส่วนของเสียข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยน้อยที่สุด และสรุปผลการทดลอง

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการขึ้นรูปโลหะแผ่น [7]

กรรมวิธีการขึ้นรูป (Forming) หรือกระบวนการขึ้นรูปโลหะ (Metal Forming Process) หมายถึง กระบวนการ ผลิตประเภทหนึ่งที่เปลี่ยนรูปร่างของวัตถุดิบ (Raw Material) ให้เป็นผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานที่มีรูปร่างตามที่ต้องการ โดยใช้แม่พิมพ์หรือเครื่องมือเฉพาะ (Die หรือ Forming Tool) ในการขึ้นรูปขณะที่วัตถุดิบอยู่ในสภาวะของแข็ง โดยไม่มีการเสียเศษ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบภายในของวัสดุนั้น ๆ จึงเรียกกระบวนการนี้ว่า งานขึ้นรูปโลหะ (Metal Forming Process) หรืองานเปลี่ยนรูปโลหะในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวร (Metal Deformation Process หรือ Deformation Process)

2.3.1 ประเภทของกระบวนการขึ้นรูปโลหะ

กระบวนการขึ้นรูปโลหะแบ่งเป็น 2 ประเภท โดยพิจารณาจากวัสดุเริ่มต้น ถ้าวัสดุเริ่มต้นเป็นโลหะแผ่น จะเป็น กลุ่มกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่น (Sheet Metal Forming Process) และถ้าวัสดุเริ่มต้นมีลักษณะเป็นก้อน (Bulk Metal Forming Process) จะเป็นกระบวนการขึ้นรูปโลหะก้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่น (Sheet Metal Forming Process) เช่น กระบวนการตัดเฉือน (Blanking Process) กระบวนการพับขึ้นรูป (Bending Process) และกระบวนการลากขึ้นรูปลึก (Deep Drawing Process) แสดง ดังในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 กระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่น

กระบวนการขึ้นรูปโลหะก้อน (Bulk Metal Forming Process) เช่น กระบวนการทุบขึ้นรูป (Forging Process) กระบวนการอัดรีดขึ้นรูป (Extrusion Process) และกระบวนการรีดขึ้นรูป (Rolling Process) ดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.4 กระบวนการขึ้นรูปโลหะก้อน

2.3.2 องค์ประกอบในการขึ้นรูปโลหะแผ่น

การทำงานและการผลิตชิ้นงานด้วยกระบวนการปั๊มโลหะ เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ถูกต้องเที่ยงตรงกระบวนการผลิตที่ดูแลรักษาง่าย ไม่เกิดค่าใช้จ่ายสูงเกินไปอยู่ในขอบเขตที่ควรจะเป็น ต้องมีการดูแล โดยมีองค์ประกอบ 7 องค์ประกอบ ซึ่งผู้ที่จะศึกษางานด้านงานขึ้นรูปโลหะควรมีความรู้และความเข้าใจพื้นฐานขององค์ประกอบเหล่านี้ ดังนี้

1. กลไกการเปลี่ยนรูปถาวรของวัสดุและการไหลตัว สภาวะความเค้นที่เกิดขึ้นในบริเวณต่าง ๆ เพื่อวางแผนการออกแบบแม่พิมพ์ให้มีประสิทธิภาพสามารถทำนายตำแหน่งหรือโอกาสในการเกิดความเสียหายขณะทำการขึ้นรูป เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขป้องกันเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. สมบัติของวัสดุเริ่มต้น องค์ประกอบทางเคมี ความแข็งแรงของวัสดุ ความสามารถในการไหลตัว ความแข็งแรง ที่เพิ่มขึ้นในขณะขึ้นรูป (Work Hardening) สมบัติทางด้านทิศทางตามแนวรีดของวัสดุ สมบัติทางโลหะวิทยา รวมถึงการปรับปรุงโครงสร้างโดยใช้ความร้อน (Heat Treatment) ก่อนขึ้นรูปด้วย

3. สมบัติของวัสดุหลังการขึ้นรูป หมายถึง สมบัติทางกลลักษณะของผิว ความเที่ยงตรงของขนาดในบางกรณี การเกิดความเครียดในเนื้อวัสดุอาจส่งผลต่อการนำไปใช้งานจึงต้องคำนึงถึงการปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อนก่อนนำไปใช้

4. บริเวณผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงานและแม่พิมพ์ เป็นบริเวณที่เกิดความเสียดทานที่ต้านการไหลตัวของวัสดุ จึงควรมีความเข้าใจในศาสตร์ของการหล่อลื่นและศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

กับการปรับสภาวะผิวของแม่พิมพ์และชิ้นงาน รวมถึงการสึกหรอที่ผิวแม่พิมพ์ภายใต้สภาวะการปั๊มโลหะด้วย

5. แม่พิมพ์ ความเข้าใจในกระบวนการทำงานของแม่พิมพ์ ตัวแปรที่มีผลต่อความสำเร็จในการขึ้นรูปทำให้เกิดการออกแบบ ที่เหมาะสมในการใช้งานและซ่อมบำรุงได้ง่าย รวมถึงความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในการผลิตเพื่อให้เกิดความเค้นตกค้าง น้อยที่สุดและไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับชิ้นส่วนแม่พิมพ์ได้ง่าย

6. เครื่องปั๊ม เป็นตัวส่งผ่านแรงในการประกบชุดแม่พิมพ์เข้าหากันเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน การเลือกใช้เครื่องปั๊มที่เหมาะสม ความเข้าใจในกลไกการทำงาน วิธีการติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องปั๊มและการปรับตั้งเงื่อนไขต่าง ๆ ในการปั๊มโลหะ

7. อุปกรณ์ช่วยอื่น ๆ เช่น กลไกในการป้อนชิ้นงาน กลไกในการนำส่วนที่ไม่ต้องการหรือเศษที่เหลือจากการทำงานออกจากเครื่องปั๊ม ระบบการพ่นหรือฉีดสารหล่อลื่น อุปกรณ์ในการตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูป

2.3.3 กรรมวิธีที่ใช้ในงานปั๊ม

กรรมวิธีที่ใช้ในงานปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น [8] มีหลายกรรมวิธี แต่แบ่งได้เป็น 3 กรรมวิธีพื้นฐานหลัก คือ 1. การตัดเฉือน (shearing) ซึ่งแบ่งเป็นการปั๊มเจาะ (blanking) และการตัดเจาะรู (piercing) 2. การดัด (bending) หรือการขึ้นรูป (forming) และ 3. การลากขึ้นรูป (drawing) นอกจากนี้ยังมีกรรมวิธีดังเดิมอื่น ๆ เช่น การปั๊มนูน (embossing) การปั๊มจม (coining) การบีบอัด (swaging) การฝานขอบ(shaving) และการตัดขอบ(trimming) การผลิตชิ้นงานโลหะแผ่นจะต้องใช้หลายกรรมวิธีที่กล่าวมาแต่ไม่จำเป็นต้องใช้กรรมวิธีทั้งหมด มีลักษณะการทำงานดังนี้

1. การตัดเฉือน (shearing)

1.1 การปั๊มเจาะ (Blanking) เป็นขั้นตอนแรกที่จะต้องทำในการผลิต โดยจะเป็นการตัดแผ่นโลหะด้วยพั้นซ์และดายให้ได้รูปร่างตามที่ต้องการ แผ่นโลหะที่ตัดออกมานี้จะนำไปผ่านกรรมวิธีอื่นเพื่อผลิตเป็นชิ้นงานต่อไป

1.2 การตัดเจาะรู (Piercing) โดยทั่วไปเป็นขั้นตอนที่ต่อจากการปั๊มเจาะ โดยจะตัดแผ่นโลหะให้เป็นรูตามต าแหน่งที่ต้องการบางครั้งการปั๊มเจาะและการตัดเจาะรู สามารถทำพร้อมกันได้ในขั้นตอนเดียว

2. การตัด (Bending) เป็นการตัดพื้นผิวระนาบของโลหะทำมุมกันตั้งแต่หนึ่งมุมขึ้นไป โดยความหนาของแผ่นโลหะไม่เปลี่ยนแปลงและรัศมีการดัดจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับความหนาของแผ่นโลหะ

3. การลากขึ้นรูป (Drawing) เป็นการลากขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยพั้นซ์เข้าไปในโพรงของดายโดยปราศจากการยืดของแผ่นโลหะ ดังนั้นช่องว่างระหว่างพั้นซ์และดายจะเท่ากับความหนาของแผ่นโลหะ

4. การปั๊มนูน (Embossing) เป็นการขึ้นรูปแผ่นโลหะให้เป็นหลุมหรือปุ่มตื้น ๆ โดยที่ความหนาไม่เปลี่ยนแปลง ปกติทำแผ่นป้ายต่าง ๆ ที่มีตัวอักษรนูน

5. การปั้มจม (Coining) เป็นการขึ้นรูปแผ่นโลหะให้เป็นลวดลายโดยการบีบอัดแผ่นโลหะในแม่พิมพ์ปิด ลวดลายทั้งสองด้านจะไม่เหมือนกันก็ได้

6. การบีบอัด (Swaging) เป็นการขึ้นรูปโลหะโดยการบีบอัดในแม่พิมพ์เปิด โลหะจะสามารถไหลผ่านแม่พิมพ์ออกมาได้อย่างอิสระ

7. การฝานขอบ (shaving) เป็นการตัดแต่งขอบแผ่นโลหะให้เรียบหลังจากผ่านการปั๊มเจาะหรือการเจาะรูมาแล้ว

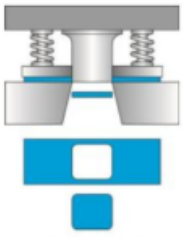
8. การตัดขอบ (trimming) เป็นการทำงานคล้ายการปั๊มเจาะเพื่อตัดโลหะส่วนเกินออก วิธีนี้จะทำเป็นลำดับสุดท้ายเมื่อแผ่นโลหะผ่านกรรมวิธีอื่น ๆ แล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.4 ประเภทของแม่พิมพ์ในการขึ้นรูป

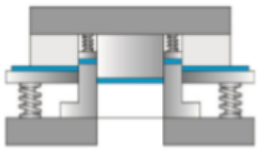
การแบ่งประเภทของแม่พิมพ์ขึ้นรูปแผ่นโลหะหรือแม่พิมพ์ปั๊มโลหะจะแบ่งตามโครงสร้างของแม่พิมพ์และกรรมวิธีการทำงาน ดังนี้

1. แม่พิมพ์เดี่ยว (Single Die) หมายถึง ชุดแม่พิมพ์ที่มีหนึ่งสถานีการทำงานและทำงานเพียงรูปแบบเดียว เช่น แม่พิมพ์ตัดเฉือน แม่พิมพ์เจาะรู แม่พิมพ์พับ เป็นต้น เป็นแม่พิมพ์ที่ทำงานได้กรรมวิธีเดียวในการกดหนึ่งครั้ง ตัวอย่างแม่พิมพ์เดี่ยวแสดงดังในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แม่พิมพ์เดี่ยว

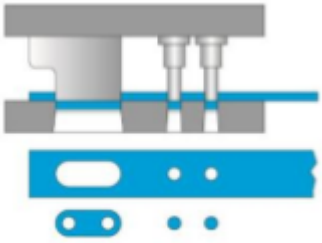
2. แม่พิมพ์ผสม (Compound Die) หมายถึง ชุดแม่พิมพ์ที่มีหนึ่งสถานีการทำงาน แต่มีการทำงานสองรูปแบบขึ้นไป หมายถึงมีสองกรรมวิธีขึ้นไปอยู่ในสถานีเดียวกันและสามารถทำงานได้พร้อมกันในการกดหนึ่งครั้ง เช่น ตัดขอบและเจาะรู ตัดขอบและขึ้นรูป เป็นต้น ซึ่งมักจะออกแบบบนเส้นแกนกลางร่วมกัน การทำงานทั้งหมดจะเสร็จสิ้นในสโตรกเดียวของเครื่องปั๊มโลหะ ตัวอย่างแม่พิมพ์ผสมแสดงดังในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แม่พิมพ์ผสม

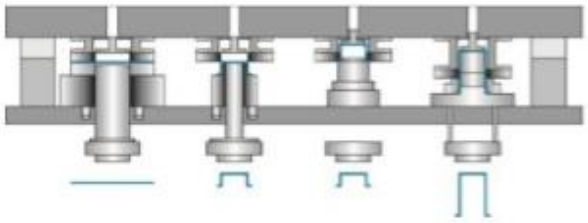
3. แม่พิมพ์ต่อเนื่องหรือแม่พิมพ์แบบลำดับ (Progressive Die) หมายถึง ชุดแม่พิมพ์ที่มีมากกว่าหนึ่งสถานี ชิ้นงานจะถูกป้อนผ่านครั้งละสถานีจนได้รูปร่างของชิ้นงานที่ต้องการ การป้อนชิ้นงานครั้งละสถานี สามารถทำงานพร้อมกันได้ตั้งแต่สองกรรมวิธีขึ้นไปแต่จะอยู่แยกสถานีกัน ชิ้นงานจะถูกป้อนผ่านด้วยระบบกลไกอัตโนมัติชิ้นงานจะอยู่ติดกับแถบโลหะจนถึงสถานีงานสุดท้ายจึงจะหลุดออกมาเป็นชิ้นงานสำเร็จ ตัวอย่างของแม่พิมพ์ต่อเนื่องแสดงดังในรูปที่ 2.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.7 แม่พิมพ์ต่อเนื่อง

4. แม่พิมพ์ส่งผ่านหรือแม่พิมพ์แบบชิ้นงานเคลื่อน (Transfer Die) หมายถึง ชุดแม่พิมพ์ที่มีมากกว่าหนึ่งสถานีการทำงาน การส่งผ่านชิ้นงานจะใช้กลไกภายนอกทำการเคลื่อนย้าย คือ กลไกของก้านโยก (lever) หรือลูกเบี้ยว (cam) ที่สร้างขึ้นหรือติดตั้งบนเครื่อง แสดงดังในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แม่พิมพ์ส่งผ่าน

2.3.5 เครื่องปั๊มโลหะ

เครื่องปั๊มโลหะ (Press) ที่ใช้ในงานขึ้นรูปโลหะทั่วไปทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่แม่พิมพ์ 2 ส่วน คือ แม่พิมพ์ส่วนบนและแม่พิมพ์ส่วนล่างเข้าหากัน แบ่งตามแหล่งกำเนิดพลังงานได้เป็น เครื่องปั๊มโลหะไฮดรอลิก (Hydraulic Press) และเครื่องปั๊มโลหะแบบใช้กลไกทางกล (Mechanical Press)

1. เครื่องปั๊มโลหะไฮดรอลิก (Hydraulic Press) การทำงานของเครื่องปั๊มขึ้นอยู่กับการเกิดแรงดันของของเหลวไฮดรอลิคในกระบอกเพื่อให้เกิดแรงดันที่แรมด้วยการควบคุมแรงดัน ทำให้สามารถควบคุมแรงดันที่ใช้ทำงาน (working pressure) ในระดับต่าง ๆ ได้ จะมีวัฏจักรของรอบการทำงานที่ช้ากว่าเครื่องปั๊มแบบกลไกโดย สโตรกหรือระยะชัก(stroke) และความเร็วของแรมหรือสไลด์สามารถที่จะทำการปรับได้ ให้กำลังของการปั๊ม (tonnage) สม่ำเสมอไม่ว่าจะเคลื่อนที่อยู่ณ.จุดใด ๆ ของระยะชักแต่ใช้พลังงานมากและใช้ต้นทุนในการรักษาสูง การใช้งานโดยมากนิยมเป็นงานลากขึ้นรูปลึก งานปั๊มเจาะขนาดใหญ่ที่ต้องการความเร็วต่ำและงานปั๊มโลหะที่มีจำนวนน้อย

2. เครื่องปั๊มโลหะแบบกลไก (Mechanical Press) ใช้กำลังจากมอเตอร์สะสมพลังงานไว้และส่งพลังงานผ่านไปที่การเคลื่อนตัวของแรม เครื่องปั๊มแบบกลไกสามารถทำงานด้วยความเร็วสูงกว่าแบบไฮดรอลิค คือ ระยะสโตรกสั้นกว่าเนื่องจากแรงกดสูงสุดจะอยู่ในระยะเกือบถึงตำแหน่งล่างสุด ด้วยความเร็วสูงเครื่องปั๊ม แบบกลไกจึงเหมาะกับงานปั๊มโลหะที่มีจำนวนมากและชิ้นงานมีลักษณะหรือการขึ้นรูปแบบระยะตื้น ทำให้อุตสาหกรรมทั่วไปนิยมใช้เครื่องแบบกลไก ลักษณะสำคัญของเครื่องปั๊มโลหะ อ้างอิงเครื่องปั๊มโลหะแบบกลไกที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1 แรงกำหนด (Nominal Force) โดยทั่วไปมักจะมีข้อมูลแรงกำหนด (Nominal Force or Force Capacity) เช่น เครื่องปั๊มขนาด 220 ตัน ความหมายคือเครื่องที่ถูกออกแบบให้มีแรงกำหนดที่ 220 ตัน หมายถึง เครื่องปั๊มนั้นถูกออกแบบมาให้มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับแรงที่มีขนาดตามที่กำหนดได้ โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่อง

2.2 ระยะสโตรกหรือระยะชัก (Stroke Length) การผลิตเครื่องปั๊มจะมาตรฐานของระยะสโตรกที่ขึ้นกับแรงกำหนดของแต่ละเครื่อง แต่ละกระบวนการผลิตต้องการระยะสโตรกที่ไม่เท่ากัน เช่น กรณีงานตัดเฉือนทั่วไปต้องการระยะสโตรกประมาณ 10-75 mm. ควรเลือกระยะสโตรกที่สั้นที่สุดที่สามารถทำงานได้สะดวก

2.3 จำนวนรอบต่อนาที (Stroke per Minute : spm) เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับอัตราการผลิต ยิ่งจำนวนรอบต่อนาทีสูงก็จะทำให้อัตราการผลิตสูงด้วย

2.4 ความสูงปิด (Shut Height) จะเป็นค่าที่วัดจากขอบบนสุดของโบลสเตอร์ถึงขอบล่างของแรมที่ตำแหน่งศูนย์ตายล่าง

2.5 พื้นที่โบลส์เตอร์และแรม (Bolster and Ram Area) จะมีขนาดขึ้นอยู่กับแรงกำหนดและชนิดของเครื่อง การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับขนาดของแม่พิมพ์และจำนวนแม่พิมพ์ที่จะประกอบในเครื่อง

2.6 ปรับตำแหน่งแรม (Ram Adjustment) ตำแหน่งของแรมที่สามารถปรับตั้งได้จะช่วยเพิ่มความสามารถในการรองรับแม่พิมพ์ที่มีความสูงแตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาเครื่องปั๊มแบบกลไก ภายในสายการผลิตมีเครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดของเครื่องมี 3 ขนาด คือ 110 ตัน 150ตัน และ 220 ตัน

2.3.6 คุณสมบัติทางกลและการเปลี่ยนรูปของวัสดุ

1. ความเค้น (Stress) [9] หมายถึง แรงต้านภายในเนื้อวัสดุที่มีต่อการต้านแรงภายนอกที่มากระทำกับตัววัสดุเพื่อให้มีการเปลี่ยนรูปไปจากเดิมต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยที่แรงที่มากระทำจะถูกกระจายไปทั่วพื้นที่หน้าตัดของวัสดุนั้น ๆ ซึ่งแรงที่กระทำกับวัสดุจะทำให้เกิดความเค้น 3 แบบ คือ ความเค้นแรงดึง (Tensile stress) ความเค้นแรงอัด (Compressive stress) ความเค้นแรงเฉือน (Shear stress)

ความเค้นแรงดึงและ ความเค้นแรงอัด

$$\sigma = \frac{F}{A} \qquad \text{_____(2.23)}$$

โดยที่ σ = ความเค้น หน่วยเป็น N/mm^{2}หรือ GPa

F = แรงภายนอกที่มากระทำ หน่วยเป็น N

A = พื้นที่หน้าตัดขวางที่ถูกแรงกระทำ หน่วยเป็น mm^2

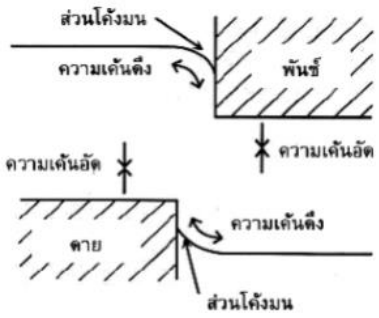
ความเค้นเฉือน

$$\tau = \frac{S}{A} \qquad \text{_____(2.24)}$$

โดยที่ τ = ค่าความเค้นเฉือน หน่วยเป็น N/mm^{2}หรือ GPa

S = แรงเฉือน หน่วยเป็น N

A = พื้นที่หน้าตัดที่ขนานกับแรงกระทำ หน่วยเป็น mm^2



รูปที่ 2.9 ความเค้นในการขึ้นรูปโลหะ

2. ความเครียด (Strain) คือการเปลี่ยนรูปร่างของวัสดุ (Deformation) ของวัสดุเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำเกิดเป็นความเค้น การเปลี่ยนรูปของวัสดุนี้เป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ภายในเนื้อวัสดุ แบ่งเป็นความเครียดแบบคืนรูปและความเครียดแบบคงรูป ซึ่งจะหาได้จากขนาดที่เปลี่ยนแปลงไปของชิ้นงานโดย

ความเครียดเฉือน

$$\gamma = \frac{d}{h} = tan\theta \qquad \text{_____(2.25)}$$

โดยที่ γ = ค่าความเครียดเฉือน ไม่มีหน่วย

d = ระยะเคลื่อนที่ตามทิศทางของแรง หน่วยเป็น mm

h = ความสูงของพื้นที่รับแรง หน่วยเป็น mm

θ = มุมที่เปลี่ยนไป

2.3.7 แผ่นเหล็กรีดเย็น **[10]**

เหล็กแผ่นรีดร้อนเมื่อผ่านการผลิตมาจนอยู่ในรูปของม้วนเหล็ก มักจะมีสนิมซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานของดายตัดสั้นลงและเกิดผิวที่ไม่เรียบบนผลิตภัณฑ์ สำหรับการผลิตเหล็กแผ่นรีดเย็นก็จะต้องขจัดสนิมจากเหล็กแผ่นรีดร้อนก่อนรีดเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอของผิวเหล็กแผ่นรีดเย็น

แผ่นเหล็กรีดเย็น คือ เหล็กที่ผ่านกระบวนการรีดเย็น ใช้เหล็กแผ่นรีดร้อนเป็นวัตถุดิบในการผลิตแล้วนำมารีดลดขนาดความหนาที่อุณหภูมิปกติโดยการผลิตเหล็กแผ่นรีดเย็น เริ่มจากการกระบวนการกัดกรด (Picking) เหล็กแผ่นรีดร้อนจะถูกนำเคลื่อนตัวผ่านเครื่องกำจัดสนิมเหล็กทางกล (Scale breaker) โดยจากนั้นจะเคลื่อนตัวลงสู่อ่างกรดเพื่อทำการกัดสนิมเหล็กแผ่นที่ผ่านการกัดกรดขจัดสนิมแล้วจะมีสีขาวเทา ซึ่งอาจจะผ่านเครื่องตัดขอบ (Side trimmer) เพื่อให้ขอบเรียบและลดการฉีกขาดจากขอบของเหล็ก เมื่อทำการรีดลดขนาดเหล็กที่ผ่านการกัดขอบแล้วจะถูกนำไปรีดเย็นต่อเพื่อลดขนาดความหนาลง โดยการรีดเย็น (Cold rolling) จะทำที่อุณหภูมิห้อง (แตกต่างจากเหล็กแผ่นรีดร้อนซึ่งโดยทั่วไปรีดที่อุณหภูมิสูงกว่า 870 องศา ซึ่งเนื้อเหล็กขณะรีดร้อนยังมีสีเหลืองและสามารถเกิดสนิมขณะรีดได้) เหล็กแผ่นที่ผ่านการรีดเย็นมาจะมีผิวสีขาวเทาและผิวจะมันกว่าเหล็กแผ่นรีดร้อนซึ่งมีผิวที่ด้าน อย่างไรก็ตามเหล็กแผ่นที่ผ่านการรีดมายังมีความเครียดภายในเนื้อเหล็กเหลือค้างทำให้มีความแข็งสูงความสามารถในการยืดตัวต่ำ ตลอดจนมีความไม่สม่ำเสมอของคุณสมบัติเชิงกลในทิศทางต่าง ๆ สูงจึงไม่เหมาะแก่การใช้งานในลักษณะที่ต้องการนำไปขึ้นรูปจึงต้องผ่านการอบ (Annealing) เพื่อให้คลายความเครียดในเนื้อเหล็กลง เหล็กที่ผ่านการอบแล้วจะผ่านการรีดเย็นอีกเล็กน้อยโดยความหนาแทบไม่เปลี่ยนแปลง (Temper rolling) เพื่อปรับความเรียบ คุณภาพผิว และขจัดการยืดตัว ณ.จุดคราก (Yield point elongation) ซึ่งช่วยให้เหล็กแผ่นแปรรูปได้อย่างสม่ำเสมอยิ่งขึ้น เหล็กแผ่นรีดเย็นสามารถนำไปใช้งานในลักษณะที่ต้องการคุณภาพผิวสูงกว่าและความหนาต่ำกว่าเหล็กแผ่นรีดร้อน เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า หรือใช้สำหรับงานด้านยานยนต์

การวิจัยนี้ศึกษาเหล็กกล้าคาร์บอนรีดเย็นชนิด SPCC เกรด Standard Temper มีชื่อเรียกตามมาตราฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standards : JIS) โดยมีองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกลของแผ่นเหล็ก SPCC เกรด Standard Temper ตามตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ตารางองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกลของเหล็ก SPCC

องค์ประกอบและคุณสมบัติทางกลของแผ่นเหล็ก SPCC เกรด Standard Temper					
ชื่อ	Carbon	Manganese	Phosphorus	Sulfur	
SPCC	0.12 Max	0.50 Max	0.040 Max	0.045 Max	
ชื่อ	ความต้านแรงตึง (N /mm^2)	ความยืด % t=1.6 – 2.5 (mm.)	ความเค้นคราก (N /mm^2)	Young's modulus (Gpa)	Poisson's ratio
SPCC	min 270	min 38	280	210	0.291

อ้างอิงจาก JIS G3141 (1996)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการ DMAIC

โดยในปัจจุบันหลักการ DMAIC มีความแพร่หลายเข้าสู่อุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาหลักการ DMAIC ทั้ง 5 ขั้นตอน มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยการโดยมีวัตถุประสงค์ คือ การลดของเสียในกระบวนการปั๊มของฝาครอบถังน้ำมัน โดยศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ดังนี้

พิชญ์พันธ์ อุ่นชื่น [11] วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานผลิตภัณฑ์ฝาครอบเครื่องยนต์ เพื่อลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภททรายไหม้ ซึ่งทำให้เกิดผิวไม่เรียบทั้งด้านในและด้านนอกชิ้นงานเหล็กหล่อ งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้เครื่องมือการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทาง DMAIC โดยเป็น 5 ระยะ ได้แก่ (1) การนิยามปัญหา (2) การวัดโดยการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบหน่วยนับ (3) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยการระดมสมองเพื่อปัจจัยนำเข้าและพิสูจน์ความมีนัยสำคัญทางสถิติของปัจจัยนำเข้า (4) การปรับปรุงโดยการออกแบบการทดลอง (5) การควบคุมกระบวนการโดยการทดสอบเพื่อยืนยันผล หลังทำการปรับปรุงพบว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการตกแต่งผิวได้ 601,524 บาทต่อปี

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลองที่เกี่ยวข้อง

มนตรี พิพัฒน์ไพบูลย์ และพชร หงษาครประเสริฐ [12] งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียภายในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์โดยใช้ เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial Design โดยอาศัยวิธีการทางสถิติ ซึ่งแนวทางการวิเคราะห์โดยเริ่มทำ

การวิเคราะห์ทีละสาเหตุทีละปัจจัย (One Factor at a Time) โดยการดำเนินการทดลอง เพื่อหาข้อมูลสนับสนุนตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อเป็นการยืนยันว่าสาเหตุที่สงสัยนั้นเป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของค่ากระแสไฟค่าความเร็วในการเติมลวดและค่าความเร็วในการเดินเชื่อมผลการดำเนินงานพบว่าของเสียลดลงร้อย 5.08

2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการขึ้นรูปโลหะด้วยกระบวนการปั๊ม

ชมพูนุท เติมสายทอง [13] วัตถุประสงค์ของวิจัยนี้เพื่อลดสัดส่วนของเสียและมูลค่าความสูญเสียในกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นสำหรับโครงหลังคาเหล็กรถกระบะ ที่เกิดจากการแก้ไขชิ้นงานจากข้อบกพร่องครีบย่นและขนาดไม่ตรงตามพิมพ์เขียว ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตั้งค่า 3 ปัจจัย คือ แรงกำหนดที่ไม่เหมาะสม ความเร็วในการขึ้นรูปไม่เหมาะสม และแรงดันลมคูชชั่นไม่เหมาะสม โดยระดับที่เหมาะสมระหว่างข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภทสวนทางกันจึงจัดทำการหาทางเลือกที่เหมาะสมด้วยการใช้ตัวแปรตอบสนองเป็นต้นทุนของเสียรวมและทำการหาการตั้งค่าปัจจัยที่เหมาะสม

โดยในงานวิจัยนี้จะนำแนวทางต้นทุนการใช้แรงกำหนดที่เหมาะสมมาปรับใช้เพื่อลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต

ปกกรณ์ วิริยะกอบบุญ [14] วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยการผลิตที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องประเภทความไม่สมบูรณ์ของการกดและรอยจากการปั๊มทับที่เกิดจากกระบวนการตัดเฉือนของแผ่นรองเครื่องเล่นซีดี ได้ศึกษาผลกระทบของ 6 ปัจจัย คือ แรงกำหนดของเครื่องปั๊ม ความแข็งของยางยูรีเทน ระยะห่างระหว่างขอบชิ้นงานและขอบแผ่นเหล็ก อายุการใช้งานของแห่งตัดและแฝนตายตัด อายุการใช้งานของยางยูรีเทนและ ความเร็วในการตัดเฉือนที่ ผลจากการทดลองพบว่าควรใช้อายุการใช้งานของแท่งตัดและแฝนดายตัดอายุการใช้งานของยูรีเทนและความเร็วในการตัดเฉือนที่ค่าน้อยคือที่ค่า 30, 000 สโตรก 30, 000 สโตรกและ 15 สโตรกต่อนาที ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 486,000 บาทต่อปี

โดยในงานวิจัยนี้จะนำแนวทางของการกำหนดอายุการใช้งานแท่งตัดมาปรับใช้เพื่อลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต

เฉลิมพล คล้ายนิล, จิณกมล ลุยจันทร์ และพงศกร หลีตระกูล [15] ศึกษาอิทธิพลของระยะช่องว่างคมตัดที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ ค่าระยะช่องว่างคมตัดแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 7%, 10%, 13% และ 16% ของความหนาชิ้นงานตัดชิ้นงานเป็นรูปแผ่นกลม ตรวจวัดผลการสึกหรอด้านข้างและด้านหน้า ชั่งน้ำหนักของพันช์ที่เปลี่ยนแปลงไป และศึกษาคุณภาพขอบตัดชิ้นงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พบว่า ระยะช่องว่างคมตัดระหว่างพันช์และดาย มีอิทธิพลต่อการสึกหรอที่เกิดขึ้นในแม่พิมพ์ การสึกหรอเกิดขึ้นสูงที่สุดกับแม่พิมพ์ที่มีช่องว่างคมตัดน้อย เกิดการเสียดสีระหว่างพันช์และดาย ทำให้คมตัดของพันช์เปลี่ยนรัศมี โดยการสึกหรอที่เกิดขึ้นบริเวณด้านข้างของคมตัดมากกว่าด้านหน้าคมตัดพันช์ การสึกหรอของพันช์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของขอบตัดชิ้นงาน คือส่งผลให้ส่วน โค้งมนเพิ่มขึ้น ส่วนของรอยตัดเฉือนหรือส่วนเรียบตรงน้อยลง ระยะการฉีกขาดเพิ่มขึ้น และครีบจะมีขนาดเพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักของพันช์ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณการสึกหรอของแม่พิมพ์

โดยในงานวิจัยนี้จะนำแนวทางของพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์มาปรับใช้เพื่อลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
ระยะกำหนดปัญหา

ระยะกำหนดปัญหาเป็นระยะในการค้นหาหัวข้อปัญหาและกำหนดวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงคุณภาพ โดยเริ่มต้นจากการกำหนดทีมงานในการปรับปรุงกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน ทำการศึกษากระบวนการการทำงานและสภาพปัญหาในปัจจุบัน เพื่อกำหนดหัวข้อปัญหาที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพ กำหนดวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงคุณภาพ และขอบเขตการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การจัดตั้งทีมงาน

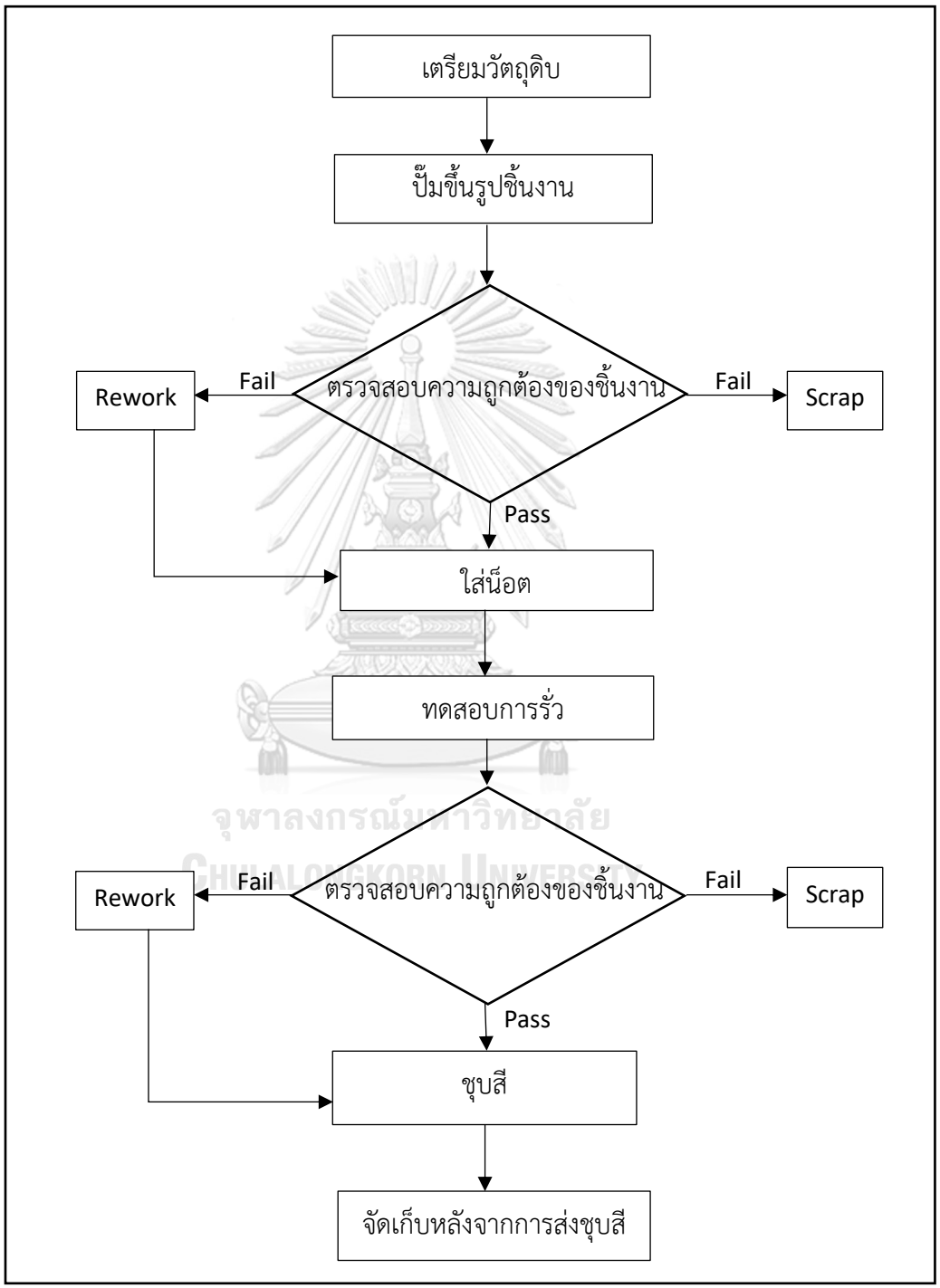
การดำเนินงานวิจัยนี้จัดตั้งทีมงานเพื่อระดมสมองในการแก้ไขปัญหา โดยการกำหนดสมาชิกในทีมจะต้องเป็นผู้มีประสบการณ์และเชี่ยวชาญเกี่ยวข้องกับการผลิตและการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยวิธีปั๊มเป็นอย่างดี เพื่อช่วยในการระดมสมองหาสาเหตุของปัญหา แนวทางการแก้ไขปัญหา และการทดลองในการแก้ไขปัญหาให้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ทีมงานประกอบด้วยสมาชิก รวม 8 คน ดังนี้

ผู้จัดการโรงงาน	ตำแหน่ง Champion	1 คน
ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม	ตำแหน่ง Black Belt	1 คน
วิศวกรควบคุมกระบวนการผลิต	ตำแหน่ง Process Owner	1 คน
หัวหน้าฝ่ายประกันคุณภาพ	ตำแหน่ง Master Black Belt	1 คน
เจ้าหน้าที่ฝ่ายประกันคุณภาพ	ตำแหน่ง Green Belt	1 คน
เจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต	ตำแหน่ง Green Belt	2 คน
ผู้ดำเนินงานวิจัย	ตำแหน่ง Implementation leader	1 คน

นอกจากตำแหน่งที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีพนักงานที่ทำงานในแผนกต่าง ๆ เช่น เจ้าหน้าที่ฝ่ายการวางแผน เจ้าหน้าที่ฝ่ายแม่พิมพ์ เป็นต้น เข้าร่วมในทีมงานเพื่อให้การทดลองของงานวิจัยมีประสิทธิผลยิ่งขึ้น โดยทีมงานและพนักงานให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล การแก้ไขปัญหา การจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำแผนงานเพื่อชี้แจงต่อทีมงานเพื่อความเข้าใจในขั้นตอนการดำเนินงาน โดยผู้วิจัยมีหน้าที่วางแผนการเก็บข้อมูล กำหนดแนวทางการแก้ปัญหา ออกแบบการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.2 กระบวนการผลิต

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนผลิตฝาครอบถังน้ำมัน ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตเริ่มต้นของสายการประกอบถังน้ำมันเครื่องยนต์ โดยการผลิตมีกระบวนการดังนี้



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน

ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนจากการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยวิธีปั๊ม หรือกระแทกในอุตสาหกรรมยานยนต์มีการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คุณสมบัติเชิงปริมาณ (Quantitative variable) และคุณสมบัติเชิงคุณภาพ (Attribute variable) ซึ่งในทางโรงงานกรณีศึกษามีการตรวจสอบชิ้นงานทั้ง 2 ประเภท โดยคุณสมบัติเชิงปริมาณมีเครื่องมือวัดในการตรวจสอบ คือ เวอร์เนียไฮเกจ และทำการบันทึกค่าออกมาเป็นตัวเลข เมื่อนำมาเทียบกับค่าเป้าหมายซึ่งระบุไว้ในแบบพิมพ์เขียว และทำการกำหนดค่าควบคุม ซึ่งหลังจากการผลิตจริงยังพบว่ามีชิ้นงานบางส่วนไม่อยู่ในค่าควบคุม และคุณสมบัติเชิงคุณภาพ มีการตรวจสอบด้วยเกณฑ์การให้ ผ่าน (G) และไม่ผ่าน (NG) และในปัจจุบันทางโรงงานมีข้อบกพร่องจำนวนมากเกินกว่าเกณฑ์ที่ทางโรงงานยอมรับได้ จึงต้องหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง และทำการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมัน

โดยเกณฑ์ที่ยอมรับของข้อบกพร่องประเภทต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมันในรูปที่ 3.2 เป็นดังนี้

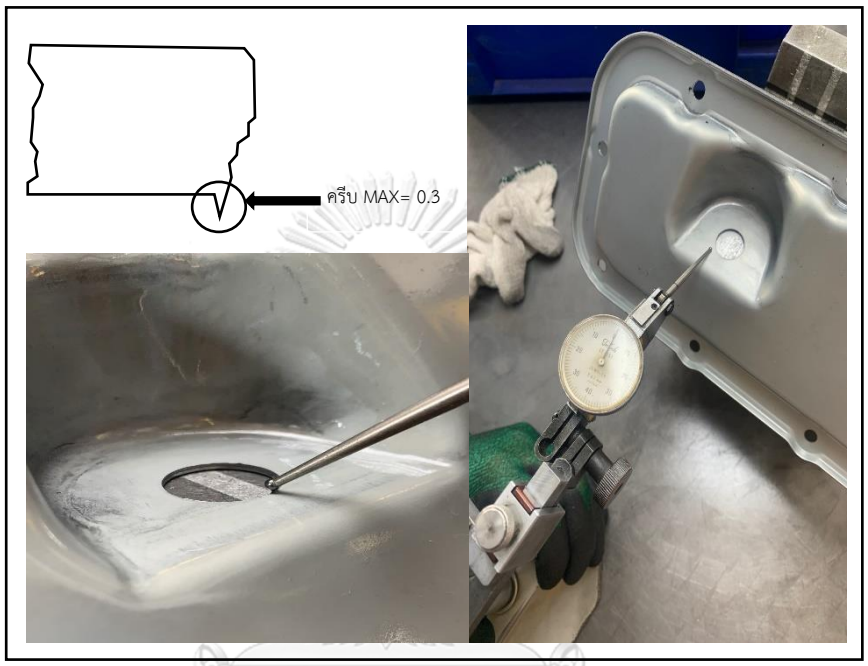
ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนจากการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยวิธีปั๊ม มีการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คุณสมบัติเชิงปริมาณ (Quantitative variable) คือ ความสูงครีบ และคุณสมบัติเชิงคุณภาพ (Attribute variable) เช่น รอยบนชิ้นงาน, บุบ, เสียรูป และแตก

รูปที่ 3.2 ฝาครอบถังน้ำมัน

3.2.1 ข้อบกพร่องคุณสมบัติเชิงปริมาณ

การตรวจสอบข้อบกพร่องคุณสมบัติเชิงปริมาณเป็นการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องโดยใช้เครื่องมือวัด และผลลัพธ์ของการตรวจสอบจะอยู่ในรูปข้อมูลแบบผันแปรโดยทำการบันทึกค่าที่ต้องการวัดออกมาเป็นตัวเลข ได้แก่

1. ครีบ คือ การตัดเฉือนของแม่พิมพ์ที่ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดครีบ ที่บริเวณขอบของรูชิ้นงาน เป็นการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่อง โดยใช้เครื่องมือวัด โดยมีค่าควบคุมกำหนดไว้ คือ ความสูงครีบได้ไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตร ในการตรวจสอบปัจจุบันทำการสุ่มตรวจสอบ 3-3-3ชิ้น (หน้า-กลาง-ท้าย) ต่อขนาดการผลิต 5,000 ชิ้น โดยใช้เครื่องมือวัด คือ เวอร์เนียไฮเกจ แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การวัดค่าความสูงครีบ

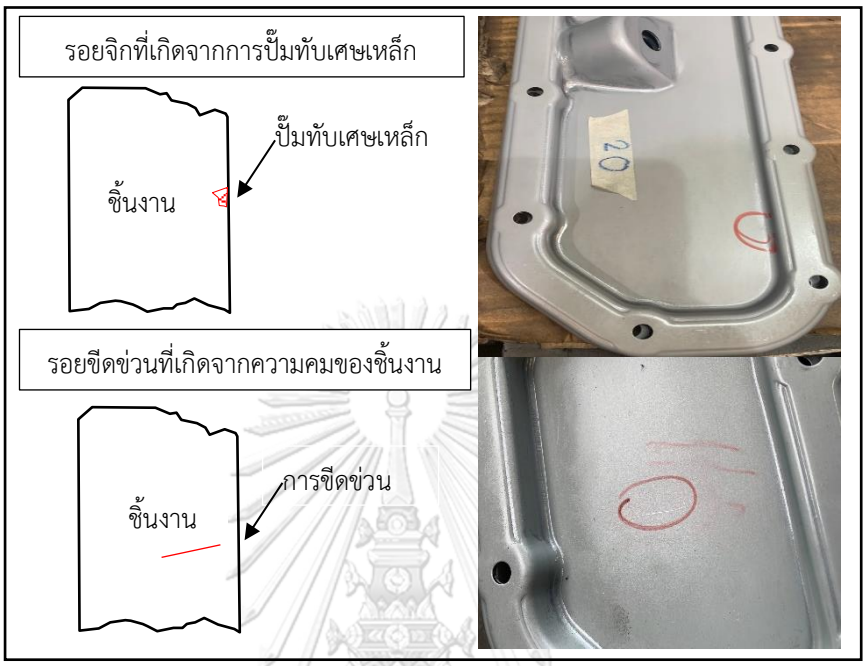
3.2.2 ข้อบกพร่องคุณสมบัติเชิงคุณภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การตรวจสอบข้อบกพร่องคุณสมบัติเชิงคุณภาพเป็นการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องที่ปรากฏแก่สายตา และผลลัพธ์ของการตรวจสอบจะอยู่ในรูปข้อมูลแบบนับโดยกำหนดว่าชิ้นงานผ่าน (G) หรือไม่ผ่าน (NG) ได้แก่

1. รอย คือ การขีดข่วนบริเวณหน้าชิ้นงานและบริเวณรอบตัวชิ้นงาน เป็นการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องที่ปรากฏแก่สายตาหรือการสัมผัส หากพบรอยจากการปั๊มทับหรือรอยจากการขีดข่วน ให้ตัดสินใจว่าชิ้นงานเป็นของเสีย และให้นำชิ้นงานกลับไปแก้ไขใหม่ ซึ่งปกติจะทำการตรวจสอบด้วยสายตาและทำสัญลักษณ์วงกลมสีแดงไว้เพื่อนำไปขัดแก้ไขต่อไป โดยมีค่าควบคุมกำหนดไว้ คือ ห้ามมีรอย โดยสามารถแยกประเภทของรอยที่พบบนตัวผลิตภัณฑ์มี 2 ลักษณะ คือ รอยจิกจากการปั๊มทับเศษเหล็กบริเวณหน้าชิ้นงาน ซึ่งเกิดจากการกดทับเศษเหล็กของแม่พิมพ์ และรอยขีดข่วน

บริเวณหน้าชิ้นงานและบริเวณรอบตัวชิ้นงาน เกิดจากขอบของตัวชิ้นงานอื่นที่มีความคมมาสัมผัส ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการตัดเฉือน จะแสดงลักษณะของรอยในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การตรวจสอบรอยบนตัวชิ้นงาน

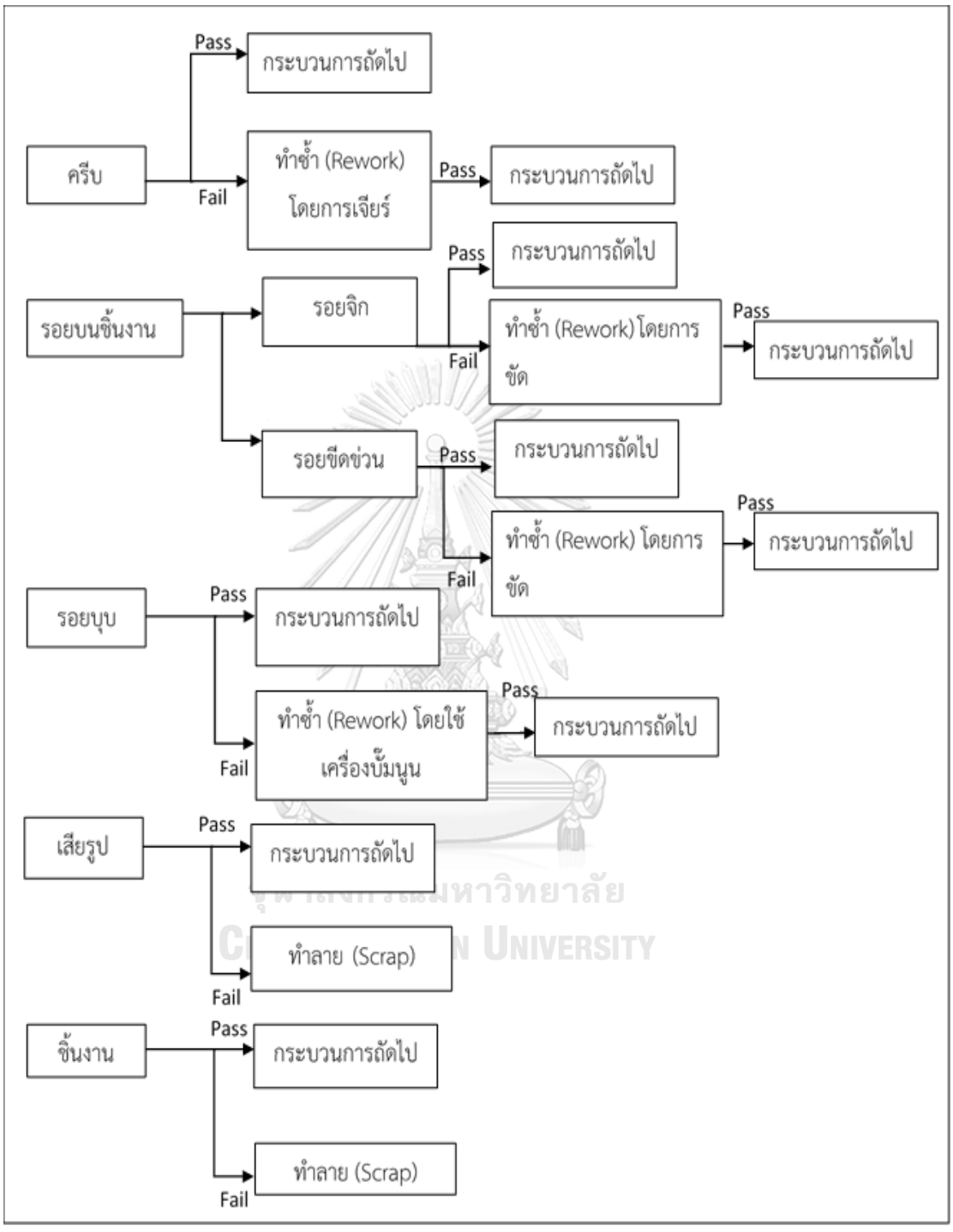
2. บุบ คือ ส่วนใดส่วนหนึ่งของชิ้นงาน มีสภาพเกิดรอยยุบตัวของชิ้นงานระหว่างการขึ้นรูป โดยปกติจะทำการตรวจสอบด้วยสายตา

3. เสียรูป คือ ส่วนต่าง ๆ ของชิ้นงาน ไม่เป็นไปตามแบบพิมพ์เขียว ตัวอย่างของของเสียประเภทนี้ที่พบในกระบวนการ คือ ขึ้นรูปชิ้นงานได้ไม่เต็มตามแบบพิมพ์เขียวโดยปกติจะทำการตรวจสอบด้วยสายตา

4. แตก คือ ส่วนหนึ่งของชิ้นงานหลังจากนำมาขึ้นรูปแล้วแผ่นโลหะมีลักษณะแยกออกจากกันภายในชิ้นงานนั้น โดยปกติจะทำการตรวจสอบด้วยสายตา

ซึ่งข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ของเสียที่นำไปทำซ้ำและสามารถกลับมาใช้งานต่อได้หรือเรียกว่า Rework และของเสียที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ และต้องทำลายหรือเรียกว่า Scrap โดยรูปที่ 3.5 จะแสดงแผนภาพกระบวนการทำซ้ำหรือทิ้งชิ้นงานในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.5 แผนภาพข้อบกพร่องและวิธีการแก้ไขในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน

จากรูปที่ 3.5 แสดงวิธีการแก้ไขโดยวิธีการทำซ้ำ หรือทิ้งชิ้นงานของการเกิดข้อบกพร่องแต่ละประเภทในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ชิ้นงานที่สามารถแก้ไข

และนำกลับไปใช้ใหม่ได้ และชิ้นงานที่เป็นของเสียไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงาน ดังนี้

ราคาค่าใช้จ่ายจากข้อบกพร่องประเภท บุบ, ผิดรูป และ แตก ทางโรงงานได้มีวิธีการคำนวณไว้เป็นระบบ ซึ่งผู้ศึกษาต้องยึดราคาที่ทางโรงงานกำหนดและลงระบบไว้ จากการสอบถามพบว่าได้คิดราคาค่าใช้จ่ายจากสถานีงานที่พบของข้อบกพร่องนั้น ซึ่งค่าใช้จ่ายจะไม่คงที่ขึ้นอยู่กับการเจอปัญหาว่าอยู่ที่สถานีงานใด โดยเมื่อพบเจอปัญหาจะทำการดึงชิ้นงานออกทันทีไม่ส่งไปสถานีงานต่อไป เนื่องจากเป็นข้อบกพร่องที่สามารถสังเกตได้ง่าย ส่วนค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงานของข้อบกพร่องครีบ และรอย จะคงที่เนื่องจากจะไม่มีการแก้ไขปัญหาเมื่อเจอชิ้นงานที่เป็นของเสีย แต่จะแก้ไขเมื่อปั๊มชิ้นงานเสร็จจนจบการผลิต เนื่องจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยไม่สามารถสังเกตได้ง่าย จำเป็นจะต้องใช้เครื่องมือและการตรวจสอบที่แม่นในการวัด โดยรายละเอียดการคำนวณค่าใช้จ่ายในการทำซ้ำของข้อบกพร่องประเภทครีบ, รอยและรายละเอียดที่มาของค่าใช้จ่ายในการทำซ้ำของข้อบกพร่องประเภทบุบ และค่าใช้จ่ายชิ้นงานที่ไม่สามารถนำกลับไปใช้ได้ของข้อบกพร่องประเภทผิดรูปและแตก จะแสดงรายละเอียดใน ภาคผนวก ก. โดยที่ตารางที่ 3.1 แสดงตารางสรุปค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงานและค่าใช้จ่ายของชิ้นงานที่ไม่สามารถนำกลับมาแก้ไขได้

ตารางที่ 3.1 ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขและค่าใช้จ่ายของชิ้นงานที่ไม่สามารถนำกลับมาแก้ไขได้

ประเภทของข้อบกพร่อง	สถานีงานที่พบ	ประเภท	ค่าใช้จ่าย (บาท/ชิ้น)
ครีบ	สถานีงานสุดท้าย	ทำซ้ำ (Rework)	13.50
รอย	สถานีงานสุดท้าย	ทำซ้ำ (Rework)	14.50
บุบ	สถานีงานที่ 1	ทำซ้ำ (Rework)	50.83
บุบ	สถานีงานที่ 2	ทำซ้ำ (Rework)	54.74
ผิดรูป	สถานีงานที่ 1	ทำลาย (Scrap)	50.80
ผิดรูป	สถานีงานที่ 2	ทำลาย (Scrap)	51.72
ผิดรูป	สถานีงานที่ 3	ทำลาย (Scrap)	53.64
ผิดรูป	สถานีงานที่ 4	ทำลาย (Scrap)	53.77
ผิดรูป	สถานีงานที่ 5	ทำลาย (Scrap)	54.93
ผิดรูป	สถานีงานที่ 6	ทำลาย (Scrap)	55.26
แตก	สถานีงานที่ 4	ทำลาย (Scrap)	53.46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 กระบวนการวิเคราะห์และสัญญาโครงการ

3.3.1 กระบวนการวิเคราะห์กระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน

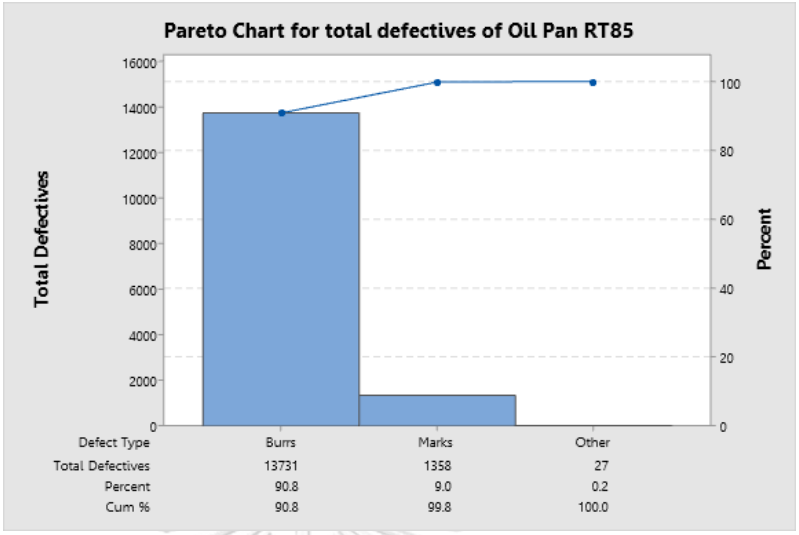
สายการผลิตฝาครอบถังน้ำมันเกิดข้อบกพร่องขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปโลหะ จากบทนำที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยทำการศึกษาสัดส่วนของเสีย และค่าใช้จ่ายในการแก้ไขที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันตั้งแต่เดือน ม.ค. 62 – ส.ค. 62 ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ประเภทข้อบกพร่องในการผลิตฝาครอบถังน้ำมันตั้งแต่เดือน ม.ค. 2562 ถึง ส.ค. 2562

Defect Type	Type	ม.ค.-62	ก.พ.-62	มี.ค.-62	เม.ย.-62	พ.ค.-62	มิ.ย.-62	ก.ค.-62	ส.ค.-62	จำนวนของเสีย	ราคารวม (บาท)
ครีบ	Rework	1,749	1,828	1,755	1,761	2,495	1,198	1,190	1,755	13,731	-
ค่าใช้จ่าย (บาท)		23,611.5	24,678	23,692.5	23,773.5	33,682.5	16,173	16,065	23,692.5	-	185,368.5
รอย	Rework	165	201	162	168	276	102	110	174	1,358	-
ค่าใช้จ่าย (บาท)		2,392.50	2,914.50	2,349	2,436	4,002	1,479	1,595	2,523	-	19,691
บุบ	Rework	3	0	0	0	1	0	0	1	5	-
ค่าใช้จ่าย (บาท)		151.86	0	0	0	54.74	0	0	51.47	-	258.07
ผิดรูป	Scrap	4	3	2	1	4	2	4	1	21	-
ค่าใช้จ่าย (บาท)		213.85	156.30	110.16	54.74	215.89	108.38	216.91	54.01	-	1,130.24
แตก	Scrap	0	1	0	0	0	0	0	0	1	-
ค่าใช้จ่าย (บาท)		0	53.46	0	0	0	0	0	0	-	53.46
ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)		26,369.7	27,802.2	26,151.6	26,264.2	37,955.1	17,760.3	17,876.9	26,320.9	-	206,501.2
Total Defectives (ชิ้น)		1,921	2,033	1,919	1,930	2,776	1,302	1,304	1,931	15,116	-
Total Output (ชิ้น)		15,000	18,967	15,000	16,000	22,000	10,409	10,027	14,995	122,398	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

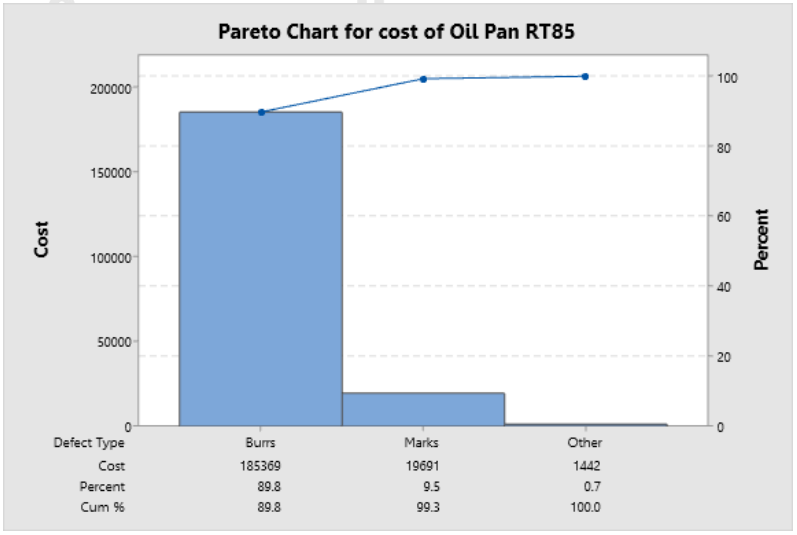
1.การวิเคราะห์สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต



รูปที่ 3.6 แผนผังพาเรโตแสดงสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน

จากรูปที่ 3.6 พบจำนวนของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบมากที่สุดเป็นอันดับที่ 1 มีสัดส่วนของเสีย 13,731 ชิ้นจากปริมาณการผลิต 122,398 ชิ้น ซึ่งเป็นสัดส่วนร้อยละ 90.8 ของเสียทั้งหมดในกระบวนการผลิตนี้ และสาเหตุรองลงมา คือ ข้อบกพร่องประเภทรอยพบของเสียร้อยละ 9.0 โดยสัดส่วนของเสียรวมของข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภท คือ ร้อยละ 99.8 จากการวิเคราะห์สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ผู้วิจัยเลือกประเภทข้อบกพร่องที่ศึกษาคือข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย

2.การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงานที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต



รูปที่ 3.7 แผนผังพาเรโตแสดงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันรุ่น

จากรูปที่ 3.7 พบค่าใช้จ่ายที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบมากที่สุดเป็นอันดับที่ 1 มีค่าใช้จ่ายสูงถึง 185,369 บาท จากปริมาณการผลิต 122,398 ชิ้น ซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 89.8 ของค่าใช้จ่ายที่เกิดจากของเสียทั้งหมดในกระบวนการผลิตนี้ และสาเหตุรองลงมา คือ ข้อบกพร่องประเภทรอยพบของเสียร้อยละ 9.5 โดยสัดส่วนของเสียรวมของข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภท คือ ร้อยละ 99.3 จากจำนวนของเสียทั้งหมด จากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผู้วิจัยเลือกประเภทข้อบกพร่องที่ศึกษาคือข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย

จากรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7 พบว่าเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการผลิตพบว่าของเสียในกระบวนการขึ้นรูป คือข้อบกพร่องประเภทครีบและข้อบกพร่องประเภทรอยมีสัดส่วนที่สูง โดยสัดส่วนข้อบกพร่องประเภทครีบสูงที่สุดเมื่อเทียบกับข้อบกพร่องประเภทอื่น โดยทางโรงงานต้องการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทรอยด้วย เนื่องจากขั้นตอนในการตรวจสอบเป็นการตรวจแบบ 100 เปอร์เซนต์ทุกชิ้นทุกมุมทุกด้าน ทำให้ต้องเสียทรัพยากรทางด้านบุคลากรและเวลาเป็นอย่างมากและทีมงานพบว่าข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยมีความสัมพันธ์กัน โดยถ้าการปั๊มชิ้นงานบางครั้งทำให้ครีบหลุดออกมาติดที่หน้าแม่พิมพ์ หากปั๊มชิ้นงาน ส่งผลให้เกิดของเสียประเภทรอยจากการปั๊มทับ จึงเห็นสมควรศึกษาข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภทนี้ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย ในบทที่ 4 ระยะวิเคราะห์ระบบการวัด

3.3.2 สัญญาโครงการ

เอกสารที่ใช้แสดงข้อตกลงในวัตถุประสงค์ของโครงการลดของเสียในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน โดยบอกถึงความสำคัญทางธุรกิจ สภาพปัญหา วัตถุประสงค์ ตัวชี้วัดของโครงการ ขอบเขตการศึกษา ระยะเวลาในการดำเนินการ และผู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 3.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.3 สัญญาโครงการลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปฝาครอบถังน้ำมัน

<table>
<tr><td colspan="2">Project Charter</td></tr>
<tr><td colspan="2">Project Title : การลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยในกระบวนการขึ้นรูปฝาครอบถังน้ำมัน</td></tr>
<tr><td>Business Case :
การเติบโตในอุตสาหกรรมเดียวกัน ส่งผลกระทบต่อยอดการผลิตของทางโรงงาน และเพื่อให้ทางโรงงานสามารถแข่งขันในเชิงธุรกิจได้ จึงพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านต้นทุนและคุณภาพ ทำให้ทางโรงงานจึงจำเป็นที่จะต้องจัดการกับค่าใช้จ่ายสิ้นเปลือง โดยการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต</td><td>Project Metrics :
Business Metric : ระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย
Primary Metric : สัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยในกระบวนการ
Secondary Metric : พื้นที่ในการจัดเก็บชิ้นงาน, เวลาและค่าแรงงานที่ใช้ในการแก้ไขชิ้นงาน
Consequential Metric : รอบเวลาในการผลิต
Financial Metric : ต้นทุนต่อหน่วย</td></tr>
<tr><td>Problem Statement :
เกิดมูลค่าความสูญเสียในกระบวนการผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมันอย่างต่อเนื่อง โดยจากข้อมูลพบว่ามูลค่าความเสียหายของเสียจากการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน มีปริมาณร้อยละ 81.71 จากของเสียทั้งหมด และข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย มีสัดส่วนของเสียร้อยละ 99.3 ของของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงาน เท่ากับ 205,060 บาท ในการผลิตในช่วงม.ค.62 ถึง ส.ค. 62</td><td>Team Members :
ผู้จัดการโรงงาน — Champion
ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม — Black Belt
วิศวกรควบคุมกระบวนการผลิต — Process Owner
หัวหน้าฝ่ายประกันคุณภาพ — Master Black Belt
เจ้าหน้าที่ฝ่ายประกันคุณภาพ — Green Belt
เจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต — Green Belt
ผู้ดำเนินงานวิจัย — Implementation leader</td></tr>
<tr><td>Objective Statement :
ลดของเสียภายในกระบวนการผลิตลงเหลือร้อยละ 3 จากจำนวนการผลิตปัจจุบัน และมีค่าใช้จ่ายรวมที่เกี่ยวข้องต่อหน่วยการผลิตต่ำที่สุด ภายในธันวาคม 63</td><td rowspan="2">Project Timeline : ธ.ค. 62 ถึง ธ.ค.63
Project begin date : ธ.ค. 62
Project end date : ธ.ค.63

<table><tr><th>Phase</th><th>Begin</th><th>End</th></tr><tr><td>Define</td><td>ธ.ค. 62</td><td>ม.ค. 63</td></tr><tr><td>Measure</td><td>ม.ค. 63</td><td>มี.ค. 63</td></tr><tr><td>Analysis</td><td>มี.ค. 63</td><td>ก.ค. 63</td></tr><tr><td>Improve</td><td>ก.ค. 63</td><td>พ.ย. 63</td></tr><tr><td>Control</td><td>พ.ย. 63</td><td>พ.ค. 64</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Project Scope :
ศึกษาเฉพาะฝาครอบถังน้ำมันขนาดกลาง รุ่น RT 85 ในสายการผลิต C สำหรับการผลิตชิ้นส่วนขนาดกลางเท่านั้น
Project Constraints:
สมาชิกในทีมมีเวลา 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์
Project Assumptions:
มีการประชุมกลุ่มกับทีมงานทุกวันศุกร์ของทุกสัปดาห์ และรายงานความคืบหน้าของโครงการทุก 2 เดือน</td></tr>
</table>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 สรุประยะกำหนดปัญหา

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาพบว่าในกระบวนการขึ้นรูปฝาครอบถังน้ำมัน มีปริมาณของเสียคิดเป็นร้อยละ 98.12 จากของเสียที่พบในผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ซึ่งมีมูลค่าความเสียหายร้อยละ 81.71 จากมูลค่าความเสียหายของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด โดยข้อบกพร่องที่พบในกระบวนการ คือ ข้อบกพร่องประเภทครีบคิดเป็นร้อยละ 90.8 จากของเสียทั้งหมดของการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน หรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงานเท่ากับ 185,369 บาทจากปริมาณการผลิต 122,398 ชิ้น และ ข้อบกพร่องประเภทรอยคิดเป็นร้อยละ 9.0 จากของเสียทั้งหมดของการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน หรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงานเท่ากับ 19,691 บาทจากปริมาณการผลิต 122,398 ชิ้น

จึงสรุปได้ว่า พบปริมาณของเสียรวมของข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภท มีสัดส่วนของเสียร้อยละ 99.8 และมีค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงานรวมเท่ากับ 205,060 บาท จากปริมาณการผลิต 122,398 ชิ้น คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 99.3 จากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการแก้ไขชิ้นงาน โดยชิ้นงานนี้มีการผลิตทุกเดือนและมีแนวโน้มในการผลิตอย่างต่อเนื่องในอนาคต เนื่องจากตัวชิ้นงานฝาครอบถังน้ำมันต้องผ่านกระบวนการชุบสีและประกอบ ทำให้คลังสินค้าต้องเตรียมไว้ในคลังเป็นจำนวนมากเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับกระบวนการผลิตอื่น ๆ เพราะชิ้นงานอาจเสียในกระบวนการชุบสีหรือกระบวนการเชื่อมตัวถังชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานฝาครอบถังน้ำมันเหมาะสมที่จะนำไปแก้ไขต่อไป

โดยในระยะต่อไป คือ ระยะวิเคราะห์ระบบการวัด เป็นขั้นตอนในการศึกษากระบวนการการผลิต เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ความแม่นและความเที่ยงของระบบการวัด การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

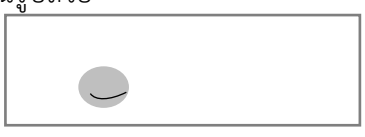
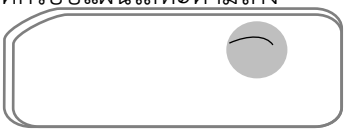
บทที่ 4
ระยะวิเคราะห์ระบบการวัด

ระยะวิเคราะห์ระบบการวัดจะแสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมัน การวิเคราะห์ความแม่นและความเที่ยงของระบบการวัด การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมัน จากนั้นทำการระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า (KPIVs : Key Process Input Variables) โดยการใช้แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) และการวิเคราะห์ความล้มเหลว และผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน (FMEA) เพื่อคัดกรองปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่จะนำไปศึกษาต่อ มีรายละเอียดดังนี้

4.1 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมัน

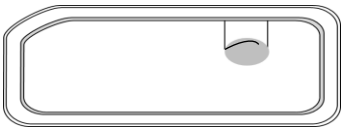
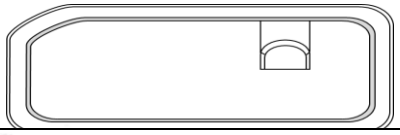
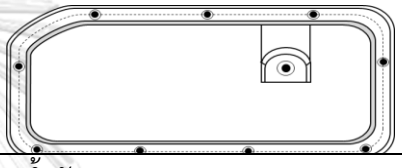
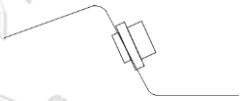
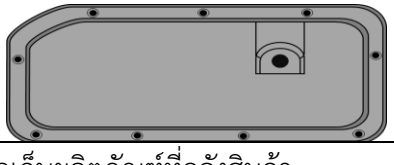
กระบวนการในการผลิตชิ้นส่วนจากการปั๊มขึ้นรูปฝาครอบถังน้ำมัน ประกอบด้วย 4 สายการผลิตย่อย คือ 1. การปั๊มขึ้นรูป 2. การใส่น็อต 3. การทดสอบการรั่วและ 4. การจัดเก็บหลังกระบวนการเคลือบชุบสี โดยการวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาในส่วนของการปั๊มขึ้นรูปสายการผลิตย่อย 1 เท่านั้น แสดงกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 กระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน

สายการผลิตย่อย	ลำดับขั้นตอน	วิธีการ
	#10	รับแผ่นโลหะจากบริษัทผู้ขาย
		เคลื่อนย้ายแผ่นโลหะไปเก็บที่คลังสินค้า
	#20	จัดเก็บแผ่นโลหะที่คลังสินค้า
สายการผลิตย่อย 1 (การปั๊มขึ้นรูป)	#30	ขึ้นรูปถ้วย 
	#40	ขึ้นรูปบริเวณรอบถ้วย
	#50	ตัดกรอบแผ่นโลหะตามโค้ง 

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.1 กระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน (ต่อ)

สายการผลิตย่อย	ลำดับขั้นตอน	วิธีการ
สายการผลิตย่อย 1 (การปั๊มขึ้นรูป) (ต่อ)	#60	ม้วนขอบแผ่นโลหะ 
	#70	ปั๊มระนาบที่รูปถ้วย 
	#80	เจาะรู 
	#90	ล้างน้ำมัน
สายการผลิตย่อย 2	#100 - #130	เข้าสายการผลิต Spot (ใส่น็อต) 
		เคลื่อนย้ายไปยังสายการผลิตย่อย 3
สายการผลิตย่อย 3	#140	ทดลองหมุนน็อต
		เคลื่อนย้ายไปยังสถานีทดสอบ
	#150	ทดสอบการรั่วโดยใช้น้ำ
	#160	ทดสอบโดยใช้ลม
	#170	บรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง
		เคลื่อนย้ายไปเก็บที่คลังสินค้า
	#180	จัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่คลังสินค้า
		นำผลิตภัณฑ์ส่งชุบสี
สายการผลิตย่อย 4	#190	รับเข้าผลิตภัณฑ์หลังจากการชุบสี 
	#200	จัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่คลังสินค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.1 แสดงกระบวนการผลิตของฝาครอบถังน้ำมัน โดยในกระบวนการสำหรับขึ้นรูปประกอบด้วย กระบวนการปั๊มขึ้นรูป กระบวนการตัดขอบชิ้นงาน กระบวนการม้วนโลหะ กระบวนการปั๊มอัด และกระบวนการปั๊มตัดเจาะ โดยกระบวนการที่มีความสำคัญในการเก็บข้อมูลเพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยการผลิต มี 2 ประเภท คือ 1.กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการตั้งค่าการใช้งานเครื่องจักร 2. การวัดขนาดชิ้นงาน ตรวจสอบด้วยสายตาและการตรวจสอบด้วยเครื่องมือ โดยการเก็บข้อมูลในกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการตั้งค่าการใช้งานเครื่องจักร ประกอบด้วย กระบวนการตั้งค่าการปั๊มระนาบของชิ้นงาน และแรงกำหนดในกระบวนการตัดและเจาะ โดยในการเปลี่ยนแปลงการตั้งค่าจะส่งผลต่ออัตราการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ และรอยจากการปั๊มทับได้ และในกระบวนการการวัดความสูงครีบของชิ้นงานจะใช้เครื่องมือในการตรวจสอบเป็นข้อมูลการวัดเชิงปริมาณของของเสียจากข้อบกพร่องประเภทความสูงครีบ และการตรวจสอบเรื่องรอยจะตรวจสอบด้วยสายตา เป็นข้อมูลการวัดเชิงคุณภาพของของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอย

4.2 การวิเคราะห์ความแม่นและความเที่ยงของระบบการวัดของข้อมูลแบบผันแปรและข้อมูลแบบนับ

ทำการศึกษาข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ หรือข้อมูลผันแปร (Variable Data) ซึ่งใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบชิ้นงานตามแบบพิมพ์เขียว คือ การตัดสินใจโดยใช้ตัวเลขตามค่าควบคุม (Control limit) จึงต้องใช้การวิเคราะห์ความแม่นและเที่ยงของระบบการวัดของข้อมูลแบบผันแปร (Variable Measurement system analysis) และข้อมูลการวัดเชิงคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอย คือ รอยที่เกิดขึ้นบนแผ่นชิ้นงาน โดยใช้การตัดสินใจด้วยข้อกำหนดเฉพาะ คือ ผ่านและไม่ผ่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในส่วนของข้อมูลการวัดเชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ คือ การวัดความสูงครีบที่สูงจากแผ่นชิ้นงาน เนื่องจากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน พบว่าของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ เกิดจากครีบที่สูงบริเวณขอบรอบรูของชิ้นงานที่ถูกปั๊มเจาะรู หากครีบนั้นหลุดติดที่บริเวณหน้าแม่พิมพ์หากมีการปั๊มชิ้นงานชิ้นถัดไป จะทำให้เกิดรอยจากการปั๊มทับขึ้น

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ระบบการวัดมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้ คือ ศึกษามาตรฐานในการตรวจสอบของโรงงานกรณีศึกษา และการวิเคราะห์ระบบการวัด เพื่อยืนยันว่าระบบการวัดที่ใช้มีความน่าเชื่อถือก่อนทำการทดลองในขั้นถัดไป โดยการวิเคราะห์ของระบบการวัดแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ข้อบกพร่องประเภทครีบ และข้อบกพร่องประเภทรอย

4.2.1 มาตรฐานในการตรวจสอบชิ้นงาน

การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานที่เกิดจากข้อบกพร่อง มีวิธีการตรวจสอบ ดังนี้

- ข้อบกพร่องประเภทครีบ มีวิธีการตรวจสอบ ดังนี้

ใช้เวอร์เนียไฮเกจวัดความสูงของครีบ โดยวัดจากพื้นของชิ้นงานจนถึงตำแหน่งที่สูงที่สุดของความสูงครีบบริเวณขอบรอบรูของชิ้นงาน โดยมีค่าควบคุมกำหนดไว้ คือ ต้องมีความสูงไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตร โดยการสุ่มตัวอย่างจากกระบวนการผลิต 9 ชิ้นต่อขนาดการผลิต 5,000 ชิ้น คือ ทุก ๆ 3 ชิ้นใน หน้า, กลาง, ท้ายของกระบวนการผลิต

- ข้อบกพร่องประเภทรอย

ใช้สายตาในการตรวจสอบ โดยห้ามมีรอยการขีดข่วนบริเวณหน้าชิ้นงานและบริเวณรอบตัวชิ้นงาน เป็นการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องที่ปรากฏแก่สายตาหรือการสัมผัส หากพบรอยจากการปั๊มหรือรอยจากการขีดข่วน ให้ตัดสินใจว่าชิ้นงานเป็นของเสีย และทำสัญลักษณ์วงกลมสีแดงไว้บริเวณจุดที่พบข้อบกพร่องเพื่อนำไปขัดแก้ไขต่อไป การตรวจสอบเป็นการตรวจสอบแบบ 100 เปอร์เซนต์ กล่าวคือ ทุกชิ้นงานต้องผ่านการตรวจสอบ

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน พบว่าของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอยส่วนหนึ่งมาจากกเกิดจากครีบที่สูงบริเวณขอบชิ้นงานและรูชิ้นงาน หากครีบนั้นหลุดติดที่บริเวณหน้าแม่พิมพ์หากมีการปั๊มชิ้นงาน ชิ้นต่อไปจะทำให้เกิดรอยจากการปั๊มทับขึ้น และโรงงานกรณีศึกษามีการควบคุมความสูงของครีบเท่ากับ 0 – 0.3 มม. โดยการตรวจสอบความสูงครีบมีรายละเอียดดังนี้

4.2.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement system analysis)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.2.1 การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบผันแปรของข้อบกพร่องประเภทครีบ โดยการวัดค่าความสูงครีบ มีขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัด ดังนี้

1. คำนวณหาขนาดตัวอย่างในการเก็บข้อมูลสำหรับการวัดข้อมูลแบบต่อเนื่อง (ตามตารางที่ 2.3) โดยทางโรงงานมีผู้วัดความสูงครีบ 2 คน โดยใช้อุปกรณ์วัดเดียวกัน ดังนั้นจำนวนชิ้นงานที่ต้องทำการทดลองที่น้อยที่สุด คือ 15 ชิ้นงาน และทำการวัดซ้ำในแต่ละชิ้นงาน 3 ครั้ง โดยการศึกษานี้ทำการคัดเลือกชิ้นงานทั้งหมด 21 ชิ้นงานแบ่งออกเป็น 7 ช่วง ในช่วงสโตรกที่ 1-15,000 ช่วงละ 3 ชิ้นงาน เพื่อให้ทราบการกระจายตัวของข้อมูลทุกช่วงสโตรกก่อนทำการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์ ซึ่งช่วงสโตรกที่ 15,000 เป็นช่วงสโตรกที่จำเป็นต้องซ่อมบำรุงโดยการเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัด โดยมีลำดับดังนี้ ชิ้นงานลำดับที่ 1 ถึง 3 มากจากช่วงสโตรกที่ 1 - 3 ชิ้นงานลำดับที่ 4 ถึง 6 มาจากช่วงสโตรกที่ 2,500 – 2,502 ชิ้นงานลำดับที่ 7 ถึง 9 มาจากช่วงสโตรกที่ 5,000 – 5,002 ชิ้นงานลำดับที่

10 ถึง 12 มาจากช่วงสโตรกที่ 7,500 – 7,502 ชิ้นงาน ชิ้นงานลำดับที่ 13 ถึง 15 มาจากช่วงสโตรกที่ 10,000 – 10,002 ชิ้นงานลำดับที่ 13 ถึง 15 มาจากช่วงสโตรกที่ 10,000 – 10,002 ชิ้นงานลำดับที่ 16 ถึง 18 มาจากช่วงสโตรกที่ 12,500 – 12,502 และชิ้นงานลำดับที่ 19 ถึง 21 มาจากช่วงสโตรกที่ 13,000, 14,000, 15,000

2. พนักงานที่มีความชำนาญซึ่งมีความสามารถในการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน จำนวน 2 คนเพื่อทำการตรวจสอบชิ้นงานมาตรฐานจำนวน 21 ชิ้น วัดซ้ำ 3 ครั้ง (ตามตารางที่ 2.3) และลงบันทึกค่าที่วัดได้ลงในแบบฟอร์ม

3. ทำการสุ่มพนักงานทุกคนวัดซ้ำ ทั้ง 2 คน โดยทำการสุ่มตรวจสอบชิ้นงาน 21 ชิ้น โดยที่สำคัญต้องเป็นลำดับแบบสุ่ม เพื่อที่จะไม่ให้พนักงานนั้นจำผลลัพธ์ของชิ้นงาน และบันทึกค่าผลลัพธ์ลงในแบบฟอร์มตามตารางที่ 4.2

4. ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดโดยในแต่ละค่าต้องมีค่าร้อยละไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ยอมรับของระบบการวัดของโรงงานที่กำหนดไว้ตามตารางที่ 2.4 ซึ่งอ้างอิงจากมาตรฐาน AIAG (2008)

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทครีบ (มม.)

ตัวอย่างที่	พนักงานคนที่ 1			พนักงานคนที่ 2		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
1	0.09	0.09	0.08	0.08	0.12	0.09
2	0.10	0.11	0.10	0.13	0.11	0.10
3	0.11	0.12	0.12	0.12	0.13	0.11
4	0.15	0.14	0.16	0.14	0.15	0.15
5	0.15	0.16	0.14	0.15	0.15	0.14
6	0.12	0.13	0.12	0.14	0.12	0.12
7	0.20	0.22	0.22	0.20	0.19	0.20
8	0.19	0.22	0.21	0.20	0.19	0.19
9	0.20	0.19	0.20	0.21	0.20	0.20
10	0.23	0.23	0.24	0.23	0.23	0.22
11	0.24	0.23	0.24	0.22	0.24	0.24
12	0.23	0.24	0.23	0.23	0.24	0.25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทครีบ (มม.) (ต่อ)

ตัวอย่างที่	พนักงานคนที่ 1			พนักงานคนที่ 2		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
13	0.27	0.25	0.28	0.26	0.27	0.27
14	0.28	0.30	0.29	0.29	0.28	0.28
15	0.28	0.29	0.28	0.28	0.29	0.29
16	0.29	0.28	0.29	0.29	0.30	0.29
17	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.31
18	0.34	0.31	0.32	0.33	0.34	0.33
19	0.38	0.36	0.38	0.37	0.37	0.37
20	0.39	0.38	0.37	0.38	0.39	0.37
21	0.40	0.39	0.39	0.39	0.41	0.43

จากข้อมูลในตารางที่ 4.2 ไปทำการวิเคราะห์ระบบการวัดการวัดค่าความสูงครีบ โดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab โดยมีผลลัพธ์ ดังนี้

Method

Parts:	21	Operators:	2
Replicates:	3	Total runs:	126

Gage R&R for Burrs

Gage name:	Oil pan RT85
Date of study:	Dec 2019
Reported by:	Ms.Nutchanun choosombut
Tolerance:	Burr (0.0-0.3 mm.)

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Parts	20	1.02437	0.0512186	519.609	0.000
Operators	1	0.00003	0.0000286	0.290	0.596
Parts * Operators	20	0.00197	0.0000986	1.089	0.376
Repeatability	84	0.00760	0.0000905		
Total	125	1.03397			

1

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Parts	20	1.02437	0.0512186	556.524	0.000
Operators	1	0.00003	0.0000286	0.310	0.579
Repeatability	104	0.00957	0.0000920		
Total	125	1.03397			

2

3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Gage R&R

Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000920	1.07
Repeatability	0.0000920	1.07
Reproducibility	0.0000000	0.00
Operators	0.0000000	0.00
Part-To-Part	0.0085211	98.93
Total Variation	0.0086131	100.00

4

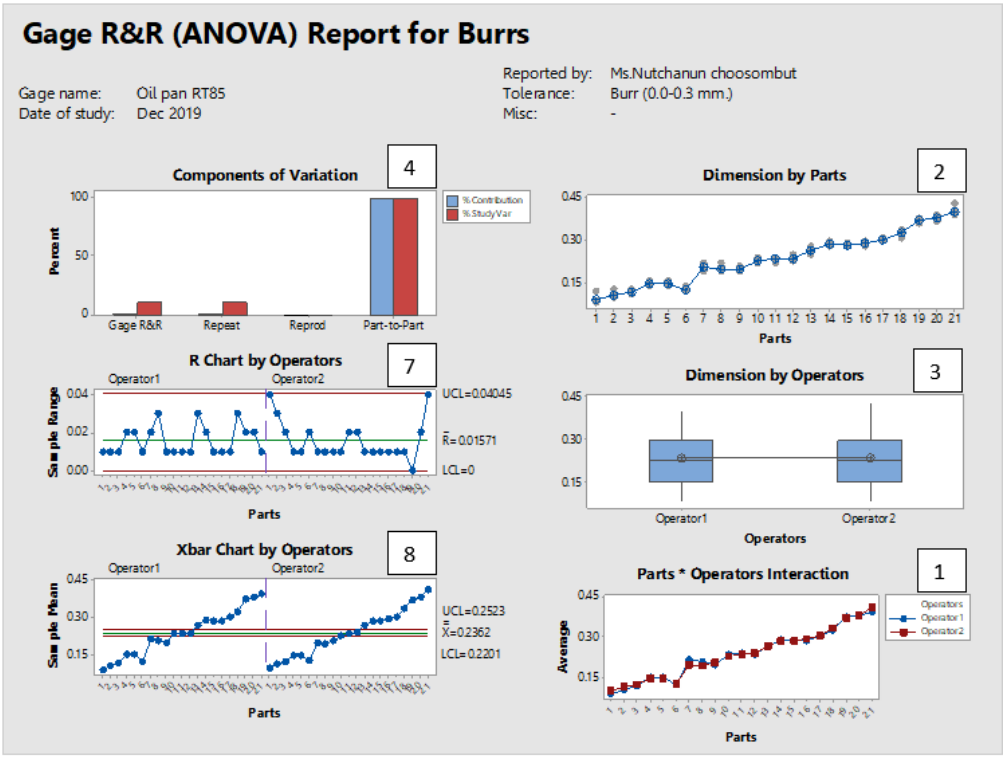
Gage Evaluation

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0095934	0.057560	10.34
Repeatability	0.0095934	0.057560	10.34
Reproducibility	0.0000000	0.000000	0.00
Operators	0.0000000	0.000000	0.00
Part-To-Part	0.0923097	0.553858	99.46
Total Variation	0.0928069	0.556841	100.00

5

Number of Distinct Categories = 13

6



รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทครีบ

การวิเคราะห์และสรุปผล

1. การวิเคราะห์อิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัด (Parts * Operators)

สมมติฐาน H_0 : ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดต่อความผันแปรของข้อมูล

H_a : มีอิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดต่อความผันแปรของข้อมูล

ผลลัพธ์ คือ ค่า P-Value ของ Parts * Operators เท่ากับ 0.376 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 ดังนั้น ยอมรับ H_0แสดงว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดต่อความผันแปรของข้อมูลในระบบการวัดอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และจากกราฟ Operator*Part Interaction พบว่าเส้นกราฟของ Operator คนที่ 1 และ 2 ค่อนข้างที่จะทับกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างพนักงานวัดกับชิ้นงาน ซึ่งอธิบายได้ว่า อิทธิพลของพนักงานวัดที่มีต่อค่าวัดไม่แตกต่างกันระหว่างชิ้นงาน

2. การวิเคราะห์ชิ้นงาน

สมมติฐาน H_0 : ไม่มีอิทธิพลของชิ้นงานต่อความผันแปรของข้อมูลในระบบการวัด

H_a: มีอิทธิพลของชิ้นงานต่อความผันแปรของข้อมูลในระบบการวัด

ผลลัพธ์ คือ ค่า P-Value ของ Part ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.005 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ0.05 ดังนั้น ปฏิเสธ H_0 แสดงว่าชิ้นงานมีอิทธิพลของชิ้นงานต่อความผันแปรของข้อมูลในระบบการวัดอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือชิ้นงานบางคู่มีค่าความสูงครีบแตกต่างกัน และจากกราฟ By Part พบว่าบางชิ้นงาน เช่น ชิ้นงานที่ 1 และ 21 มีค่าจากการวัดแตกต่างกันอย่างชัดเจน และข้อมูลมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออายุการใช้งานของแท่งตัดสูงขึ้น จึงสรุปได้ว่ามีชิ้นงานอย่างน้อย 1 คู่ที่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การวิเคราะห์พนักงานวัด

สมมติฐาน H_0 : ไม่มีอิทธิพลของพนักงานวัดต่อความผันแปรของข้อมูลในระบบการวัด

H_a : มีอิทธิพลของพนักงานวัดต่อความผันแปรของข้อมูลในระบบการวัด

ผลลัพธ์ คือ ค่า P-Value ของ Operators เท่ากับ 0.579 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 ดังนั้น ยอมรับ H_0 แสดงว่าพนักงานวัดไม่มีอิทธิพลต่อความผันแปรของข้อมูลในระบบการวัดอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และจากกราฟ By Operator พบว่า ค่าเฉลี่ยจากการวัดของพนักงานวัดแต่ละคนมีค่าใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยจากการวัดของพนักงานวัดทั้ง 2 คน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4. องค์ประกอบของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในระบบการวัด พบว่าจากความแปรปรวนทั้งหมดร้อยละ 100 แบ่งเป็นเป็นความแปรปรวนจากกระบวนการผลิตชิ้นงานร้อยละ 98.93 และความแปรปรวนจากระบบการวัดร้อยละ 1.07 โดยความแปรปรวนส่วนมากมาจากการวัดซ้ำของพนักงาน และจากกราฟ Component of variance แสดงข้อมูลเช่นเดียวกัน พบว่า ความแปรปรวนของกระบวนการผลิต (Part -to- Part) มีกราฟที่สูงกว่า ความแปรปรวนจากระบบการวัด (Total Gauge R&R)

5. ความผันแปรจากระบบการวัดเทียบกับความผันแปรของกระบวนการ (%SV) จากการวิเคราะห์พบว่าสัดส่วนของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบการวัดเทียบกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการมีค่าเท่ากับร้อยละ 10.34 ซึ่งมีค่าเกินร้อยละ 10 แต่ไม่เกินร้อยละ 30 โดยทางโรงงานกรณีศึกษาใช้เกณฑ์ยอมรับที่ร้อยละ 30 โดยอ้างอิงจาก AIAG (2008) จึงสรุปว่าระบบการวัดนี้มีความผันแปรที่สามารถยอมรับได้

6. ระบบการวัดจะมีความสามารถในการแยกแยะประเภทความแตกต่างของข้อมูลที่วัดเมื่อ Number of Distinct Categories มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 4 กลุ่ม โดยที่ ndc แสดงถึงจำนวนกลุ่มข้อมูลที่แตกต่างกันที่ถูกแยกแยะได้จากระบบการวัด จากการวิเคราะห์ระบบการวัดพบว่า ndc = 13 แสดงว่าระบบการวัดที่ศึกษามีความสามารถในการแยกแยะข้อมูลที่วัดได้เป็น 13 กลุ่มที่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากระบบการวัดสามารถใช้ประมาณค่าความผันแปรของกระบวนการได้

7. ความละเอียดในการแยกแยะความแตกต่างของชิ้นงานพิจารณาจากจำนวนค่าพิสัย (R) ซึ่งระบบการวัดที่มีความละเอียดเพียงพอ ควรมีจำนวนค่าพิสัย ตั้งแต่ 4 ค่าขึ้นไป จากกราฟ R Chart by operators ข้อมูลมีค่าพิสัยเท่ากับ 5 ค่าซึ่งมีจำนวนมากกว่า 4 ค่า จึงสรุปได้ว่าระบบการวัดนี้มีความละเอียดเพียงพอในการแยกความแตกต่างของชิ้นงาน

8. ระบบการวัดนี้มีความผันแปรด้านรีพีททะบิลิตี้ที่ต่ำ ทำให้แผนภูมิควบคุม $\bar{x}$ แคบ จากกราฟ Xbar Chart by operator พบว่าข้อมูลจากระบบการวัดนี้มีจุดออกนอกขีดจำกัดควบคุมมากกว่า 1 ใน 3 แสดงว่าความผันแปรของระบบการวัดนี้มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับความผันแปรของกระบวนการแสดงว่าระบบการวัดนี้สามารถใช้ในการประมาณความผันแปรของกระบวนการได้

4.2.2.2 การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลนับของข้อบกพร่องประเภทรอย โดยการวัดข้อบกพร่องรอยโดยการตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตา มีขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัด ดังนี้

1. คำนวณหาขนาดตัวอย่างในการเก็บข้อมูลสำหรับการวัดข้อมูลแบบนับ (ตามตารางที่ 2.2) มีผู้ตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอย 2 คน ดังนั้นจำนวนชิ้นงานที่ต้องทำการทดลองที่น้อยที่สุด คือ 18 ชิ้นงาน และทำการวัดซ้ำในแต่ละชิ้นงาน 4 ครั้ง

2. คัดเลือกชิ้นงานในกระบวนการผลิต 30 ชิ้นเนื่องจากใช้เวลาในการเก็บข้อมูลไม่มากและต้องการให้คุณภาพของชิ้นงานที่ได้รับการตรวจสอบมีลักษณะที่แตกต่างกัน ประกอบด้วยชิ้นงานที่มีคุณภาพดี 10 ชิ้นชิ้นงานที่คุณภาพไม่ดี 10 ชิ้นและชิ้นงานที่มีคุณภาพแบบกำกึ่ง 10 ชั้นซึ่งจะแยกเป็นชิ้นงานที่มีคุณภาพดีแบบกำกึ่งและคุณภาพไม่ดีแบบกำกึ่งอย่างละ 5 ชิ้น

3.ให้ผู้ชำนาญการตรวจสอบตัวอย่างงานแบบสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพของตัวอย่างทั้ง 30 ชิ้นว่าดีให้ผ่าน (G) หรือเสียไม่ผ่าน (NG) แล้วบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์ม

4. ทำการสุ่มพนักงานตรวจสอบชิ้นงานจนครบ จากนั้นทำการตรวจสอบซ้ำครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยสุ่มชิ้นงานขึ้นมาตรวจสอบใหม่โดยไม่ให้ลำดับซ้ำกัน

5. บันทึกค่าลงในแบบฟอร์มเพื่อทำการวิเคราะห์ความเที่ยงของระบบการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะโดยในแต่ละเกณฑ์ต้องได้เปอร์เซ็นต์ ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับของระบบการวัดที่โรงงานกำหนดไว้

เกณฑ์ที่ใช้ประเมินในการวิเคราะห์ระบบการวัดจะใช้เกณฑ์การยอมรับของโรงงานในปัจจุบันซึ่งจะมีการทดลองความสามารถของพนักงานตรวจสอบทุก 6 เดือนโดยเกณฑ์การยอมรับที่ใช้แสดงดังตารางที่ 4.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.3 เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดในข้อบกพร่องประเภทรอยของทางโรงงาน

ตัวชี้วัด	เกณฑ์การยอมรับ
%ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ (% appraiser score)	80
%ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% attribute score)	80
%ประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (% screen effective score)	80
%ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ (% attribute screen effective score)	80

จากข้างต้นที่ได้กล่าวมา ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดในข้อบกพร่องประเภทรอยของพนักงานทั้ง 2 คนแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดในข้อบกพร่องประเภทรอย

ตัวอย่างที่	คุณภาพที่แท้จริง	พนักงานคนที่ 1				พนักงานคนที่ 2			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่4	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4
1	G	G	G	G	G	G	G	G	G
2	G	G	G	G	G	G	G	G	G
3	G	G	G	G	G	G	G	G	G
4	NG	NG	G	G	NG	G	NG	NG	G
5	G	G	G	G	G	G	G	G	G
6	G	G	G	G	G	G	G	G	G
7	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
8	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	NG	NG	G	G	NG	NG	G	NG	NG
11	G	G	G	G	G	G	G	G	G
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
13	G	G	G	G	G	G	G	G	G
14	G	G	G	G	G	G	G	G	G
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
16	G	G	G	G	G	G	G	G	G
17	G	G	G	G	G	G	G	NG	G
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
20	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
21	G	G	G	G	G	G	G	G	G
22	G	G	G	G	G	G	G	G	G
23	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
24	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
25	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
26	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
27	G	G	G	G	G	G	G	G	G
28	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
29	G	G	G	G	G	G	G	G	G
30	G	G	G	G	G	G	G	G	G

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากข้อมูลในตารางที่ 4.4 ไปทำการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทรอยโดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab โดยมีผลลัพธ์ ดังนี้

Attribute Agreement Analysis for Assessments

Date of study: Dec 2019

Reported by: Ms.Nutchanun choosombut

Name of product: Oil pan RT85

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Operator1	30	28	93.33	(77.93, 99.18)
Operator2	30	27	90.00	(73.47, 97.89)

 # Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Operator1	G	0.910714	0.0745356	12.2185	0.0000
	NG	0.910714	0.0745356	12.2185	0.0000
Operator2	G	0.888765	0.0745356	11.9240	0.0000
	NG	0.888765	0.0745356	11.9240	0.0000

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Operator1	30	28	93.33	(77.93, 99.18)
Operator2	30	27	90.00	(73.47, 97.89)

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

Assessment Disagreement

Appraiser	# NG / G	Percent	# G / NG	Percent	# Mixed	Percent
Operator1	0	0.00	0	0.00	2	6.67
Operator2	0	0.00	0	0.00	3	10.00

 # NG / G: Assessments across trials = NG / standard = G.

 # G / NG: Assessments across trials = G / standard = NG.

 # Mixed: Assessments across trials are not identical

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Operator1	G	0.933036	0.0912871	10.2209	0.0000
	NG	0.933036	0.0912871	10.2209	0.0000
Operator2	G	0.933259	0.0912871	10.2209	0.0000
	NG	0.933259	0.0912871	10.2209	0.0000

Kendall's Correlation Coefficient

Only one or two distinct values in assessments and standards. Kendall's coefficients not computed.

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	27	90.00	(73.47, 97.89)

 # Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
G	0.909297	0.0345033	26.3539	0.0000
NG	0.909297	0.0345033	26.3539	0.0000

Kendall's Coefficient of Concordance

Only one or two distinct values in assessments and standards. Kendall's coefficients not computed.

All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	27	90.00	(73.47, 97.89)

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

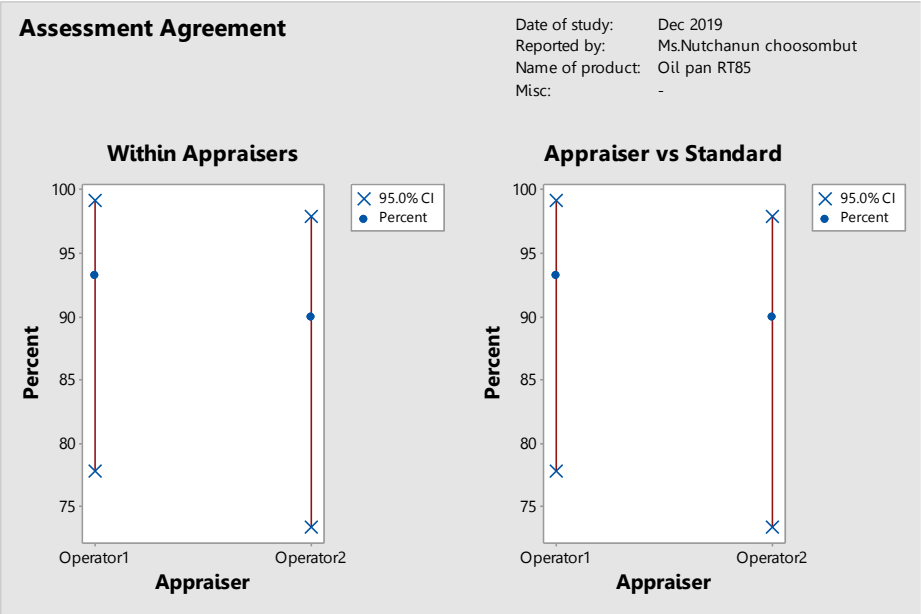
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
G	0.933147	0.0645497	14.4563	0.0000
NG	0.933147	0.0645497	14.4563	0.0000

Kendall's Correlation Coefficient

Only one or two distinct values in assessments and standards. Kendall's coefficients not computed.



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อบกพร่องประเภทรอย

สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

•เปอร์เซ็นต์ความสามารถของการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน (Within Appraisers)

พนักงานคนที่ 1 เท่ากับ 93.33%

พนักงานคนที่ 2 เท่ากับ 90.00%

•เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงานแต่ละคน (Each Appraisers VS Standard)

พนักงานคนที่ 1 เท่ากับ 93.33%

พนักงานคนที่ 2 เท่ากับ 90.00%

•เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความสามารถในการวัดของการตรวจสอบ (Between Appraisers) เท่ากับ 90.00%

•เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ (All Appraisers VS Standard) เท่ากับ 90.00%

Chulalongkorn University

สรุปได้ว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะของข้อบกพร่องประเภทรอยอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (มากกว่าหรือเท่ากับ 80% ทุกตัวชี้วัด) ทำให้สามารถยืนยันได้ว่าระบบการตรวจสอบของโรงงานกรณีศึกษามีความน่าเชื่อถือและสามารถวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อแก้ปัญหาข้อบกพร่องประเภทรอยได้ต่อไป โดยการวัดประสิทธิภาพของระบบการวัดเพิ่มเติม มีเกณฑ์การตัดสินใจจากตัวชี้วัดแสดงประสิทธิผลของ AIAG (ดังตารางที่ 2.5) คือ $O_E \geq 90\%$, $I_{FA} \leq 5\%$, $I_{MISS} \leq 2\%$ ยอมรับพนักงานทดสอบได้ และ $O_E < 80\%$, $I_{FA} > 10\%$, $I_{MISS} > 5\%$ ไม่สามารถยอมรับพนักงานทดสอบได้ โดยผู้วิจัยจึงทำตารางสรุปผลความเห็นพ้องระหว่างพนักงานกับมาตราฐานในโรงงานและผลสรุปของค่าดัชนีชี้วัดของระบบการวัด ในตารางที่ 4.5 และ ตารางที่ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการทดลองความเห็นพ้องระหว่างพนักงานกับมาตราฐานโรงงานในข้อบกพร่องประเภทรอย

พนักงานคนที่	ตรวจสอบว่า G ถูกต้อง	ตรวจสอบว่า NG ถูกต้อง	จำนวนการตรวจสอบที่ถูกต้อง	จำนวนการปฏิเสธอย่างผิดพลาด	จำนวนการยอมรับอย่างผิดพลาด	จำนวนรวม
1	60	56	116	0	4	120
2	59	57	116	1	3	120

ตารางที่ 4.6 ผลสรุปของค่าดัชนีชี้วัดของระบบการวัดของชิ้นงานตัวอย่าง

ดัชนีชี้วัด	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2	พนักงานตรวจสอบคนที่ 2
% repeatability	(28/30) x 100 = 93.33%	(27/30) x 100 = 90%
% attribute score	(28/30) x 100 = 93.33%	(27/30) x 100 = 90%
O_E	(116/120) x 100 = 96.67%	(116/120) x 100 = 96.67%
I_{FA}	(0/15x4) x 100= 0%	(1/15x4) x 100= 1.67%
I_{MISS}	(4/15x4) x 100= 6.67%	(3/15x4) x 100= 5.00%
% screen effective score	(27/30) x 100= 90%	
% attribute screen effective score	(27/30) x 100= 90%	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางสรุปผลการคำนวณข้อมูลตัวอย่างข้างต้น เมื่อพิจารณาค่าดัชนีชี้วัดเทียบกับเกณฑ์การตัดสินใจของ AIAG พบว่า

- พนักงานตรวจสอบคนที่ 1 มีค่า $O_E \geq$ 90%, $I_{FA} \leq 5\%$ และ $I_{MISS} > 5\%$

แสดงว่า ความมีประสิทธิผลของพนักงานคนที่ 1 อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถให้การยอมรับได้ มีความสามารถในส่วนการปฏิเสธอย่างผิดพลาดในระดับที่ยอมรับได้ และต้องปรับปรุงในส่วนของการยอมรับอย่างผิดพลาดของพนักงานคนที่ 1 เนื่องจาก $I_{MISS} > 5\%$ ไม่สามารถให้การยอมรับได้

โดยสรุปพนักงานคนที่ 1 จำเป็นต้องปรับปรุงความมีประสิทธิผลในการวัดในส่วนของการยอมรับอย่างผิดพลาด ซึ่งสาเหตุของการที่มีค่า I_{MISS} สูง จึงควรปรับปรุงโดยจัดให้พนักงานคนที่ 1 นี้ มีการตรวจสอบชิ้นงานที่หละหลวมเกินไป ซึ่งการที่มีอัตรายอมรับของเสียในระดับที่สูงเกินไป จะทำให้มีโอกาสสูงขึ้นที่จะมีของเสียหลุดรอดไปถึงมือลูกค้าได้ ดังนั้นพนักงานคนที่ 1 นี้ ควรไปรับการอบรม

เพิ่มเติมเกี่ยวกับมาตรฐานการตรวจสอบ เพื่อช่วยให้การตัดสินใจนั้นมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิผลในการวัดของพนักงานคนนี้ได้

- พนักงานตรวจสอบคนที่ 2 มีค่า $O_E \geq 90\%$, $I_{FA} \leq 5\%$ และ $2\% \leq I_{MISS} \leq 5\%$

แสดงว่า ความมีประสิทธิผลของพนักงานคนที่ 2 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีความสามารถในส่วนการปฏิเสธอย่างผิดพลาดในระดับที่ยอมรับได้ แต่ในส่วนของการยอมรับอย่างผิดพลาด เมื่อพิจารณาแล้วสามารถยอมรับพนักงานทดสอบแบบก้ำกึ่ง ($2\% \leq I_{MISS} \leq 5\%$)

สรุปว่าสำหรับพนักงานตรวจสอบคนที่ 2 สามารถปรับปรุงในส่วนของการยอมรับที่ผิดพลาดให้ดียิ่งขึ้นได้ โดยให้พนักงานคนที่ 2 นี้เข้ารับการอบรมเพิ่มเติมเพื่อให้มีความเข้าใจและความชำนาญจนสามารถตรวจสอบได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ในส่วนของการวิเคราะห์ระหว่างพนักงานของระบบการวัด พบว่าค่า %ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ และ %คะแนนของประสิทธิผลของค่าแอตทริบิวต์มีค่าเท่ากันซึ่งเท่ากับ 90% ถือว่าระบบการวัดมีความแม่นและเที่ยงเพียงพอ

พิจารณาโดยรวมโดยเกณฑ์จาก AIAG เกณฑ์ของดัชนีประสิทธิผล (O_E) อัตราการปฏิเสธอย่างผิดพลาด (I_{FA}) และอัตราการยอมรับที่ผิดพลาด (I_{MISS}) ถือว่ามีความเข้มงวดสูงในการตรวจสอบ โดยพนักงานต้องทำการอบรมการตรวจสอบชิ้นงานเพิ่มเติม ซึ่งในกระบวนการผลิตจริงจะใช้การประเมินการวิเคราะห์ความเห็นพ้องของพนักงานวัดซึ่งพนักงานตรวจสอบต้องผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80% จากเกณฑ์ที่ใช้ประเมินในการวิเคราะห์ระบบการวัดจะใช้เกณฑ์การยอมรับของโรงงานในปัจจุบันในตารางที่ 4.3 คือ %ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ (% appraiser score), %ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% attribute score), %ประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (% screen effective score) และ%ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ (% attribute screen effective score) มีเกณฑ์การยอมรับที่ 80% จากผลการวิเคราะห์พบว่าพนักงานคนที่ 1 มีความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ 93.33%, ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ 93.33% และพนักงานคนที่ 2 มีความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบ 90%, ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ 90% โดยที่พนักงานทั้ง 2 มีประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบและประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบคือ 90% จึงสามารถสรุปได้ว่าความสามารถของกระบวนการวัดแบบข้อมูลตามลักษณะของข้อบกพร่องประเภทรอยอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ซึ่งมีค่ามากกว่า 80% ทุกตัวชี้วัดทำให้สามารถ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ยืนยันได้ว่าระบบการตรวจสอบของโรงงานกรณีศึกษามีความน่าเชื่อถือและสามารถวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อแก้ปัญหาข้อบกพร่องประเภทรอยได้ต่อไป

4.3 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

หลังจากการทำการวิเคราะห์ระบบการวัดแล้ว ทำให้ทราบว่าระบบการวัดมีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะนำข้อมูลจากการวัดใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ โดยการวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการนั้น แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การประเมินความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลแบบต่อเนื่อง และการประเมินความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลแบบหน่วยนับ

4.3.1 ความสามารถของกระบวนการในข้อบกพร่องประเภทครีบข้อมูลแบบต่อเนื่อง

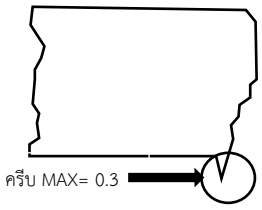
การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจะทำการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งมีรายละเอียดคือ การประเมินความสามารถของกระบวนการระยะสั้น (C_p, C_{pk}) และการประเมินความสามารถของกระบวนการระยะยาว (P_k, P_{pk}) โดยมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้ คือ การคำนวณขนาดตัวอย่าง, แบ่งกลุ่มของชิ้นงานเพื่อให้ข้อมูลกระจายตัวในช่วงสโตรกก่อนการซ่อมบำรุง, เก็บชิ้นจากกระบวนการผลิตเพื่อใช้ในการวัดขนาดของชิ้นงาน และทำการวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการ

การวัดความสามารถของกระบวนการในข้อบกพร่องประเภทครีบจะทำวัดค่าความสูงครีบจากบริเวณขอบรอบรูชิ้นงาน โดยมีขอบเขตการควบคุมเท่ากับ 0 – 0.3 มม. ซึ่งถ้าหากค่าความสูงครีบมีค่าที่สูงเกินจากค่าควบคุมส่งผลให้ชิ้นงานต้องนำไปทำซ้ำโดยยการเจียร์นำครีบออก ซึ่งปัจจัยทำให้เกิดครีบ ประกอบด้วย ระนาบของชิ้นงานก่อนการปั๊มเจาะรู อายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัด และแรงกำหนดในการขึ้นรูปชิ้นงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทำการศึกษาข้อมูลการวัดเชิงปริมาณของการวัดค่าความสูงครีบ ดังตารางที่ 4.7 เพื่อใช้ในการหาความสามารถของกระบวนการ และนำค่าความสามารถของกระบวนการไปใช้ในการคำนวณขนาดตัวอย่าง

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลการวัดเชิงปริมาณของการวัดค่าความสูงครีบของชิ้นงาน

ภาพความสูงครีบ	ช่วงสโตรก	ความสูงครีบ (มม.)				
		1	2	3	4	5
	1-500	0.09	0.10	0.11	0.09	0.09
	2,500-3,000	0.15	0.15	0.12	0.14	0.14
	5,000-5,500	0.20	0.19	0.20	0.19	0.19
	7,500-8,000	0.23	0.24	0.23	0.23	0.23
	10,000-10,500	0.27	0.28	0.28	0.26	0.27
	12,500-13,000	0.29	0.31	0.34	0.30	0.31
	14,500-15,000	0.38	0.39	0.40	0.36	0.37
	$\bar{x}$	0.23				
	σ	0.09				

จากข้อมูลในตารางที่ 4.7 นำค่า C_{pk} ไปคำนวณขนาดตัวอย่างในการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ค่าที่แท้จริงของดัชนีชี้วัดสามารถของกระบวนการในข้อบกพร่องประเภทครีบ โดยคำนวณค่า Cpk ก่อนการปรับปรุง เพื่อใช้ในการคำนวณจำนวนข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการประเมินความสามารถของกระบวนการ จากสมการที่ 4.1

$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$ = 0.09+0.10+0.11+...+0.40+0.36+0.37 / 35 = 0.23

$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\bar{x}-x_i)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(0.23-0.09)^2+(0.23-0.10)^2+\cdots+(0.23-0.36)^2+(0.23-0.37)^2}{35-1}} = 0.09$

และนำค่า σ ไปคำนวณค่า Cpk

$Cpk = \min[Cpu, Cpl]$ โดยที่ $Cpu = \frac{USL-\bar{x}}{3\sigma}$ และ $Cpl = \frac{\bar{x}-LSL}{3\sigma}$

$Cpu = \frac{0.3-0.23}{3(0.09)} = 0.26,\ Cpl = \frac{0.23-0}{3(0.09)} = 1.48,\ c_{pk} = 0.26$

คำนวณขนาดตัวอย่างที่จำเป็นในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในข้อบกพร่องประเภทครีบ เพื่อที่จะทำให้ได้ค่าดัชนีชี้วัดที่เชื่อถือได้

CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$n = (Z_\alpha)^2 \frac{[\frac{1}{9(\hat{C}_{pk})^2}+\frac{1}{2}]}{[1-\frac{C_{pk}}{\hat{C}_{pk}}]^2} \quad \text{_____(4.1)}$$

โดยที่ n คือ ขนาดตัวอย่าง

Z_α คือ ค่าปกติมาตรฐานที่สอดคล้องกับระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha)\%$

$\hat{C}_{pk}$ คือ ค่าประมาณดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการจากกลุ่มตัวอย่าง

$\frac{C_{pk}}{\hat{C}_{pk}}$ คือ ค่าประมาณดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการที่แท้จริง เทียบกับดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการจากกลุ่มตัวอย่าง

แทนค่า α = 0.05

$\hat{C}_{pk}$ = 0.26

$\frac{C_{pk}}{\hat{C}_{pk}}$ = 0.9

แทนค่าลงในสูตร n = $(1.65)^2 \frac{\left[\frac{1}{9(0.26)^2}+\frac{1}{2}\right]}{[1-0.9]^2}$

= 583.06

= 584 ตัวอย่าง

การเก็บข้อมูลในการประเมินความสามารถของกระบวนการในข้อบกพร่องประเภทครีบ ต้องเก็บข้อมูลจำนวนอย่างน้อย 584 ตัวอย่าง โดยแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 7 ช่วง เพื่อให้ข้อมูลในแต่ละช่วงสโตรกมีปริมาณเท่ากัน จะต้องเก็บข้อมูล 588 ตัวอย่าง โดยมีช่วงสโตรกที่ 1 ถึง 500 ทำการเก็บข้อมูล 84 ชิ้น ช่วงสโตรกที่ 2,500 ถึง 3,000 ทำการเก็บข้อมูล 84 ชิ้น ช่วงสโตรกที่ 5,000 ถึง 5,500 ทำการเก็บข้อมูล 84 ชิ้น ช่วงสโตรกที่ 7,500 ถึง 8,000 ทำการเก็บข้อมูล 84 ชิ้น ช่วงสโตรกที่ 10,000 ถึง 10,500 ทำการเก็บข้อมูล 84 ชิ้น ช่วงสโตรกที่ 12,500 ถึง 13,000 ทำการเก็บข้อมูล 84 ชิ้น และช่วงสโตรกที่ 14,500 ถึง 15,000 ทำการเก็บข้อมูล 84 ชิ้น เพื่อให้ข้อมูลกระจายตัวในช่วงระยะเวลาตั้งแต่สโตรกหลังจากการซ่อมบำรุงโดยการเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัด (สโตรกที่ 1) จนถึงการซ่อมบำรุงโดยการเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัดอีกครั้ง (สโตรกที่ 15,001) ซึ่งจะทำการแบ่งข้อมูลในแต่ละช่วงสโตรกออกเป็นการเก็บข้อมูล 7 ชุดข้อมูล และใน 1 ชุดประกอบด้วยชิ้นงานฝาครอบถังน้ำมันจำนวน 12 ชิ้น โดยเก็บข้อมูลการวัดเชิงปริมาณของการวัดค่าความสูงครีบ จำนวน 588 ตัวอย่าง มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณของความสูงครีบ (มม.)

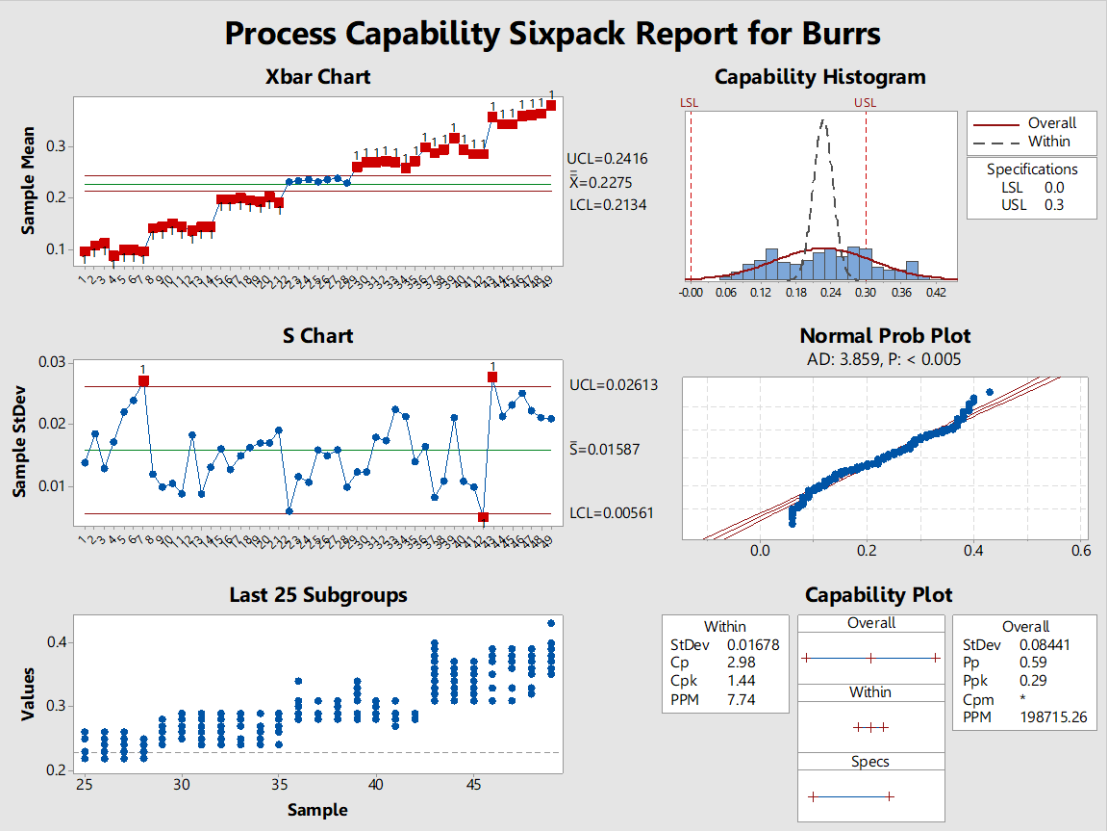
ช่วงสโตรก	ชุดข้อมูล	ชิ้นงาน (ชิ้น)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 ถึง 500	1	0.09	0.10	0.11	0.09	0.09	0.12	0.09	0.08	0.08	0.12	0.09	0.09
	2	0.10	0.11	0.10	0.13	0.11	0.10	0.11	0.12	0.06	0.12	0.13	0.11
	3	0.11	0.09	0.12	0.12	0.13	0.11	0.12	0.13	0.11	0.09	0.11	0.11
	4	0.12	0.08	0.06	0.09	0.11	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.06	0.08
	5	0.06	0.08	0.12	0.09	0.10	0.06	0.10	0.11	0.12	0.10	0.12	0.12
	6	0.13	0.08	0.07	0.09	0.12	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.13	0.14
	7	0.09	0.06	0.14	0.08	0.07	0.13	0.12	0.09	0.08	0.09	0.13	0.07
2,500 ถึง 3,000	8	0.15	0.15	0.12	0.14	0.14	0.15	0.15	0.12	0.14	0.14	0.16	0.14
	9	0.14	0.14	0.14	0.16	0.14	0.13	0.14	0.16	0.14	0.16	0.14	0.14
	10	0.16	0.16	0.13	0.15	0.14	0.16	0.14	0.15	0.14	0.15	0.16	0.16
	11	0.14	0.13	0.14	0.15	0.16	0.14	0.15	0.15	0.14	0.15	0.13	0.14
	12	0.14	0.17	0.14	0.12	0.13	0.12	0.17	0.12	0.12	0.12	0.14	0.14
	13	0.14	0.13	0.14	0.15	0.13	0.16	0.14	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14
	14	0.16	0.14	0.14	0.14	0.16	0.13	0.14	0.16	0.12	0.14	0.16	0.14
5,000 ถึง 5,500	15	0.20	0.19	0.20	0.19	0.19	0.22	0.21	0.22	0.18	0.18	0.21	0.17
	16	0.20	0.19	0.20	0.18	0.18	0.20	0.20	0.22	0.22	0.20	0.19	0.20
	17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.18	0.19	0.22	0.18	0.20	0.19	0.19
	18	0.22	0.21	0.18	0.20	0.17	0.18	0.20	0.19	0.20	0.21	0.17	0.20
	19	0.18	0.18	0.20	0.21	0.22	0.17	0.19	0.20	0.18	0.18	0.18	0.22
	20	0.19	0.20	0.18	0.22	0.22	0.18	0.20	0.22	0.18	0.20	0.22	0.22
	21	0.22	0.22	0.17	0.17	0.19	0.20	0.18	0.18	0.18	0.22	0.19	0.18
7,500 ถึง 8,000	22	0.23	0.24	0.23	0.23	0.23	0.22	0.23	0.23	0.24	0.23	0.23	0.22
	23	0.23	0.24	0.23	0.26	0.22	0.22	0.24	0.23	0.24	0.22	0.24	0.24
	24	0.25	0.22	0.24	0.22	0.24	0.25	0.23	0.24	0.23	0.23	0.24	0.25
	25	0.22	0.26	0.22	0.22	0.22	0.23	0.23	0.26	0.22	0.22	0.25	0.23
	26	0.22	0.25	0.23	0.25	0.22	0.25	0.23	0.22	0.22	0.24	0.25	0.26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณของความสูงครีบ (มม.) (ต่อ)

ช่วงสโตรก	ชุดข้อมูล	ชิ้นงาน (ชิ้น)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(ต่อ)	27	0.25	0.23	0.26	0.22	0.23	0.23	0.24	0.26	0.22	0.24	0.22	0.26
	28	0.22	0.24	0.22	0.25	0.23	0.22	0.22	0.23	0.23	0.24	0.22	0.23
10,000 ถึง 10,500	29	0.27	0.28	0.28	0.26	0.27	0.24	0.26	0.25	0.25	0.26	0.25	0.26
	30	0.27	0.28	0.28	0.25	0.26	0.25	0.28	0.26	0.27	0.27	0.27	0.29
	31	0.26	0.28	0.27	0.25	0.26	0.24	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.24
	32	0.27	0.25	0.26	0.24	0.28	0.29	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.25
	33	0.24	0.25	0.27	0.24	0.29	0.28	0.29	0.29	0.24	0.29	0.29	0.25
	34	0.24	0.29	0.29	0.29	0.27	0.25	0.24	0.26	0.24	0.25	0.24	0.24
	35	0.26	0.28	0.28	0.28	0.27	0.29	0.29	0.27	0.26	0.27	0.27	0.24
12,500 ถึง 13,000	36	0.29	0.31	0.34	0.30	0.31	0.30	0.30	0.29	0.28	0.28	0.29	0.29
	37	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.29	0.28	0.29	0.28	0.29	0.31
	38	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.31	0.28	0.29	0.28	0.29	0.28	0.29
	39	0.34	0.31	0.32	0.33	0.34	0.33	0.29	0.31	0.34	0.29	0.28	0.31
	40	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.31	0.28	0.29	0.29	0.28	0.29	0.28
	41	0.28	0.29	0.29	0.28	0.29	0.28	0.28	0.29	0.28	0.28	0.27	0.31
	42	0.28	0.28	0.29	0.28	0.28	0.29	0.28	0.29	0.28	0.29	0.28	0.29
14,500 ถึง 15,000	43	0.38	0.39	0.40	0.36	0.37	0.33	0.31	0.34	0.35	0.37	0.32	0.36
	44	0.35	0.35	0.37	0.36	0.36	0.37	0.31	0.34	0.33	0.31	0.34	0.32
	45	0.32	0.31	0.33	0.37	0.35	0.36	0.37	0.36	0.33	0.31	0.34	0.37
	46	0.37	0.31	0.37	0.38	0.39	0.38	0.38	0.35	0.37	0.35	0.33	0.33
	47	0.36	0.31	0.36	0.33	0.37	0.39	0.38	0.36	0.38	0.37	0.37	0.37
	48	0.38	0.36	0.37	0.33	0.32	0.35	0.39	0.38	0.37	0.38	0.37	0.37
	49	0.39	0.35	0.37	0.38	0.37	0.36	0.40	0.39	0.37	0.38	0.37	0.43

นำข้อมูลจากตารางที่ 4.8 ซึ่งเป็นค่าความสูงครีบของชิ้นงานฝาครอบถังน้ำมันไปวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ โดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ได้ผลลัพธ์ ดังนี้



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในข้อบกพร่องประเภทครีบ

จากรูปที่ 4.3 สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ คือ เมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมแผนภูมิ $\bar{x}$ พบว่าค่าความสูงครีบในช่วงสโตรกการทำงานที่ 1-15,000 มีการกระจายตัวที่กว้างเมื่อเทียบกับ Control limit โดยค่าส่วนใหญ่ออกนอกขีดจำกัดควบคุม และเมื่อพิจารณาค่า p-value จากแผนภูมิ Normal Prob. Plot พบว่าชุดข้อมูลมีค่า P-value น้อยกว่า 0.005 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติระหว่างชุดข้อมูล เนื่องจากในกระบวนการปั๊มชิ้นงาน เมื่อเวลาผ่านไปจะทำให้อายุการใช้งานแท่งตัดมากขึ้น ทำให้เกิดการสึกหรอที่ตัวแท่งตัดและดายตัด ส่งผลต่อความสูงครีบเพิ่มมากขึ้นในแต่ละช่วงสโตรกการทำงาน โดยจากแผนภูมิ Capability Plot สามารถประเมินความสามารถของกระบวนการได้ดังนี้คือ

ความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น (C_{pk}) จะถูกประเมินโดยใช้ค่าความผันแปรภายในช่วงสโตรกการทำงานเดียวกัน (within-subgroup variation) เมื่อพิจารณาค่า C_{pk} พบว่ากระบวนการนี้มีค่า C_{pk} = 1.44 ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์ยอมรับที่ 1.33 จึงสามารถยอมรับระดับ

ความสามารถของกระบวนการในระยะสั้นนี้ได้ เนื่องจากความสูงครีบภายในช่วงสโตรกการทำงานเดียวกันจะมีความแตกต่างกันน้อย

ความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ คือ ความสามารถของกระบวนการในระยะยาวตั้งแต่ช่วงสโตรกที่ 1-15,000 (P_{pk}) จะถูกประเมินโดยใช้ค่าความผันแปรระหว่างช่วงสโตรกการทำงานในช่วงเวลาทั้งหมด (overall variation) เมื่อพิจารณาค่า P_{pk} พบว่ากระบวนการนี้มีค่า P_{pk} = 0.29 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ยอมรับที่ 1.33 จึงไม่สามารถยอมรับระดับความสามารถของกระบวนการในระยะยาวนี้ได้ แสดงว่ามีความผันแปรของความสูงครีบระหว่างช่วงสโตรกการทำงานมาก และจากแผนภูมิ Capability Histogram พบว่ากระบวนการนี้มีค่าเฉลี่ยความสูงครีบเท่ากับ 0.2275 ซึ่งใกล้ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบน และกระบวนการปัจจุบันก่อนการปรับปรุงมีค่าบางส่วนที่ออกนอกขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบน โดยกำหนดขอบเขตขีดจำกัดข้อกำหนดด้านล่าง มีค่าเท่ากับ 0.0 มม. และ ขอบเขตบนมีค่าเท่ากับ 0.3 มม.

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าต้องทำการปรับปรุงให้กระบวนการมีความสามารถในระดับที่สูงขึ้น โดยความสูงครีบค่าเป้าหมายที่แท้จริง คือ ความสูงครีบเข้าใกล้ศูนย์ แต่ปัจจุบันค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีค่าใกล้เคียงขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบนดังที่ได้กล่าวไปแล้ว เนื่องจากเป็นธรรมชาติของความสูงครีบที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุการใช้งานแท่งตัดและดายตัดมากขึ้นตามช่วงสโตรกการทำงาน ดังนั้นการปรับปรุงจึงมีเป้าหมายเพื่อลดอัตราความสูงครีบที่เกิดขึ้นให้เกิดช้าลง เพื่อเพิ่มจำนวนสโตรกการทำงานแก่กระบวนการก่อนการเจียระไนแท่งตัดและดายตัด โดยค่าความสูงครีบที่เกิดขึ้นอยู่ภายใต้การควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.3 มม. ซึ่งจะทำให้กระบวนการนั้นมีสัดส่วนของเสียที่น้อยลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3.2 ความสามารถของกระบวนการในข้อบกพร่องประเภทรอยข้อมูลแบบหน่วยนับ

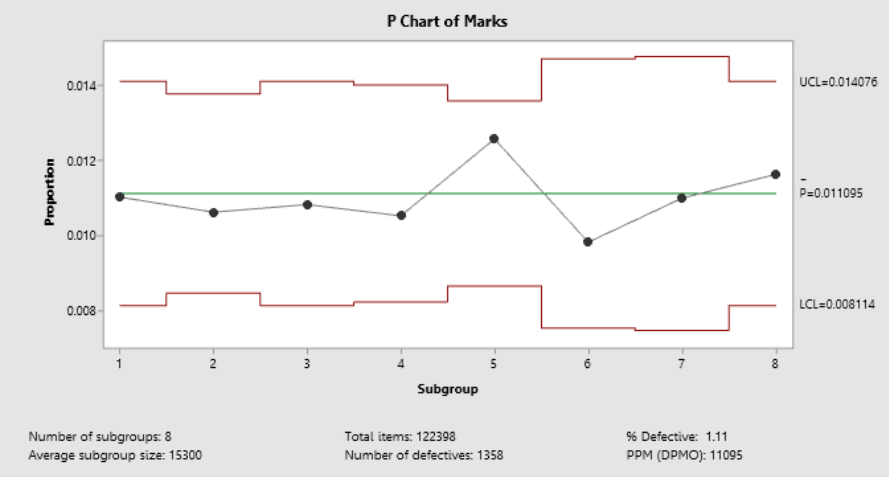
การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจะทำการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพชิ้นงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การวัดความสามารถของกระบวนการในข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วน และรอยจากการปั๊มทับ เนื่องจากครีบที่สูงบริเวณขอบชิ้นงาน หากครีบนั้นหลุดติดที่บริเวณหน้าแม่พิมพ์หากมีการปั๊มชิ้นงาน ชิ้นต่อไปจะทำให้เกิดรอยจากการปั๊มทับขึ้น โดยการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน คือ การตรวจสอบด้วยสายตาโดยห้ามชิ้นงานมีรอย โดยผลการตรวจสอบ ผ่าน และไม่ผ่าน ซึ่งปัจจัยทำให้เกิดรอย ประกอบด้วย การเคลื่อนย้ายชิ้นงาน ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊ม ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงาน เศษครีบของชิ้นงาน ศึกษาความสามารถของกระบวนการผลิตจากข้อมูลการผลิตตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึง ส.ค. 2562

ตารางที่ 4.9 จำนวนข้อบกพร่องประเภทรอยในการผลิตฝาครอบถังน้ำมันตั้งแต่เดือน ม.ค. 2562 ถึง ส.ค. 2562

Defect Type	ม.ค.-62	ก.พ.-62	มี.ค.-62	เม.ย.-62	พ.ค.-62	มิ.ย.-62	ก.ค.-62	ส.ค.-62	จำนวนของเสีย
รอย	165	201	162	168	276	102	110	174	1,358
Total Output (ชิ้น)	15,000	18,967	15,000	16,000	22,000	10,409	10,027	14,995	122,398

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าข้อมูลมีขนาด Lot Size ในแต่ละเดือนไม่เท่ากัน โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ P chart ด้วย ด้วยโปรแกรม Minitab จะได้ Control chart ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการข้อบกพร่องประเภทรอย

จากการวิเคราะห์แผนผังพาเรโตแสดงจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดพบว่าในกระบวนการผลิต ฝาครอบถังน้ำมันในบทที่ 3 เกิดจากพบจำนวนของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบมากที่สุดเป็นอันดับที่ 1 ร้อยละ 90.8 และสาเหตุรองลงมา คือ ข้อบกพร่องประเภทรอยพบของเสียร้อยละ 9.0 โดยจากการวิเคราะห์ข้อบกพร่องประเภทรอยโดยใช้แผนภูมิ p พบว่าสัดส่วนของเสียของชิ้นงานในข้อบกพร่องประเภทรอย มีความผันแปรเกิดขึ้นและมีสัดส่วนของเสียเฉลี่ย ร้อยละ 1.11 โดยทางโรงงานกำหนดว่ามีเป้าหมายที่จะลดสัดส่วนของเสียรวมให้เหลือร้อยละ 3 ของปริมาณการผลิตปัจจุบัน แบ่งออกเป็น สัดส่วนของเสียที่เกิดจากครีบไม่เกินร้อยละ 2 , สัดส่วนของเสียที่เกิดจากรอยร้อยละ 0.5 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากสาเหตุอื่นร้อยละ 0.5 ซึ่งพบว่าข้อบกพร่องประเภท

รอยมีสัดส่วนของเสียที่เกินกำหนด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าต้องทำการปรับปรุงให้กระบวนการมีความสามารถในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้กระบวนการนั้นมีสัดส่วนของเสียที่น้อยที่สุด

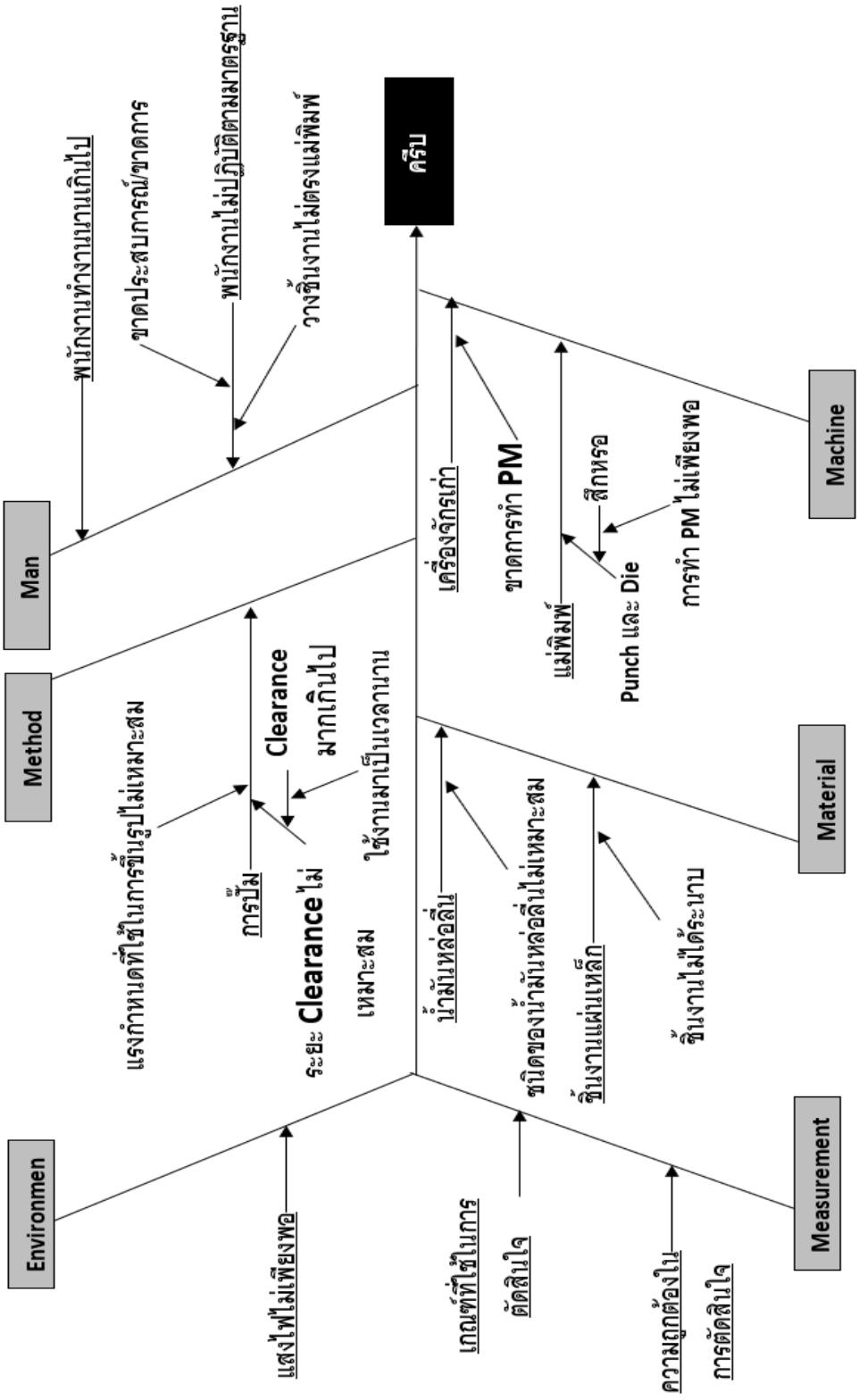
4.4 การวิเคราะห์สาเหตุ และผลของการเกิดของเสีย (Cause and Effect Analysis)

ขั้นตอนการดำเนินการ เริ่มต้นจากการศึกษาขั้นตอนและกระบวนการทำงานของเครื่องจักร และทำการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุและปัจจัยนำเข้าที่จะมีผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง โดยอาศัยแผนผังแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยแบ่งแยกหมวดหมู่ไว้ ประกอบด้วย Man, Machine, Material, Method, Environment และ Measurement เพื่อช่วยให้การระดมสมองมีความครอบคลุมสาเหตุของปัญหาและช่วยจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่ได้รวบรวม เพื่อนำปัจจัยที่คาดว่ามีผลที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องน้อยออกจากการทดลอง

4.4.1 ผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบ

ในการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทความครีบได้ใช้แผนผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) และใช้หลักการ 5M 1E เป็นหัวข้อหลักในการวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 4.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.5 แผนภาพเหตุและผลของของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ

จากรูปที่ 4.5 เป็นการวิเคราะห์สาเหตุของปัจจัยซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ ซึ่งสรุปปัจจัยทั้งหมด ลงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ปัจจัยซึ่งอาจจะส่งผลต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ

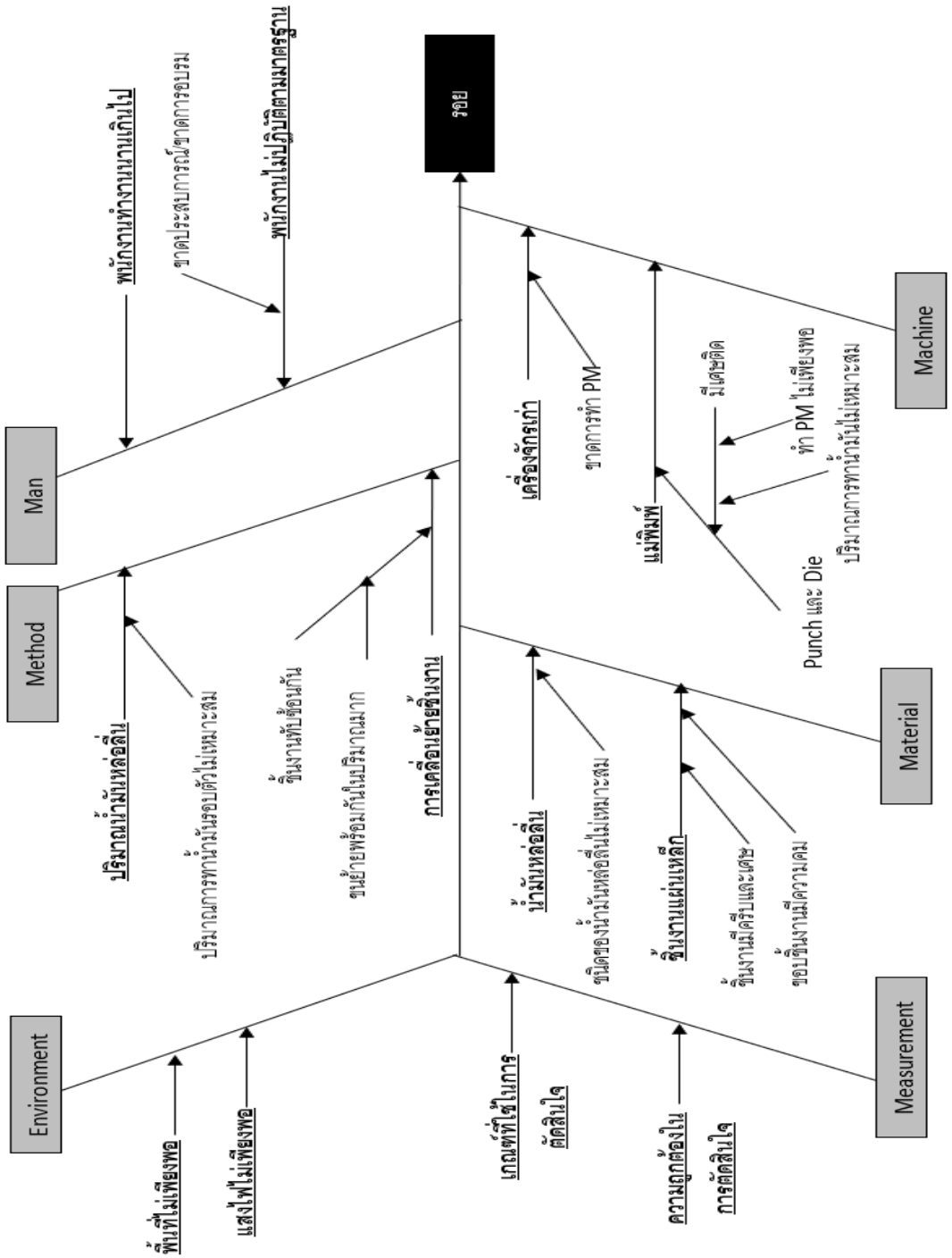
หมวด	ลำดับที่	สาเหตุการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ
Man	1	พนักงานทำงานนานเกินไป
	2	ขาดประสบการณ์/ขาดการอบรม
	3	วางชิ้นงานไม่ตรงล็อคแม่พิมพ์
Method	1	ช่องว่างคมตัดของแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม
	2	แรงกำหนดที่ใช้ในการขึ้นรูปไม่เหมาะสม
Measurement	1	เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ
	2	ความถูกต้องในการตัดสินใจ
Machine	1	ขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักร
	2	ใช้แท่งตัดนานเกินไป
Material	1	ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นไม่เหมาะสม
	2	ชิ้นงานไม่ได้ระนาบ
Environment	1	แสงไฟไม่เพียงพอ

จากตารางที่ 4.10 พบว่ามีปัจจัยที่อาจจะส่งผลกระทบต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบเท่ากับ 12 ปัจจัย และนำปัจจัยทั้งหมดไปคัดกรองปัจจัยที่คาดว่ามีผลกระทบสูงต่อปัญหาโดยใช้เกณฑ์ของการประเมินความล้มเหลว และผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4.2 ผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอย

ในการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอยโดยใช้หลักการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อบกพร่องประเภทครีบ โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แผนภาพเหตุและผลของของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอย

จากรูปที่ 4.6 เป็นการวิเคราะห์สาเหตุของปัจจัยซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทความรอย ซึ่งสรุปปัจจัยทั้งหมดลงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ปัจจัยซึ่งอาจจะส่งผลต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอย

หมวด	ลำดับที่	สาเหตุการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอย
Man	1	พนักงานทำงานนานเกินไป
	2	ขาดประสบการณ์/ขาดการอบรม
Method	1	ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงานไม่เหมาะสม
	2	ขนย้ายพร้อมกันในปริมาณมาก
Measurement	1	เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ
	2	ความถูกต้องในการตัดสินใจ
Machine	1	ขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักร
	2	ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มไม่เหมาะสม
Material	1	ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นไม่เหมาะสม
	2	ชิ้นงานมีครีบและเศษ
	3	ขอบชิ้นงานมีความคม
Environment	1	แสงไฟไม่เพียงพอ
	2	พื้นที่ไม่เพียงพอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.11 พบว่าปัจจัยที่อาจจะส่งผลกระทบต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอยจากการปั๊มทับมีจำนวนเท่ากับ 13 ปัจจัย และนำปัจจัยทั้งหมดไปคัดกรองปัจจัยที่คาดว่ามีผลกระทบสูงต่อปัญหาโดยใช้เกณฑ์ของการประเมินความล้มเหลว และผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันต่อไป

4.5 การวิเคราะห์ความล้มเหลว และผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน (FMEA)

จากการระดมสมองด้วยหลักการ 5M 1E ทำให้ได้ปัจจัยซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ และรอย ซึ่งมีปัจจัยแสดงดังตารางที่ 4.10 และ 4.11 จากนั้นทำการวิเคราะห์ลักษณะบกพร่อง และผลกระทบที่ทำให้เกิดของเสียเพื่อคัดกรองปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ระบุปัจจัยนำเข้าที่ได้จากการวิเคราะห์โดยแผนผังก้างปลาโดยระดมความคิดในการแจกแจงความเสียหายที่เกิดจากผลกระทบต่อการเกิดความเสียหายนั้น
2. กำหนดเกณฑ์การประเมินความรุนแรงเมื่อเกิดของเสีย (Severity : S) โดยมีน้ำหนักคะแนน ดังตารางที่ 4.12 และทำการใส่ตัวเลขตามความรุนแรงเมื่อเกิดของเสียขึ้นโดยอ้างอิงจากเกณฑ์ของทางโรงงาน โดยทางโรงงานกรณีศึกษาประยุกต์ใช้จากมาตรฐานจาก AIAG (2001), AIAG (2008)

ตารางที่ 4.12 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบ

ผลกระทบ	ความรุนแรงของผลกระทบ	คะแนน
เกิดของเสียที่ไม่สามารถส่งไปยังกระบวนการผลิตถัดไป (Scrap)	เกิดข้อบกพร่องที่สามารถเห็นได้ทันที 100% โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือวัด และผลิตภัณฑ์ต้องทิ้งทั้งหมด 100%	10
	เกิดข้อบกพร่องที่สามารถเห็นได้ทันที 100% โดยต้องใช้เครื่องมือวัด และผลิตภัณฑ์ต้องทิ้งทั้งหมด 100%	9
	เกิดข้อบกพร่องที่สามารถเห็นได้ โดยต้องใช้เครื่องมือวัด และผลิตภัณฑ์ต้องทิ้งมากกว่า 80 %	8
	เกิดข้อบกพร่องที่สามารถเห็นได้ โดยต้องใช้เครื่องมือวัด และผลิตภัณฑ์ต้องทิ้งมากกว่า 60 % แต่ไม่เกิน 80 %	7
	เกิดข้อบกพร่องที่สามารถเห็นได้ โดยต้องใช้เครื่องมือวัด และผลิตภัณฑ์ต้องทิ้งน้อยกว่าหรือเท่ากับ 60 %	6
เกิดข้อบกพร่องที่สามารถแก้ไขได้และสามารถส่งไปยังกระบวนการผลิตถัดไปได้ (Rework)	เกิดข้อบกพร่องที่สามารถเห็นได้ โดยต้องใช้เครื่องมือวัด และผลิตภัณฑ์ต้องแก้ไขทั้งหมด 100%	5
	เกิดข้อบกพร่องที่สามารถเห็นได้ โดยต้องใช้เครื่องมือวัด และผลิตภัณฑ์ต้องแก้ไขตั้งแต่ 80 %	4
	เกิดข้อบกพร่องที่สามารถเห็นได้ โดยต้องใช้เครื่องมือวัด และผลิตภัณฑ์ต้องแก้ไขมากกว่า 60 % แต่ไม่เกิน 80 %	3
	เกิดข้อบกพร่องที่สามารถเห็นได้ โดยต้องใช้เครื่องมือวัด และผลิตภัณฑ์ต้องแก้ไขน้อยกว่าหรือเท่ากับ 60 %	2
ไม่มีผลกระทบกับกระบวนการผลิตถัดไป	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตได้	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. กำหนดเกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิดของสาเหตุ (Occurrence : O) โดยมีน้ำหนักคะแนน ดังตารางที่ 4.13 และทำการใส่ตัวเลขตามความถี่ในการเกิดของสาเหตุ

ตารางที่ 4.13 เกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิดของสาเหตุ

โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง	การเกิดข้อบกพร่อง/การผลิต (ชิ้น/ชิ้น)	คะแนน
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำทุกครั้งที่ผลิต	≥ 500 ชิ้น ต่อ 1,000 ชิ้น ≥ ร้อยละ 50	10
สูง : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	≥ 400 ชิ้น ต่อ 1,000 ชิ้น ≥ ร้อยละ 40	9
	≥ 300 ชิ้น ต่อ 1,000 ชิ้น ≥ ร้อยละ 30	8
	≥ 200 ชิ้น ต่อ 1,000 ชิ้น ≥ ร้อยละ 20	7
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	≥ 100 ชิ้น ต่อ 1,000 ชิ้น ≥ ร้อยละ 10	6
	≥ 30 ชิ้น ต่อ 1,000 ชิ้น ≥ ร้อยละ 3	5
	≥ 10 ชิ้น ต่อ 1,000 ชิ้น ≥ ร้อยละ 1	4
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	≥ 1 ชิ้น ต่อ 1,000 ชิ้น ≥ ร้อยละ 0.1	3
	≤0.1 ชิ้น ต่อ 1,000 ชิ้น ≤ ร้อยละ 0.01	2
ต่ำ : เกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเลย	ความบกพร่องถูกกำจัดโดยการควบคุมการป้องกัน	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. กำหนดเกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (Detection : D) โดยมีน้ำหนักคะแนน ดังตารางที่ 4.14 และทำการใส่ตัวเลขตามความน่าจะเป็นต่อความสามารถในการตรวจสอบ

ตารางที่ 4.14 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ

โอกาสในการการตรวจจับ	ความเป็นไปได้ในการตรวจจับ	วิธีการตรวจจับ	คะแนน
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีระบบการตรวจสอบ	ไม่สามารถตรวจจับได้	10
ห่างไกล	มีระบบตรวจสอบ แต่ไม่สามารถตรวจจับได้	การสุ่มตรวจ	9
ต่ำ	มีระบบตรวจสอบ แต่มีโอกาสน้อยสามารถตรวจจับได้	ตรวจสอบด้วยตาเปล่า	8
	มีระบบตรวจสอบ แต่มีโอกาสน้อยสามารถตรวจจับได้	ตรวจสอบด้วยตาเปล่าสองครั้ง	7
ปานกลาง	มีระบบตรวจสอบ และอาจจะสามารถตรวจจับได้	แผนภูมิ SPC หรือมีเอกสารรับรอง	6
ค่อนข้างสูง	มีระบบตรวจสอบ และมีโอกาสสูงที่จะสามารถตรวจจับได้	มีการควบคุมโดยเครื่องมือวัด หรือ G/NG	5
	มีระบบตรวจสอบ และมีโอกาสสูงที่จะสามารถตรวจจับได้	มีการใช้เครื่องมือวัดชิ้นงานแรกในกระบวนการ	4
สูง	มีระบบตรวจสอบ และมีโอกาสสูงที่จะสามารถตรวจจับได้	มีการตรวจที่จุดปฏิบัติงาน / ในกระบวนการถัดไปโดยการตรวจสอบเพื่อยอมรับ	3
สูงมาก	มีระบบตรวจสอบ และมีโอกาสสูงมากที่จะสามารถตรวจจับได้	มีการตรวจที่จุดปฏิบัติงานที่ชิ้นงานไม่สามารถผ่านไปได้	2
	มีระบบตรวจสอบ และมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับได้	ไม่มีการเกิดข้อบกพร่อง	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. คำนวณค่าตัวเลขลำดับความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) จากตัวเลขทั้ง 3 เกณฑ์ คือ RPN = S x O x D จากนั้นนำเฉพาะปัจจัยที่มีค่า RPN ดังนี้ไปพิจารณาปัจจัยจากความรุนแรงของผลกระทบ

จากตารางที่ 4.12 ถึง 4.14 เป็นเกณฑ์การประเมินความรุนแรงเมื่อเกิดของเสีย (Severity : S) เกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิดของสาเหตุ (Occurrence : O) และ เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (Detection : D) และนำสาเหตุจากแผนภาพเหตุและผลจากรูปที่ 4.5 และ 4.6 มาทำการประเมินกระบวนการผลิต โดยวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน ตารางที่ 4.15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ความล้มเหลว และผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน

ชื่อบทพร่องประเภทครีบ											
กระบวนการ	ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดชื่อบกพร่อง	การวิเคราะห์ลักษณะชื่อบกพร่อง	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุที่เป็นไปได้	O	การควบคุมที่เป็นไปได้	D	RPN
การติดตั้งเครื่องจักร	ขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักร	สายการผลิตมีแม่พิมพ์จำนวนมากและมีผู้ที่รับผิดชอบในการซ่อมบำรุงน้อย ทำให้แม่พิมพ์บางตัวไม่ได้รับการบำรุงรักษาในช่วงสโตรกที่ได้กำหนดไว้ ส่งผลทำให้เกิดของเสียในกระบวนการ เช่น ครีบ เป็นต้น	ชิ้นงานเสียรูป / ชิ้นงานเกิดครีบ	2	ขาดการทำ PM	2	ตรวจสอบและซ่อมบำรุงโดยแผนกช่าง	6	24
	ใช้แม่พิมพ์ผิดประเภท	สายการผลิตมีแม่พิมพ์จำนวนมากและต้องชิ้นรูปอยู่ตลอดเวลา จึงไม่สามารถย้ายแม่พิมพ์ไปบำรุงรักษาได้ จึงจำเป็นต้องใช้แม่พิมพ์งานเป็นเวลานาน ทำให้แม่พิมพ์เกิดการสึกหรอ ส่งผลต่อการเกิดครีบในชิ้นงาน	ชิ้นงานเกิดครีบ	5	จำนวนสโตรกในการปั๊มมากเกินไป	6	ตรวจสอบการทำงาน และบำรุงรักษาทุกๆ 15,000 สโตรก	5	150
ปั๊มระยางรูปถ้วย	ชิ้นงานไม่ได้ระยาง	ก่อนการปั๊มเจาะพบว่าชิ้นงานไม่ได้ระยาง ทำให้เมื่อปั๊มชิ้นงาน ส่วนเม็ดชิ้นงานที่สูงจะถูกเปิดออกบริเวณด้านล่าง ส่งผลต่อการเกิดสึกในชิ้นงาน	แท่งตัดเกิดการสึกหรอ / ชิ้นงานเกิดครีบ	4	เกิดช่องว่างระหว่างชิ้นงานกับฐานรองชิ้นงาน	6	ไม่มีระบบการตรวจสอบ	10	240
ปั๊มขยายรูถ้วย	ขาดประสบการณ์ / ขาดการอบรม	ประสบการณ์การทำงานที่แตกต่างกัน ส่งผลทำให้พนักงานแต่ละคนชิ้นงานต่างกัน ซึ่งพนักงานไม่มีประสบการณ์อาจจะชิ้นรูปได้ช้าและผิดพลาด การขาดการอบรมอาจส่งผลทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการชิ้นรูป ส่งผลต่อการเกิดครีบในชิ้นงาน	ไม่สามารถตัด / เจาะชิ้นงานได้อย่างสมบูรณ์	2	ขาดประสบการณ์ทำให้เกิดความผิดพลาดใน กระบวนการขึ้นรูป	1	ต้องมีการอบรมก่อนปฏิบัติงาน / หัวหน้างานอบรมขั้นตอนก่อนเริ่มปฏิบัติงาน	2	4
	วางชิ้นงานไม่ตรงล็อคแม่พิมพ์	เมื่อทำงานต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก บางครั้งพนักงานอาจละเลยไม่ปฏิบัติตามมาตรฐาน พนักงานอาจวางชิ้นงานไม่แนบสนิทกับล็อคแม่พิมพ์ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชิ้นงานกับล็อคงานขึ้น เมื่อทำการปั๊มส่งผลต่อการเกิดครีบในชิ้นงาน	ชิ้นงานเกิดครีบ / แท่งตัดเกิดการสึกหรอ	3	ใส่ชิ้นงานไม่ตรงร่างบังคับ	2	มีมาตรฐานในการวางชิ้นงาน	3	18
	แรงกำหนดที่ใช้ในการขึ้นรูปไม่เหมาะสม	ทางสายการผลิตกำหนดแรงกำหนดในการขึ้นรูปชิ้นงานไว้ ว่าไม่ควรใช้แรงต่ำกว่า 150 ตัน แต่จากสังเกตหน้างานพบว่าการใช้แรงกำหนดที่ 150 ตันในการขึ้นรูปชิ้นงานนี้ อาจจะไม่เพียงพอ ส่งผลต่อการเกิดครีบในชิ้นงาน	ชิ้นงานเกิดครีบ	5	แรงกำหนดมีค่าไม่เหมาะสมในแต่ละช่วงสโตรก	6	ไม่มีแผนในการตรวจสอบสมรรถนะเครื่องจักร	10	300
	ช่องว่างแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม	การใช้แม่พิมพ์เป็นเวลานานส่งผลให้ ช่องว่างคมตัดของแม่พิมพ์มากเกินไป ทำให้ช่องว่างคมตัดของแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม ส่งผลต่อการเกิดครีบในชิ้นงาน	ชิ้นงานเกิดครีบ	3	แท่งตัดสึกหรอและตายตัวใหญ่ขึ้น	3	ตรวจสอบการทำงานโดยหัวหน้างานหมั่นตรวจตัดชิ้นงาน	5	45
การเตรียมอุปกรณ์ก่อนทำการผลิต	ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นไม่เหมาะสม	การทำงานปัจจุบันใช้น้ำมันในการทำที่ว่าตัดหรือแม่พิมพ์ ชนิดน้ำมันอาจจะไม่เหมาะสมทำให้ในการขึ้นรูปตัวแม่พิมพ์อาจจะเกิดการสึกหรอในระหว่างการปั๊ม ส่งผลต่อการเกิดครีบในชิ้นงาน	ชิ้นงานเกิดครีบ / ชิ้นงานเสียรูป	1	ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นไม่เหมาะสม ทำให้เครื่องจักรชิ้นส่วนสึกหรอระหว่างการขึ้นรูป	2	มีการทดสอบคุณภาพน้ำมันทุกล็อตการนำเข้าใหม่	2	4

ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ความล้มเหลว และผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน(ต่อ)

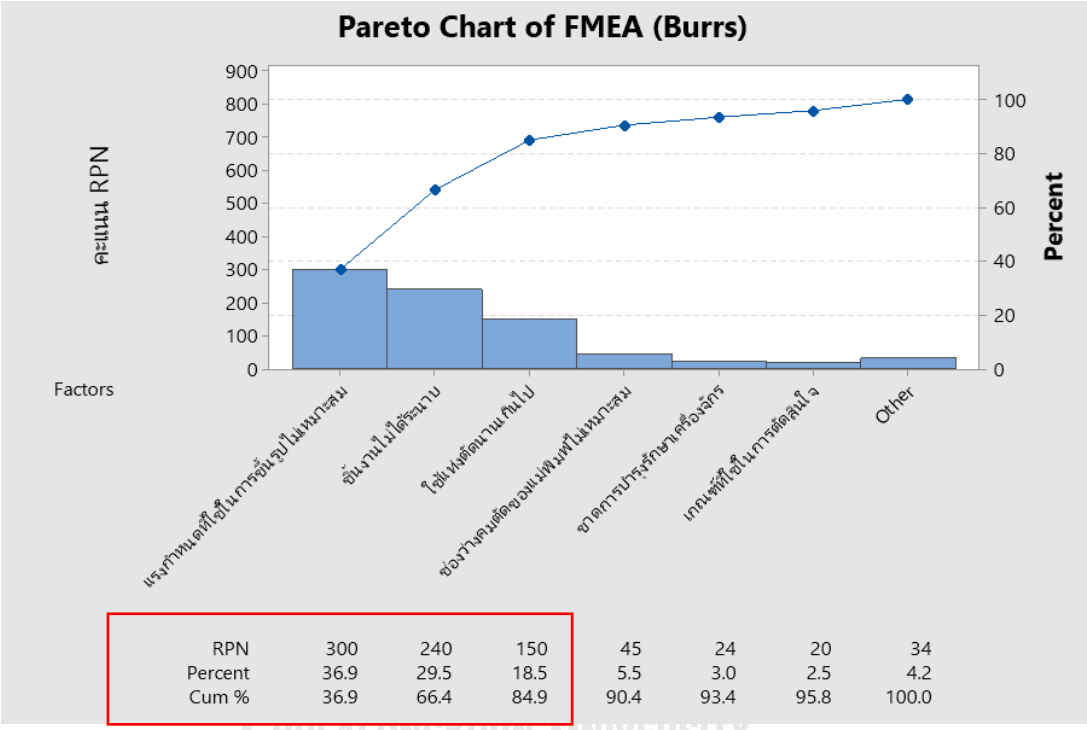
ข้อบกพร่องประเภทครีบ											
กระบวนการ	ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง	การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุที่เป็นไปได้	O	การตรวจสอบที่เป็นไปได้	D	RPN
ตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน	พนักงานทำงานนานเกินไป	การทำงานติดต่อกันเป็นเวลานานอาจทำให้พนักงานเกิดความล้า ไม่ทันคิดถึงความผิดปกติของกระบวนการผลิต ทำให้การปั๊มผลิตภัณฑ์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง จนพบชิ้นงานที่เป็นครีบจำนวนมากหลังจบกระบวนการผลิต	ชิ้นงานเกิดครีบ	1	ไม่ทันเห็นถึงความผิดปกติของกระบวนการ	1	มีมาตรฐานกำหนดชัดเจนมีระบบการตรวจสอบ	2	2
	แสงไฟไม่เพียงพอ	การวัดความสูงครีบของชิ้นงาน ถ้าแสงไฟน้อยในการวัดจะมีความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากเวลาวัดต้องวัดที่ส่วนของครีบชิ้นงาน เมื่อทำการวัดแล้วการตอบครีบจะทำให้ได้ค่าที่คลาดเคลื่อนไปทำให้เกิดค่าครีบสูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริง ซึ่งความสูงครีบสัมผัสด้วยตาเปล่าแทบไม่เห็นเนื่องจากมีความสูงในหน่วยมิลลิเมตร	ชิ้นงานเกิดครีบ	2	การวัดแล้วคลาดเคลื่อน	1	มีมาตรฐานกำหนดชัดเจนมีระบบการตรวจสอบซ้ำ	2	4
	เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ	การวัดครีบ ไม่มีการกำหนดตำแหน่งระบุบนชิ้นงานที่ชัดเจน ทำให้บางครั้งค่าวัดที่ระบุบนชิ้นงานต่ำแต่ผู้ทำการวัดตระหนักให้ได้ค่าครีบที่สูง และถ้าวัดค่าวัดที่ระบุบนชิ้นงานสูงแต่ผู้วัดค่าครีบค่าที่วัดได้จะต่ำ	ชิ้นงานเกิดครีบ	2	ไม่มีการกำหนดตำแหน่งที่วัดใน Work Instruction	2	มีมาตรฐานกำหนดชัดเจนมีระบบการตรวจสอบซ้ำ	5	20
	ความถูกต้องในการตัดสินใจ	เกิดความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าความสูงครีบของพนักงาน ส่งผลต่อจำนวนชิ้นงานที่พบครีบ	ชิ้นงานเกิดครีบ	1	ความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าความสูงครีบ	1	มีมาตรฐานกำหนดชัดเจนมีระบบการตรวจสอบซ้ำ	2	2
ข้อบกพร่องประเภทรอย									
กระบวนการ	ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง	การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุที่เป็นไปได้	O	การตรวจสอบที่เป็นไปได้	D	RPN
การติดตั้งเครื่องจักร	ขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักร	แม่พิมพ์บางตัวไม่ได้รับการบำรุงรักษาในช่วงสโตรกที่กำหนดไว้ ส่งผลทำให้เกิดรอยสึกในกระบวนการ เช่น รอย เป็นต้น	ชิ้นงานสึกรูป / ชิ้นงานเกิดรอย	2	ขาดการทำ PM	2	ตรวจสอบและซ่อมบำรุงโดยแผนกช่าง	6	24
กระบวนการปั๊มชิ้นงาน	พนักงานทำงานนานเกินไป	การทำงานติดต่อกันเป็นเวลานานอาจทำให้พนักงานเกิดความล้า ไม่ได้ระมัดระวังในขั้นตอนการทำงาน ส่งผลต่อการเกิดรอยบนชิ้นงาน	ชิ้นงานเกิดรอยขีดข่วน	1	ไม่ได้ระมัดระวังในขั้นตอนการทำงาน	1	มีมาตรฐานกำหนดชัดเจนมีระบบการตรวจสอบซ้ำ	2	2
	ขาดประสบการณ์ / ขาดการอบรม	ประสบการณ์การทำงานที่แตกต่างกัน ส่งผลทำให้พนักงานแต่ละคนมีความละเอียดในการทำงานต่างกัน ซึ่งพนักงานไม่มีประสบการณ์และขาดการอบรมอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการขึ้นรูป ส่งผลต่อการเกิดรอยบนชิ้นงาน	ชิ้นงานเกิดรอย	1	ขาดประสบการณ์ทำให้เกิดความละเอียดในการทำงานต่างกัน	1	ต้องมีการอบรมก่อนปฏิบัติงาน / หัวหน้างานอบรมสอนก่อนเริ่มปฏิบัติงาน	2	2
	ปริมาณการหล่อลื่นก่อนปั๊มไม่เหมาะสม	การปั๊มแต่ละครั้งอาจจะมีเศษชิ้นงานหลุดติดออกมา หากพนักงานมีมากน้ำมันอาจจะทำให้เศษเข้าไปยึดติดที่หน้าแท่งตัดและส่งผลให้การผลิตชิ้นงานชิ้นต่อไปเกิดการเป็นรอยบนชิ้นงานได้	ชิ้นงานเกิดรอยจากการปั๊มทับ	3	มีเศษชิ้นงานยึดติดที่แท่งตัดและไม่ได้ทำความสะอาดก่อนการปั๊ม	5	ไม่มีการกำหนดมาตรฐานการหล่อลื่นก่อนปั๊ม	10	150

ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ความล้มเหลว และผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน(ต่อ)

ข้อบกพร่องประเภทกรอย											
กระบวนการ	ปัจจัยที่ไม่ผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง	การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุที่เป็นไปได้	O	การตรวจสอบที่เป็นไปได้	D	RPN
กระบวนการปั๊มชิ้นงาน	ชิ้นงานมีคราบและสิ่งสกปรกเศษ	เมื่อมีเศษและคราบสิ่งสกปรกอยู่ที่ชิ้นงาน เศษคราบลูกปั๊มที่ติดในแม่พิมพ์ในขณะปั๊มงานครั้งถัดไป ส่งผลทำให้เกิดรอยจากการปั๊มทับ	ชิ้นงานเกิดรอยจากการปั๊มทับ	5	ชิ้นงานมีคราบและเศษ	5	ไม่มีการตรวจสอบ	10	250
	ปริมาณการหล่อน้ำมันรอบตัวไม่เหมาะสม	เมื่อชิ้นงานผ่านกระบวนการขัดเงาแล้ว ทำให้ผิวงานมันและมีความสกปรกและมีคราบน้ำมันติดชิ้น การหล่อน้ำมันไม่ดีไม่ครอบคลุมตัวชิ้นงาน ส่งผลทำให้เกิดรอยรอบตัวชิ้นงานมีสีคล้ำและมีสนิมได้	ชิ้นงานเกิดรอยขีดข่วน	3	ปริมาณการหล่อน้ำมันหล่อลื่นรอบตัวชิ้นงานไม่เหมาะสม	5	ไม่มีการกำหนดมาตรฐานการหล่อน้ำมันที่แน่นอน	10	150
การเตรียมอุปกรณ์ก่อนทำการผลิต	ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นไม่เหมาะสม	ชนิดน้ำมันอาจจะไม่เหมาะสมทำให้ในการขึ้นรูปหรือการเคลื่อนย้ายผลงานมีงานเสียหายเกิดการเสียดสีกันทำให้เกิดรอยบนชิ้นงานได้	ชิ้นงานเกิดรอย	2	ชนิดของน้ำมันหล่อลื่นไม่เหมาะสม	2	มีการทดสอบคุณภาพน้ำมันทุกล็อตการนำเข้าใหม่	2	8
ตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน	แสงไม่เพียงพอ	การตรวจสอบรอยบนชิ้นงาน ถ้าแสงไฟน้อยในการตรวจจะไม่ความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากรอยบนชิ้นงานต้องใช้ความละเอียดในการตรวจสอบเพราะเป็นรอยสั้น ถ้าแสงไฟน้อยจะทำให้มองไม่เห็น และหลุดรอดจากกระบวนการตรวจสอบไปได้	ชิ้นงานเกิดรอย	1	แสงสว่างไม่เพียงพอ	1	มีมาตรฐานกำหนด	2	2
	เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ	การตรวจสอบรอยไม่มีการกำหนดที่ชัดเจนว่ารอยสั้นเท่าไหร่ถึงจะเป็นรอย สังเกตุได้ด้วยตาเปล่า ทำให้พนักงานที่ตรวจสอบต้องงานหัวหน้างานอยู่บ่อยครั้ง และบางครั้งทำให้งานที่เป็นรอยหลุดรอดไปได้	ชิ้นงานเกิดรอย	1	มาตรฐานกำหนดไม่ชัดเจน	2	มีมาตรฐานกำหนดแต่ไม่ชัดเจน	2	4
	ความถูกต้องในการตัดสินใจ	เกิดความคลาดเคลื่อนในการตรวจสอบรอยของพนักงาน ส่งผลต่อจำนวนชิ้นงานที่ทบรอย	ชิ้นงานเกิดรอย	1	ความคลาดเคลื่อนในการตรวจสอบรอย	1	มีมาตรฐานกำหนดแต่ไม่ชัดเจน	2	2
กระบวนการเคลื่อนย้ายผลงาน	ชิ้นงานมีคราบและเศษ	เมื่อมีคราบที่ทบบริเวณของพื้นรองชิ้นงาน เมื่อต้องทำการเคลื่อนย้ายผลงานมีงานชิ้นงานมีการวางทับซ้อนกัน ทำให้เกิดรอยบนชิ้นงานได้	ชิ้นงานเกิดรอยขีดข่วน	5	ชิ้นงานมีคราบและเศษ	5	ไม่มีการตรวจสอบ	10	250
	ขอบชิ้นงานมีความคม	บริเวณขอบชิ้นงานมีความคมของเนื้อชิ้นงานที่ถูกตัดเมื่อขอบออก เมื่อต้องทำการเคลื่อนย้ายผลงานมีงาน ชิ้นงานมีการวางทับซ้อนกัน ทำให้เกิดรอยบนชิ้นงานได้	ชิ้นงานเกิดรอยขีดข่วน	4	ความคมรอบตัวชิ้นงาน	5	ไม่มีการตรวจสอบ	10	200
	ขนย้ายพร้อมกันในปริมาณมาก	ในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานจากผลงานหนึ่งไปสู่ผลงานหนึ่งในปัจจุบันทำการขนย้ายชิ้นงานมีละจำนวนมากๆ ทำให้ชิ้นงานมีการการชนกันกัน ส่งผลต่อการเกิดรอยบนชิ้นงาน	ชิ้นงานเกิดรอยขีดข่วน	4	การขนย้ายชิ้นงานมีละจำนวนมาก	5	มีมาตรฐานกำหนด	8	160
	พื้นที่ไม่เพียงพอ	เนื่องจากสายการผลิตมีการขึ้นรูปงานหลายงานพร้อมกันและงานแต่ละงานมีชิ้นงานที่รอการผลิตในปริมาณที่ไม่เพียงพอมาก ทำให้พื้นที่ไม่เพียงพอซึ่งต้องทำการซ้อนทับชิ้นงานเพื่อรอใช้สำหรับผลิตในงานถัดไป ส่งผลทำให้เกิดรอยบนชิ้นงาน	ชิ้นงานเกิดรอยขีดข่วน	2	การซ้อนทับกันของชิ้นงาน	3	มีมาตรฐานกำหนด	8	48

จากตารางที่ 4.15 เป็นการวิเคราะห์ความล้มเหลว และผลกระทบของกระบวนการฝาครอบถังน้ำมันที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบและข้อบกพร่องประเภทรอยโดยวิเคราะห์ผลคะแนนความสำคัญของปัจจัยต่อการเกิดของเสียด้วยแผนภาพพาเรโต เพื่อให้ได้ปัจจัยนำเข้าที่มีผลกระทบสูงมาศึกษาแบ่งเป็น 2 หัวข้อ คือ ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลที่ต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบและปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลที่ต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอย

4.5.1 ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลที่ต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบ



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.7 แผนภูมิเรียงลำดับคะแนนจากการวิเคราะห์ FMEA ของข้อบกพร่องประเภทครีบ

จากรูปที่ 4.7 แสดงคะแนนปัจจัยนำเข้าแต่ละปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบ พบว่าปัจจัยที่มีคะแนนสูงอย่างชัดเจนมีทั้งหมด 3 ปัจจัย ประกอบด้วย 1. แรงกำหนดที่ใช้ในการขึ้นรูปไม่เหมาะสม 2. ชิ้นงานไม่ได้ระนาบ และ 3.การใช้แท่งตัดนานเกินไป โดยปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยส่งผลต่อคะแนน RPN รวมร้อยละ 84.9 จากคะแนนรวมทั้งหมด และปัจจัยที่มีคะแนนรองลงมาคือ ช่องว่างคมตัดของแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม และขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยแต่ละปัจจัยจะมีผลกระทบดังนี้

1. แรงกำหนดที่ใช้ในการขึ้นรูปไม่เหมาะสม

กระบวนการในการตัดเฉือนแผ่นโลหะจะทำให้เกิดการสึกหรอแก่แท่งตัดและดายตัด โดยส่วนของแท่งตัด(พันช์) จะเกิดการสึกหรอบริเวณผิวด้านหน้าคมตัดและด้านข้าง ส่วนของดายตัดจะเกิดการสึกหรอบริเวณคมตัดและดายแลนด์ (Die Land) ซึ่งส่วนมากจะเป็นการสึกหรอแบบยึดติดและการสึกหรอแบบการขัดถู โดยเมื่อแม่พิมพ์ตัดที่เกิดการสึกหรอแล้วจะทำให้ต้องใช้แรงในการตัดเฉือนเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ

การสึกหรอแบบเชื่อมหรือยึดติด คือ การสึกหรอที่เกิดจากการเชื่อมของผิวโลหะจะเกิดขึ้นเมื่อวัสดุทั้ง 2 ชนิดเกิดการเสียดสีกันเนื่องจากพื้นที่ที่สัมผัสกันระหว่างผิวสองผิวมากทำให้เกิดความเค้นเกินกว่าจุดคราก(ของวัสดุ (Yield Point) และจะทำให้เกิดแรงยึดเกาะกันทางโมเลกุลขึ้น เมื่อให้แรงแก่ชิ้นงานทำให้เกิดการเคลื่อนที่ต่อไปบริเวณการยึดติดกันจะถูกดึงให้หลุดออกมา และการสึกหรอแบบขัดถูหรือขีดข่วน คือ การสึกหรอที่เกิดจากพฤติกรรมการขีดข่วนถูเฉือนหรือกระแทก

ในสายการผลิตกำหนดแรงกำหนดในการขึ้นรูปชิ้นงานนี้ว่าต้องไม่ใช้แรงกำหนดที่ต่ำกว่า 150 ตัน ในการขึ้นรูปชิ้นงานชนิดนี้ แต่จากสังเกตหน้างานพบว่าการใช้แรงกำหนดที่ 150 ตันในการขึ้นรูปชิ้นงานนี้ อาจจะไม่เพียงพอส่งผลต่อการเกิดครีบในชิ้นงาน เมื่อมีการใช้แท่งตัดเป็นเวลานานทำให้ขอบคมตัดของแท่งตัดเกิดการสึกหรอและมีลักษณะการตัดเฉือนที่ไม่สมบูรณ์ จนทำให้แรงกำหนดที่ใช้ในการตัดไม่สมดุลตลอดแนวเส้นรอบรูปขอบคมตัด กล่าวคือ เกิดการตัดเพียงบางส่วนจึงทำให้เกิดแรงกระทำด้านข้างคมตัดและผิวด้านหน้าของคมตัด อันเนื่องมาจากการกระทำกลับไปกลับมาจากการปั๊ม

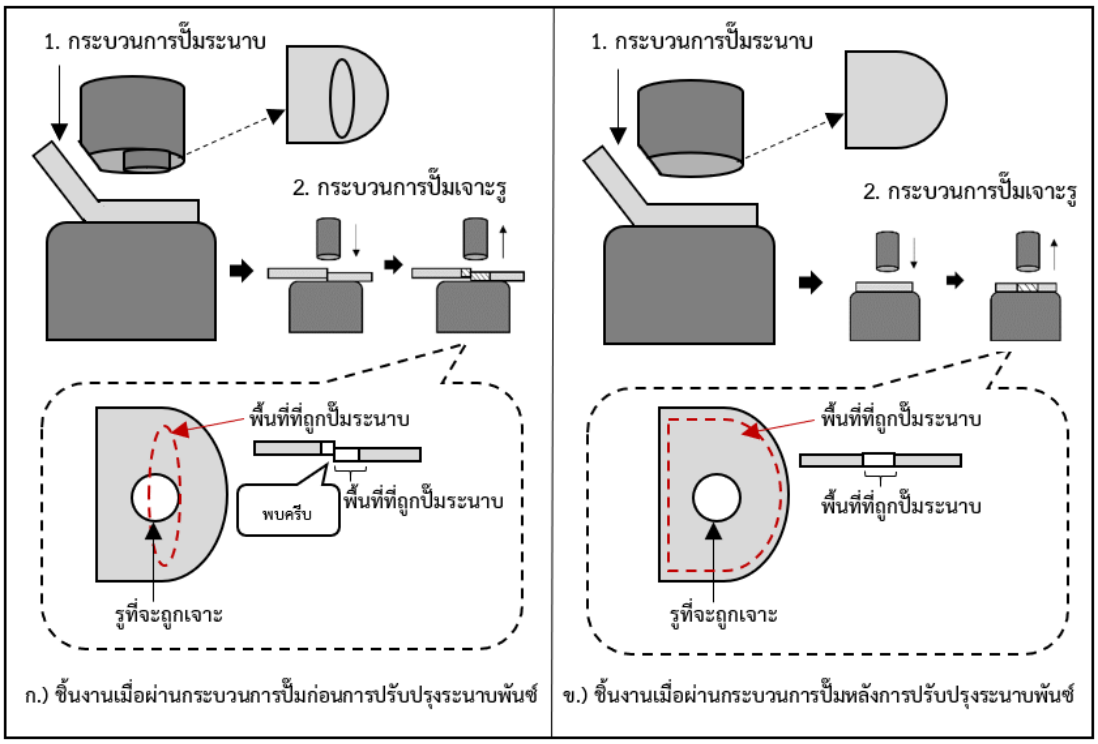
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชิ้นงานจะเกิดความเค้นสลับไปสลับมาเป็นจำนวนหลายหมื่นครั้ง [16] ทำให้เกิดความล้าของผิวขึ้นที่ตัวแท่งตัดโดยมีผลชัดเจนเมื่อมีการตัดชิ้นงานจำนวนมาก ๆ โดยถ้าใช้แรงกำหนดคงที่ในขณะที่ขอบคมตัดเกิดการสึกหรออาจไม่เพียงพอที่จะทำให้ชิ้นงานหลุดออกอย่างสมบูรณ์โดยไม่เกิดครีบได้ การสึกหรอของพันช์ทำให้การตัดยากขึ้นต้องใช้แรงในการตัดสูงขึ้น และจากการศึกษาหน้างานในการปั๊มเจาะรูไม่พบส่วนของชิ้นงานที่มีการกระเด้งตัวกลับหรือการเชื่อมแบบเย็นตัว ซึ่งการกระเด้งตัวกลับจะเกิดจากกรณีที่ใช้แรงกำหนดสูงมากเกินไป ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มแรงกำหนดในการขึ้นรูปให้แก่กระบวนการนี้ได้ พบว่าแรงกำหนดปัจจุบันที่ใช้คือ 150 ตัน โดยสายการผลิตนี้ มีเครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนด 2 ขนาดที่สามารถตัดเฉือนชิ้นงานได้อย่างสมบูรณ์ คือ 150 และ 220 ตัน ซึ่งทางผู้วิจัยและทีมงานระดมความคิดกันได้ข้อสรุปว่า ควรกำหนดเครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดที่เหมาะสมให้สอดคล้องกับช่วงสโตรกของงาน เนื่องจากการขึ้นรูปที่ใช้เครื่องปั๊มที่แรงกำหนดสูงจะมีค่าใช้จ่ายที่สูง

กว่าเครื่องปั๊มที่แรงกำหนดที่ต่ำกว่า โดยการกระทำหรือการกำหนดใด ๆ ต้องเอื้อประโยชน์ต่อการทำงานหน้างานปัจจุบันโดยไม่กระทบกับการขึ้นรูปชิ้นงานอื่น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกนำปัจจัยนำเข้าคือแรงกำหนดที่เหมาะสมไปศึกษาต่อ

2. ชิ้นงานไม่ได้ระนาบ

ก่อนกระบวนการปั๊มเจาะรูที่เป็นสถานีงานที่พบครีบ จะต้องผ่านกระบวนการปั๊มระนาบเพื่อให้ได้พื้นที่หน้าตัดเรียบตามที่ต้องการ การทำงานปัจจุบันพบว่า ชิ้นงานนั้นไม่ได้ระนาบ ดังรูปที่ 4.8

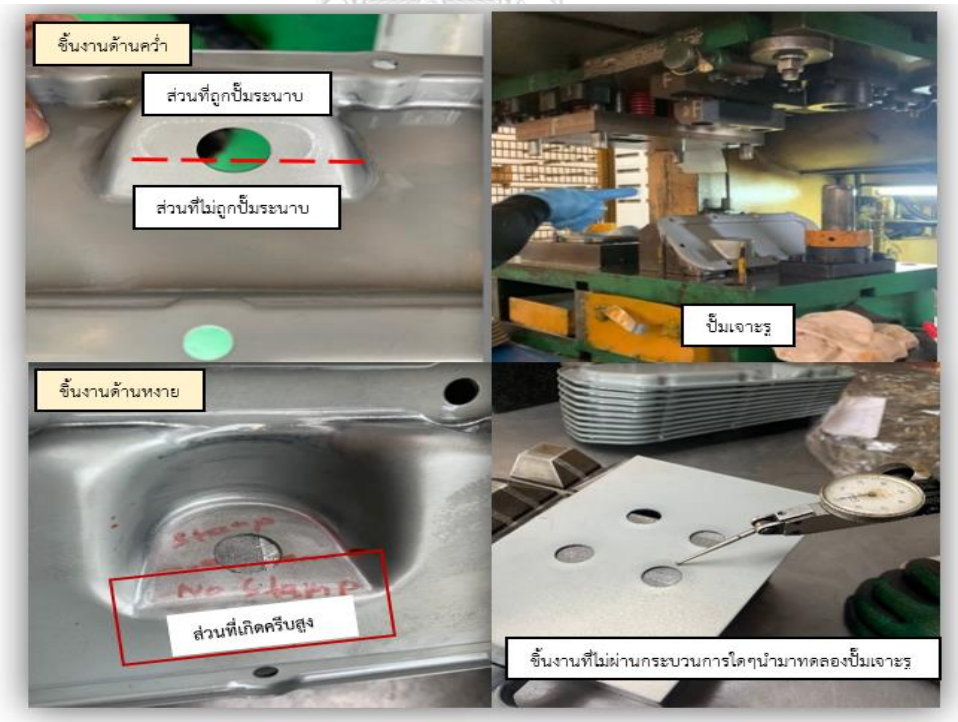


รูปที่ 4.8 ชิ้นงานผ่านกระบวนการปั๊มระนาบ

จากรูปที่ 4.8 พบว่าชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการปั๊มระนาบก่อนการปรับปรุง พื้นที่ของชิ้นงานจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนอย่างชัดเจน คือ พื้นที่ส่วนสูง (ไม่โดนปั๊มทับ) และพื้นที่ส่วนต่ำ (โดนปั๊มทับ) เมื่อชิ้นงานผ่านกระบวนการปั๊มระนาบจะถูกนำไปปั๊มเจาะรู พื้นที่ส่วนของชิ้นงานที่ไม่ถูกปั๊มระนาบเป็นชิ้นงานที่ไม่แนบสนิทกับฐานรองชิ้นงานและพื้นที่ที่ถูกปั๊มระนาบเป็นชิ้นงานที่แนบสนิทกับฐานรองชิ้นงานจะถูกปั๊มเจาะรูพร้อมกัน ทำให้ส่วนของชิ้นงานที่ไม่ถูกปั๊มระนาบที่อยู่ในตำแหน่งที่สูงกว่าจะถูกกดและเบียดออกบริเวณด้านล่าง เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างชิ้นงานและฐานรองชิ้นงาน ส่งผลต่อการเกิดครีบบริเวณขอบรูตรงตำแหน่งช่องว่าง ดังแสดงในรูป ก.) นอกจากนั้นการวางชิ้นงานไม่แนบสนิทกับฐานรองชิ้นงาน ยังส่งผลต่อตัวแท่งตัดทำให้เกิดการสึกหรอตามแนวยาวบริเวณด้านข้างของพันช์

เนื่องจากในการตัดเฉือนขอบของพันช์และชิ้นงานจะเกิดการเสียดสีกันในการกดทับรอบแรก จากนั้นจะเกิดการเสียดสีกันอีกครั้งในการดึงตัวกลับของพันช์ ซึ่งในการวางชิ้นงานไม่แนบสนิทกับฐานรองชิ้นงานนี้ทำให้ระยะในการตัดเฉือนมากขึ้น ส่งผลให้การสึกหรอของพันช์มากขึ้น จึงจำเป็นต้องซ่อมบำรุงแท่งตัดก่อนเวลา ผู้ศึกษาจึงได้มีแนวทางในการปรับปรุง คือ นำพันช์ไปเจียระไนราบทำให้พื้นที่หน้าตัดของพันช์ราบเรียบ ดังรูป ข.) เพื่อให้พื้นที่บนชิ้นงานส่วนที่ถูกปั๊มทับเรียบก่อนถูกนำไปเจาะรู

การวางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่งในแม่พิมพ์ หรือวางไม่ชนรางบังคับจะทำให้เกิดครีบสูงขึ้น ถ้าเทียบกับการวางชิ้นงานชนรางบังคับในช่วงอายุการใช้งานที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งจะทำให้เกิดการซ่อมบำรุงแท่งตัดก่อนเวลา ในการทำงานปัจจุบันไม่เคยตรวจวัดเรื่องระนาบของชิ้นงานเพียงแต่พยายามจะปรับแก้ไขที่ตัวเครื่องปั๊มเท่านั้น โดยเมื่อระดมความคิดและทำการทดลองเบื้องต้น พบว่าปัจจัยนำเข้านี้ส่งผลกระทบต่อการทำให้เกิดครีบ ได้ทำการทดลอง คือ นำชิ้นงานที่มีระนาบเรียบไม่ผ่านกระบวนการใดๆ มีคุณสมบัติเดียวกัน ทำการทดลองปั๊มเจาะรูที่ช่วงสโตรกใกล้เคียงกันสภาพแวดล้อมเดียวกันและเครื่องจักรเดียวกัน พบว่าชิ้นระนาบเรียบมีความสูงครีบที่ต่ำกว่าชิ้นงานปัจจุบัน แสดงในรูปที่ 4.9 ในงานวิจัยนี้จึงเลือกนำปัจจัยนำเข้าคือระนาบไปศึกษาต่อ



รูปที่ 4.9 ชิ้นงานการขึ้นรูปที่เกี่ยวข้องกับระยะระนาบ

3. การใช้แท่งตัดนานเกินไป

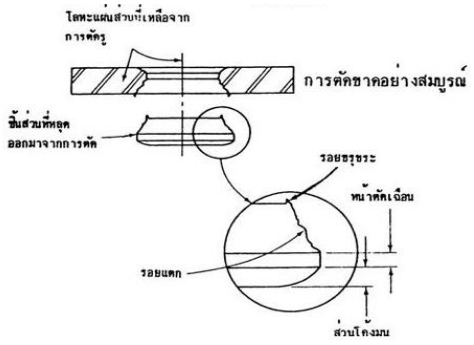
สายการผลิตมีแม่พิมพ์จำนวนมากและตัวแม่พิมพ์ที่ขึ้นรูปกระบวนการนี้จำเป็นต้องขึ้นรูปอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งบางครั้งไม่สามารถย้ายไปบำรุงรักษาได้ตามช่วงสโตรกที่กำหนด จึงจำเป็นต้องใช้แท่งตัดเป็นเวลานาน อายุการใช้งานของแท่งตัดที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อช่องว่างของพันช์และดายกว้างมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ความสูงครีบที่เกิดในชิ้นงานเพิ่มสูงขึ้น บางครั้งทำการปั๊มชิ้นงานยังไม่ครบตามช่วงสโตรกที่กำหนดก็เกิดการพบครีบสูงหน้างานจึงจำเป็นต้องหยุดชิ้นงาน โดยทางโรงงานกำหนดช่วงสโตรกก่อนนำไปบำรุงรักษาคือ 15,000 สโตรก หน้าตัดของชิ้นงานที่เกิดขึ้นจากการตัด จะเป็นดังรูปที่ 4.10

ก.) ส่วนที่เกิดโค้งมน จะเกิดขึ้นเมื่อแท่งพันช์กดชิ้นงานให้ไหลตัวลงไปในช่องว่างของพันช์และดาย

ข.) ส่วนหน้าตัดเฉือน เป็นส่วนที่เกิดขึ้นหลังจากแท่งพันช์ถูกกดกินลึกลงไปในเนื้อของโลหะระยะหนึ่งแล้วเกิดการตัดเฉือนชิ้นงานในแนวดิ่ง ทำให้เกิดการขัดถูระหว่างขอบคมตัดของพันช์และเนื้อของโลหะที่ถูกตัด

ค.) ส่วนที่เกิดรอบแตก เป็นส่วนที่เกิดหลังจากมีการตัดเฉือนของพันช์บนแผ่นชิ้นงาน แรงที่ใช้บนแท่งพันช์จะทำให้เกิดความเค้นดึงสูงกว่าความแข็งแรงสูงสุดของโลหะนั้นจึงทำให้เกิดการแตกขึ้น การแตกจะเกิดขึ้นในลักษณะถูกดึงขาด โดยขอบคมตัดของพันช์และดายก็จะเกิดรอยแตกขึ้นโดยเมื่อขอบคมตัดทั้งสองมาบรรจบกันทำให้เกิดแรงต้านทานของชิ้นงาน ถ้ารอยแตกไม่บรรจบกันที่ตำแหน่งพอเหมาะจะทำให้ผิวหน้าเฉือนไม่สวยจะเกิดส่วนโค้งมนและส่วนขรุขระขึ้น

ง.) ส่วนที่เกิดรอยขรุขระหรือครีบที่ผิวหน้าแผ่นชิ้นงาน ส่วนนี้เกิดจากขอบคมตัดที่แท่งพันช์และแท่งดายที่อในลักษณะการสึกหรอด้านข้าง ถ้าขอบคมตัดที่อมากจะเกิดรอยขรุขระสูง

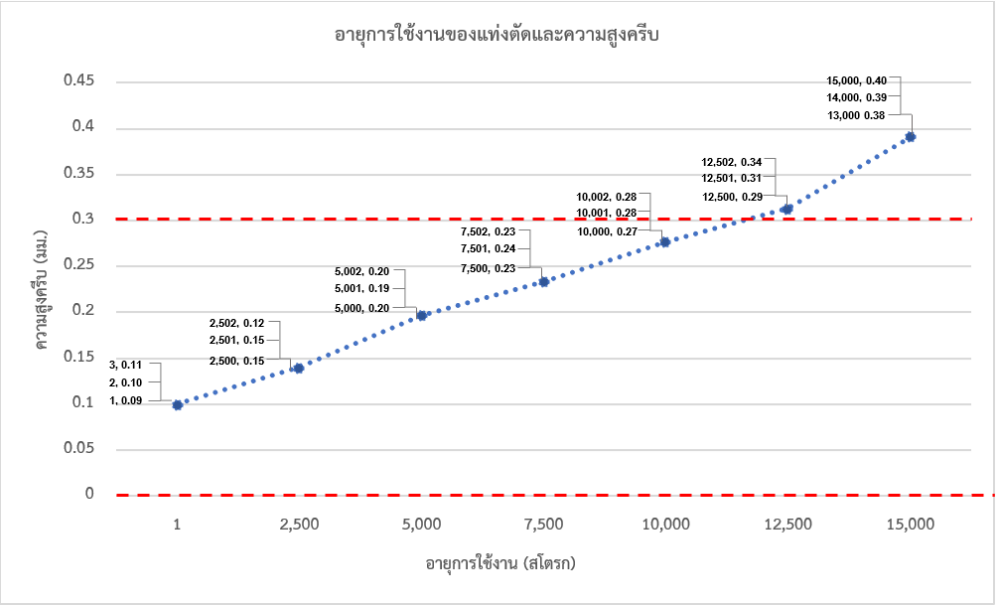


รูปที่ 4.10 ลักษณะคุณภาพขอบตัดชิ้นงาน

อายุการใช้งานแท่งตัดในการปั๊มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความสึกหรอระหว่างพันช์และดาย ทำให้มีช่องว่างของพันช์และดายมากขึ้น จึงมีสมมติฐานว่าหากมีการปั๊มแผ่นโลหะที่ช่องตัดกว้างจะส่งผลให้ครีบของชิ้นงานสูงขึ้น จึงทำการศึกษาความสูงของครีบในแต่ละช่วงสโตรกของการปั๊ม โดยทางโรงงานจะวัดความสูงครีบช่วงสโตรกละ 3 ชิ้น (เริ่มกระบวนการ - กลางกระบวนการ - ท้ายกระบวนการ) ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ค่าความสูงครีบของชิ้นงาน (มม.) ที่ระดับอายุการใช้งานสโตรกต่าง ๆ

ช่วงสโตรกที่	ความสูงครีบ (มม.)		
	ชิ้นงานที่ 1	ชิ้นงานที่ 2	ชิ้นงานที่ 3
1	0.09	0.10	0.11
2,500	0.15	0.15	0.12
5,000	0.20	0.19	0.20
7,500	0.23	0.24	0.23
10,000	0.27	0.28	0.28
12,500	0.29	0.31	0.34
15,000	0.38	0.39	0.40



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของแท่งตัดและความสูงครีบ

จากตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออายุการใช้งานของแท่งตัดมากขึ้น ความสูงของครีบบริเวณขอบของรูชิ้นงานก็จะสูงขึ้นด้วย นอกจากนั้นเมื่อทำการปั๊มชิ้นงานแบบต่อเนื่องส่วนของครีบที่เกิดขึ้นอาจจะหลุดติดอยู่ที่บริเวณหน้าแม่พิมพ์ ถ้ามีการปั๊มงานชิ้นต่อไปจะทำให้เกิดรอยจากการปั๊มทับที่ตัวชิ้นงาน ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่ทำการศึกษาเช่นกัน ผู้ศึกษาจึงต้องการศึกษาอายุการใช้งานที่เหมาะสมของแท่งตัดซึ่งแสดงด้วยจำนวนสโตรกที่ปั๊มก่อนการเจียระไนร่วมกับการกำหนดแรงกำหนดที่เหมาะสม

4. ปัจจัยรองที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเกิดครีบ

- ช่องว่างคมตัดของแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม

ช่องว่างคมตัด [17] ความสูงของครีบที่เกิดบนชิ้นงานที่ได้จากช่วงแรกของการตัดเป็นผลมาจากค่าช่องว่างคมตัด ซึ่งครีบเกิดขึ้นสูงกับชิ้นงานที่ได้จากชุดแม่พิมพ์ที่มีช่องว่างคมตัดมาก แต่เมื่อจำนวนการตัดเพิ่มสูงขึ้นทำให้คมตัดของพันช์และดายเกิดการสึกหรอ คมตัดพันช์เปลี่ยนเป็นรัศมีทำให้การตัดเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ค่าความสูงของครีบเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่สูง ซึ่งในช่วงนี้อิทธิพลของลักษณะคมตัดมีผลต่อการเกิดครีบมากกว่าช่องว่างของคมตัดแม่พิมพ์

การวิเคราะห์ปัจจัยในเบื้องต้นจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญภายในโรงงาน พบว่า การออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ซึ่งต้องใช้เวลาในการดำเนินการอย่างน้อย 5 เดือน โดยต้องทำการออกแบบแม่พิมพ์ นำแม่พิมพ์ไปชุบแข็ง และทดลองเพื่อยืนยันว่าแม่พิมพ์สามารถปั๊มชิ้นงานได้ตามขนาดที่ต้องการ ทำให้การแก้ไขปัจจัยนี้ใช้ระยะเวลานานและเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมาก โดยผู้ศึกษาคำนวณการออกแบบช่องว่างคมตัดไว้เป็นแนวทางให้กับทางโรงงานที่ศึกษานำไปเป็นทางเลือกในการสร้างแม่พิมพ์ครั้งต่อไป จากการออกแบบช่องตัดของแม่พิมพ์ ช่องตัดควรมีขนาดเท่ากับร้อยละ 1 ถึง 5 ของความหนาวัตถุดิบ อ้างอิงจากตารางงานโลหะ,(2558)

ปัจจุบันโรงงานมีช่องว่างคมตัด คือ 0.10 มิลลิเมตร โดยแผ่นโลหะมีความหนา คือ 1.6 มิลลิเมตร ดังนั้นช่องตัดควรมีขนาด 0.016 ถึง 0.08 พบว่าช่องว่างคมตัดมีค่าไม่เหมาะสม เนื่องจากมีช่องว่างคมตัดมากเกินไปแต่ถือว่ามีความใกล้เคียงกัน ซึ่งจากการเปรียบเทียบช่องว่างคมตัดนี้ ทางโรงงานสามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบแม่พิมพ์ของโรงงานในครั้งถัดไป

- ขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักร

สายการผลิตมีเครื่องปั๊มและแม่พิมพ์จำนวนมาก มีผู้ที่รับผิดชอบในการซ่อมบำรุงน้อย ทำให้เครื่องปั๊มและแม่พิมพ์บางตัวไม่ได้รับการบำรุงรักษาในช่วงสโตรกที่ได้กำหนดไว้ ส่งผลทำให้เกิดของเสียในกระบวนการ เช่น ครีบ เป็นต้น แต่หากงานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยการกำหนดอายุการใช้งานแท่งตัดร่วมกับการกำหนดแรงกำหนดที่เหมาะสมได้แล้วจะสามารถนำมาต่อยอดเพื่อเป็นแนวทางในการบำรุงรักษาเครื่องปั๊มได้เช่นกัน

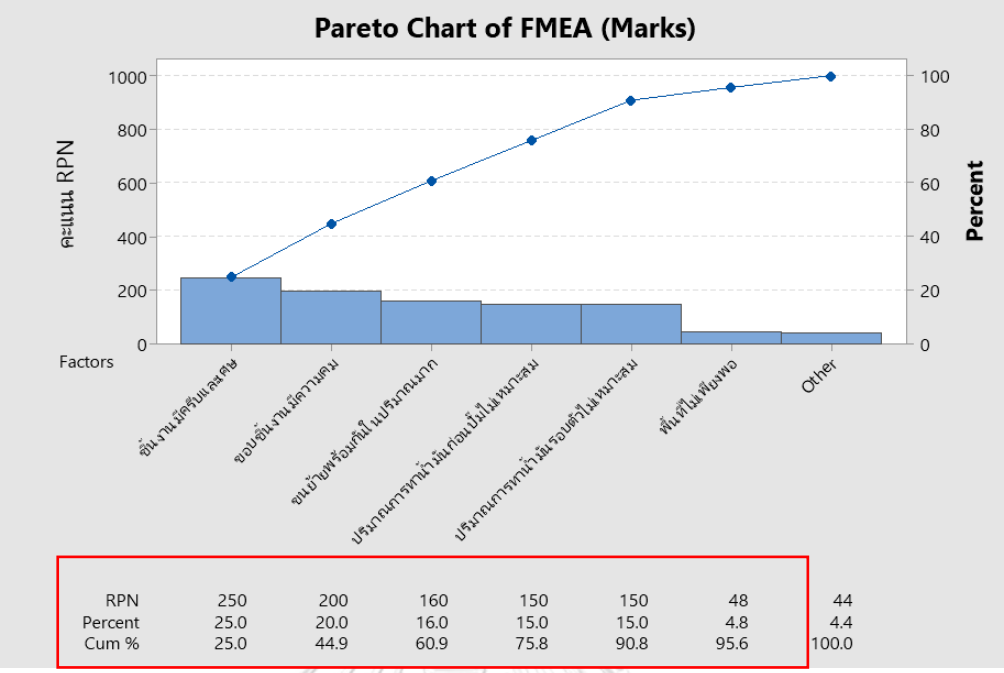
- การวางชิ้นงานไม่ตรงล็อคแม่พิมพ์

เมื่อทำงานต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก บางครั้งพนักงานอาจละเลยไม่ปฏิบัติตามมาตรฐาน ทำให้พนักงานวางชิ้นงานไม่แนบสนิทกับล็อคแม่พิมพ์ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชิ้นงานกับล็อควางชิ้นงาน เมื่อทำการปั๊ม ส่งผลต่อการเกิดครีบในชิ้นงาน ซึ่งปัจจัยนี้เป็นอีกปัจจัยที่สนับสนุนปัจจัยชิ้นงานไม่ได้ระนาบเนื่องจากถ้ามีช่องว่างระหว่างตัวชิ้นงานกับฐานรองชิ้นงาน จะทำให้เกิดครีบขึ้นได้เช่นเดียวกัน

จากการศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องครีบ จะมีตัวชี้วัด คือ สัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขของข้อบกพร่องประเภทครีบลดลง มีการศึกษาปัจจัยทั้งหมด 3 ปัจจัย คือ อายุการใช้แท่งตัด แรงกำหนดที่เหมาะสม และระยะระนาบที่เหมาะสม ซึ่งปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยมีคะแนนสูงอย่างชัดเจนส่งผลต่อคะแนน RPN รวม โดยทั้ง 3 ปัจจัยมีคะแนนรวมร้อยละ 84.9 จากคะแนนรวมทั้งหมด จากนั้นนำปัจจัยทั้ง 3 มาทดสอบสมมติฐานว่ามีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดครีบหรือไม่ และนำปัจจัยที่มีนัยสำคัญไปทำการปรับปรุงเพื่อหาค่าปัจจัยในกระบวนการปั๊มขึ้นรูปที่เหมาะสมที่ทำให้มีสัดส่วนของเสียอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.5.2 ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลที่ต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอย



รูปที่ 4.12 แผนภูมิเรียงลำดับคะแนนจากการวิเคราะห์ FMEA ของข้อบกพร่องประเภทรอย

จากรูปที่ 4.12 แสดงคะแนนปัจจัยนำเข้าแต่ละปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอย พบว่าปัจจัยที่มีคะแนนสูงอย่างชัดเจนมีทั้งหมด 5 ปัจจัย ประกอบด้วย 1. ชิ้นงานมีครีบและเศษ 2. ขอบชิ้นงานมีความคม 3. ขนย้ายพร้อมกันในปริมาณมาก 4. ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มไม่เหมาะสม และ 5.ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงานไม่เหมาะสม โดยปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัยส่งผลต่อคะแนน RPN รวมร้อยละ 90.8 จากคะแนนรวมทั้งหมด และปัจจัยที่มีคะแนนรองลงมา คือ พื้นที่ไม่เพียงพอ โดยแต่ละปัจจัยจะมีผลกระทบดังนี้

1. ชิ้นงานมีครีบและเศษ

ชิ้นงานที่มีครีบและเศษ ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอย คือ ในกระบวนการปั๊มเมื่อมีเศษชิ้นงานหลุดติดอยู่ที่ชิ้นงานหรือแม่พิมพ์ จะส่งผลให้เศษของชิ้นงานจะถูกปั๊มทับ ทำให้เกิดรอยจากการปั๊มทับในชิ้นงานถัดไปได้ และการที่พบครีบบริเวณขอบรูรอบชิ้นงาน เมื่อต้องทำการเคลื่อนย้ายสถานีงาน ชิ้นงานจะต้องเกิดการวางทับซ้อนกันเพื่อลำเลียงไปยังสถานีงานถัดไปทำให้เกิดรอยบนชิ้นงาน ซึ่งงานวิจัยนี้กำลังแก้ไขปัญหาที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบ ซึ่งถ้าแก้ไขได้จะส่งผลทำให้ข้อบกพร่องประเภทรอยจากสาเหตุของชิ้นงานที่มีครีบในการเคลื่อนย้ายสถานีงานได้รับการแก้ไข

2. ขอบชิ้นงานมีความคม

บริเวณขอบชิ้นงานมีความคมของเนื้อชิ้นงานที่ถูกตัดเฉือนออก เมื่อต้องทำการเคลื่อนย้ายสถานีงาน ชิ้นงานเกิดการวางทับซ้อนกัน ทำให้เกิดรอยบนชิ้นงานได้ ซึ่งปัจจัยนี้ไม่สามารถแก้ไขได้เนื่องจากเป็นปกติของชิ้นงานที่ถูกตัดเฉือน ทำให้ทางทีมงานจึงมุ่งเน้นไปที่ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงานไม่เหมาะสมเพื่อที่ต้องการทำให้พื้นผิวของชิ้นงานระหว่างทำการขนย้ายสัมผัสกันน้อยลง

3. ขนย้ายพร้อมกันในปริมาณมาก

ในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานจากสถานีงานหนึ่งไปยังอีกสถานีงานหนึ่ง หน้างานปัจจุบันทำการขนย้ายชิ้นงานทีละจำนวนมาก ชิ้นงานเกิดการซ้อนทับกัน ทำให้พื้นผิวและขอบของตัวชิ้นงานสัมผัสกันเป็นจำนวนมาก ส่งผลต่อการเกิดรอยบนชิ้นงานซึ่งที่ต้องขนย้ายพร้อมกันเนื่องจากพื้นที่ไม่เพียงพอ

4. ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มไม่เหมาะสม

ในกระบวนการปั๊มเมื่อปั๊มเสร็จหนึ่งครั้งอาจจะมีเศษชิ้นงานหลุดติดออกมา หากพนักงานลืมทาน้ำมันก่อนปั๊มอาจจะทำให้เศษเข้าไปติดที่หน้าแท่งตัดและส่งผลให้การผลิตชิ้นงานถัดไปในช่วงนั้นเกิดรอยบนชิ้นงานได้ รอยที่เกิดขึ้นคือรอยจิกบริเวณหน้าชิ้นงาน โดยจากการไปเก็บข้อมูลพบว่าการเกิดเหตุการณ์เช่นนี้พบได้บ่อยครั้ง ปัจจุบันไม่ระบุมาตราฐานการทาน้ำมันที่ชัดเจนว่าควรทาน้ำมันเมื่อไร ในงานวิจัยนี้จึงเลือกนำปัจจัยนำเข้า คือ ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มไปศึกษาต่อ โดยคำนึงถึงต้นทุนค่าน้ำมันที่ต้องเสียโดยสามารถทำได้แต่ต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของทางโรงงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงานไม่เหมาะสม

เมื่อชิ้นงานผ่านกระบวนการตัดเฉือน ทำให้บริเวณนั้นจะมีความคมและมีครีบเกิดขึ้น การทาน้ำมันโดยไม่ครอบคลุมขอบรอบตัวชิ้นงาน ส่งผลทำให้เกิดรอยขีดข่วนบริเวณหน้าชิ้นงานและบริเวณรอบตัวชิ้นงานอื่นที่มาสัมผัสได้ เนื่องจากชิ้นงานมีความคมบริเวณขอบของชิ้นส่วนที่ถูกตัดเฉือน เมื่อทำการเคลื่อนย้ายจะเกิดการสัมผัสกันระหว่างตัวชิ้นงาน ทำให้ขอบและบริเวณรอบตัวชิ้นงานเกิดการถูหรือขูดกัน ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วน ทางผู้วิจัยและทีมงานระดมความคิดกันได้ข้อสรุปว่า ในกระบวนการปั๊มชิ้นงานนี้ ประกอบด้วย 6 สถานีงาน จากการปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญในโรงงานจะทำการศึกษาโดยที่มุ่งเน้นไปที่สถานีงานที่มีกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการตัดเฉือน ซึ่งประกอบด้วย 2 สถานีงาน คือ สถานีงานที่ 3 ตัดขอบ และสถานีงานที่ 6 การเจาะ เนื่องจากการทำงานปัจจุบันไม่มีการทาน้ำมันบริเวณรอบตัวชิ้นงานที่ถูกตัดเฉือนเลย โดยการกระทำหรือการ

กำหนดใด ๆ ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานหน้างานปัจจุบัน คือ คำนึงถึงผลกระทบด้านลบที่เกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายในการกระทำและระยะเวลาในการปั๊มชิ้นงานที่เพิ่มขึ้น

6. ปัจจัยรองที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเกิดรอย

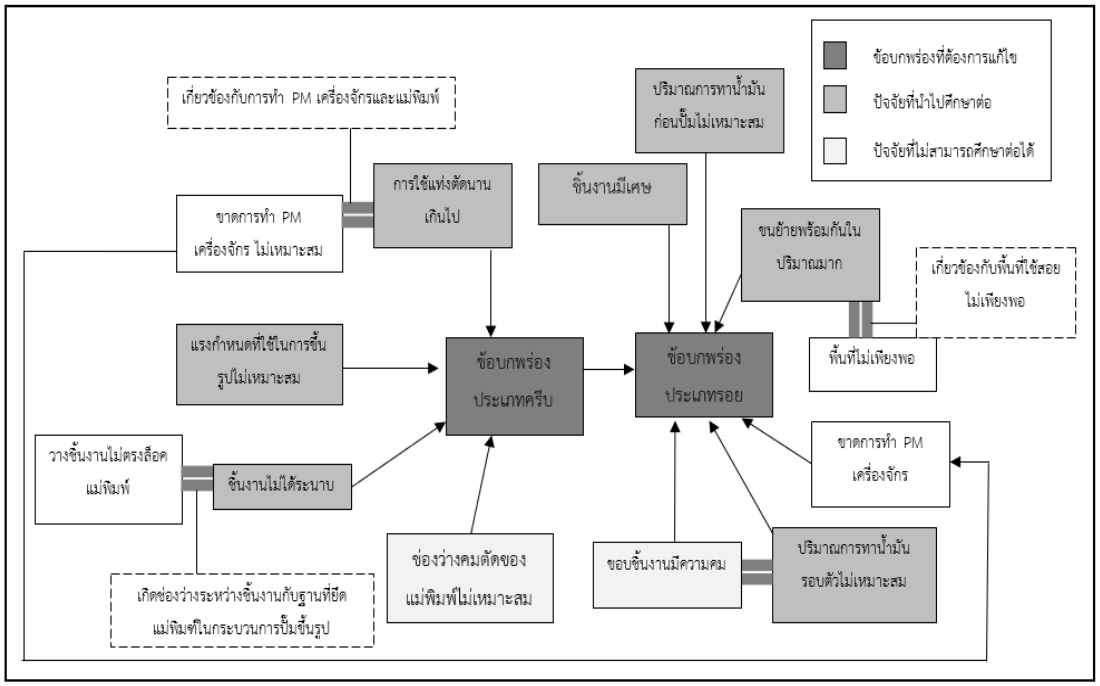
- พื้นที่ไม่เพียงพอ

เนื่องจากสายการผลิตมีการขึ้นรูปงานหลายงานพร้อมกันและงานแต่ละงานมีชิ้นงานที่รอการทำซ้ำอยู่มาก ทำให้มีพื้นที่ไม่เพียงพอจึงต้องทำการซ้อนทับชิ้นงานเรียงรอไว้สำหรับสถานีงานถัดไป ส่งผลทำให้เกิดรอยบนชิ้นงาน ซึ่งถ้าแก้ไขปัญหาการทำซ้ำได้จะทำให้มีพื้นที่เพิ่มมากขึ้นและทำให้การซ้อนทับของชิ้นงานลดลง ส่งผลทำให้ข้อบกพร่องประเภทรอยลดน้อยลงได้เช่นกัน

จากการศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องรอยจะมีตัวชี้วัด คือ สัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขของข้อบกพร่องประเภทรอยลดลง มีการศึกษาปัจจัยทั้งหมด 4 ปัจจัยเพิ่มเติมนอกเหนือจากชิ้นงานที่เป็นข้อบกพร่องประเภทรอยที่เกิดจากครีบ คือ ชิ้นงานมีเศษ ขนย้ายพร้อมกันในปริมาณมาก ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มไม่เหมาะสม และความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงานไม่เหมาะสม นำปัจจัยมาวิเคราะห์และหาวิธีการแก้ไขปัญหาหรือกำหนดมาตราฐานการทำงานใหม่ต่อไป โดยทำให้มีสัดส่วนของเสียอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยการกำหนดมาตราฐานใหม่ต้องอยู่ในระดับที่ทางโรงงานยอมรับได้

จากที่ได้กล่าวมาพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอย เกิดจากปัจจัยคือครีบของชิ้นงาน ซึ่งผู้วิจัยจะศึกษาผลกระทบของปัจจัยโดยละเอียดต่อ โดยทำการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของสาเหตุ และผลที่ทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ และรอย แสดงดังรูปที่ 4.13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.13 ภาพแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้าและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ

จากรูปที่ 4.13 สามารถอธิบายความสอดคล้องของปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอยจิกจากการปั๊มทับ ซึ่งมีสาเหตุเกิดจากครีบชิ้นงาน การที่ครีบสูงเกิดจากอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัดมาก แรงกำหนดที่ใช้ในการขึ้นรูปไม่เหมาะสมแต่ละช่วงสโตรก ชิ้นงานไม่ได้ระนาบจะส่งผลทำให้แท่งตัดและแผ่นดายตัดเกิดความสึกหรอเร็วขึ้น ส่งผลทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปัจจัยที่นำไปศึกษาต่อในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบ มีปัจจัยทั้งหมด 3 ปัจจัย คือ แรงกำหนดที่เหมาะสม ระยะระนาบที่เหมาะสม และอายุการใช้แท่งตัด ปัจจัยนำไปศึกษาต่อในการแก้ไขข้อบกพร่องรอย มีการศึกษาปัจจัยทั้งหมด 4 ปัจจัยเพิ่มเติมนอกเหนือจากชิ้นงานที่เป็นข้อบกพร่องประเภทรอยที่เกิดจากครีบ คือ ชิ้นงานมีเศษ ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มไม่เหมาะสม ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงานไม่เหมาะสม และขนย้ายพร้อมกันในปริมาณมาก

ปัจจัยที่ไม่นำไปศึกษาต่อในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบ คือ ช่องว่างคมตัดของแม่พิมพ์ไม่เหมาะสมเนื่องจากการแก้ไขปัจจัยนี้ใช้ระยะเวลานานและเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมาก ในการค้นคว้าพบว่าเมื่อจำนวนการตัดเพิ่มสูงขึ้นทำให้คมตัดของพันช์และดายเกิดการสึกหรอ ในช่วงนี้อิทธิพลของลักษณะคมตัดมีผลต่อการเกิดครีบมากกว่าช่องว่างของคมตัดแม่พิมพ์ และปัจจัยที่ไม่นำไปศึกษาต่อใน

การแก้ไขข้อบกพร่องประเภทรอย คือ ขอบชิ้นงานมีความคม เนื่องจากปัจจัยนี้ไม่สามารถแก้ไขได้ เนื่องจากเป็นปกติของชิ้นงานที่ถูกตัดเฉือน ทำให้ทางทีมงานจึงมุ่งเน้นไปที่ปัจจัย ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงานไม่เหมาะสม เพื่อที่ต้องการทำให้ขอบของชิ้นงานระหว่างทำการขนย้ายสัมผัสกันน้อยลง

4.6 สรุประยะวิเคราะห์การวัด

ในระยะวิเคราะห์การวัดเพื่อหาสาเหตุของของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย มีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ 1. ศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมัน และ 2. การวิเคราะห์ความแม่นและความเที่ยงของระบบการวัดของข้อมูลแบบผันแปรและข้อมูลแบบนับ 3. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการข้อมูลแบบต่อเนื่องและข้อมูลแบบหน่วยนับ (Process Capability Analysis) 4. การวิเคราะห์สาเหตุ และผลของการเกิดของเสียโดยใช้แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) และ 5. การคัดกรองปัจจัยโดยใช้เกณฑ์ของการวิเคราะห์ความล้มเหลว และผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน (Process Failure Mode and Effect Analysis)

โดยเริ่มศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมัน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบกระบวนการการผลิตของฝาครอบถังน้ำมัน ซึ่งมีกระบวนการที่ต้องทำการเก็บข้อมูล ดังนี้ กระบวนการผลิตตั้งแต่รับแผ่นโลหะจนถึงการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่คลังสินค้า กระบวนการขนถ่ายผลิตภัณฑ์ กระบวนการตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการปั๊มเพื่อตัดและเจาะรูชิ้นงาน

หลังจากทำการศึกษากระบวนการที่จะทำการเก็บข้อมูลแล้ว ทำการวิเคราะห์ความแม่นและความเที่ยงของระบบการวัด ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลการวัดที่เกี่ยวข้องกับของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ คือ ข้อมูลการวัดความสูงครีบของพนักงานตรวจสอบ 2 คน พนักงานแต่ละคนทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง โดยผลความผันแปรของระบบการวัดเทียบกับความผันแปรของกระบวนการ (%SV) มีค่าเท่ากับร้อยละ 10.34 โดยผ่านเกณฑ์การยอมรับได้ของ AIAG(2008) และข้อมูลการตรวจสอบรอยบนชิ้นงานของพนักงานตรวจสอบ 2 คน พนักงานแต่ละคนทำการวัดซ้ำ 4 ครั้ง โดยผลการวิเคราะห์ มีเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความสามารถในการวัดของการตรวจสอบ (Between Appraisers) และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ (All Appraisers VS Standard) เท่ากับร้อยละ 90 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ส่วนขั้นตอนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ โดยเริ่มจากการคำนวณขนาดตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการซึ่งมีผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจากข้อบกพร่องครีบ ค่า Ppk มีค่าเท่ากับ 0.29 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ยอมรับที่ 1.33

ของ AIAG (2008) ดังนั้นต้องทำการปรับปรุงกระบวนการให้มีความสามารถในระดับที่สูงขึ้น มีเป้าหมายเพื่อลดอัตราความสูงครีบที่เกิดขึ้นให้เกิดช้าลง เพื่อเพิ่มจำนวนสโตรกการทำงานแก่กระบวนการก่อนการเจียระไนแท่งตัดและดายตัดโดยค่าความสูงครีบที่เกิดขึ้นอยู่ภายใต้การควบคุม และผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจากข้อบกพร่องรอย สัดส่วนของเสียของชิ้นงานในข้อบกพร่องประเภทรอย มีความผันแปรเกิดขึ้นและมีสัดส่วนของเสียเฉลี่ย ร้อยละ 1.11 ซึ่งเกินเป้าหมายที่ทางโรงงานกำหนดไว้ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าต้องทำการปรับปรุงให้กระบวนการมีความสามารถในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้กระบวนการนั้นมีสัดส่วนของเสียที่น้อยที่สุด

หลังจากการวิเคราะห์ระบบการวัดและวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการแล้ว จึงทำการวิเคราะห์หาปัจจัยนำเข้าโดยใช้แผนผังก้างปลาโดยระดมสมองเพื่อวิเคราะห์สาเหตุการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องทั้งสองประภท และวิเคราะห์ผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันซึ่งพบว่ามีปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ ดังนี้ 1. แรงกำหนดในการขึ้นรูปไม่เหมาะสมในสโตรกการทำงาน 2. ระยะระนาบของชิ้นงานไม่เหมาะสม 3. อายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัดไม่เหมาะสม เมื่ออายุการใช้งานมากส่งผลให้ชิ้นงานเกิดครีบ และปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอย 1. ชิ้นงานมีเศษ 2. ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มไม่เหมาะสม 3. ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงานไม่เหมาะสม 4. ขนย้ายพร้อมกันในปริมาณมาก

ระยะต่อไป คือ ระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย โดยนำปัจจัยนำเข้าที่ได้จากการวิเคราะห์ความล้มเหลว และผลกระทบ (Failure mode and Effect Analysis : FMEA) จากการวิเคราะห์ระบบการวัด เพื่อหาระดับของปัจจัยที่ทำให้ตัวแปรตอบสนอง คือ ค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยการผลิตต่ำที่สุด โดยเรียงลำดับปัจจัยในการทดลองจากการวิเคราะห์หาลำดับที่เหมาะสมและต้นทุนในการปรับปรุงกระบวนการ ดังที่จะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
ระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเป็นการวิเคราะห์สาเหตุการเกิดของของเสียประเภทครีบและรอย ในกระบวนการขึ้นรูปโลหะฝาครอบถังน้ำมัน ทำการวิเคราะห์รูปแบบการทดลอง และการออกแบบเมทริกซ์การทดลองเพื่อใช้การวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยนำปัจจัยนำเข้าที่คัดกรองจากวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบเพื่อหาว่าปัจจัยใดมีนัยสำคัญและหาค่าที่เหมาะสมที่ทำให้สัดส่วนของเสียมีค่าน้อยลงและจะทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยการผลิตต่ำลง

5.1 การกำหนดปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง

จากการคัดกรองปัจจัยในบทการวิเคราะห์ระบบการวัด ทำให้ได้ปัจจัยนำเข้าที่จะศึกษาในรายละเอียดต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 5.1 มีลำดับของปัจจัยที่ศึกษาดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย

1.ข้อบกพร่องประเภทครีบ	
ชื่อปัจจัย	หน่วย
1.1 ระนาบของชิ้นงาน	-
1.2 อายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัด	สโตรก (ครั้ง)
1.3 แรงกำหนดในการขึ้นรูปชิ้นงาน	ตัน
2. ข้อบกพร่องประเภทรอย	
ชื่อปัจจัย	หน่วย
2.1 การขนย้ายชิ้นงาน	รอบ
2.2 ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊ม	ครั้ง
2.3 ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงาน	ครั้ง
2.4 เศษของชิ้นงาน	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 5.1 เป็นตารางแสดงลำดับของปัจจัยในการศึกษาเพื่อทำการทดลอง โดยศึกษาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย

ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบปัจจัยแรก คือ ปัจจัยเรื่องระนาบของชิ้นงาน เนื่องจากพบว่าชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการปั๊มระนาบนั้นตัวชิ้นงานไม่ได้ระนาบเรียบก่อนนำไปปั๊มเจาะรู ซึ่งการที่ตัวชิ้นงานไม่ได้ระนาบเรียบนอกจากจะส่งผลให้เกิดชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องประเภทครีบแล้ว ยังส่งผลต่อตัวแท่งตัดทำให้เกิดการสึกหรอตามแนวยาวบริเวณด้านข้างของพันช์ เนื่องจากในการตัดเฉือนขอบของพันช์และชิ้นงานจะเกิดการเสียดสีกันในการกดทับรอบแรก จากนั้นจะเกิดการเสียดสีกันอีกครั้งในการดึงตัวกลับของพันช์ ซึ่งในการตัวชิ้นงานมีระนาบที่ไม่เสมอกันทำให้ระยะในการตัดเฉือนมากขึ้น ทำให้การสึกหรอของพันช์มากขึ้น ส่งผลให้ต้องซ่อมบำรุงแท่งตัดก่อนเวลา ดังนั้นควรแก้ไขปัจจัยระนาบของชิ้นงานก่อนปรับปรุงปัจจัยอื่น ๆ ต่อไป

ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบปัจจัยที่สอง คือ ปัจจัยเรื่องอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัด เมื่อทำการปั๊มตัดชิ้นงานแบบต่อเนื่องส่งผลทำให้แท่งตัดและดายตัดเกิดการสึกหรอ ซึ่งส่งผลต่อความสูงของครีบ โดยขณะที่แท่งตัดเกิดการสึกหรอจำเป็นต้องใช้แรงในการตัดเฉือนที่มากขึ้น จากปัจจัยเรื่องอายุการใช้งานแท่งตัดและแรงกำหนดในการขึ้นรูปชิ้นงาน จึงต้องการศึกษาอายุการใช้งานและแรงกำหนดที่เหมาะสมของแท่งตัด โดยแสดงด้วยจำนวนสโตรกที่ปั๊มก่อนการเจียระไนร่วมกับการกำหนดแรงกำหนดที่เหมาะสม

ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบปัจจัยที่สาม คือ แรงกำหนดในการขึ้นรูปชิ้นงาน กระบวนการในการตัดเฉือนแผ่นโลหะจะทำให้เกิดการสึกหรอแก่แท่งตัดและดายตัด โดยในการขึ้นรูปที่ใช้เครื่องปั๊มที่แรงกำหนดสูงจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าเครื่องปั๊มที่แรงกำหนดที่ต่ำกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยปัจจัยแรก คือ การขนย้ายชิ้นงาน เนื่องจากไม่มีค่าใช้จ่ายในด้านอุปกรณ์และการทดลอง ในการทำงานปัจจุบันทำการขนย้ายชิ้นงานทีละจำนวนมาก โดยใช้ตะแกรงเหล็กขนาดใหญ่ ทำให้พื้นผิวและขอบของตัวชิ้นงานสัมผัสกันเป็นจำนวนมาก ส่งผลต่อการเกิดรอยบนชิ้นงาน

ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยปัจจัยที่สอง คือ ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊ม เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในด้านการทดลองน้อยเป็นอันดับที่ 2 ซึ่งคาดว่าจะเมื่อทาน้ำมันก่อนปั๊มทับแล้วจะไม่มีเศษของชิ้นงานที่ถูกปั๊มทับ เนื่องจากเมื่อชิ้นงานผ่านกระบวนการตัดเฉือนแล้ว จะพบเศษของชิ้นงานติดอยู่ที่แท่งตัดและดาย เมื่อไม่ได้นำเศษชิ้นงานออกจะทำให้เมื่อทำการปั๊มชิ้นงานต่อไป ชิ้นงานถัดไปจะพบข้อบกพร่องประเภทรอยจากการปั๊มทับได้

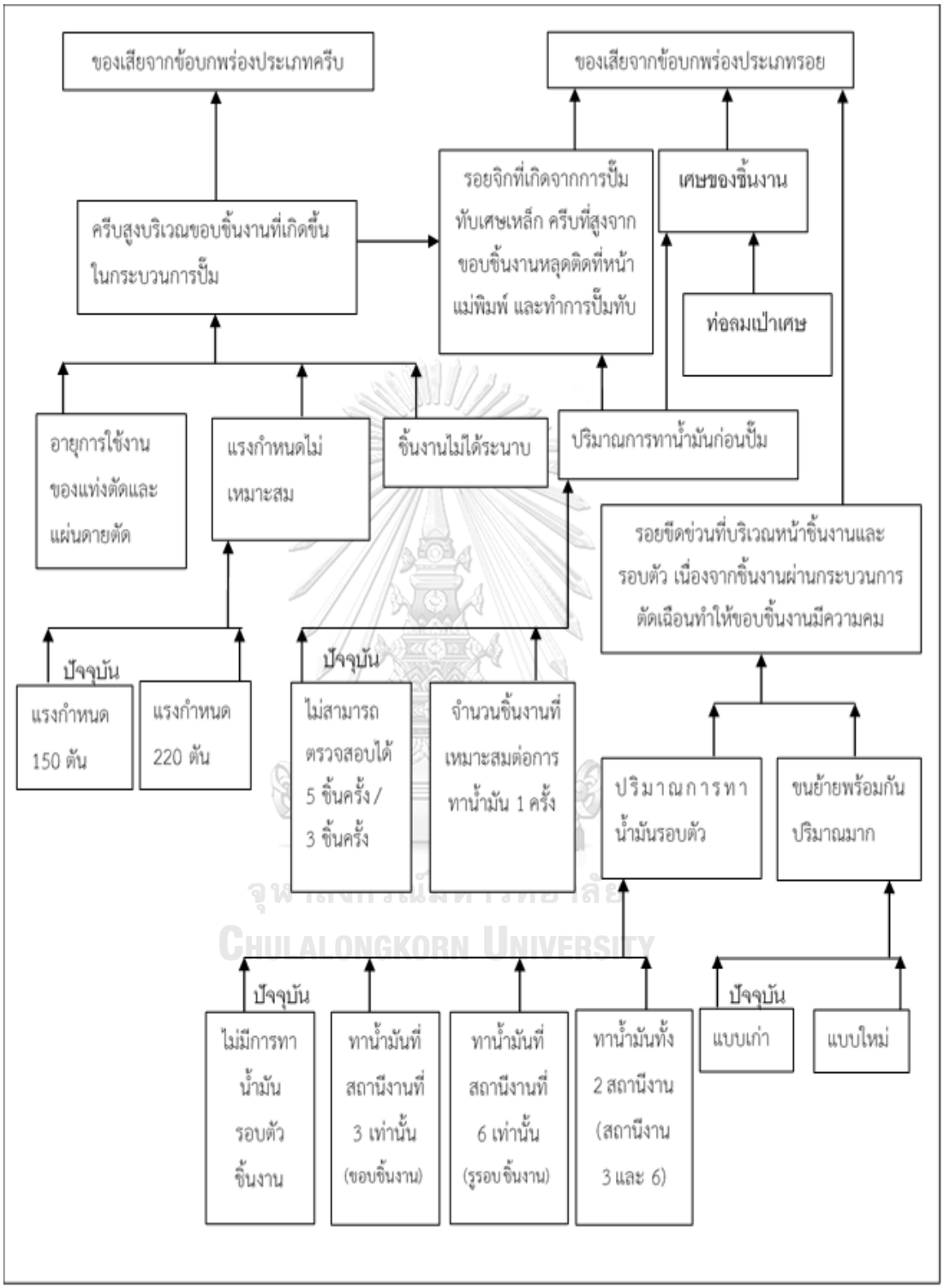
โดยการทาน้ำมันก่อนการปั๊มจะปัดเศษที่ติดอยู่ที่หน้าแท่งตัดและตัวชิ้นงานออกไปก่อนทำการปั๊ม โดยการทำงานปัจจุบันไม่ระบุมาตราฐานการทาน้ำมันที่ชัดเจน

ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยปัจจัยที่สาม คือ ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงาน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในด้านการทดลองน้อยเป็นอันดับที่ 3 โดยการทำงานปัจจุบันไม่มีการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงาน แม้ว่าชิ้นงานมีความคมบริเวณขอบของชิ้นส่วนที่ถูกตัดเฉือน โดยที่มุ่งเน้นไปที่สถานีงานที่มีกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการตัดเฉือน สถานีงานที่ 3 ตัดขอบและสถานีงานที่ 6 การเจาะ

ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยปัจจัยที่สี่ คือ เศษของชิ้นงาน ในการกำจัดเศษของชิ้นงานจะทำการติดตั้งท่อลมเป่าเศษ เพื่อเป่าเศษของชิ้นงานที่ติดอยู่กับแม่พิมพ์ในขณะที่ทำการตัดเฉือนเสร็จ ดังนั้นจะมีค่าใช้จ่ายในด้านการทดลองสูงที่สุด

โดยการศึกษาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันเริ่มต้นจากการศึกษาความมีนัยสำคัญของการใช้ระนาบแบบใหม่ ศึกษาความมีนัยสำคัญของปัจจัยเรื่องอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัดที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยความสูงครีบที่ช่วงสโตรกแตกต่างกัน ศึกษาแรงกำหนดที่เหมาะสมในการขึ้นรูปชิ้นงานและความมีนัยสำคัญของปัจจัยเรื่องแรงกำหนดที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยความสูงครีบที่เครื่องปั๊มตัดเจาะที่ใช้แรงกำหนดขนาดที่แตกต่างกัน ศึกษาความมีนัยสำคัญของการใช้การขนย้ายแบบใหม่ที่ส่งผลต่อสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยในกระบวนการผลิต ศึกษาความมีนัยสำคัญเรื่องความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและพันช์ก่อนการปั๊ม โดยเริ่มต้นจากการศึกษาหาจำนวนชิ้นงานที่เหมาะสมต่อการทาน้ำมัน 1 ครั้งก่อน จากนั้นนำความถี่ในการทาน้ำมันที่เหมาะสมไปศึกษาหาความมีนัยสำคัญต่อไป ศึกษาความมีนัยสำคัญเรื่องความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงาน โดยเริ่มต้นจากการศึกษาหาสถานีงานที่เหมาะสมกับการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงานก่อน จากนั้นนำสถานีงานที่เหมาะสมในการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงานไปศึกษาหาความมีนัยสำคัญต่อไป และศึกษาความมีนัยสำคัญของการใช้ท่อลมเป่าเศษที่ส่งผลต่อสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยในกระบวนการผลิต โดยความสอดคล้องของปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย ในรูปที่ 5.1 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย ในภาพแสดงทางเลือกของแนวทางการแก้ไขในการปรับปรุงข้อบกพร่องประเภทต่าง ๆ และปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทนั้น ๆ ประกอบด้วยข้อบกพร่องประเภทครีบและข้อบกพร่องประเภทรอย คือ รอยจิกและรอยขีดข่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



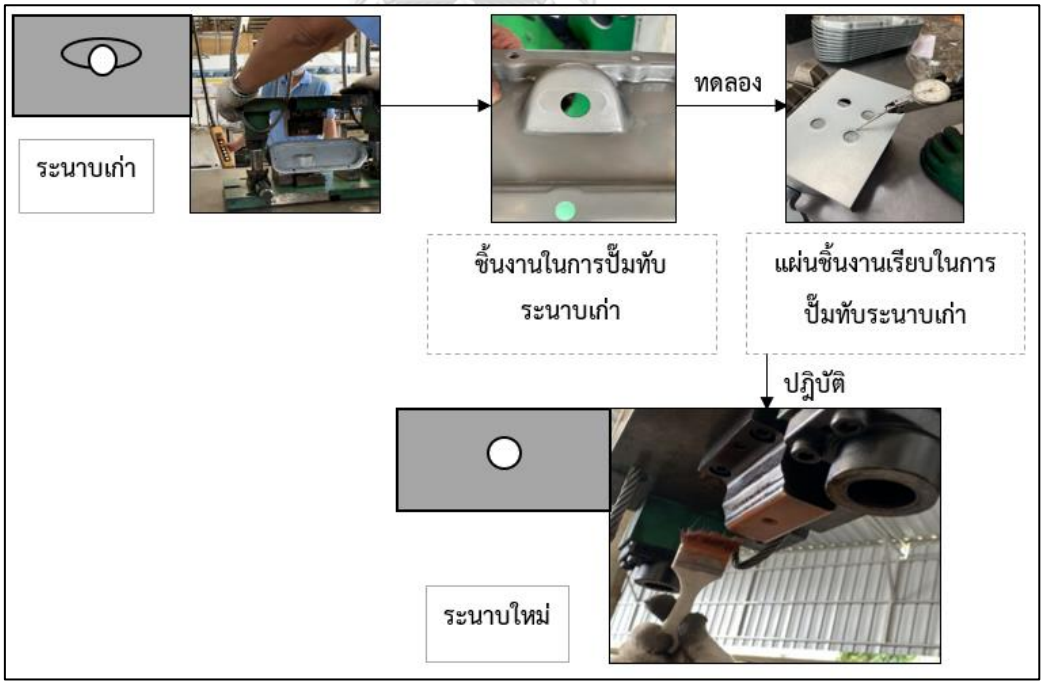
รูปที่ 5.1 แผนภาพความเชื่อมโยงของปัจจัยข้อบกพร่องประเภทครีบและข้อบกพร่องประเภทรอย

5.2 ศึกษาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน

5.2.1 ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบ

1. ระนาบของชิ้นงาน

การทำงานปัจจุบันไม่เคยตรวจวัดเรื่องระนาบของชิ้นงานเพียงแต่พยายามจะปรับแก้ไขที่ตัวเครื่องปั๊มเท่านั้น โดยเมื่อทำการทดลองเบื้องต้น พบว่าปัจจัยนำเข้านี้ส่งผลกระทบต่อการทำให้เกิดครีบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลอง โดยนำชิ้นงานที่มีระนาบเรียบไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ และมีคุณสมบัติเดียวกัน ทำการทดลองปั๊มเจาะรูที่ช่วงสโตรกใกล้เคียงกันสภาพแวดล้อมเดียวกันและเครื่องจักรเดียวกัน พบว่าชิ้นระนาบเรียบมีความสูงครีบที่ต่ำกว่าชิ้นงานปัจจุบันที่มีระนาบไม่เรียบอันเกิดจากการถูกปั๊มโดยพันช์ที่มีระนาบไม่เรียบ โดยผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงระนาบของชิ้นงาน โดยปรับปรุงพันช์ให้มีระนาบที่เรียบสามารถปั๊มระนาบครอบคลุมพื้นที่ของรูที่จะถูกเจาะก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการปั๊มเจาะรู เพื่อไม่ให้ชิ้นงานเกิดการมีความสูงระนาบที่ไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดครีบสูง ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลความสูงครีบจากการปั๊มด้วยระนาบของพันช์แบบเก่าและแบบใหม่ จากการทดลองตามขั้นตอนในรูปที่ 5.2 ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5.2

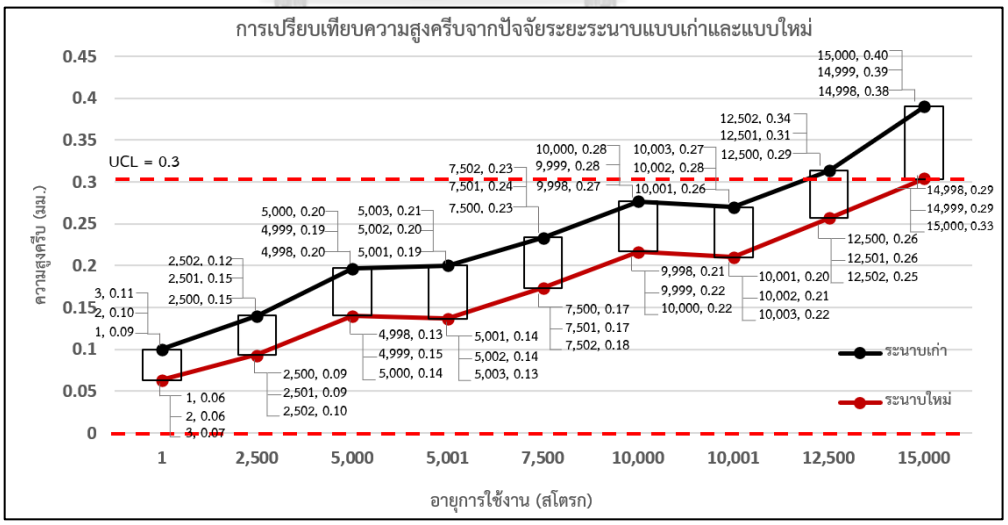


รูปที่ 5.2 ขั้นตอนในการทดลองเรื่องระนาบ

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลวัดความสูงครีบจากปัจจัยระยะระนาบ

สโตรกที่	ความสูงครีบ(มม.)						หมายเหตุ
	ระนาบเก่า			ระนาบใหม่			
1 - 3	0.09	0.10	0.11	0.06	0.06	0.07	
2,500 - 2,502	0.15	0.15	0.12	0.09	0.09	0.10	
4,998 - 5,000	0.20	0.19	0.20	0.13	0.15	0.14	
5,001 - 5,003	0.19	0.20	0.21	0.14	0.14	0.13	
7,500 - 7,502	0.23	0.24	0.23	0.17	0.17	0.18	
9,998 - 10,000	0.27	0.28	0.28	0.21	0.22	0.22	
10,001 - 10,003	0.26	0.28	0.27	0.20	0.21	0.22	
12,500 - 12,502	0.29	0.31	0.34	0.26	0.26	0.25	
14,998 - 15,000	0.38	0.39	0.40	0.29	0.29	0.33	สโตรกที่ต้องทำการเจียระไนแท่งตัด และแผ่นดายตัด

จากตารางที่ 5.2 เป็นตารางความสูงครีบจากปัจจัยระนาบเก่าและระยะระนาบใหม่โดยจะแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 5.3 พบว่า เมื่อใช้ระนาบแบบเก่าความสูงครีบมีค่าสูงกว่าขีดจำกัดควบคุมบน ในช่วงสโตรกที่ 12,500 แต่เมื่อใช้ระนาบใหม่ ความสูงครีบมีค่าสูงกว่าขีดจำกัดควบคุมบน ในช่วงสโตรกที่ 15,000 ซึ่งเห็นได้ว่าเมื่อหากเปลี่ยนแปลงระนาบใหม่ส่งผลให้ความสูงครีบมีค่าที่ต่ำกว่าเมื่อใช้ระนาบแบบเก่าในช่วงสโตรกเดียวกัน



รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบความสูงครีบของระยะระนาบแบบเก่าและแบบใหม่

ทำการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดให้

H_0: ค่าเฉลี่ยของความสูงครีบเมื่อใช้ระนาบใหม่ มีค่าไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของความสูงครีบเมื่อใช้ระนาบเก่า

H_a: ค่าเฉลี่ยของความสูงครีบเมื่อใช้ระนาบใหม่ มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของความสูงครีบเมื่อใช้ระนาบเก่า

ทำการทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งให้ผลลัพธ์ ดังนี้

Paired T-Test and CI: Improve Surface, Normal Surface
Paired T for Improve Surface - Normal Surface

	N	Mean	StDev	SE Mean
Improve Surface	27	0.1770	0.0748	0.0144
Normal Surface	27	0.2356	0.0859	0.0165
Difference	27	-0.05852	0.01875	0.00361

95% upper bound for mean difference: -0.05236
T-Test of mean difference = 0 (vs < 0): T-Value = -16.22 P-Value = 0.000

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 แสดงว่าเมื่อใช้ระนาบใหม่มีค่าเฉลี่ยความสูงครีบ น้อยกว่าของระนาบเก่าและได้ทำการศึกษาผลกระทบหากมีการปรับระนาบใหม่จะไม่ส่งผลกระทบต่อกำลังการผลิตเนื่องใช้จากความเร็วและกำลังในการผลิตเท่าเดิม หลังจากปรับปรุงเรื่องระนาบแล้วจึงทำการปรับปรุงเรื่องอายุการใช้งานและแรงกำหนดที่เหมาะสมต่อไป ในการทำระนาบใหม่มีค่าใช้จ่ายในการเจียระไนพันซ์ให้เรียบ มีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.3 ค่าใช้จ่ายในการทำระนาบพันซ์ใหม่

ลำดับ	รายละเอียด	ค่าใช้จ่าย (บาท/ชม.)	ระยะเวลาทำงาน (ชั่วโมง)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
1.	เครื่องเจียระไนราบ (พร้อมจานเจียร)	500	4.5	2,250
2.	ค่าแรงช่างในการเจียระไนพันซ์	100	10	1,000
			รวม	3,250

จากตารางที่ 5.3 พบว่ามีค่าใช้จ่ายในการเจียระไนระนาบพันซ์ใหม่เท่ากับ 3,250 บาท ประกอบด้วยเครื่องเจียระไนราบ (พร้อมจานเจียร)เท่ากับ 2,250 บาทและค่าแรงของช่างในการเจียระไน ซึ่งระยะเวลาเท่ากับ 10 ชั่วโมง มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1,000 บาท

2. อายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัด

จากการวิเคราะห์ในบทที่แล้วจะเห็นได้ว่า เมื่ออายุการใช้งานของแท่งตัดมากขึ้นความสูงของครีบบริเวณขอบของรูชิ้นงานในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันก็จะสูงขึ้นด้วย พิจารณาการสึกหรอของแท่งตัดในส่วนคุณภาพของขอบตัดชิ้นงานและแรงที่ใช้ในการปั๊มตัดเจาะ

ในงานตัดโลหะจะเกิดการเสียดสีระหว่างคมตัดของพันช์กับดายและแม่พิมพ์เพราะในการตัดต้องให้แรงผ่านพันช์กด จนกระทั่งชิ้นงานเกิดการฉีกขาดและแยกออกจากกัน การสึกหรอตรงคมตัดจะเกิดขึ้นก่อนการสึกหรอด้านข้าง ซึ่งการสึกหรอตรงคมตัดจะมีผลต่อขนาดของครีบบนชิ้นงาน เพราะถ้าคมตัดเกิดการสึกหรอการตัดจะไม่สมบูรณ์ และจะทำให้ขนาดของครีบสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อการสึกหรอเพิ่มมากขึ้นหรือในการตัดชิ้นงานในปริมาณมาก การสึกหรอด้านหน้าเกิดจากการที่ผิวด้านข้างของพันช์และดายพันช์กระแทกซ้ำ ๆ กับชิ้นงาน ซึ่งจะทำให้เกิดความล้าของผิวดังกล่าวขึ้น และจะมีผลมากเมื่อมีการตัดชิ้นงานจำนวนมาก ๆ โดยทั่วไปจะใช้ขนาดของครีบบนขอบตัดของชิ้นงานเป็นตัวบ่งบอกอายุของคมตัด เมื่อจำนวนการตัดมากขึ้นคมตัดจะเกิดการสึกหรอ ทำให้จุดเริ่มเกิดรอยแยกเลื่อนขึ้นมา ความสูงของครีบจึงเพิ่มขึ้น เมื่อความสูงครีบที่เกิดขึ้นเกินกว่าค่าที่สามารถยอมรับได้จะต้องนำพันช์และดายทำการเจียระไนเพื่อเริ่มนับโสตรกการทำงานใหม่

ในส่วนของคุณภาพชิ้นงาน ผลจากการความสูงครีบของขอบตัดชิ้นงานในตารางที่ 5.2 ระยะระนาบใหม่ พบว่าช่วงเริ่มต้นการตัดเฉือนบริเวณคมตัดของแม่พิมพ์ยังไม่เกิดการสึกหรอ การตัดเฉือนจึงกระทำได้ง่าย ส่งผลให้ความสูงของครีบเกิดขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อจำนวนการตัดเพิ่มขึ้นทำให้คมตัดของพันช์และดายเกิดการสึกหรอ ทำให้ลักษณะของคมตัดแท่งตัดมีลักษณะเป็นรัศมีโค้งมน เป็นจุดเริ่มต้นของรอย แตกเปลี่ยนไปในตำแหน่งที่เลื่อนสูงขึ้นเหนือรัศมีคมตัด ส่งผลทำให้ความสูงครีบมีระยะสูงขึ้น และจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแรงที่ใช้ในการปั๊มเมื่อแม่พิมพ์เกิดการสึกหรอ พบว่า แรงที่ใช้ในการตัดชิ้นงานจะมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากความคมของพันช์ที่เริ่มหายไปจากการสึกหรอ ทำให้การตัดทำได้ยากขึ้น จึงต้องใช้แรงตัดเพิ่มขึ้นสูงในช่วงแรกของการตัดที่เกิดการสึกหรอในช่วงที่ความสูงครีบไม่สามารถยอมรับได้ และส่วนในช่วงสโตรกหลังจากการเพิ่มแรงตัดแล้วการสึกหรอที่เกิดขึ้นเริ่มคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยควรใช้แรงตัดคงที่ จึงไม่ควรเพิ่มแรงตัดแก่แม่พิมพ์ โดยทดสอบสมมติฐานว่าอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัดส่งผลต่อความสูงครีบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดให้

H_0: ค่าเฉลี่ยของความสูงครีบที่ช่วงสโตรกต่างกัน มีค่าไม่แตกต่างกัน

H_a: ค่าเฉลี่ยของความสูงครีบที่ช่วงสโตรกต่างกัน มีค่าแตกต่างกันบางคู่

ทำการทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งให้ผลลัพธ์ ดังนี้

One-way ANOVA: Improve Surface 1 - 3 สโตรก, 2,500 - 2,50, 4,998 - 5,00, 5,001 - 5,00, ...

Method

Null hypothesis All means are equal

Alternative hypothesis At least one mean is different

Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	9	1 - 3 สโตรก, 2,500 - 2,502 สโตรก, 4,998 - 5,000 สโตรก, 5,001 - 5,003 สโตรก, 7,500 - 7,502 สโตรก, 9,998 - 10,000 สโตรก, 10,001 - 10,003 สโตรก, 12,500 - 12,502 สโตรก, 14,998 - 15,000 สโตรก

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	8	0.143696	0.017962	173.21	0.000
Error	18	0.001867	0.000104		
Total	26	0.145563			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0101835	98.72%	98.15%	97.11%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
1 - 3 สโตรก	3	0.06333	0.00577	(0.05098, 0.07569)
2,500 - 2,502 สโตรก	3	0.09333	0.00577	(0.08098, 0.10569)
4,998 - 5,000 สโตรก	3	0.14000	0.01000	(0.12765, 0.15235)
5,001 - 5,003 สโตรก	3	0.13667	0.00577	(0.12431, 0.14902)
7,500 - 7,502 สโตรก	3	0.17333	0.00577	(0.16098, 0.18569)
9,998 - 10,000 สโตรก	3	0.21667	0.00577	(0.20431, 0.22902)
10,001 - 10,003 สโตรก	3	0.21000	0.01000	(0.19765, 0.22235)
12,500 - 12,502 สโตรก	3	0.25667	0.00577	(0.24431, 0.26902)
14,998 - 15,000 สโตรก	3	0.3033	0.0231	(0.2910, 0.3157)

Pooled StDev = 0.0101835

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 แสดงว่าอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัดที่ช่วงสโตรกต่างกันมีผลต่อค่าเฉลี่ยของความสูงครีบ ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาอายุการใช้งานที่เหมาะสมของแท่งตัดซึ่งแสดงด้วยจำนวนสโตรกที่ปั๊มก่อนการเจียระไนร่วมกับการกำหนดแรงกำหนดที่เหมาะสมต่อไป

3. แรงกำหนดในการขึ้นรูปชิ้นงานที่เหมาะสม

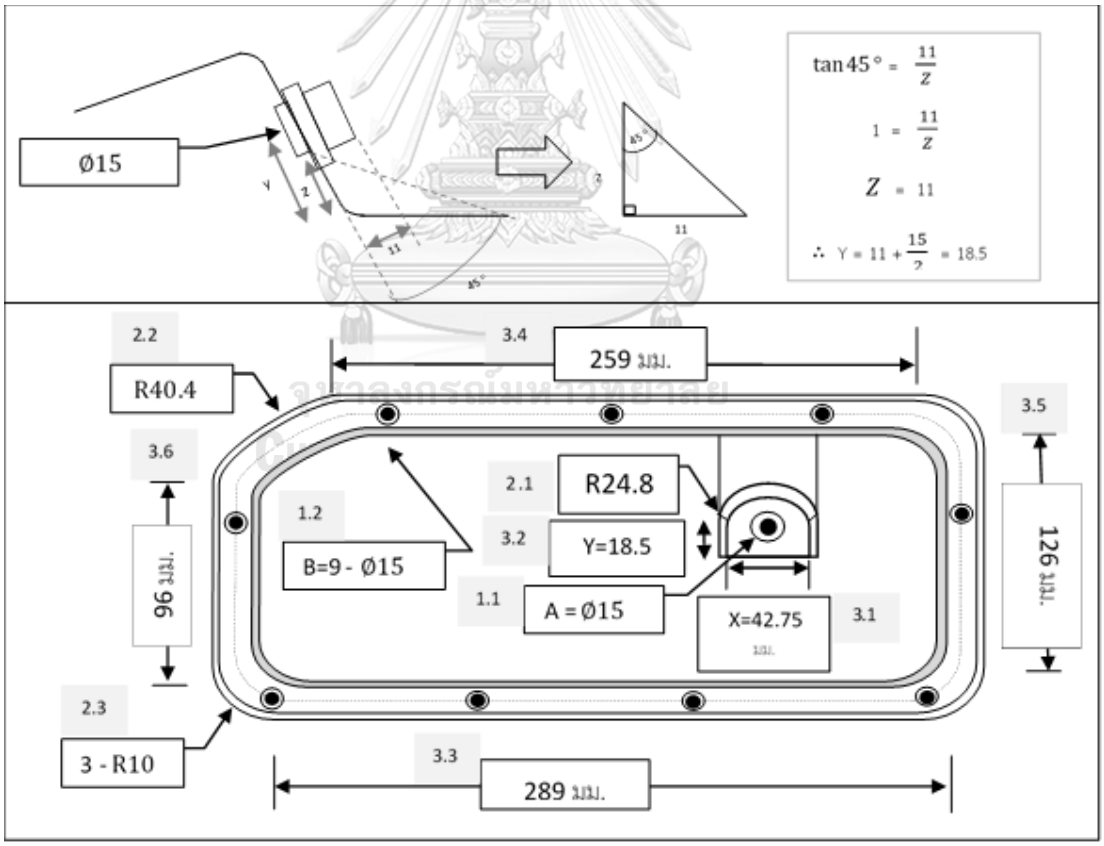
โดยเริ่มวิเคราะห์จากเครื่องปั๊มชิ้นงาน แนวทางการปรับปรุงโดยกำหนดแรงกำหนดที่เหมาะสมในการขึ้นรูปชิ้นงานในแต่ละช่วงสโตรก โดยก่อนปรับปรุงได้ใช้เครื่องปั๊มที่แรงกำหนด คือ 150 ตัน โดยมีการคำนวณแรงกำหนดที่เหมาะสมในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ตามรายละเอียด ดังนี้ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วัตถุดิบชนิด SPCC ซึ่งมีความเค้นดึงมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 270 นิวตัน/ตร.มม.และสูงสุดเท่ากับ 410 นิวตัน/ตร.มม. โดยคำนวณจากสมการด้านล่างนี้

$$\tau = \frac{F}{A} \qquad \text{(5.1)}$$

โดยที่ τ = ค่าความเค้นเฉือน (นิวตัน/ตร.มม.)

F = แรงเฉือน (นิวตัน)

A = พื้นที่ตัด (ตร.มม.)



รูปที่ 5.4 ขนาดของฝาครอบถังน้ำมัน

การคำนวณพื้นที่ตัดของฝาครอบถังน้ำมัน ประกอบด้วย พื้นที่หน้าตัดวงกลม, พื้นที่ตัดส่วนโค้ง และพื้นที่เส้นตรง โดยขนาดของชิ้นงานแสดงในรูปที่ 5.4 สามารถคำนวณพื้นที่ตัดของคำนวณพื้นที่ตัดของฝาครอบถังน้ำมัน ดังนี้

1. พื้นที่ตัดของวงกลม = เส้นรอบรูปวงกลม x t

= (2 X π X r) X t

= πx d x t ____ (5.2)

โดยที่ d = เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)

t = ความหนา (มม.)

แทนค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่าง ๆ ลงในสมการที่ 5.2 แสดงดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 พื้นที่ตัดวงกลมของฝาครอบถังน้ำมัน

ตำแหน่ง	π	d (มม.)	t (มม.)	πx d x t (ตร.มม.)
1.1 A	22/7	15	1.6	75.43
มีจำนวน 1 วง				75.43
1.2 B	22/7	15	1.6	75.43
มีจำนวน 9 วง				678.87
พื้นที่ตัดของวงกลมรวม				754.30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปได้ว่ามีพื้นที่ตัดของวงกลมรวมเท่ากับ 754.30 ตร.มม.

2.พื้นที่ตัดส่วนโค้ง = l_Bx t ____ (5.3)

ความยาวส่วนโค้ง l_B = $\frac{\pi \text{ x } r \text{ x } \alpha}{180^o}$ ____ (5.4)

โดยที่ l_B = ความยาวของส่วนโค้ง (มม.)

r = รัศมีของส่วนโค้ง (มม.)

α = มุมที่ศูนย์กลาง (มม.)

t = ความหนา (มม.)

แทนค่ารัศมีส่วนโค้งและความยาวส่วนโค้ง ลงในสมการที่ 5.4 แสดงดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 พื้นที่ตัดส่วนโค้งของฝาครอบถังน้ำมัน

ตำแหน่ง	π	r (มม.)	α (องศา)	$\frac{\pi \text{ x } r \text{ x } \alpha}{180^o}$ (มม.)	t (มม.)	$l_B \text{x } t$ (ตร.มม.)
2.1	22/7	24.8	90	38.97	1.6	62.35
มีจำนวน 2 จุด						124.71
2.2	22/7	40.4	90	63.49	1.6	101.58
มีจำนวน 1 จุด						101.58
2.3	22/7	10	90	15.71	1.6	25.14
มีจำนวน 3 จุด						75.43
พื้นที่ตัดส่วนโค้งรวม						301.72

สรุปได้ว่ามีพื้นที่ตัดส่วนโค้งรวมเท่ากับ 301.72 ตร.มม.

3. พื้นที่ตัดเส้นตรง $= l \, X \, t$ _____ (5.5)

โดยที่ l = ความยาว (มม.)

t = ความหนา (มม.)

แทนค่าความยาวขนาดต่าง ๆ ลงในสมการที่ 5.5 และแสดงดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 พื้นที่ตัดเส้นตรงของฝาครอบถังน้ำมัน

ตำแหน่ง	l (มม.)	t (มม.)	$l \, X \, t$ (ตร.มม.)
3.1	42.75	1.6	68.4
3.2	18.5	1.6	29.6
3.3	289	1.6	462.4
3.4	259	1.6	414.4
3.5	126	1.6	201.6
3.6	96	1.6	153.6
พื้นที่ตัดเส้นตรงรวม			1,330

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปได้ว่ามีพื้นที่ตัดเส้นตรงรวมเท่ากับ 1,330 ตร.มม.

ดังนั้นพื้นที่ตัดของฝาครอบถังน้ำมันเท่ากับ 2,386.02 ตร.มม.

คำนวณหาแรงเฉือนจากสูตร แทนค่าพื้นที่ตัด และความเค้นเฉือนลงในสมการที่ 5.1

		S	=	410 x 2,386.02	
			=	799,463	นิวตัน
แปลงหน่วย	1,000	นิวตัน	=	1	กิโลนิวตัน
	978,268.2	นิวตัน	=	978.27	กิโลนิวตัน

ดังนั้นค่าแรงกำหนดของเครื่องปั๊มต้องมากกว่า 978.27 กิโลนิวตัน (97.8 ตัน) หรือประมาณ 100 ตัน ทางโรงงานใช้เครื่องปั๊มแบบกลไกโดยใช้แรงเหวี่ยงในการตัดเจาะ ซึ่งเครื่องปั๊มแบบกลไกมีเงื่อนไขในการติดตั้งแม่พิมพ์เข้ากับเครื่องปั๊ม คือ ขนาดความกว้างและความสูงของตัวแม่พิมพ์ เครื่องปั๊มที่สามารถปั๊มชิ้นงานนี้ได้มี 3 ขนาด คือ ขนาด 110 150 และ 220 ตัน พบว่าเมื่อปั๊มชิ้นงานที่เครื่องขนาด 110 ตันแล้วเกิดปัญหาการตัดเฉือนไม่สมบูรณ์ ซึ่งในการใช้แรงกำหนดที่ใกล้เคียงกับการคำนวณมาก อาจจะส่งผลกระทบให้เกินกำลังของเครื่องปั๊มที่จะสามารถตัดเฉือนชิ้นงานได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากมีปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ นอกเหนือจากการคำนวณ ทำให้ต้องเผื่อค่าจากแรงกำหนดที่คำนวณได้ ปัจจุบันจึงใช้เครื่องปั๊มขนาด 150 ตันในการทำงาน ซึ่งมากกว่าค่าแรงเฉือนจากการคำนวณและเพียงพอ แต่เมื่อมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง เช่น การสึกหรอของแท่งตัด จึงต้องเพิ่มแรงกำหนดเมื่อถึงช่วงสโตรกที่แท่งตัดเกิดการสึกหรอ จะกล่าวถึงในบทที่ 6 ต่อไป โดยเครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดที่สูงกว่า 150 ตันลำดับถัดไป คือ เครื่องปั๊มขนาด 220 ตันซึ่งเพียงพอในการขึ้นรูปชิ้นงานเนื่องจากสามารถขจัดข้อบกพร่องนี้ได้แล้ว ไม่จำเป็นต้องเพิ่มแรงกำหนดที่มากกว่านี้ เพราะจะส่งผลกระทบต่อตัวแท่งตัดและดายตัดทำให้เกิดความเสียหาย มีโอกาสที่แท่งตัดจะเกิดการกะเทาะ ร้าว หรือสึกหรอเกินกว่าขนาดที่ยอมรับได้ ซึ่งเกิดความเสี่ยงต่อการที่แท่งตัดจะแตกหักทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแท่งตัดและดายตัดใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แรงกำหนดในการขึ้นรูปมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและสัดส่วนของเสียดังนี้ ถ้าใช้แรงกำหนดในการขึ้นรูปสูงขึ้นจะส่งผลให้อายุการใช้งานแท่งตัดลดลง ส่งผลทำให้จำนวนครั้งในการเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัดสูงขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่อหน่วยผลิตสูงขึ้น แต่จะทำให้สัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากของเสียต่ำลง จึงวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการโดยมีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอายุการใช้งานของแท่งตัด, แผ่นดายตัด และแรงกำหนดในการขึ้นรูป

จากที่ได้คำนวณเรื่องแรงกำหนดในการขึ้นรูปพบว่า เมื่อปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง เช่น การสึกหรอของแท่งตัด ทำให้จำเป็นต้องเพิ่มแรงกำหนดในการปั๊มตัดชิ้นงาน จึงได้

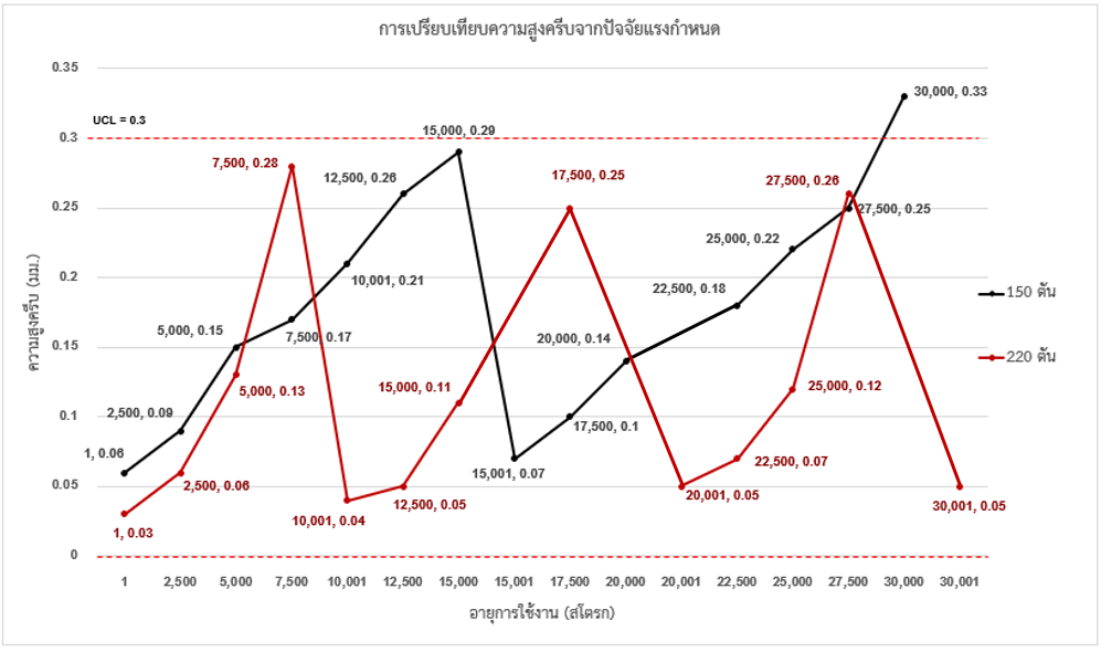
เก็บข้อมูลเปรียบเทียบความสูงครีบเมื่อมีการเปลี่ยนปัจจัยแรงกำหนด ที่ระดับ 150 ตันและ 220 ตัน ดังนี้

ตารางที่ 5.7 ข้อมูลวัดความสูงครีบจากปัจจัยแรงกำหนด

สโตรก	สโตรกปั๊มที่	ความสูงครีบ (มม.) 150 ตัน	หมายเหตุ		สโตรกปั๊มที่	ความสูงครีบ (มม.) 220 ตัน	หมายเหตุ
1	1	0.06		1	1	0.03	
2,500	2,500	0.09		2,500	2,500	0.06	
5,000	5,000	0.15		5,000	5,000	0.13	
7,500	7,500	0.17		7,500	7,500	0.28	เจียระไนสโตรกที่ 10,000
10,001	10,001	0.21		10,001	1	0.04	
12,500	12,500	0.26		12,500	2,500	0.05	
15,000	15,000	0.29	เจียระไนสโตรกที่ 15,000	15,000	5,000	0.11	
15,001	1	0.07		17,500	7,500	0.25	เจียระไนสโตรกที่ 10,000
17,500	2,500	0.10		20,001	1	0.05	
20,000	5,000	0.14		22,500	2,500	0.07	
22,500	7,500	0.18		25,000	5,000	0.12	
25,000	10,001	0.22		27,500	7,500	0.26	เจียระไนสโตรกที่ 10,000
27,500	12,500	0.25		30,001	1	0.05	
30,000	15,000	0.33	เจียระไนสโตรกที่ 15,000				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 5.7 เป็นตารางความสูงครีบจากแรงกำหนดที่ขนาด 150 และ220 ตันโดยจะแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 5.5 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความสูงครีบเมื่อมีการเปลี่ยนปัจจัยแรงกำหนดในการขึ้นรูปชิ้นงาน จำนวน 30,000 สโตรก จากรูปแสดงให้เห็นว่าในการปั๊มชิ้นงานที่แรงกำหนด 150 ตันมีการเจียระไนแท่งตัด 2 ครั้งโดยกราฟความสูงครีบจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และจะลดลงหลังการเจียระไนที่ 15,000 สโตรก และการปั๊มชิ้นงานที่แรงกำหนดขนาด 220 ตัน มีการเจียระไนแท่งตัด 3 ครั้งโดยกราฟมีทิศทางเดียวกับการใช้เครื่องปั๊มที่แรงกำหนดขนาด 150 ตันแต่จะมีกราฟที่ชันกว่า และจะลดลงหลังการเจียระไนที่ทุก ๆ 10,000 สโตรก ซึ่งจำนวนครั้งในการเจียระไนแท่งตัดจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการ



รูปที่ 5.5 การเปรียบเทียบความสูงครีบของปัจจัยแรงกำหนด

ทำการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดให้

H_0: ค่าเฉลี่ยของความสูงครีบที่แรงกำหนดขนาด 220 ตัน มีค่าไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของความสูงครีบที่แรงกำหนดขนาด 150 ตัน

H_a: ค่าเฉลี่ยของความสูงครีบที่แรงกำหนดขนาด 220 ตัน มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของความสูงครีบที่แรงกำหนดขนาด 150 ตัน

ทำการทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งให้ผลลัพธ์ ดังนี้

Two-Sample T-Test and CI: 220 TON, 150 TON
Two-sample T for 220 TON vs 150 TON

	N	Mean	StDev	SE Mean
220 TON	13	0.1154	0.0901	0.025
150 TON	14	0.1800	0.0841	0.022

Difference = μ (220 TON) - μ (150 TON)
Estimate for difference: -0.0646
95% upper bound for difference: -0.0071
T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = -1.92 P-Value = 0.033 DF = 24

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 แสดงว่าแรงกำหนดขนาด 220 ตัน มีค่าเฉลี่ยความสูงครีบน้อยกว่าแรงกำหนดขนาด 150 ตันและได้ทำการศึกษาผลกระทบหากมีการปรับใช้แรงกำหนดขนาด 220 ตัน ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิตเนื่องจากเครื่องขนาด 220 ตันเป็นเครื่องที่ว่างอยู่เสมอและ การเปลี่ยนแรงกำหนดในการขึ้นรูปจาก 150 ตัน เป็น 220 ตัน จะไม่มีส่งผลกระทบกับเวลาการทำงาน เนื่องจากการทำงานที่เครื่องปั๊ม 150 ตัน เมื่อผลิตชิ้นงานฝาครอบถังน้ำมันครบตามจำนวนที่ฝ่ายวางแผนกำหนดจะทำการถอดแม่พิมพ์ผลิตภัณฑ์นี้ไปเช็คสภาพแม่พิมพ์ ทำความสะอาด (Clean up) และนำไปเก็บที่ชั้นวางเพื่อรอผลิตในการผลิตครั้งถัดไป ซึ่งแม่พิมพ์นี้จะไม่ได้เป็นแม่พิมพ์ที่ยึดติดอยู่กับเครื่องปั๊มตลอดเวลา นอกจากนี้จะมีการติดตั้งแม่พิมพ์ในหลายรุ่นของผลิตภัณฑ์อื่นที่รอขึ้นรูปต่อ ดังนั้นเมื่อมีการย้ายแม่พิมพ์ไปติดตั้งที่เครื่องปั๊มขนาด 220 ตัน หรือยังใช้เครื่องปั๊มขนาด 150 อยู่ก็จะต้องทำการติดตั้งแม่พิมพ์และ set up เครื่องจักรทุกครั้งก่อนเริ่มทำการผลิตในแต่ละวัน โดยเครื่องขนาด 150 ตันเป็นเครื่องปั๊มที่ถูกใช้งานบ่อยและจะไม่ปล่อยให้เครื่องจักรว่างงาน เนื่องจากเป็นแรงกำหนดที่ต่ำที่สุดในสายการผลิต C ซึ่งในการใช้เครื่องปั๊มขนาด 220 ตันจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิต ที่เกิดจากการเจียระไนแท่งตัดที่บ่อยขึ้นและขนาดแรงกำหนดที่เพิ่มขึ้นทำให้ใช้ไฟฟ้าในการปั๊มชิ้นงานมากขึ้น จึงวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการโดยมีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุดต่อไป

5.2.2 ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอย

1. การขนย้ายชิ้นงาน

การทำงานปัจจุบันทำการขนย้ายชิ้นงานทีละจำนวนมาก โดยใช้ตะแกรงเหล็กขนาดใหญ่ ทำให้พื้นผิวและขอบของตัวชิ้นงานสัมผัสกันเป็นจำนวนมาก ส่งผลต่อการเกิดรอยบนชิ้นงาน ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์หาวัสดุที่ใช้ขนย้ายที่เหมาะสมโดยเปลี่ยนเป็นตะกร้าพลาสติก เนื่องจากทางโรงงานกรณีศึกษามีวัสดุนี้อยู่แล้วโดยไม่ต้องทำการลงทุนเพิ่มเติม แสดงในรูปที่ 5.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 5.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการขนย้ายสถานีงานก่อนและหลังปรับปรุง

การออกแบบผังโรงงานเดิมมีสถานีงานในการขึ้นรูปชิ้นงานอยู่ห่างกัน จึงจำเป็นจะต้องทำการขนย้ายครั้งละจำนวนมาก ๆ ด้วยตะแกรงเหล็กขนาดใหญ่ แต่ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงผังการทำงานใหม่ โดยออกแบบให้สถานีงานที่ใช้ในการผลิตฝาครอบถังน้ำมันอยู่ติดกัน เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการขึ้นรูปมากที่สุด จึงสามารถทำการขนย้ายชิ้นงานในจำนวนน้อยลงได้ โดยในรูปที่ 5.7 แสดงการทดลองใช้ตะกร้าพลาสติกในการขนย้าย และที่จุดรอการตรวจสอบข้อบกพร่องประเภทรอยได้เปลี่ยนวัสดุที่ใช้เป็นตะแกรงพลาสติกเช่นเดียวกับการขนย้ายระหว่างสถานีงานเพื่อลดของเสียในกระบวนการ เมื่อใช้อุปกรณ์การขนย้ายขนาดใหญ่จะก่อให้เกิดข้อบกพร่องประเภทรอยมากกว่าตะกร้าขนาดเล็ก เนื่องจากในการใช้อุปกรณ์ขนย้ายขนาดที่เล็กลงจะสามารถลดจำนวนชิ้นงานที่เกิดการซ้อนทับกันได้ และเมื่อเปลี่ยนวัสดุในการเคลื่อนย้ายจากโลหะเป็นพลาสติก คาดว่าจะสามารถลดแรงเสียดสีระหว่างอุปกรณ์ขนย้ายและตัวชิ้นงานได้ โดยเมื่อพื้นที่สัมผัสของวัสดุขนย้ายและตัวชิ้นงานเกิดการเสียดสีกันน้อยลงจะส่งผลทำให้ชิ้นงานเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยน้อยลงด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 5.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการขนย้ายสถานีงานและจุดรอตรวจข้อบกพร่องประเภทรอย

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเปรียบเทียบข้อบกพร่องประเภทรอยเมื่อมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ขนย้าย ดังแสดงในตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องรอยในเรื่องการขนย้ายชิ้นงาน

จำนวนการผลิต (ชิ้น)	จำนวนชิ้นงานที่ต้องนำกลับมาแก้ไข (ชิ้น)	
	การขนย้ายแบบเก่า ตะแกรงโลหะขนาดใหญ่	การขนย้ายแบบใหม่ ตะกร้าพลาสติก
5,000	45	26
5,000	40	28
5,000	39	25
5,000	41	26
สัดส่วนของเสีย	P_1= 165 / 20,000	P_2= 105 / 20,000

ทำการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดให้

H_0: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อใช้การขนย้ายแบบเก่า มีค่าไม่แตกต่างจากสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อใช้การขนย้ายแบบใหม่

H_a: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อใช้การขนย้ายแบบเก่า มีค่ามากกว่าสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อใช้การขนย้ายแบบใหม่

ทำการทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งให้ผลลัพธ์ ดังนี้

Test and CI for Two Proportions : Old transposition, New transposition

Sample	X	N	Sample p
1	165	20000	0.008250
2	105	20000	0.005250

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.003
95% lower bound for difference: 0.00165341
Test for difference = 0 (vs > 0): Z = 3.66 P-Value = 0.000

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 แสดงว่าเมื่อใช้การขนย้ายแบบเก่ามีสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยมากกว่าการขนย้ายแบบใหม่อย่างมีนัยสำคัญ

2. ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊ม

กำหนดมาตราฐานการทำงานใหม่ที่เหมาะสม ที่จะทำให้ชิ้นงานเป็นไปตามมาตรฐานที่ทางโรงงานกำหนด โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด การทำงานปัจจุบันไม่ระบุมาตราฐานการทาน้ำมันที่ชัดเจนว่าควรทาน้ำมันเมื่อไร เพียงแต่กำหนดว่าในการปั๊มชิ้นงาน 5 ชิ้นงานไม่ควรทาน้ำมันต่ำกว่า 1 ครั้ง จากการสังเกตพบพนักงานทาน้ำมันถี่ที่สุดคือ 3 ชิ้นงานต่อการทาน้ำมัน 1 ครั้ง ผู้วิจัยจึงได้เก็บข้อมูลเปรียบเทียบจำนวนข้อบกพร่องประเภทรอย เมื่อมีการทาน้ำมันก่อนการปั๊มทับชิ้นงานแบ่งออกเป็น 7 ทางเลือก โดยทำการทดลองจากแต่ละทางเลือกจำนวน 1,500 ชิ้นงาน เพื่อหาจำนวนชิ้นงานที่เหมาะสมต่อการทาน้ำมัน 1 ครั้ง การทดลองประกอบด้วย 7 ทางเลือก คือ ทางเลือกที่ 1 ไม่มีการทาน้ำมันก่อนการปั๊ม, ทางเลือกที่ 2 ทาน้ำมัน 1 ครั้งทุก ๆ 6 ชิ้นงาน, ทางเลือกที่ 3 ทาน้ำมัน 1 ครั้งทุก ๆ 5 ชิ้นงาน, ทางเลือกที่ 4 ทาน้ำมัน 1 ครั้งทุก ๆ 4 ชิ้นงาน, ทางเลือกที่ 5 ทาน้ำมัน 1 ครั้งทุก ๆ 3, ทางเลือกที่ 6 ทาน้ำมัน 1 ครั้งทุก ๆ 2 ชิ้นงาน และทางเลือกที่ 7 ทาน้ำมัน 1 ครั้งทุก ๆ ชิ้นงาน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ในการทดสอบสมมติฐานว่าความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มแต่ละทางเลือกส่งผลต่อจำนวนชิ้นงานที่พบรอยที่เกิดขึ้นในกระบวนการหรือไม่ ซึ่งต้องทำการทดสอบสมมติฐานของ ANOVA ว่าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) โดยปกติจำนวนของเสียมีการแจกแจงแบบทวินาม (Binomial distribution) ซึ่งสามารถประมาณการแจกแจงว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติได้ต่อเมื่อสมมติฐาน 3 ข้อนี้เป็นจริง คือ $n \geq 30$, $n(\bar{p}) \geq 5$ และ $n(1-\bar{p}) \geq 5$ ในทุกทางเลือก ผลการทดสอบสมมติฐานทั้ง 3 ข้อนี้ แสดงดังตารางที่ 5.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.9 ข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องรอยในการทดลองทาน้ำมันก่อนปั๊ม 7 ทางเลือก

การทดลอง	ไม่มีการทาน้ำมัน	ปั๊ม 6 ชิ้นงาน ทาน้ำมัน 1 ครั้ง	ปั๊ม 5 ชิ้นงาน ทาน้ำมัน 1 ครั้ง	ปั๊ม 4 ชิ้นงาน ทาน้ำมัน 1 ครั้ง	ปั๊ม 3 ชิ้นงาน ทาน้ำมัน 1 ครั้ง	ปั๊ม 2 ชิ้นงาน ทาน้ำมัน 1 ครั้ง	ปั๊ม 1 ชิ้นงาน ทาน้ำมัน 1 ครั้ง
จำนวนชิ้นงานที่ทำการทดลอง (ชิ้น) (n)	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
จำนวนชิ้นงานที่พบรอย (ชิ้น) $(n(\bar{p}))$	35	24	21	18	11	10	10
จำนวนชิ้นงานที่ไม่พบรอย (ชิ้น) $(n(1-\bar{p}))$	1,465	1,476	1,479	1,482	1,489	1,490	1,490

จากตารางที่ 5.9 สรุปได้ว่าในทุก ๆ ทางเลือก $n \geq 30$, $n(\bar{p}) \geq 5$ และ $n(1-\bar{p}) \geq 5$ จึงประมาณได้ว่าข้อมูลจำนวนของเสียนี้มีการแจกแจงแบบปกติทุกทางเลือก โดยงานวิจัยนี้ทดสอบสมมติฐานว่าความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มบนชิ้นงานแต่ละทางเลือกส่งผลต่อจำนวนชิ้นงานที่พบรอยที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

ทำการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดให้

H_0: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยในการทาน้ำมันก่อนปั๊มบนชิ้นงานทุกทางเลือก มีค่าไม่แตกต่างกัน

H_a: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยในการทาน้ำมันก่อนปั๊มบนชิ้นงานบางทางเลือก มีค่าแตกต่างกัน

ทำการทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งให้ผลลัพธ์ ดังนี้

Chi-Square Goodness-of-Fit Test for Observed Counts in Variable: Frequency

Using category names in Type6-1parts/1

Category	Observed	Test Proportion	Expected	Contribution to Chi-Sq
1	35	0.142857	18.4286	14.9014
2	24	0.142857	18.4286	1.6844
3	21	0.142857	18.4286	0.3588
4	18	0.142857	18.4286	0.0100
5	11	0.142857	18.4286	2.9945
6	10	0.142857	18.4286	3.8549
7	10	0.142857	18.4286	3.8549

N	DF	Chi-Sq	P-Value
129	6	27.6589	0.000

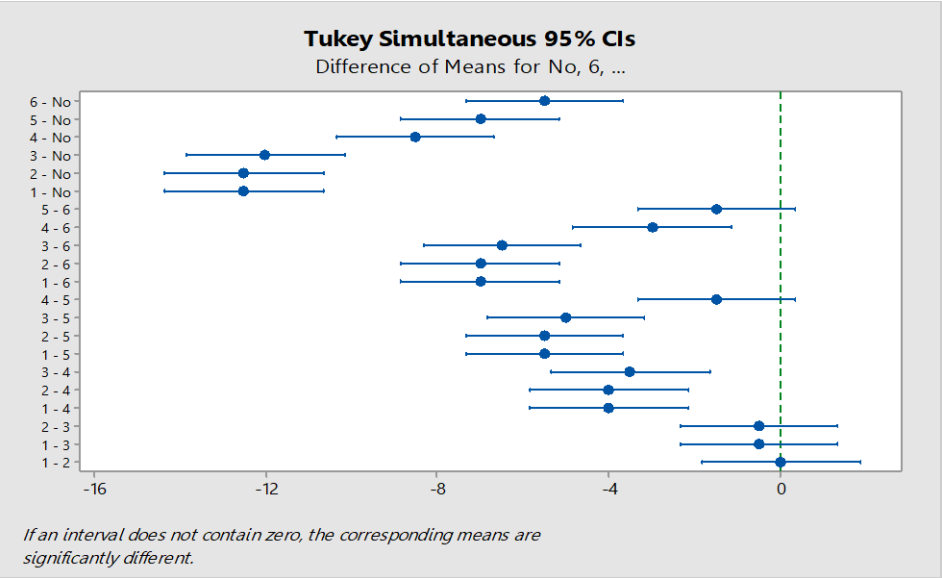
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 แสดงว่าความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มบางทางเลือกมีค่าแตกต่างกัน ส่งผลต่อจำนวนชิ้นงานที่พบรอยที่เกิดขึ้นในกระบวนการ จึงต้องทำการเปรียบเทียบผลต่างระหว่างแต่ละคู่ทางเลือก ได้ผลดังนี้

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
No-oil	2	17.500	A
6	2	12.00	B
5	2	10.500	B C
4	2	9.000	C
3	2	5.500	D
2	2	5.000	D
1	2	5.000	D



รูปที่ 5.8 กราฟเปรียบเทียบผลต่างแต่ละคู่ทางเลือกของความถี่ในการทาน้ำมันก่อนการปั๊ม

จากเทคนิค Tukey's Multiple Comparison test เปรียบเทียบผลต่างแต่ละคู่ทางเลือกดังแสดงในรูปที่ 5.8 พบว่าทางเลือกที่ 1 ไม่มีการทาน้ำมันก่อนการปั๊มทับ (อยู่ในกลุ่ม A) มีสัดส่วนของเสียมากกว่าทางเลือกทั้ง 6 ทางเลือกที่เหลือ ทางเลือกที่ 2 ทาน้ำมัน 1 ครั้งทุก ๆ 6 ชิ้นงาน และทางเลือกที่ 3 ทาน้ำมัน 1 ครั้งทุก ๆ 5 ชิ้นงาน มีผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (อยู่ในกลุ่ม B) ทางเลือกที่ 3 และทางเลือกที่ 4 ทาน้ำมัน 1 ครั้งทุก ๆ 4 ชิ้นงานมีผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (อยู่ในกลุ่ม C) ทางเลือกที่ 5 ทาน้ำมัน 1 ครั้งทุก ๆ 3 ชิ้นงาน ทางเลือกที่ 6 ทาน้ำมัน 1 ครั้งทุก ๆ 2 ชิ้นงาน และทางเลือกที่ 7 ทาน้ำมัน 1 ครั้งทุก ๆ ชิ้นงาน มีผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (อยู่ในกลุ่ม D) ซึ่งกลุ่มนี้มีสัดส่วนของเสียน้อยกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ

จึงสรุปได้ว่าในทางสถิติกลุ่ม D ทาน้ำมันทุก 1, 2, 3 ชิ้นงานจำนวนของเสียน้อยกว่าทางเลือกอื่นและจำนวนของเสียในกลุ่มไม่แตกต่างกัน จึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงานไม่แตกต่างกัน แต่ค่าใช้จ่ายที่มาจากน้ำมันที่ใช้ในการทาทุก 3 ชิ้นงานจะมีค่าน้ำมันน้อยที่สุด โดยสามารถแสดงตัวเลขค่าใช้จ่ายรวม ซึ่งประกอบด้วยค่าน้ำมันขึ้นรูปที่ใช้ทาบนตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ ราคา 140บาท/1 ลิตร และค่าใช้จ่ายในแก้ไขข้อบกพร่องประเภทรอย 14.50บาท/ชิ้นงาน แสดงดังรายละเอียดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละทางเลือกในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ค่าใช้จ่ายรวมในแต่ละทางเลือกในการทาน้ำมันก่อนการปั๊มในการผลิต 1,500 ชิ้นงาน

กลุ่ม	จำนวนชิ้นงาน /การทาน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันขึ้นรูป (ลิตร)	ราคาน้ำมันขึ้นรูปที่ใช้ (บาท)	ค่าใช้จ่ายในแก้ไขข้อบกพร่อง (บาท)	รวม (บาท)
A	ไม่มีการทาน้ำมัน	0	0	35x14.5=507.5	507.5
B	6 ชิ้นงาน/1 ครั้ง	0.1	0.1x140=14	24x14.5=348	362
C, B	5 ชิ้นงาน/1 ครั้ง	0.15	0.15x140=21	21x14.5=304.5	325.5
C	4 ชิ้นงาน/1 ครั้ง	0.2	0.2x140=28	18x14.5=261	289
D	3 ชิ้นงาน/1 ครั้ง	0.3	0.3x140=42	11x14.5=159.5	201.5
D	2 ชิ้นงาน/1 ครั้ง	0.5	0.5x140=70	10x14.5=145	215
D	1 ชิ้นงาน/1 ครั้ง	1	1x140=140	10x14.5=145	285

ในตารางที่ 5.10 พบว่าทางเลือกที่ 5 คือการทาน้ำมันก่อนการปั๊มทับ 3 ชิ้นงานทาน้ำมัน 1 ครั้งหรือการทาน้ำมันทุก ๆ 3 ชิ้นงานเป็นทางเลือกที่มีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด ทางผู้วิจัยจึงเลือกนำการปฏิบัตินี้ไปปรับปรุงกระบวนการต่อไป

3. ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงาน

กำหนดมาตราฐานการทำงานใหม่ที่เหมาะสม โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด การทำงานปัจจุบันไม่มีการทาน้ำมันรอบตัวโดยในการวิจัยนี้จะทำการมุ่งเน้นการศึกษาไปที่สถานีงานที่มีกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการตัดเฉือน งาน คือ สถานีงานที่ 3 ตัดขอบ และสถานีงานที่ 6 การเจาะรายละเอียดของกระบวนการ คือ การทาน้ำมันที่สถานีงานที่ 3 คือ การทาน้ำมันบริเวณขอบชิ้นงาน (ที่มีความคม) ที่ถูกตัดขอบ โดยทาน้ำมันหลังจากเสร็จจากการตัดขอบแล้ว ก่อนเคลื่อนย้ายไปยังสถานีงานถัดไป เพื่อให้ขอบชิ้นงานที่มีความคมเกิดการเสียดสีกันน้อยลง โดยคาดการณ์ว่าเมื่อทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงานแล้วบริเวณขอบที่มีความคมจะไม่ไปขูดบริเวณรอบตัวชิ้นงานอื่นที่มาสัมผัส และการทาน้ำมันที่สถานีงานที่ 6 คือการทาน้ำมันบริเวณรูชิ้นงาน (ที่พบครีบทั้งสูงและต่ำ) โดยทาน้ำมันหลังจากเสร็จจากการเจาะรูแล้ว ก่อนเคลื่อนย้ายไปยังสถานีงานถัดไป ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเปรียบเทียบจำนวนข้อบกพร่องประเภทรอยเมื่อมีการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงาน 4 ทางเลือก โดยทำการทดลองจากแต่ละทางเลือกจำนวน 1,000 ชิ้นงาน เพื่อหาสถานีงานที่เหมาะสมกับการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงาน การทดลองประกอบด้วย 4 ทางเลือก คือ ทางเลือกที่ 1 ไม่มีการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงาน, ทางเลือกที่ 2 ทาน้ำมันที่สถานีงานที่ 3 เท่านั้น, ในทางเลือกที่ 3 ทาน้ำมันที่สถานีงานที่ 6 และทางเลือกที่ 4 ทา

น้ำมันทั้ง 2 สถานีงาน โดยจะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ในการทดสอบสมมติฐานว่าการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงานส่งผลต่อจำนวนชิ้นงานที่พบรอยที่เกิดขึ้นในกระบวนการหรือไม่ ซึ่งต้องทำการทดสอบสมมติฐานของ ANOVA ว่าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) โดยปกติจำนวนของเสียมีการแจกแจงแบบทวินาม (Binomial distribution) ซึ่งสามารถประมาณการแจกแจงว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติได้ต่อเมื่อสมมติฐาน 3 ข้อนี้เป็นจริง ดัง $n \geq 30$, $n(\bar{p}) \geq 5$ และ $n(1-\bar{p}) \geq 5$ ในทุกทางเลือก ผลการทดสอบสมมติฐานทั้ง 3 ข้อนี้ ดังแสดงในตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องรอยในการทดลองทาน้ำมันรอบตัว 4 ทางเลือก

การทดลอง	ไม่มีการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงาน	ทาน้ำมันที่สถานีงานที่ 3 เท่านั้น	ทาน้ำมันที่สถานีงานที่ 6 เท่านั้น	ทาน้ำมันทั้ง 2 สถานีงาน
จำนวนชิ้นงานที่ทำการทดลอง (ชิ้น) (n)	1,000	1,000	1,000	1,000
จำนวนชิ้นงานที่พบรอย (ชิ้น) $(n(\bar{p}))$	10	8	9	7
จำนวนชิ้นงานที่ไม่พบรอย (ชิ้น) $(n(1-\bar{p}))$	990	992	991	993

จากตารางที่ 5.11 สรุปได้ว่าจำนวนของเสียนี้มีการแจกแจงแบบปกติทุกทางเลือกเนื่องจาก $n \geq 30$, $n(\bar{p}) \geq 5$ และ $n(1-\bar{p}) \geq 5$ งานวิจัยนี้ทำการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดให้

H_0: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยทุกทางเลือกในการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงานมีค่าไม่แตกต่างกัน

H_a: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยของบางทางเลือกในการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงานมีค่าแตกต่างกัน

ทำการทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งให้ผลลัพธ์ ดังนี้

Chi-Square Goodness-of-Fit Test for Observed Counts in Variable: Frequency
Using category names in Station

Category	Observed	Test Proportion	Expected	Contribution to Chi-Sq
Station 3	8	0.25	8.5	0.029412
Station 6	9	0.25	8.5	0.029412
Both stations	7	0.25	8.5	0.264706
Before improvement	10	0.25	8.5	0.264706

N	DF	Chi-Sq	P-Value
34	3	0.588235	0.899

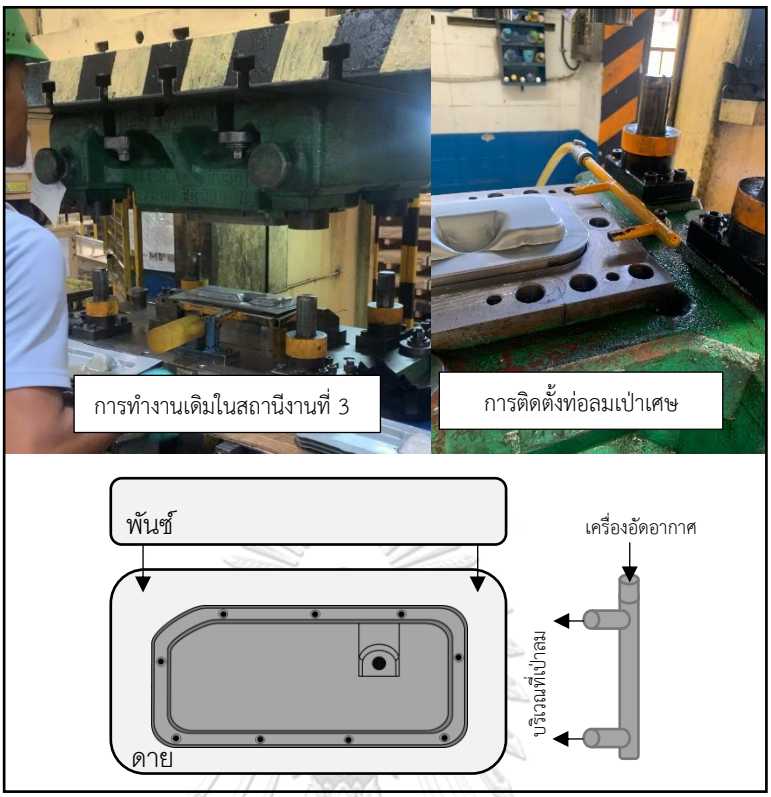
จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-value มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 แสดงว่าการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงานที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่พบรอยที่เกิดขึ้นในกระบวนการ หากไม่มีการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงาน สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยไม่แตกต่างจากมีการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงาน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงานและใช้มาตราฐานการทำงานแบบเดิมของทางโรงงานต่อไป คือ ไม่มีการทาน้ำมันบริเวณรอบตัวชิ้นงานในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันนี้

จากการประเมินจากสมาชิกในทีมพบว่าการทาน้ำมันก่อนการปั๊ม คือ ปั๊มชิ้นงาน 3 ชิ้นงาน ทาน้ำมัน 1 ครั้งสามารถช่วยลดรอยจากการปั๊มทับได้ แต่พบว่าในทางปฏิบัติไม่สามารถทำให้จำนวนของเสียลดลงได้ตามความคาดหวัง จึงทำการวิเคราะห์ปัจจัยเรื่องการแก้ไขเศษของชิ้นงานโดยใช้ท่อลมเป่าเศษเพิ่มเติมต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. เศษของชิ้นงาน

ในกระบวนการปั๊มเมื่อมีเศษชิ้นงานหลุดติดอยู่ที่ชิ้นงานหรือแม่พิมพ์ จะส่งผลให้เศษของชิ้นงานจะถูกปั๊มทับ ทำให้เกิดรอยจากการปั๊มทับในชิ้นงานถัดไปได้ โดยทางผู้วิจัยตรวจพบว่าเศษของชิ้นงานจะเกิดในกระบวนการตัดเฉือน โดยกระบวนการตัดเฉือนที่มีเศษมากที่สุด คือ สถานีงานที่ 3 ตัดขอบชิ้นงานโดยผู้วิจัยและสมาชิกจึงได้ปรับปรุงการแก้ไขเศษของชิ้นงาน โดยติดตั้งท่อลมเป่าเศษเพื่อเป่าเศษของชิ้นงานที่หลุดออกมาหลังจากผ่านกระบวนการตัดเฉือนแล้ว ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอย โดยการออกแบบท่อลมเป่าเศษชิ้นงาน แสดงในรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 การทำงานเดิมและการทำงานใหม่ที่มีการติดตั้งท่อลมเป่าเศษชิ้นงาน

โดยการติดตั้งท่อลมเป่าเศษ มีรายละเอียดและสูตรการคำนวณพลังงานที่ในการใช้ท่อลมเป่าเศษ ดังนี้

$$Air_{leak} = CK \times (D^2) \times P \times N \quad \text{_____ (5.6)}$$

$$P = P_0 + P_g \quad \text{_____ (5.7)}$$

โดยที่ Air_{leak} = อัตราการรั่วไหลของอากาศอัด (ลิตร/วินาที)

CK = ค่าคงที่ของการรั่วไหลแบบรั่วโดยตรง

= 0.1581

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

= 6 มิลลิเมตร

P = ความดันสมบูรณ์ (bar)

P_0 = ความดันบรรยากาศ

= 1.013 bar

P_g = ความดันเกจหรือระดับความดันที่ใช้งานอากาศอัด

= 6.2 bar

N = จำนวนจุดที่รั่วไหลของอากาศอัด

= 2 จุด

Air_{leak} = $0.1581 \times (6^2) \times (1.013 + 6.2) \times 2$

= 82.11 ลิตร/วินาที

สูตรการคำนวณพลังไฟฟ้าที่ในการใช้ท่อลมเป่าเศษ

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = $Air_{leak} \times P_w \times H$

P_w = ค่าการใช้พลังไฟฟ้าในการอัดอากาศภายในโรงงาน (กิโลวัตต์/ลิตร/วินาที)

= 0.34 กิโลวัตต์/ลิตร/วินาที

H = ชั่วโมงการใช้งานท่อลมในการปล่อยลม 1 วันการทำงาน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = $82.11 \times 0.34 \times (1{,}500 \text{ สโตรก} \times \frac{1 \text{ วินาที}}{1 \text{ สโตรก}} \times \frac{1 \text{ นาที}}{60 \text{ วินาที}} \times \frac{1 \text{ ชั่วโมง}}{60 \text{ นาที}})$

= 11.63 กิโลวัตต์/ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย = 4 บาท/กิโลวัตต์

ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการใช้ท่อลมเป่าเศษ = 11.63 × 4 = 46.52 บาท/วัน

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่พบข้อบกพร่องประเภทรอยแบบการทำงานเก่าและการทำงานแบบใหม่โดยการติดตั้งท่อลมเป่าเศษ ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ข้อมูลจำนวนชิ้นงานที่พบข้อบกพร่องประเภทรอยจากการติดตั้งท่อลมเป่าเศษ

จำนวนการผลิต (ชิ้น)	จำนวนชิ้นงานที่ต้องนำกลับมาแก้ไข (ชิ้น)	
	ก่อนการปรับปรุงท่อเป่าเศษ	ติดตั้งท่อเป่าเศษ
5,000	26	6
5,000	28	5
5,000	25	9
5,000	26	8
สัดส่วนของเสีย	P_1= 105 / 20,000	P_2= 28 / 20,000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทำการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดให้

H_0: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยก่อนการปรับปรุง มีค่าไม่แตกต่างจากสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดเมื่อมีการติดตั้งท่อลมเป่าเศษให้แก่สถานีงานที่ 3

H_a: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยก่อนการปรับปรุง มีค่ามากกว่าสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อมีการติดตั้งท่อลมเป่าเศษให้แก่สถานีงานที่ 3

ทำการทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งให้ผลลัพธ์ ดังนี้

Test and CI for Two Proportions : Before install equipment, Install equipment

Sample	X	N	Sample p
1	105	20000	0.005250
2	28	20000	0.001400

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.00385
95% lower bound for difference: 0.00290364
Test for difference = 0 (vs > 0): Z = 6.69 P-Value = 0.000

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 แสดงว่าเมื่อก่อนการปรับปรุงท่อลมเป่าเศษ มีจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยมากกว่าการทำงานที่มีการติดตั้งท่อลมเป่าเศษให้แก่สถานีงานที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ จึงนำปัจจัยเรื่องการแก้ไขเศษของชิ้นงานโดยใช้ท่อลมเป่าเศษไปศึกษาต่อ

5.3 สรุประยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากระยะการวัดระบบการวัดพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย คือ ระยะระนาบของชิ้นงาน อายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัด แรงกำหนดในการขึ้นรูป ขนย้ายชิ้นงาน ชิ้นงานมีเศษ ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มไม่เหมาะสม และความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงานไม่เหมาะสม โดยในระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้ศึกษาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน พบว่าปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทความครีบและรอย คือ ระนาบของชิ้นงาน อายุการใช้งานและแรงกำหนดที่เหมาะสมของแท่งตัด การขนย้ายชิ้นงาน เศษของชิ้นงาน และความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊ม ส่วนปัจจัยที่ไม่ส่งผล คือ ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงาน โดยจะนำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดข้อบกพร่องไปทำการทดลองในระยะแก้ไขกระบวนการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยการศึกษาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันจากการศึกษาความมีนัยสำคัญของปัจจัยเรื่องระนาบชิ้นงานพบว่าค่าเฉลี่ยของความสูงครีบเมื่อใช้ระนาบใหม่มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของความสูงครีบเมื่อใช้ระนาบเก่า ศึกษาความมีนัยสำคัญของปัจจัยเรื่องอายุการใช้งานของแท่งตัดพบว่าอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัดที่ช่วงสโตรกต่างกันมีผลต่อค่าเฉลี่ยของความสูงครีบ ศึกษาแรงกำหนดที่เหมาะสมในการขึ้นรูปชิ้นงาน พบว่าเครื่องปั๊มขนาด 150 ตันมีค่ามากกว่าค่าแรงเฉือนจากการคำนวณและเพียงพอ แต่เมื่อมีปัจจัยอื่นที่

ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง เช่น การสึกหรอของแท่งตัด จึงต้องเพิ่มแรงกำหนดเมื่อถึงช่วงสโตรกที่แท่งตัดเกิดการสึกหรอโดยเครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดที่สูงกว่า 150 ตันลำดับถัดไป คือ เครื่องปั๊มขนาด 220 ตัน และความมีนัยสำคัญของปัจจัยเรื่องแรงกำหนด พบว่าในการผลิตเครื่องปั๊มตัดเจาะที่ใช้แรงกำหนดขนาด 220 ตัน มีค่าเฉลี่ยความสูงครีบน้อยกว่าเครื่องปั๊มตัดเจาะที่ใช้แรงกำหนดขนาด 150 ตัน โดยเครื่องปั๊มตัดเจาะที่ใช้แรงกำหนดขนาดที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าเฉลี่ยความสูงครีบอย่างมีนัยสำคัญ ศึกษาความมีนัยสำคัญของการใช้การขนย้ายแบบใหม่โดยพบว่าการขนย้ายแบบใหม่ทำให้สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยในกระบวนการผลิตน้อยกว่าการขนย้ายแบบเก่า ศึกษาความมีนัยสำคัญเรื่องความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและพันช์ก่อนการปั๊ม พบว่าเมื่อมีการทาน้ำมันก่อนการปั๊มทำให้สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยน้อยกว่าการไม่มีการทาน้ำมันก่อนการปั๊มอย่างมีนัยสำคัญ โดยจำนวนชิ้นงานที่เหมาะสมที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด คือการปั๊ม 3 ชิ้นงานต่อการทาน้ำมัน 1 ครั้ง ศึกษาความมีนัยสำคัญของการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงานพบว่าเมื่อไม่มีการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงานสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยไม่แตกต่างจากการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงาน ดังนั้นปัจจัยเรื่องการทาน้ำมันรอบตัวชิ้นงานจึงไม่มีนัยสำคัญที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องประเภทรอย และจากการศึกษาความมีนัยสำคัญของการใช้ท่อลมเป่าเศษพบว่าหลังการติดตั้งท่อลมเป่าเศษให้แก่สถานีงานที่ 3 มีจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยน้อยกว่าการทำงานที่ไม่มีการติดตั้งท่อลมเป่าเศษให้แก่สถานีงานที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ท่อลมเป่าเศษส่งผลทำให้สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยในกระบวนการผลิตลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
ระยะการปรับปรุงกระบวนการ

ในระยะนี้จะกำหนดรายละเอียดของวิธีการปรับปรุงปัจจัยที่มีนัยสำคัญที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ ในระยะการวิเคราะห์สาเหตุ ปัจจัยที่มีนัยสำคัญ ได้แก่ ระนาบใหม่ การขนย้ายชิ้นงานแบบใหม่ การทาน้ำมันก่อนการปั๊มชิ้นงาน และการติดตั้งท่อลมเพื่อเป่าเศษของชิ้นงาน ทำให้เกิดสัดส่วนของเสียน้อยลง ซึ่งในระยะการปรับปรุงกระบวนการจะทำการทดลองปัจจัยเพิ่มเติมในกระบวนการผลิต เพื่อกำหนดมาตราฐานการทำงานที่จะทำให้สัดส่วนของเสียลดลงตามเป้าหมายที่กำหนด เพื่อให้ค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยผลิตลดลง

การปรับปรุงกระบวนการ เริ่มต้นจากการปรับปรุงปัจจัยเรื่องระนาบโดยการทำระนาบใหม่ให้แก่พันช์ โดยผู้วิจัยได้ปรับปรุงระนาบของพันช์ให้เรียบก่อนการปั๊มเจาะรูชิ้นงานเนื่องจากเดิมเมื่อปั๊มระนาบชิ้นงานพบว่าชิ้นงานไม่เรียบ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชิ้นงานและฐานรองชิ้นงาน ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดครีบสูง โดยเก็บข้อมูลยืนยันการปรับปรุงเรื่องระนาบของชิ้นงาน จากนั้นศึกษาหาจำนวนสโตรกที่เหมาะสมจากปัจจัยอายุการใช้งานและแรงกำหนดที่เหมาะสมของแท่งตัดแก่กระบวนการปั๊ม โดยมีวัตถุประสงค์คือค่าใช้จ่ายรวมและสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องน้อยที่สุด และทำการปรับปรุงเรื่องการขนย้ายชิ้นงานแบบใหม่โดยการเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ในการขนย้าย ปรับปรุงปัจจัยเรื่องเศษของชิ้นงานปรับปรุงโดยการติดตั้งท่อลมเป่าเศษชิ้นงานเพื่อเป่าเศษของชิ้นงานที่ติดอยู่กับแม่พิมพ์ในขณะที่ทำการตัดเฉือนเสร็จ และสุดท้ายทำการปรับปรุงปัจจัยเรื่องความถี่ในการการทาน้ำมันก่อนปั๊มโดยการทาน้ำมันที่บริเวณหน้าผิวชิ้นงานและพันช์โดยกำหนดว่าการปั๊ม 3 ชิ้นงาน ต่อการทาน้ำมัน 1 ครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.1 การปรับปรุงกระบวนการของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบ

6.1.1 ปัจจัยเรื่องระนาบ

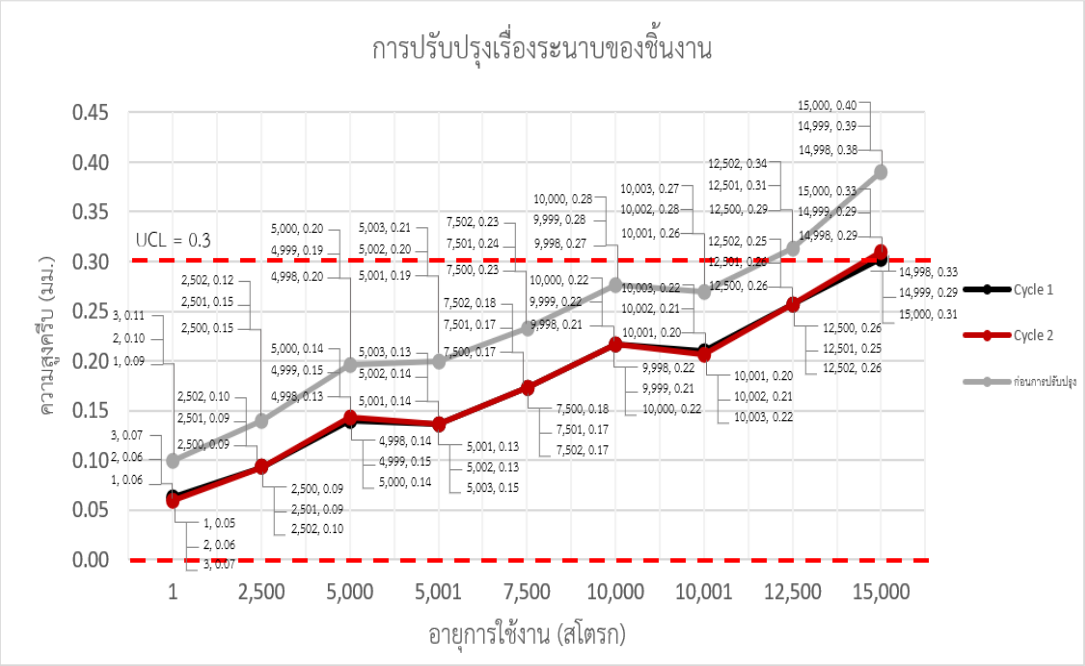
ในระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เรื่องปัจจัยระนาบใหม่มีผลทำให้ความสูงครีบลดลง เมื่อความสูงครีบลดลง จึงทำให้สามารถเพิ่มจำนวนสโตรกก่อนการเจียระไนแท่งตัดและดายตัดได้ ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลความสูงครีบจากการปั๊มชิ้นงาน 2 รอบการผลิตด้วยระนาบแบบใหม่ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเรื่องระนาบ

ช่วงสโตรกที่	ความสูงครีบ (มม.)					
	Cycle 1			Cycle 2		
	ชิ้นงานที่ 1	ชิ้นงานที่ 2	ชิ้นงานที่ 3	ชิ้นงานที่ 1	ชิ้นงานที่ 2	ชิ้นงานที่ 3
1 - 3	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.07
2,500 - 2,502	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10
4,998 - 5,000	0.13	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14
5,001 - 5,003	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.15
7,500 - 7,502	0.17	0.17	0.18	0.18	0.17	0.17
9,998 - 10,000	0.21	0.22	0.22	0.22	0.21	0.22
10,001 - 10,003	0.20	0.21	0.22	0.20	0.21	0.21
12,500 - 12,502	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.26
14,998 - 15,000	0.29	0.29	0.33	0.33	0.29	0.31

จากการเก็บข้อมูลการทดลองพบว่าเมื่อปรับปรุงเรื่องระนาบของชิ้นงาน โดยใช้แรงกำหนดขนาด 150 ตัน ทำให้กราฟของความสูงของชิ้นงานหลังการปั๊มชิ้นงานของทั้ง 2 รอบการผลิต มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและมีข้อมูลใกล้เคียงกันค่อนข้างมาก เนื่องจากกราฟทั้ง 2 เส้นทับแนบสนิทกัน ดังรูปที่ 6.1 แสดงว่าการปรับปรุงเรื่องระนาบนี้มีความแม่น โดยความสูงครีบในกราฟช่วงสโตรกที่ 14,998 - 15,000 จะเกินขีดจำกัดข้อกำหนดบนที่ 0.3 มิลลิเมตรทั้ง 2 รอบการผลิต โดยการปรับปรุงนี้สามารถขยายระยะเวลาในการเกิดครีบสูงที่เกินขีดจำกัดข้อกำหนดบนได้ โดยจากเดิมระนาบเก่าพบชิ้นงานครีบสูงในสโตรกที่ 12,500 และระนาบใหม่พบชิ้นงานครีบสูงในสโตรกที่ 15,000 ทั้งนี้จำนวนสโตรกก่อนการเจียระไนขึ้นกับแรงกำหนดในการขึ้นรูปด้วย จึงทำการศึกษาแรงกำหนดในการขึ้นรูป อายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 6.1 ความสูงครีบเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงเรื่องระนาบ

6.1.2 ปัจจัยเรื่องอายุการใช้งานและแรงกำหนดที่เหมาะสมของแท่งตัด

หลังจากปรับปรุงเรื่องระนาบแล้ว ในระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ปัจจัยเรื่องอายุการใช้งานและแรงกำหนดมีผลต่อความสูงครีบ และการทำงานปัจจุบันพบชิ้นงานที่เกิดครีบสูง 1,500 ชิ้นต่อการปั๊มชิ้นงาน 15,000 ชิ้น สาเหตุเกิดจากความสูงจากครีบที่บริเวณขอบรอบรูของชิ้นงาน ครีบที่สูงเกิดจากอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัดมาก แรงกำหนดในการปั๊มชิ้นงานต่ำ ส่งผลทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยจากการปั๊มทับที่สูง แต่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่อหน่วยการผลิตต่ำ แต่หากอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัดน้อย แรงกำหนดในการปั๊มชิ้นงานสูง ส่งผลทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยจากการปั๊มทับที่ต่ำ แต่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่อหน่วยการผลิตสูง ดังนั้นจึงต้องการหาค่าของอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัด และแรงกำหนดในการขึ้นรูปที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยการผลิตต่ำที่สุด โดยองค์ประกอบของค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยการผลิตมีองค์ประกอบ ดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ เท่ากับ 13.50 บาทต่อชิ้น

2. ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง โดยในการเจียระไนแท่งตัด และแผ่นดายตัด ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ค่าใช้ในการเจียระไนแท่งตัด และแผ่นดายตัดต่อครั้ง

ลำดับ	รายละเอียด	ค่าใช้จ่าย (บาท/ชม.)	ระยะเวลาทำงาน (ชั่วโมง)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ครั้ง)
1.	เครื่องเจียระไนราบ (พร้อมจานเจียร)	500	6.5	3,250
2.	เครื่องกลึง (พร้อมมีดกลึง)	300	3.5	1,050
			รวม	4,300

จากตารางที่ 6.2 ทุกครั้งที่มีการซ่อมบำรุงโดยการเจียระไนจะมีค่าใช้จ่ายในการเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัดเท่ากับ 4,300 บาท ในปัจจุบันจะทำการซ่อมบำรุงทุก 15,000 สโตรก ซึ่งจำนวนโตรกนั้นตั้งค่ามาจากประสบการณ์ และความชำนาญของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งยังไม่ใช่ค่าที่เหมาะสม เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่เกิดจากของเสียมาก จึงควรทำการหาสโตรกในการเจียระไนที่เหมาะสมที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมของของเสียและการซ่อมบำรุงต่ำที่สุด

3. ค่าใช้จ่ายค่าแรงของช่างระหว่างการซ่อมบำรุงโดยการเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัด

สำหรับค่าใช้จ่ายของช่างในการซ่อมบำรุงโดยการเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัด ประกอบด้วย ค่าแรงของช่างในการซ่อมบำรุงโดยการเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัด ซึ่งระยะเวลาในการซ่อมบำรุงเท่ากับ 10 ชั่วโมง มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1,000 บาท มีการถอดและติดตั้งแม่พิมพ์จากเครื่องปั๊ม 1 ครั้ง ทำให้เกิดค่าแรงของช่างในการถอดและติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องปั๊ม ซึ่งใช้ระยะเวลาในการถอดและติดตั้งแม่พิมพ์เท่ากับ 2 ชั่วโมง มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 200 บาท โดยรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.3 ค่าแรงของช่างในการซ่อมบำรุงต่อครั้ง

ขั้นตอน	ลำดับ	รายละเอียดค่าใช้จ่าย	ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ครั้ง)
การเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัด	1.	ค่าแรงช่างซ่อมบำรุงโดยการเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัด	10	1,000
	2.	ค่าแรงช่างติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องปั๊ม	2	200
		รวม	12	1,200

4. ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้แรงกำหนดในการขึ้นรูปชิ้นงาน

ในการปั๊มเจาะรูชิ้นงาน แรงกำหนดปัจจุบัน คือ การปั๊มชิ้นงานที่เครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดเท่ากับ 150 ตัน และแรงกำหนดที่ศึกษาเพิ่มเติม คือ เครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดที่ 220 ตัน ซึ่งจะแตกต่างกัน 70 ตัน ในการขึ้นรูป 1 ชิ้นงานใช้แรงกำหนดที่สูงขึ้นจาก 150 เป็น 220 ราคาที่เพิ่มขึ้น คือ 0.32 บาทต่อชิ้นงาน มาจากค่าไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มขึ้นในการปั๊มชิ้นงานที่ใช้แรงกำหนดที่สูงขึ้น

การศึกษาครั้งนี้มีปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงโดยการเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัด และการเปลี่ยนแรงกำหนดในการขึ้นรูป ถ้าอายุการใช้งานแท่งตัดและดายตัดลดลงและแรงกำหนดในการขึ้นรูปสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่อหน่วยผลิตสูงขึ้น และส่งผลทำให้จำนวนครั้งในการซ่อมบำรุงสูงขึ้น แต่จะทำให้สัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากของเสียต่ำลง ผู้วิจัยและทีมงานได้พิจารณาแนวทางในการปรับปรุง 2 แนวทาง โดยพิจารณาเรื่องการเปลี่ยนแปลงอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัดก่อนการเจียระไน และแรงกำหนดในการขึ้นรูป ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 6.4 และอธิบายได้ดังนี้

การทำงานในปัจจุบันใช้เครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดขนาด 150 ตันและทำการเจียระไนแท่งตัดและดายตัดที่ทุก ๆ 15,000 สโตรก หลังจากปรับปรุงเรื่องระนาบแล้วพบชิ้นงานที่เกิดครีบสูง 1,500 ชิ้นต่อการปั๊มชิ้นงาน 15,000 ชิ้น ทำให้การทำงานปัจจุบันเกิดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องครีบ แต่ไม่มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าแรงกำหนดจาก 150 ตันเป็น 220 ตัน โดยมีค่าใช้จ่ายรวม คือ 51,500 บาทในการปั๊มชิ้นงาน 30,000 ชิ้น คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเท่ากับ 1.72 บาท เป็นการทำงานที่มีค่าใช้จ่ายรวมสูงที่สุด

แนวทางการปรับปรุงที่ 1 การทำงานที่ใช้เครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดขนาด 150 ตันและทำการเจียระไนแท่งตัดและดายตัดที่ทุก ๆ 13,000 สโตรก โดยในการทำงานปัจจุบันเมื่อกำหนดว่าต้อง

เจียระไนแท่งตัดและดายตัดทุกๆ 15,000 สโตรกทำให้พบชิ้นงานที่เกิดครีบสูง จึงพิจารณาแนวทางการปรับปรุงที่ 1 โดยปรับการเจียระไนแท่งตัดและดายตัดที่ทุก ๆ 13,000 สโตรก เนื่องจากผลการทดลองก่อนหน้าในรูปที่ 6.1 ชี้ให้เห็นว่าในช่วงสโตรก 14,998 – 15,000 พบว่าชิ้นงานมีความสูงครีบเกิน 0.3 โดยจากเก็บข้อมูลการปฏิบัติหน้างานพบครีบอยู่ในช่วงสโตรกที่ 13,500 จึงมีแนวทางที่จะเจียระไนแท่งตัดก่อนการพบครีบ คือ เจียระไนแท่งตัดและดายตัดที่ทุก ๆ 13,000 สโตรก จากการทดลองเมื่อปฏิบัติตามแนวทางนี้ พบว่าจะไม่เกิดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องครีบและไม่มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าแรงกำหนดจาก 150 ตันเป็น 220 ตัน แต่จะมีค่าใช้จ่ายในการเจียระไนแท่งตัดและดายตัดเพิ่มจากการทำงานปัจจุบันเนื่องจากมีการเจียระไนบ่อยขึ้น โดยมีค่าใช้จ่ายรวม คือ 11,000 บาทในการปั๊มชิ้นงาน 26,000 ชิ้น คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเท่ากับ 0.42 บาท ซึ่งในการเจียระไนแท่งตัดและดายตัดบ่อยทุกๆ 13,000 สโตรก ไม่ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด อีกทั้งยังต้องใช้ระยะเวลาเป็นอย่างมากในการเจียระไน ซึ่งการทำงานพบว่าใช้ระยะเวลาเฉลี่ยตั้งแต่เสียหายจนใช้งานได้แต่ละครั้ง (Mean Time To Repair : MTTR) ซึ่งรวมอยู่ที่ 3 - 5 วัน หมายถึงตั้งแต่การถอดแม่พิมพ์ ขนย้าย เจียระไนไปจนถึงขั้นตอนการติดตั้งใหม่ ในกรณีที่มีแม่พิมพ์อื่นที่รอเจียระไนอยู่มากจะส่งผลทำให้ตัวแม่พิมพ์นี้ไม่สามารถกลับมาขึ้นรูปต่อได้ทันเวลา ซึ่งการเจียระไนบ่อยทำให้แท่งตัดจะถูกเจียและสั้นลงเรื่อย ๆ จนถึงจุดหนึ่งที่ถึงค่าที่กำหนดจะทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแท่งตัดใหม่ ส่งผลกระทบต่อการขึ้นรูปชิ้นงานและวางแผนการผลิต จึงควรมองหาแนวทางเลือกอื่นที่สามารถกระทำได้

การสึกหรอในงานแม่พิมพ์ตัดจะแตกต่างจากการสึกหรอของงานขึ้นรูปทั่วไป [18] คือ การสึกหรอจะไม่เกิดขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่ง แต่จะมีการขยายบริเวณการสึกหรอออกไปรอบคมตัดตามจำนวนการตัด โดยส่งผลต่อคุณภาพชิ้นงานคือ ช่วงแรกคมตัดพันช์ยังไม่สึกหรอ การตัดเฉือนจึงเกิดขึ้นง่าย แต่เมื่อพันช์เกิดการสึกหรอ ทำให้คมตัดเป็นรัศมีโค้ง การตัดจึงยากขึ้น ทำให้ต้องใช้แรงในการตัดสูง ซึ่งการสึกหรอทำให้ความเค้นดึงในเนื้อวัสดุมากขึ้น ระยะรอยแตกจึงเกิดเร็วขึ้น ส่งผลทำให้เมื่อจำนวนการตัดเพิ่มขึ้นทำให้ครีบมีระยะสูงขึ้น โดยแรงตัดมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากความคมของพันช์เริ่มหายไปจากการสึกหรอ ทำให้การตัดทำได้ยากขึ้น จึงจำเป็นต้องใช้แรงตัดเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกของการตัด และเมื่อการสึกหรอเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยหรือใกล้สภาวะคงที่จะทำให้แรงตัดที่ควรใช้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยสรุปว่าการสึกหรอทำให้คุณภาพชิ้นงานแย่ลง และเมื่อคมตัดเกิดการสึกหรอ จะต้องใช้แรงในการตัดสูงขึ้น จากการศึกษาในบทที่แล้ว เรื่องปัจจัยแรงกำหนด พบว่าเมื่อใช้เครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดขนาด 220 ตันจะมีความสูงครีบต่ำกว่าใช้เครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดขนาด 150

ตัน แต่ทำให้ต้องมีการเจียระไนแท่งตัดและดายตัดที่ทุก ๆ 10,000 สโตรก เนื่องจากจะพบชิ้นงานที่เกิดครีบสูงที่ 10,000 สโตรกเป็นต้นไป ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการขึ้นรูปสูงและค่าเจียระไนมาก โดยการใช้แรงกำหนดที่สูงตั้งแต่สโตรกแรกถึงสโตรกสุดท้าย อาจจะส่งผลให้เมื่อทำการปั๊มชิ้นงาน แท่งตัดจะเกิดการสึกหรอบริเวณขอบด้านข้างและบริเวณด้านหน้าแท่งตัดและดายแท่งตัดอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเกิดลักษณะการสึกหรอแบบเป็นหลุมรอยลึกที่ผิวหน้ามีดและมุมขอบตัด ถ้าปั๊มต่อไปมีโอกาสทำให้แท่งตัดแตกได้ จึงเกิดแนวทางเลือกที่ 2 คือ ใช้แรงกำหนดที่สูงขึ้นในช่วงสโตรกการปั๊มเท่าที่จำเป็นเท่านั้น โดยแรงกำหนดสำหรับเครื่องปั๊มแบบกลไก หมายถึง แรงที่เครื่องสามารถรองรับน้ำหนักได้ตามที่กำหนดโดยไม่เกิดอันตรายต่อส่วนประกอบใด ๆ ของเครื่องปั้ม [19] ซึ่งแรงกำหนดที่ใช้จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงานที่ขึ้นรูปซึ่งได้จากการทดลอง (Trial and Eror)

แนวทางการปรับปรุงที่ 2 การทำงานที่ใช้เครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดขนาด 150 ตัน และ 220 ตัน และทำการเจียระไนแท่งตัดและดายตัดที่ทุก ๆ 23,000 สโตรก โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 ช่วงคือ เริ่มต้นปั๊มที่แรงขนาด 150 ตันในสโตรกที่ 1 - 13,000 เนื่องจากการทำงานปัจจุบันเริ่มต้นพบครีบในสโตรกที่ 13,500 แต่เพื่อครอบคลุมการปั๊มชิ้นงานที่ไม่ก่อให้เกิดครีบจึงทำการเพิ่มแรงกำหนดเป็น 220 ตัน ในช่วงสโตรกที่ 13,001 - 23,000 ซึ่งหลังจาก 23,000 สโตรกจะพบชิ้นงานที่เกิดครีบสูงจึงทำการหยุดปั๊มและทำการเจียระไนแท่งตัดและดายตัดเพิ่ม และเริ่มนับสโตรกการทำงานใหม่ แนวทางนี้เริ่มต้นจากในการทำงานปัจจุบันใช้เครื่องปั๊มขนาด 150 ตัน แต่เมื่อเกิดการสึกหรอของแท่งตัดจึงจำเป็นต้องเพิ่มแรงกำหนดเมื่อถึงช่วงสโตรกที่แท่งตัดเกิดการสึกหรอในโรงงานกรณีศึกษามีเครื่องจักรที่มีแรงกำหนดสูงขึ้นในระดับถัดไปคือ เครื่องขนาด 220 ตัน จากการทดลองเมื่อปฏิบัติตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2 พบว่าไม่มีชิ้นงานที่มีความสูงครีบเกินที่กำหนด จึงไม่เกิดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องครีบ แต่มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าแรงกำหนดจาก 150 ตันเป็น 220 ตัน มีค่าใช้จ่ายรวม คือ 8,700 บาทในการปั๊มชิ้นงาน 23,000 ชิ้น คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเท่ากับ 0.38 บาท แนวทางนี้มีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด เนื่องจากความถี่ที่จะต้องนำแท่งตัดและดายตัดไปทำการเจียระไนลดลง และไม่มีค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องครีบ นอกจากนั้นการเพิ่มแรงกำหนดเป็นขนาด 220 ตัน ในช่วงสโตรกที่ 13,001 - 23,000 ซึ่งเป็นช่วงสโตรกที่จำเป็นที่ต้องการใช้แรงกำหนดมากขึ้น ทำให้เกิดการสึกหรอของแท่งตัดน้อยกว่าการปั๊มด้วยแรงกำหนด 220 ตันตั้งแต่ช่วงแรก

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การทำงานปัจจุบันใช้เครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดขนาด 150 ตันและทำการเจียระไนแท่งตัดและดายตัดที่ทุก ๆ 15,000 สโตรก มีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเท่ากับ 1.72 บาท, แนวทางการปรับปรุงที่ 1 ใช้เครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดขนาด 150 ตันและทำการเจียระไนแท่งตัดและดาย

ตัดที่ทุก ๆ 13,000 สโตรก มีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเท่ากับ 0.42 บาท และแนวทางการปรับปรุงที่ 2 ใช้เครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดขนาด 150 ตัน ในสโตรกที่ 1 – 13,000 แล้วจึงเปลี่ยนแรงกำหนดเป็น 220 ตัน ตั้งแต่สโตรกที่ 13,001 – 23,000 และทำการเจียระไนแท่งตัดและดายตัดที่ทุก ๆ 23,000 สโตรก เพื่อเริ่มนับสโตรกใหม่ มีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเท่ากับ 0.38 บาท จากที่ได้กล่าวมาแนวทางการปรับปรุงที่ 2 มีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด โดยพบว่าสามารถทำให้ความถี่ในการนำแท่งตัดไปเจียระไนลดลงเมื่อเทียบกับการทำงานปัจจุบันจากเดิมที่ทำการเจียระไนแท่งตัดทุก ๆ 15,000 สโตรก เปลี่ยนเป็นทำการเจียระไนแท่งตัดทุก ๆ 23,000 สโตรก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.4 ความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการซ่อมบำรุงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอายุการใช้งานของแท่งตัดและแรงกำหนดในการขึ้นรูป

รายละเอียด	ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่าย	สโตรกการทำงาน				ค่าใช้จ่าย (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย (บาท)
		10,000	15,000	20,000	30,000		
การทำงานปัจจุบันที่ 150 ตัน และเจียระไนแท่งตัดและดายตัดที่ 15,000 สโตรก	ค่าเจียระไนแท่งตัดและดายตัด	0	5,500	0	5,500	11,000	
	ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าแรงกำหนดจาก 150 ตัน เป็น 220 ตัน	0	0	0	0	0	
	ค่าแก้ไขข้อบกพร่องครีบ	0	13.5 x1,500 =20,250	0	13.5 x1,500 =20,250	40,500	
	ค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้น (บาท)					51,500	1.72
แนวทางการปรับปรุงที่ 1 การทำงานที่ 150 ตัน และเจียระไนแท่งตัดและดายตัดที่ 13,000 สโตรก	ค่าเจียระไนแท่งตัดและดายตัด	0	13,000	0	13,000	ค่าใช้จ่าย (บาท)	
	ค่าเจียระไนแท่งตัดและดายตัด	0	5,500	0	5,500	11,000	
	ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าแรงกำหนดจาก 150 ตัน เป็น 220 ตัน	0	0	0	0	0	
	ค่าแก้ไขข้อบกพร่องครีบ	0	0	0	0	0	
	ค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้น (บาท)					11,000	0.42
แนวทางการปรับปรุงที่ 2 การทำงานที่ 150 ตันในช่วงสโตรกที่ 1 - 13,000 และ220 ตันในช่วงสโตรกที่ 13,001 – 23,000 และเจียระไนแท่งตัดและดายตัดที่ 23,000 สโตรก	สโตรกการทำงาน		1	15,000	15,001-23,000	ค่าใช้จ่าย (บาท)	
	ค่าเจียระไนแท่งตัดและดายตัด		0	0	5,500	5,500	
	ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าแรงกำหนดจาก 150 ตัน เป็น 220 ตัน	150 ตัน	1-13,000 = 0		ไม่ได้ใช้แรงกำหนดนี้	0	
		220 ตัน	ไม่ได้ใช้แรงกำหนดนี้	0.32 x2,000 =640	0.32 x8,000 =2,560	3,200	
	ค่าแก้ไขข้อบกพร่องครีบ		0	0	0	0	
	ค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้น (บาท)					8,700	0.38

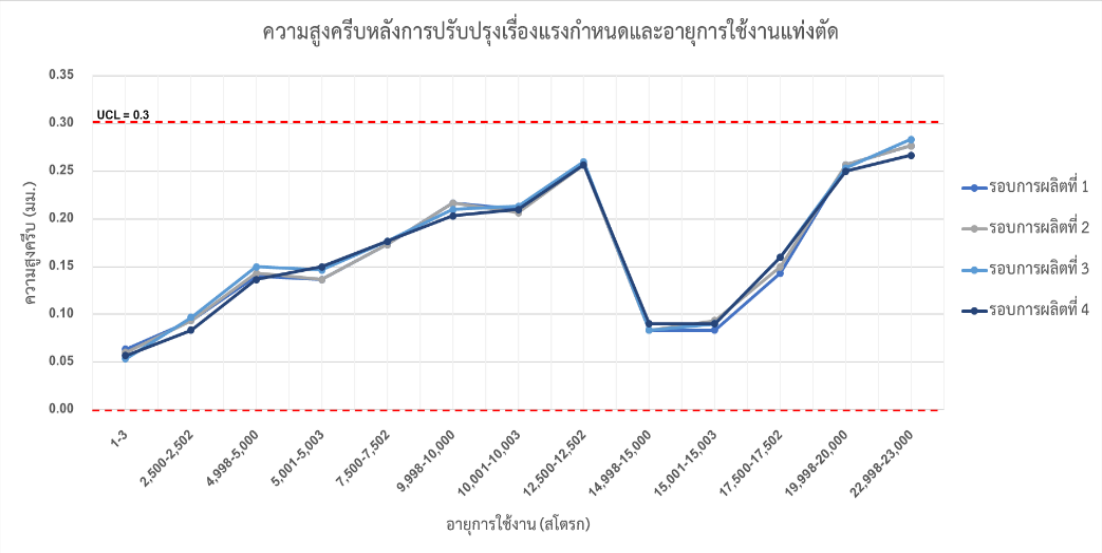
การปรับปรุงเรื่องแรงกำหนดและอายุการใช้งานแท่งตัดใช้แนวทางการปรับปรุงที่ 2 ในการทดลองและยืนยันผลโดยหาแรงกำหนดที่เหมาะสมให้แก่ช่วงสโตรกในการขึ้นรูปชิ้นงาน ได้ผลดัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.5 และแสดงในรูปที่ 6.2 ซึ่งเป็นตารางการเก็บบันทึกข้อมูลในการปั๊มชิ้นงาน 4 รอบการผลิต

ตารางที่ 6.5 ข้อมูลยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเรื่องแรงกำหนดและอายุการใช้งานแท่งตัด

สโตรกที่	แรงกำหนดที่ใช้ (ตัน)	ความสูงครีบ (มม.)											
		Cycle 1			Cycle 2			Cycle 3			Cycle 4		
1-3	150	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.07	0.04	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06
2,500-2,502	150	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10	0.08	0.09	0.08
4,998-5,000	150	0.13	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.14	0.13	0.14
5,001-5,003	150	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.15	0.14	0.14	0.16	0.14	0.15	0.16
7,500-7,502	150	0.17	0.17	0.18	0.18	0.17	0.17	0.18	0.17	0.18	0.18	0.18	0.17
9,998-10,000	150	0.21	0.22	0.22	0.22	0.21	0.22	0.20	0.21	0.22	0.20	0.21	0.20
10,001-10,003	150	0.20	0.21	0.22	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	0.22	0.21	0.20	0.22
12,500-12,502	150	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.26	0.26	0.27	0.25	0.25	0.26	0.26
14,998-15,000	12,503-13,000 ใช้ 150 13,001-15,000 ใช้ 220	0.08	0.09	0.08	0.07	0.10	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.10
15,001-15,003	220	0.08	0.08	0.09	0.08	0.10	0.10	0.08	0.09	0.10	0.10	0.08	0.09
17,500-17,502	220	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.14	0.16	0.15	0.17	0.15	0.16	0.17
19,998-20,000	220	0.26	0.25	0.26	0.25	0.26	0.26	0.25	0.25	0.26	0.24	0.26	0.25
22,998-23,000	220	0.28	0.27	0.28	0.27	0.27	0.29	0.29	0.28	0.28	0.26	0.27	0.27
เจียระไนสโตรกที่ 23,000		ไม่ทำการปั๊มต่อ											



รูปที่ 6.2 ความสูงครีบหลังการปรับปรุงเรื่องแรงกำหนดและอายุการใช้งานแท่งตัด

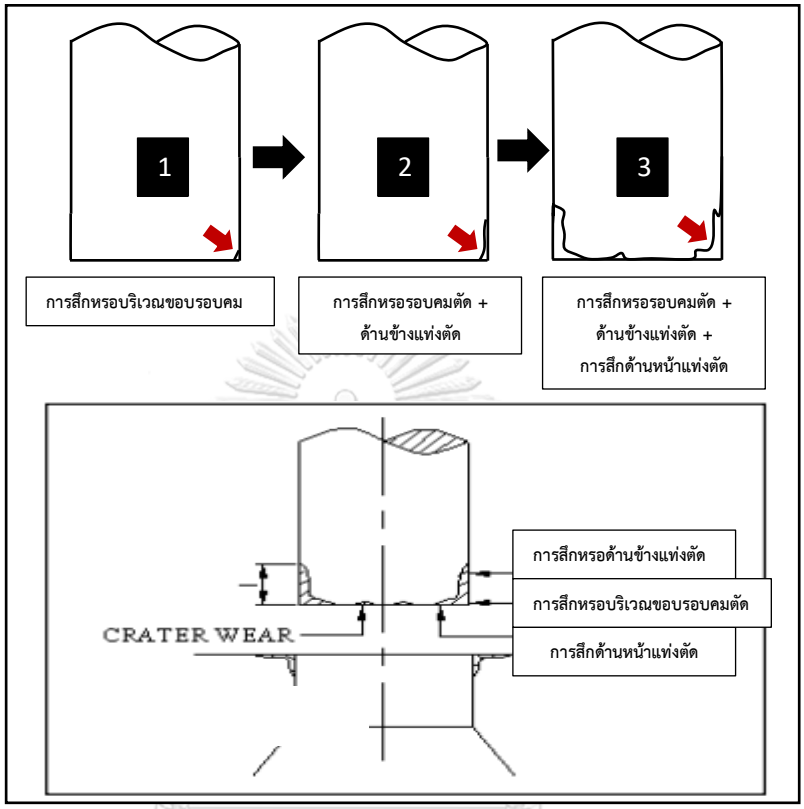
จากตารางที่ 6.5 และรูปที่ 6.2 เป็นการเก็บข้อมูลยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเรื่องแรงกำหนดและอายุการใช้งานแท่งตัดในการปั๊มชิ้นงาน 4 รอบการผลิต พบว่ากราฟของความสูงครีบของชิ้นงานหลังการปรับปรุงการผลิตทั้ง 4 รอบมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและมีข้อมูลใกล้เคียงกันค่อนข้างมากซึ่งกระบวนการนี้สามารถปั๊มชิ้นงานได้โดยไม่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องประเภทครีบเนื่องจากไม่มีข้อมูลออกนอกเส้นขีดจำกัดข้อกำหนด โดยการปรับปรุง คือ การปรับปรุงเรื่องแรงกำหนดและอายุการใช้งานแท่งตัดใช้แนวทางการปรับปรุงที่ 2 โดยมีการกำหนดแรงกำหนดและอายุการใช้งานแท่งตัด ในช่วงสโตรกที่ 1 - 13,000 กำหนดให้ใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 150 ตัน และสโตรกที่ 13,001 - 23,000 ใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 220 ตัน ซึ่งส่งผลทำให้ไม่มีค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขชิ้นงานจากข้อบกพร่องประเภทครีบ แต่มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าแรงกำหนดจาก 150 ตันเป็น 220 ตัน ในสโตรกที่ 13,001 - 23,000 ในการปั๊มชิ้นงาน 23,000 ชิ้น มีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเท่ากับ 0.38 บาท

การศึกษาปัจจัยเรื่องแรงกำหนดในบทที่ 5 จากรูปที่ 5.5 พบว่าการทำงานที่สโตรกเริ่มต้นเดียวกัน เครื่องปั๊มที่แรงกำหนดขนาด 150 ตันพบความสูงครีบเริ่มต้น 0.06 มม. และเครื่องปั๊มที่แรงกำหนดขนาด 220 ตันพบความสูงครีบเริ่มต้น 0.03 มม. ทำให้สรุปได้ว่าการปั๊มที่สโตรกใกล้เคียงกันเครื่องปั๊มที่แรงกำหนดขนาด 220 ตันมีค่าเฉลี่ยความสูงครีบน้อยกว่าแรงกำหนดขนาด 150 ตัน จากที่ได้กล่าวมาการเริ่มต้นสโตรกที่ 1 หลังผ่านการเจียระไนแล้วที่เครื่องแรงกำหนดขนาด 220 ตัน มีความสูงครีบเริ่มต้นอยู่ที่ 0.03 มม. เปรียบเทียบกับการทำงานที่แท่งตัดไม่ผ่านการเจียระไนเมื่อมีการใช้แท่งตัดที่มีการสึกหรออยู่บ้างจากการผ่านการทำงานจากเครื่องกำหนด 150 ตัน ในรูปที่ 6.2 เมื่อเริ่มสโตรกที่ 13,001 (ซึ่งเป็นสโตรกแรกของการใช้แรงกำหนด 220 ตัน) ส่งผลทำให้ความสูงครีบที่เริ่มต้นสูงกว่า คือ มีค่าครีบสูง คือ 0.06 มม. ทำให้สามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงนี้เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของแรงกำหนดที่ใช้เป็น 220 ตันที่สโตรก 13,001 ในการปั๊มชิ้นงานต่อเนื่องจากแท่งตัดที่มีการสึกหรออยู่บ้างทำให้พบความสูงครีบลดลงจากสโตรกก่อนหน้าที่ใช้แรงกำหนดเป็น 150 ตัน แต่ค่าความสูงครีบที่พบจะมีมากกว่าค่าความสูงครีบเริ่มต้นเมื่อเปรียบเทียบกับแท่งตัดที่ไม่มีการสึกหรอ

จากการศึกษาเรื่องพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดวัสดุในงานการตัดเฉือนโลหะทั่วไป พบว่าการตัดชิ้นงานในช่วงแรกจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับแม่พิมพ์ คือ เกิดการสึกหรอบริเวณขอบคมตัด ทำให้คุณภาพของชิ้นงานลดลงหรือเกิดครีบในชิ้นงาน ส่งผลให้ต้องใช้แรงที่ใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงานเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากแม่พิมพ์เกิดการสึกหรอ และเมื่อจำนวนครั้งในการตัดเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง การสึกหรอที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนรูปแบบจากการสึกหรอแบบยึดติด (Adhesive wear) และการสึกหรอแบบขัดถูหรือบริเวณขอบรอบคมตัด (Abrasive wear) เปลี่ยนเป็นการสึกหรอแบบล้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บริเวณผิวหน้า (Fatigue Wear) ซึ่งเกิดจากการที่ผิวหน้าของแม่พิมพ์ถูกแรงกระทำซ้ำ ๆ มีงานวิจัยกล่าวว่า เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของแรงตัดที่ใช้หลังจากที่เกิดการสึกหรอที่แท่งตัดจะส่งผลให้ความสูงครีบลดลงด้วย [20]



รูปที่ 6.3 การสึกหรอของแท่งตัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การสึกหรออธิบายได้ดังรูปที่ 6.3 คือการสึกหรอเริ่มต้นจาก การสึกหรอบริเวณขอบรอบคมตัด จากนั้นจะเกิดการสึกหรอบริเวณด้านข้างแท่งตัดและเมื่อมีการตัดชิ้นงานในจำนวนสโตรกที่มากขึ้นและใช้แรงกำหนดที่มากขึ้นจะส่งผลทำให้เกิดการสึกหรอแบบด้านหน้าแท่งตัด [21] ซึ่งผลจากการทดลองจากรูปที่ 6.2 พบว่าการปั๊มชิ้นงานที่เครื่องปั๊มขนาด 150 ตันในช่วงแรกจะเริ่มมีการสึกหรอบริเวณขอบรอบคมตัด (หมายเลขที่ 1) จากนั้นในจำนวนสโตรกที่เพิ่มมากขึ้น เริ่มมีการสึกหรอบริเวณด้านข้างจนถึงสโตรกที่ 13,000 เริ่มมีการสึกหรอมาก (หมายเลขที่ 2) แต่ไม่สามารถวัดความสึกหรอที่เกิดขึ้นกับแท่งตัดได้จึงประมาณค่าการสึกหรอจากค่าความสูงครีบที่พบในชิ้นงาน ซึ่งในช่วงนี้พบค่าความสูงครีบสูง จากนั้นจึงเพิ่มแรงกำหนดเป็นเครื่องปั๊มขนาด 220 ตัน จากกราฟพบว่า การเพิ่มแรงกำหนดที่ใช้ในการตัดเจาะสูง ส่งผลทำให้มีแรงกระแทกในการตัดชิ้นงานสูงขึ้นทำให้พบชิ้นงานเกิดความสูงครีบต่ำ ซึ่งการกระแทกซ้ำ ๆ จะส่งผลทำให้เกิดการสึกหรอแบบล้าที่ผิวหน้าแท่งตัด โดยเริ่มปั๊มต่อที่สโตรก 13,001 พบว่าความสูงครีบลดลงเมื่อเพิ่มแรงกำหนดให้แก่ชิ้นงาน จากการสังเกตด้วย

ตาเปล่าในขณะนี้แท่งตัดยังไม่มีการสึกหรอที่บริเวณด้านหน้าแท่งตัด จึงได้ทำการปั๊มต่อไปจนถึง 23,000 พบว่าความสูงครีบที่พบสูงขึ้น และตัวแท่งตัดมีการสึกหรอที่บริเวณด้านหน้าแท่งตัด ในการปั๊มที่จำนวนสโตรกมากขึ้นที่ใช้แรงกำหนดสูงขึ้นทำให้ตำแหน่งของการสึกหรอด้านหน้าแท่งตัดเลื่อนสูงขึ้นจนชนกับตำแหน่งที่สึกหรอเดิมอยู่ (หมายเลขที่ 3) ทำให้ความสูงครีบสูงขึ้น เนื่องจากแท่งตัดมีพื้นที่ในการสึกหรอมากขึ้น ส่งผลทำให้เมื่อทำการปั๊มตัดชิ้นงานในระยะแรกชิ้นงานจะถูกตัดผ่านส่วนล่างของแท่งตัด (มีสึกหรอ) และถูกกดทับด้วยส่วนด้านบนของแท่งตัด (ไม่มีการสึกหรอ) ทำให้เนื้อชิ้นงานถูกกดและเบียดลง ทำให้เกิดครีบสูง โดยพื้นที่ของการสึกหรอของแท่งตัดส่งผลต่อความสูงครีบของชิ้นงานที่เกิดขึ้น

การวิจัยนี้พบว่าเมื่อปั๊มที่แรง 150 ตัน ถึงจุดหนึ่งจนความสูงครีบจะเกินขีดจำกัดควบคุมบน จึงได้ทำการเพิ่มแรงตัดเฉือนให้แก่กระบวนการเป็น 220 ตัน ซึ่งในการกระทำนี้ลักษณะการสึกหรอจะเปลี่ยนจากการสึกหรอด้านข้างมาเป็นการสึกหรอด้านหน้า ทำให้การสึกหรอด้านข้างมีอิทธิพลต่อตัวแท่งตัดน้อยกว่าแรงกำหนดที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เมื่อมีการตัดเจาะชิ้นงานที่ใช้แรงกำหนดมากกว่าเดิมทำให้ความสูงครีบที่พบลดลงไปช่วงระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นเมื่อมีการปั๊มที่แรง 220 ตันต่อไปการสึกหรอบริเวณด้านหน้าและความสึกหรอด้านข้างที่มีจะส่งผลทำให้เกิดความสูงครีบจนถึงจุดหนึ่งที่ไม่สามารถยอมรับได้ จึงทำการเจียระไนเพื่อเริ่มนับโตรกการทำงานใหม่ต่อไป

6.2 การปรับปรุงกระบวนการของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทรอย

6.2.1 ปัจจัยเรื่องการขนย้ายชิ้นงาน

ในระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การขนย้ายชิ้นงานแบบใหม่ปรับปรุงโดยการเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ในการขนย้าย มีผลทำให้จำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยลดลง เนื่องจากอุปกรณ์ขนย้ายที่ใช้เปลี่ยนจากวัสดุเนื้อแข็งโลหะเป็นวัสดุเนื้ออ่อนพลาสติก ซึ่งในการใช้อุปกรณ์ขนย้ายที่ทำมาจากวัสดุที่อ่อนกว่าจะไม่สามารถขีดข่วนเป็นรอยบนผิวชิ้นงานที่แข็งกว่าได้ อีกทั้งความแข็งเป็นสมบัติหนึ่งของผิววัสดุ หมายถึง ค่าความต้านทานในการเปลี่ยนแปลงขนาด รูปร่าง หรือการเกิดรอยขูดขีดเสียหายบริเวณพื้นผิววัสดุ การสึกหรอของผิววัสดุเมื่อใช้งานที่ต้องเสียดสีกัน ถ้าวัสดุใดอ่อนกว่าก็จะถูกเสียดสีทำให้เกิดการสึกหรอมากกว่า โดยความต้านทานต่อการขีดข่วน (Resistance to Scratching) พบว่าวัสดุที่แข็งกว่าจะสามารถขีดข่วนเป็นรอยบนผิววัสดุที่อ่อนกว่าได้ แต่วัสดุที่อ่อนกว่าจะไม่สามารถขีดข่วนเป็นรอยบนผิววัสดุที่แข็งกว่าได้ [22] และเพื่อยืนยันการปรับปรุงปัจจัยเรื่องการขนย้ายชิ้นงาน ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลผลการทดลองยืนยันผลโดยเก็บข้อมูลจำนวนข้อบกพร่องประเภทรอยที่พบใน 4

รอบการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 6.6 โดยการศึกษานี้จะต้องยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเรื่องการขนย้ายก่อนที่จะศึกษาปัจจัยเรื่องเศษของชิ้นงานต่อไป

ตารางที่ 6.6 ข้อมูลยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเรื่องการขนย้ายชิ้นงาน

การขนย้ายแบบเก่าตะแกรงโลหะขนาดใหญ่			การขนย้ายแบบใหม่ตะกร้าพลาสติก		
จำนวนผลิต (ชิ้น)		ชิ้นงานที่ต้องนำกลับมาแก้ไข (ชิ้น)	จำนวนผลิต (ชิ้น)		ชิ้นงานที่ต้องนำกลับมาแก้ไข (ชิ้น)
ก.ย.62	15,000	172	ม.ค.63	15,000	105
ต.ค.62	15,000	167	ก.พ.63	15,000	99
พ.ย.62	11,000	103	มี.ค. 63	15,000	106
ธ.ค.62	15,000	165	เม.ย.63	11,000	71
ยอดรวม		607	ยอดรวม		381

จากตารางที่ 6.6 จะพบว่าการขนย้ายแบบใหม่มีจำนวนชิ้นงานที่พบข้อบกพร่องรอยที่ต้องนำกลับมาแก้ไขน้อยกว่าการขนย้ายแบบเก่า และได้ทำการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดให้

H_0: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อใช้การขนย้ายแบบใหม่ มีค่าไม่แตกต่างจากสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อใช้การขนย้ายแบบเก่า

H_a: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อใช้การขนย้ายแบบใหม่ มีค่าน้อยกว่าสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อใช้การขนย้ายแบบเก่า

ทำการทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งให้ผลลัพธ์ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Test and CI for Two Proportions : New transposition, Old transposition

Sample	X	N	Sample p
1	381	56000	0.006804
2	607	56000	0.010839

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: -0.00403571
95% upper bound for difference: -0.00311676
Test for difference = 0 (vs < 0): Z = -7.22 P-Value = 0.000

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 แสดงว่าเมื่อใช้การขนย้ายแบบใหม่มีสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอย น้อยกว่าการขนย้ายแบบเก่าอย่างมีนัยสำคัญ

6.2.2 ปัจจัยเรื่องเศษของชิ้นงานปรับปรุงโดยการติดตั้งท่อลมเป่าเศษชิ้นงาน

หลังจากปรับปรุงเรื่องการขนย้ายชิ้นงานแล้ว พบว่าในกระบวนการยังเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยอยู่ ทางผู้วิจัยจึงได้ออกแบบเครื่องเป่าเศษของชิ้นงานขึ้นเพื่อใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ โดยมีรายละเอียดกล่าวไว้ในระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในหัวข้อ เศษของชิ้นงาน และในระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ปัจจัยเรื่องเศษของชิ้นงานปรับปรุงโดยการติดตั้งเครื่องเป่าเศษชิ้นงาน มีผลทำให้จำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยลดลง และเพื่อยืนยันการปรับปรุงปัจจัยเรื่องการติดตั้งท่อลมเป่าเศษ ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลผลการทดลองยืนยันผล โดยเก็บข้อมูลจำนวนข้อบกพร่องประเภทรอยที่พบใน 3 รอบการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 6.7 โดยการศึกษานี้จะต้องยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเรื่องเศษของชิ้นงาน ก่อนที่จะศึกษาปัจจัยเรื่องความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มต่อไป

ตารางที่ 6.7 ข้อมูลยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเรื่องการติดตั้งท่อลมเป่าเศษ

ก่อนการปรับปรุงเรื่องท่อเป่าเศษ			หลังจากการปรับปรุงเรื่องท่อเป่าเศษ		
จำนวนผลิต (ชิ้น)		ชิ้นงานที่ต้องนำกลับมาแก้ไข (ชิ้น)	จำนวนผลิต (ชิ้น)		ชิ้นงานที่ต้องนำกลับมาแก้ไข (ชิ้น)
ก.พ.63	15,000	99	ส.ค.63	15,000	28
มี.ค. 63	15,000	106	ก.ย.63	11,000	24
เม.ย.63	11,000	71	ต.ค.63	15,000	30
ยอดรวม		276	ยอดรวม		82

จากตารางที่ 6.7 จะพบว่าหลังจากการติดตั้งท่อลมเป่าเศษมีจำนวนชิ้นงานที่พบข้อบกพร่องรอยที่ต้องนำกลับมาแก้ไขน้อยกว่าก่อนติดตั้ง และได้ทำการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดให้

H_0: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อมีการติดตั้งท่อลมเป่าเศษ มีค่าไม่แตกต่างจากสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยก่อนการปรับปรุง

H_a: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อมีการติดตั้งท่อลมเป่าเศษ มีค่าน้อยกว่าสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยก่อนการปรับปรุง

ทำการทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งให้ผลลัพธ์ ดังนี้

Test and CI for Two Proportions : Install equipment, Before install equipment

Sample	X	N	Sample p
1	82	41000	0.002000
2	276	41000	0.006732

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: -0.00473171
95% upper bound for difference: -0.00397478
Test for difference = 0 (vs < 0): Z = -10.28 P-Value = 0.000

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 แสดงว่าเมื่อมีการติดตั้งท่อลมเป่าเศษมีสัดส่วนชิ้นงานที่เกิดรอยน้อยกว่าการทำงานเดิมก่อนการปรับปรุงท่อลมเป่าเศษอย่างมีนัยสำคัญ

หลังจากปรับปรุงเรื่องการติดตั้งท่อลมเป่าเศษชิ้นงานแล้ว พบว่าในกระบวนการยังเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยอยู่โดยมีของเสีย 82 ชิ้นงานจากการ 41,000 ชิ้นงาน ซึ่งตำแหน่งที่พบข้อบกพร่องรอย คือ อยู่บริเวณหน้าชิ้นงานที่ถูกพันช์กดทับ และในระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาปัจจัยเรื่องความถี่ในการทาน้ำมันก่อนปั๊มโดยการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและพันช์ มีผลทำให้สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยลดลง จึงได้ปรับปรุงกระบวนการในเรื่องความถี่ในการทาน้ำมันต่อไป

6.2.3 ปัจจัยเรื่องความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊ม

หน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่น [23] คือ การป้องกันการสัมผัสกันระหว่างชิ้นงานกับแม่พิมพ์ซึ่งส่งผลต่อการสึกหรอของแม่พิมพ์ช่วยให้แผ่นโลหะเคลื่อนตัวไปได้อย่างราบเรียบระหว่างการกดตัวของแท่งตัดและดายตัด และป้องกันไม่ให้เกิดรอยขีดข่วนในขณะที่โลหะเกิดการไหลตัวลื่น โดยการทาน้ำมันจะช่วยยืดอายุและรักษาผิวหน้าแท่งตัดได้ อีกทั้งเป็นการทำการหล่อลื่นและหล่อเย็นชิ้นงานและยังสามารถช่วยให้แยกเศษโลหะออกจากชิ้นงานได้ง่าย ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลผลการทดลองยืนยันผลโดยเก็บข้อมูลจำนวนข้อบกพร่องประเภทรอยที่พบใน 2 รอบการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.8 ข้อมูลยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเรื่องความถี่ในการทาน้ำมันก่อนปั๊ม

ก่อนการปรับปรุง ไม่มีการทาน้ำมันก่อนการปั๊ม			หลังจากการปรับปรุง มีการทาน้ำมันก่อนการปั๊ม		
จำนวนผลิต (ชิ้น)		ชิ้นงานที่ต้องนำกลับมาแก้ไข (ชิ้น)	จำนวนผลิต (ชิ้น)		ชิ้นงานที่ต้องนำกลับมาแก้ไข (ชิ้น)
ส.ค.63	15,000	28	พ.ย.63	15,000	4
ก.ย.63	11,000	24	ธ.ค.63	15,000	5
ต.ค.63	15,000	30	ม.ค.64	11,000	3
ยอดรวม		82	ยอดรวม		12

ทำการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดให้

H_0: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อมีการทาน้ำมันก่อนการปั๊ม มีค่าไม่แตกต่างจากสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อไม่มีการทาน้ำมันก่อนการปั๊ม

H_a: สัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อมีการทาน้ำมันก่อนการปั๊ม มีค่าน้อยกว่าสัดส่วนของจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอยเมื่อไม่มีการทาน้ำมันก่อนการปั๊ม

ทำการทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งให้ผลลัพธ์ ดังนี้

Test and CI for Two Proportions : 3 parts/1, No oil on part

Sample	X	N	Sample p
1	12	41000	0.000293
2	82	41000	0.002000

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: -0.00170732
95% upper bound for difference: -0.00131870
Test for difference = 0 (vs < 0): Z = -7.23 P-Value = 0.000

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 แสดงว่าเมื่อมีการทาน้ำมันก่อนการปั๊มมีจำนวนชิ้นงานที่เกิดรอย น้อยกว่าไม่มีการทาน้ำมันก่อนการปั๊มอย่างมีนัยสำคัญ

6.3 สรุประยะปรับปรุงกระบวนการ

ในระยะปรับปรุงกระบวนการ เริ่มจากนำผลการทดลองในบทที่ 5 ระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ปัจจัยคุณลักษณะ ทำให้ได้วิธีการปรับปรุงที่ทำให้สัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องครีบและรอยน้อยที่สุด คือ การปรับปรุงปัจจัยเรื่องระนาบโดยการทำระนาบใหม่ให้แก่พันช์ จากนั้นทดลองหาอายุการใช้งานและแรงกำหนดที่เหมาะสมของแท่งตัดแก่กระบวนการปั๊ม โดยมีวัตถุประสงค์คือค่าใช้จ่ายรวมและสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องน้อยที่สุด จากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า ในกระบวนปั๊มตัดเจาะรูชิ้นงานในช่วงสโตรกที่ 1 - 13,000 กำหนดให้ใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 150 ตัน และสโตรกที่ 13,001 - 23,000 ใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 220 ตัน ซึ่งการกำหนดมาตราฐานนี้ส่งผลค่าใช้จ่ายต่อหน่วยรวมและข้อบกพร่องประเภทครีบน้อยที่สุด และปรับปรุงการขนย้ายชิ้นงานแบบใหม่โดยการเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ในการขนย้าย ปัจจัยเรื่องเศษของชิ้นงานปรับปรุงโดยการติดตั้งท่อลมเป่าเศษชิ้นงาน และการทาน้ำมันก่อนการปั๊มชิ้นงานที่บริเวณหน้าผิวชิ้นงานและพันช์โดยการปั๊ม 3 ชิ้นงาน ต่อการทาน้ำมัน 1 ครั้ง สามารถสรุปการปรับปรุงปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดได้ดังตารางที่ 6.9

ตารางที่ 6.9 ปรับปรุงปัจจัยในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน

ปัจจัย	การปรับปรุง	สถานีที่ต้องปรับปรุง
ระนาบชิ้นงาน	ทำระนาบใหม่ให้แก่พันช์	สถานีงานที่ 5 ปั๊มระนาบชิ้นงานก่อนการปั๊มตัดเจาะ
อายุการใช้งานและแรงกำหนด	สโตรกที่ 1 - 13,000 กำหนดให้ใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 150 ตัน และสโตรกที่ 13,001 - 23,000 ใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 220 ตัน	สถานีงานที่ 6 การปั๊มตัดเจาะชิ้นงาน
การขนย้ายชิ้นงาน	เปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ในการขนย้าย	ทุกสถานีงาน
เศษของชิ้นงาน	ติดตั้งท่อลมเป่าเศษชิ้นงาน	สถานีงานที่ 3 การตัดขอบชิ้นงาน
การทาน้ำมันก่อนการปั๊มชิ้นงาน	การปั๊ม 3 ชิ้นงาน ต่อการทาน้ำมัน 1 ครั้ง	ทุกสถานีงาน ยกเว้นขึ้นรูป

ในระยะต่อไป คือ ระยะควบคุมกระบวนการ จะทำการปรับปรุงปัจจัยที่เหมาะสม เก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง และทำเอกสารมาตรฐานการทำงานและแผนควบคุมกระบวนการในการผลิตฝาครอบถังน้ำมันต่อไป

บทที่ 7

ระยะควบคุมกระบวนการ

ระยะควบคุมกระบวนการ เป็นระยะสุดท้ายของกระบวนการ DMAIC ซึ่งเป็นระยะในการยืนยันผลการปรับปรุงจากระยะการปรับปรุงกระบวนการและจัดทำวิธีการในการควบคุมกระบวนการ โดยการทดลองยืนยันผลได้ทำการเก็บข้อมูลระยะเวลา 7 เดือนของการผลิต โดยระยะเวลา 4 รอบของการซ่อมบำรุง คือ ตั้งแต่สโตรกที่ 1 ถึง 23,000 ทำการซ่อมบำรุงโดยการเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัด โดยตรวจสอบว่าสัดส่วนของเสียเป็นไปตามผลการปรับปรุงที่พอใจ จึงได้จัดทำแผนการควบคุมการทำงาน และจัดทำมาตราฐานในการทำงาน มาตรฐานในการผลิต คือ มาตรฐานการทำงานของปรับตั้งเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการ และการปฏิบัติงานของพนักงาน เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานหลังปรับปรุงกระบวนการ

7.1 ผลการยืนยันผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดสอบยืนยันผลการทดลองของปัจจัยนำเข้าที่ได้จากการวิเคราะห์จากระยะปรับปรุงกระบวนการ โดยศึกษาสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย หลังจากการปรับปรุงปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการยืนยันผลการทดลอง

ปัจจัย	การปรับปรุง
ระนาบชิ้นงาน	ทำระนาบใหม่ให้แก่พันช์
อายุการใช้งานและแรงกำหนด	สโตรกที่ 1 - 13,000 กำหนดให้ใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 150 ตัน และสโตรกที่ 13,001 - 23,000 ใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 220 ตัน
การขนย้ายชิ้นงาน	เปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ในการขนย้าย
เศษของชิ้นงาน	ติดตั้งท่อลมเป่าเศษชิ้นงาน
ความถี่ในการทาน้ำมันก่อนการปั๊มชิ้นงาน	การปั๊ม 3 ชิ้นงาน ต่อการทาน้ำมัน 1 ครั้ง

โดยมีขั้นตอนในการทดลอง คือ ทำการทดลองโดยการเตรียมเครื่องมือและเครื่องจักรให้ให้เรียบร้อย ทำการทดลองโดยปัจจัยที่เหมาะสมเป็นไปดังตารางที่ 7.1 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ทำการเตรียมแท่งตัดระนาบใหม่ให้พร้อมในสถานีงานที่ 5
2. ทำการเตรียมประกอบแม่พิมพ์ตัดและเจาะ โดยใช้แท่งตัดและแผ่นดายตัดที่สโตรกที่ 1 ในสถานีงานที่ 6
3. ทำการเตรียมอุปกรณ์ขนย้ายใหม่ที่ใช้ในกระบวนการเคลื่อนย้ายทั้งหมด
4. ทำการติดตั้งท่อลมเป่าเศษ ในสถานีงานที่ 3
5. ทำการเตรียมน้ำมันขึ้นรูปที่ใช้ในทุก ๆ สถานีงานไว้หน้าเครื่องจักร โดยการทาน้ำมันบนชิ้นงานและแม่พิมพ์ เมื่อทำการปั๊มชิ้นงาน 3 ชิ้นทาน้ำมัน 1 ครั้งในทุกสถานีงาน ยกเว้นสถานีงานที่ใช้ในการปั๊มนูนขึ้นรูปชิ้นงาน เนื่องจากในสถานีงานที่ใช้ในการปั๊มนูนขึ้นรูปชิ้นงาน มีมาตราฐานกำหนดว่าจำเป็นต้องทาน้ำมันในทุกการปั๊มชิ้นงาน
6. เมื่อชิ้นงานถูกปั๊มระนาบที่สถานีที่ 5 แล้วเคลื่อนย้ายมาที่สถานีงานที่ 6 ทำการปั๊มตัดโดยการปั๊มสโตรกที่ 1 - 13,000 กำหนดให้ใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 150 ตัน และสโตรกที่ 13,001 - 23,000 ใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 220 ตัน
7. ทำการปั๊มตั้งแต่สโตรกที่ 1 ถึง 23,000 หลังจากนั้นทำการซ่อมบำรุงโดยการเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัด
8. เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ ทำการตรวจสอบชิ้นงานโดยเก็บข้อมูลของข้อบกพร่องประเภทประเภทครีบและรอย
9. ทำการบันทึกผลการทดลอง
10. ทำการวิเคราะห์ผล และเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง

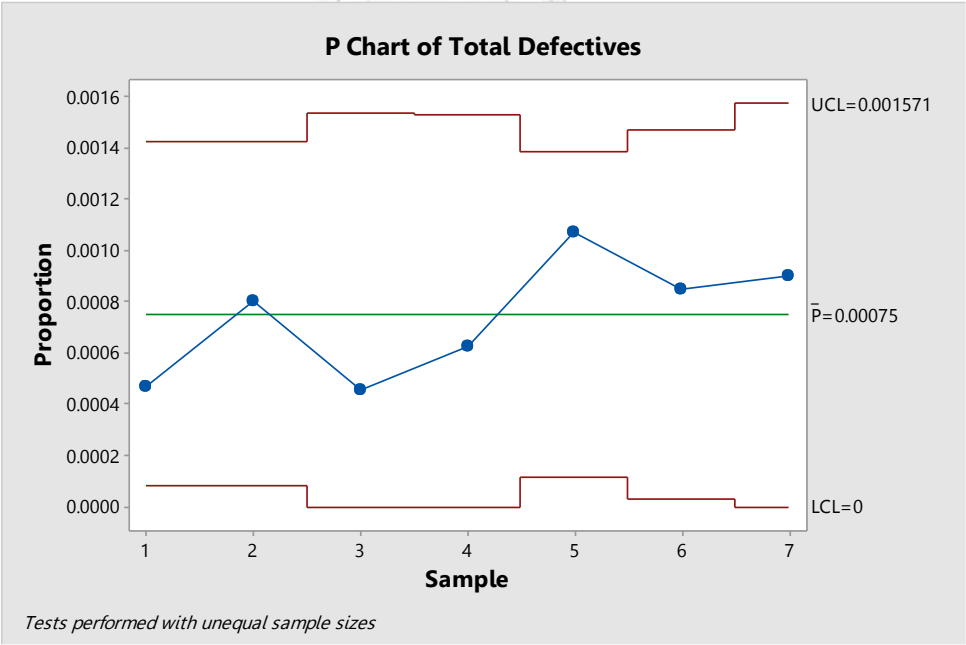
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการทดสอบยืนยันเป็นระยะเวลา 7 เดือน 4 รอบการผลิต ซึ่งทำให้ได้ชิ้นงานตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 92,000 ชิ้นงาน ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 ตารางยืนยันผลการทดลอง

ข้อบกพร่อง	ประเภท	พ.ย.-63	ธ.ค.-63	ม.ค.-64	ก.พ.-64	มี.ค.-64	เม.ย.-64	พ.ค.-64	จำนวนรวม
ครีบ	Rework	0	0	0	0	0	0	0	0
รอย	Rework	4	5	3	5	8	6	4	35
บุบ	Rework	1	3	0	1	4	2	2	13
ผิดรูป	Scrap	2	3	2	1	4	3	3	18
แตก	Scrap	0	1	0	0	2	0	0	3
Total Defectives (ชิ้น)		7	12	5	7	18	11	9	69
Total Output (ชิ้น)		15,000	15,000	11,000	11,187	16,813	13,000	10,000	92,000

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการนำจำนวนของเสียที่ได้ทำเป็นสัดส่วนของเสีย โดยใช้แผนภูมิควบคุม p เนื่องจากมีจำนวนการผลิตในแต่ละเดือนไม่เท่ากัน แสดงดังรูปที่ 7.1 พบว่าสัดส่วนของเสียเฉลี่ยหลังการปรับปรุงกระบวนการมีสัดส่วนของเสียร้อยละ 0.075 หรือปัดเศษเป็นร้อยละ 0.08



รูปที่ 7.1 แผนภูมิควบคุม p กระบวนการหลังการปรับปรุงฝาครอบถังน้ำมัน

7.2 การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงและอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน

7.2.1 การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง

การผลิตฝาครอบถังน้ำมันก่อนปรับปรุงกระบวนการมีสัดส่วนของเสียร้อยละ 12.35 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด โดยของเสียเกิดจากข้อบกพร่องประเภท ครีบ รอย ผิดรูป บุบ และแตก งานวิจัยนี้ทำการปรับปรุงข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย ในกระบวนการขึ้นรูปฝาครอบถังน้ำมัน โดยทำการปรับปรุงปัจจัยเรื่องระนาบ แรงกำหนดและอายุการใช้งานแท่งตัด อุปกรณ์การขนย้าย การติดตั้งท่อลมเป่าเศษชิ้นงาน และการทาน้ำมันก่อนการปั๊มทับ ทำให้สามารถลดสัดส่วนของเสียลดลงจากร้อยละ 12.35 เหลือเป็นร้อยละ 0.08 ซึ่งสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ เนื่องจากเดิมมีเป้าหมายที่จะลดสัดส่วนของเสียให้เหลือร้อยละ 3 ของปริมาณการผลิต แสดงดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต

การผลิตผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมัน	ก่อนปรับปรุงกระบวนการ	หลังปรับปรุงกระบวนการ
ยอดการผลิต (ชิ้น)	122,398	92,000
จำนวนของเสีย (ชิ้น)	15,116	69
สัดส่วนของเสีย (ร้อยละ)	12.35	0.08

จากตารางที่ 7.3 พบว่าก่อนการปรับปรุงกระบวนการมีสัดส่วนของเสียร้อยละ 12.35 และหลังปรับปรุงกระบวนการมีสัดส่วนของเสียร้อยละ 0.08 และสามารถสรุปสัดส่วนของเสียแต่ละประเภทของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการก่อนและหลังปรับปรุงได้ดังตารางที่ 7.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 7.4 สัดส่วนของเสียแต่ละประเภทของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการก่อนและหลังปรับปรุง

ข้อบกพร่อง	สัดส่วนของเสีย ก่อนการปรับปรุง (ร้อยละ)	สัดส่วนของเสีย หลังการปรับปรุง (ร้อยละ)
ข้อบกพร่องครีบ	11.22	0
ข้อบกพร่องรอย	1.11	0.04
ข้อบกพร่องอื่น ๆ (บุบ, ผิดรูป, แตก)	0.02	0.04
รวม	12.35	0.08

จากตารางที่ 7.4 พบว่าก่อนปรับปรุงกระบวนการการผลิตฝาครอบถังน้ำมันมีสัดส่วนของเสียรวมร้อยละ 12.35 แบ่งออกเป็น ของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบร้อยละ 11.22, ข้อบกพร่องประเภทรอยร้อยละ 1.11 และข้อบกพร่องอื่น ๆ ประกอบด้วย ข้อบกพร่องประเภท บุบ, ผิดรูป, แตก ร้อยละ 0.02 หลังจากทำการปรับปรุง ทำให้สัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันมีสัดส่วนของเสียรวมร้อยละ 0.08 แบ่งออกเป็น ของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบร้อยละ 0, ข้อบกพร่องประเภทรอยร้อยละ 0.04 และข้อบกพร่องอื่น ๆ ประกอบด้วย ข้อบกพร่องประเภท บุบ, ผิดรูป, แตก ร้อยละ 0.04

7.2.2 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน แสดงถึงต้นทุนของเสียที่ลดลงจากค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงานเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการทั้งหมด โดยค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ แบ่งออกเป็น ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวในระหว่างการปรับปรุงกระบวนการ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตในแต่ละครั้ง

1. ต้นทุนของเสียที่ลดลงจากค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงาน

พิจารณาจากก่อนปรับปรุงของเสียเกิดขึ้นร้อยละ 12.35 และหลังปรับปรุงมีของเสียเกิดขึ้นร้อยละ 0.08 คาดว่าภายในระยะเวลา 1 ปีการผลิตชิ้นงานฝาครอบถังน้ำมันในปี 2564 จะมีการผลิตชิ้นงานจำนวน 138,000 ชิ้นงาน โดยสามารถลดต้นทุนของเสียจากค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบ และค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทรอย แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.1 ต้นทุนของเสียที่ลดลงจากค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบ

ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบ คือ ชิ้นละ 13.5 บาท จากเดิมข้อบกพร่องประเภทครีบ มีสัดส่วนของเสียร้อยละ 11.22 หลังการปรับปรุงพบว่าสามารถขจัดข้อบกพร่องนี้ได้ จึงสามารถลดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบได้ [((11.22% – 0%) x 138,000) x 13.5] = 209,028.6 บาทต่อการผลิต 138,000 ชิ้น

1.2 ต้นทุนของเสียที่ลดลงจากค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทรอย

ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทรอย คือ ชิ้นละ 14.5 บาท จากเดิมข้อบกพร่องประเภทรอย มีสัดส่วนของเสียร้อยละ 1.11 หลังการปรับปรุงพบว่ามีสัดส่วนของเสียร้อยละ 0.04 จึงสามารถลดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทรอยได้ [((1.11% – 0.04%) x 138,000) x 14.5] = 21,410.7 บาทต่อการผลิต 138,000 ชิ้น

ดังนั้นภายในระยะเวลา 1 ปีสามารถลดต้นทุนของเสียจากค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยลงได้ คือ 209,028.6 + 21,410.7 = 230,439.3 หรือเท่ากับ 230,440 บาทต่อการผลิต 138,000 ชิ้น

2. ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงกระบวนการ ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวในระหว่างการปรับปรุงกระบวนการ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตในแต่ละครั้ง

2.1 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวในระหว่างการปรับปรุงกระบวนการ

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวในการปรับปรุงกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันจะมีการปรับปรุงและติดตั้งเพียงแค่ครั้งเดียว โดยสามารถใช้ไปได้ตลอด 1 ปีก่อนที่จะทำการบำรุงรักษาต่อไป ประกอบด้วย

2.1.1 ค่าใช้จ่ายในการเจียระนาบพันช์ใหม่

การแก้ไขข้อบกพร่องครีบมีค่าใช้จ่ายในการเจียพันช์ให้เรียบเพื่อแก้ไขปัจจัยเรื่องระนาบของชิ้นงานเพียงครั้งเดียวเป็นจำนวน 3,250 บาท ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 5.3 ค่าใช้ในการทำระนาบพันช์ใหม่ในบทที่ 5 ซึ่งในการเจียระนาบนี้คาดว่าสามารถใช้ได้โดยไม่ต้องบำรุงรักษาภายในระยะเวลา 1 ปี

2.1.2 ค่าใช้จ่ายในการประกอบและติดตั้งท่อลมเป่าเศษ

การแก้ไขข้อบกพร่องรอยมีค่าใช้จ่ายอุปกรณ์และประกอบท่อลมเป่าเศษเพื่อแก้ไขปัจจัยเรื่องเศษของชิ้นงานเพียงครั้งเดียวเป็นจำนวน 468.5 บาท ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 ค่าใช้จ่ายในการทำท่อลมเป่าเศษ

ค่าใช้จ่ายในการทำท่อลมเป่าเศษ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
ค่าแรงพนักงานในการเชื่อม	307.5 / 4 ชั่วโมง
อุปกรณ์เหล็ก	100
ท่อต่อลม	25
ลวดเชื่อม	6
ค่าไฟฟ้า	30
รวม	468.5

2.2 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตในแต่ละครั้ง

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิตในแต่ละครั้ง คือ กระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันจะมีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทุกครั้งที่มีการผลิต โดยค่าใช้จ่ายขึ้นอยู่กับจำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิต

2.2.1 ค่าใช้จ่ายในการเพิ่มแรงกำหนดให้แก่กระบวนการ

การแก้ไขข้อบกพร่องครีบมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าแรงกำหนดจาก 150 ตันเป็น 220 ตัน คือ 0.32 บาทต่อชิ้น ซึ่งในการปั๊มชิ้นงาน 23,000 ชิ้นจะมีจำนวนชิ้นงานที่ต้องใช้แรงกำหนดขนาด 220 ตัน จำนวน 10,000 ชิ้นงาน โดยมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มแรงกำหนดคือ 3,200 บาท ดังแสดงในหัวข้อ 6.1.2 อายุการใช้งานและแรงกำหนดที่เหมาะสมของแท่งตัด เรื่อง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้แรงกำหนดในการขึ้นรูปชิ้นงานเนื่องจากการปั๊มชิ้นงาน 1 รอบสามารถปั๊มชิ้นงานได้ทั้งหมด 23,000 ชิ้นและหลังจากนั้นจึงนำแม่พิมพ์ไปเจียระนาบเพื่อเริ่มต้นการนับสโตรกใหม่

จากการคาดการณ์ว่าภายในระยะเวลา 1 ปีการผลิตชิ้นงานฝาครอบถังน้ำมันในปี 2564 จะมีการผลิตชิ้นงานจำนวน 138,000 ชิ้นงาน จะมีจำนวนชิ้นงานที่ต้องใช้เครื่องปั๊มที่มีแรงกำหนดขนาด 220 ตันจำนวน [(138,000x10,000)/ 23,000] = 60,000 ชิ้นงาน ดังนั้นจะมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มแรงกำหนด คือ (60,000x0.32) = 19,200 บาทต่อการผลิต 138,000 ชิ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.2 ค่าพลังงานที่ใช้ในการเป่าเศษชิ้นงานในสถานีงานที่ 3

การแก้ไขข้อบกพร่องรอยมีค่าใช้จ่ายเรื่องค่าพลังงานที่ในการใช้ท่อลมเป่าเศษต่อการผลิต 1,500 ชิ้นเป็นจำนวน 46.52 บาทโดยได้แสดงรายละเอียดใน บทที่ 5 เรื่อง เศษของชิ้นงาน ดังนั้น เมื่อมีการคาดการณ์ว่าภายใน 1 ปีมีการผลิตชิ้นงานจำนวน 138,000 ชิ้นงาน จะค่าใช้จ่ายพลังงานที่ใช้ คือ [(138,000x46.52)/ 1,500] = 4,279.84 บาทต่อการผลิต 138,000 ชิ้น

2.2.3 ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับค่าน้ำมันที่ใช้ในการทาก่อนทำการขึ้นรูป

การแก้ไขข้อบกพร่องรอยมีค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับค่าน้ำมันที่ใช้ในการทาก่อนทำการขึ้นรูปชิ้นงานในการทาหน้าพันช์และตัวชิ้นงาน โดยการปั๊มชิ้นงาน 3 ชิ้นงานและทาน้ำมันขึ้นรูปชิ้นงาน 1 ครั้ง ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 ค่าใช้จ่ายของน้ำมันขึ้นรูปที่ใช้ในกระบวนการ

น้ำมันขึ้นรูป	ราคา (บาท)
น้ำมันขึ้นรูป 1 Drum (200 ลิตร)	28,000
น้ำมันขึ้นรูปที่ใช้ในกระบวนการในการขึ้นรูป 15,000 ชิ้นงาน (3 ลิตร)	420

ในการผลิตชิ้นงานจำนวน 15,000 ชิ้นงานใช้น้ำมันทาก่อนทำการขึ้นรูปชิ้นงานในการทาหน้าพันช์และตัวชิ้นงาน จำนวน 3 ลิตร มีค่าใช้จ่าย 420 บาท ในผลิตชิ้นงานจำนวน 138,000 ชิ้นงาน จึงมีค่าใช้จ่ายค่าน้ำมันที่ใช้ในการทาก่อนทำการขึ้นรูป คือ [(138,000x420)/15,000] = 3,864 บาทต่อการผลิต 138,000 ชิ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สามารถสรุปได้ว่า ในปริมาณการผลิต 138,000 ชิ้นงานจะมีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวในระหว่างการปรับปรุงกระบวนการ คือ ค่าใช้จ่ายในการเจียระนาบพันช์ใหม่ 3,250 บาท, ค่าใช้จ่ายในการประกอบและติดตั้งท่อลมเป่าเศษ 468.5 บาท และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตในแต่ละครั้ง คือ ค่าใช้จ่ายในการเพิ่มแรงกำหนดให้แก่กระบวนการ 19,200 บาท, ค่าพลังงานที่ใช้ในการเป่าเศษชิ้นงาน 4,279.84 บาท และค่าน้ำมันที่ใช้ในการทาก่อนทำการขึ้นรูป 3,864 บาท โดยสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงกระบวนการในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย มีค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้น 31,062 บาท แสดงรายละเอียดในตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7.7 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงกระบวนการในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย

ประเภทของค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงกระบวนการ	การปรับปรุงกระบวนการ	ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง (บาท)
เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียว	ระนาบพันช์ใหม่	3,250
	ท่อลมเป่าเศษ	468.5
ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตในแต่ละครั้ง	การเพิ่มแรงกำหนดเป็น 220 ตัน	19,200
	พลังงานที่ใช้ในการเป่าเศษชิ้นงาน	4,279.84
	ค่าน้ำมันที่ใช้ในการทาก่อนทำการขึ้นรูป	3,864
ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)		31,062

ภายในระยะเวลา 1 ปีสามารถลดต้นทุนของเสียจากค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยลงได้ 230,440 บาท และมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงกระบวนการในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย 31,062 บาทต่อการผลิต 138,000 ชิ้น จึงคำนวณหาอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน

โดย อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน > 1 แสดงว่าการปรับปรุงนี้ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน < 1 แสดงว่าการปรับปรุงนี้ให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน

$$B/C = \frac{\text{ผลตอบแทน}}{\text{ต้นทุนในการปรับปรุง}} \qquad \text{_____(7.1)}$$

แทนค่าต้นทุนของเสียจากค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยที่สามารถลดได้และค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงกระบวนการในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย ลงในสมการ 7.1

$$\text{อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน} = \frac{\text{ต้นทุนของเสียจากค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยที่สามารถลดได้}}{\text{ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงกระบวนการในการแก้ไขข้อบกพร่องประเภทครีบและรอย}}$$

$$= \frac{\mathbf{230,440}}{\mathbf{31,062}} = 7.42$$

เนื่องจากอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่า 1 ทำให้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันเป็นการปรับปรุงที่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน โดยสามารถลดค่าใช้จ่ายรวมที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยได้ (230,440 - 31,062) = 199,378 บาทต่อการผลิต 138,000 ชิ้นหรือประมาณ 1 ปี

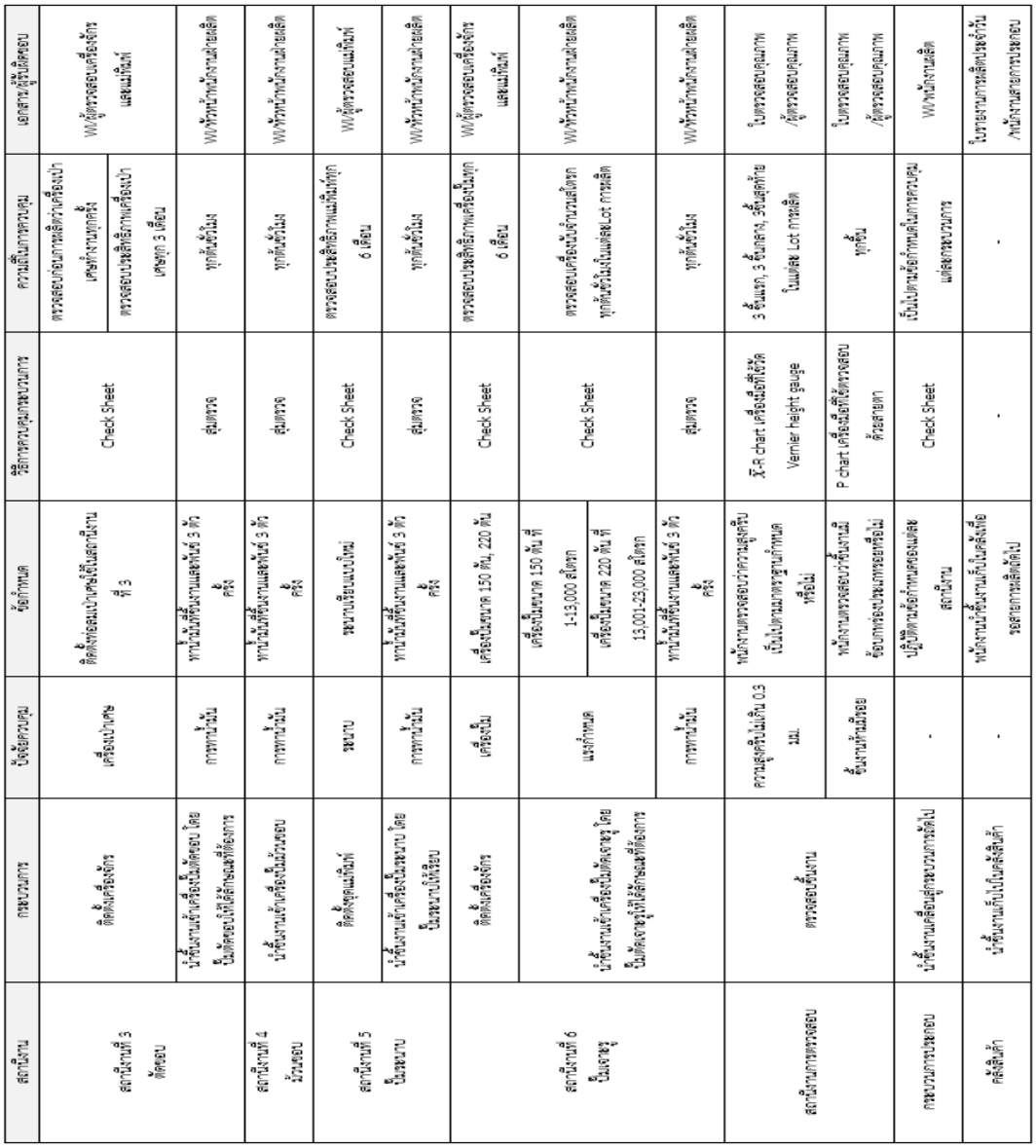
7.3 การควบคุมกระบวนการ

ผู้วิจัยได้ทบทวนแผนควบคุม เพื่อให้กระบวนการเป็นไปตามข้อกำหนดมาตราฐานการทำงานของการปฏิบัติงาน และเพื่อเป็นแนวทางในการทำงานให้พนักงานนำไปใช้ในกระบวนการผลิต

7.3.1 แผนควบคุม

แผนควบคุมในส่วนของการกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน แสดงดังตารางที่ 7.8

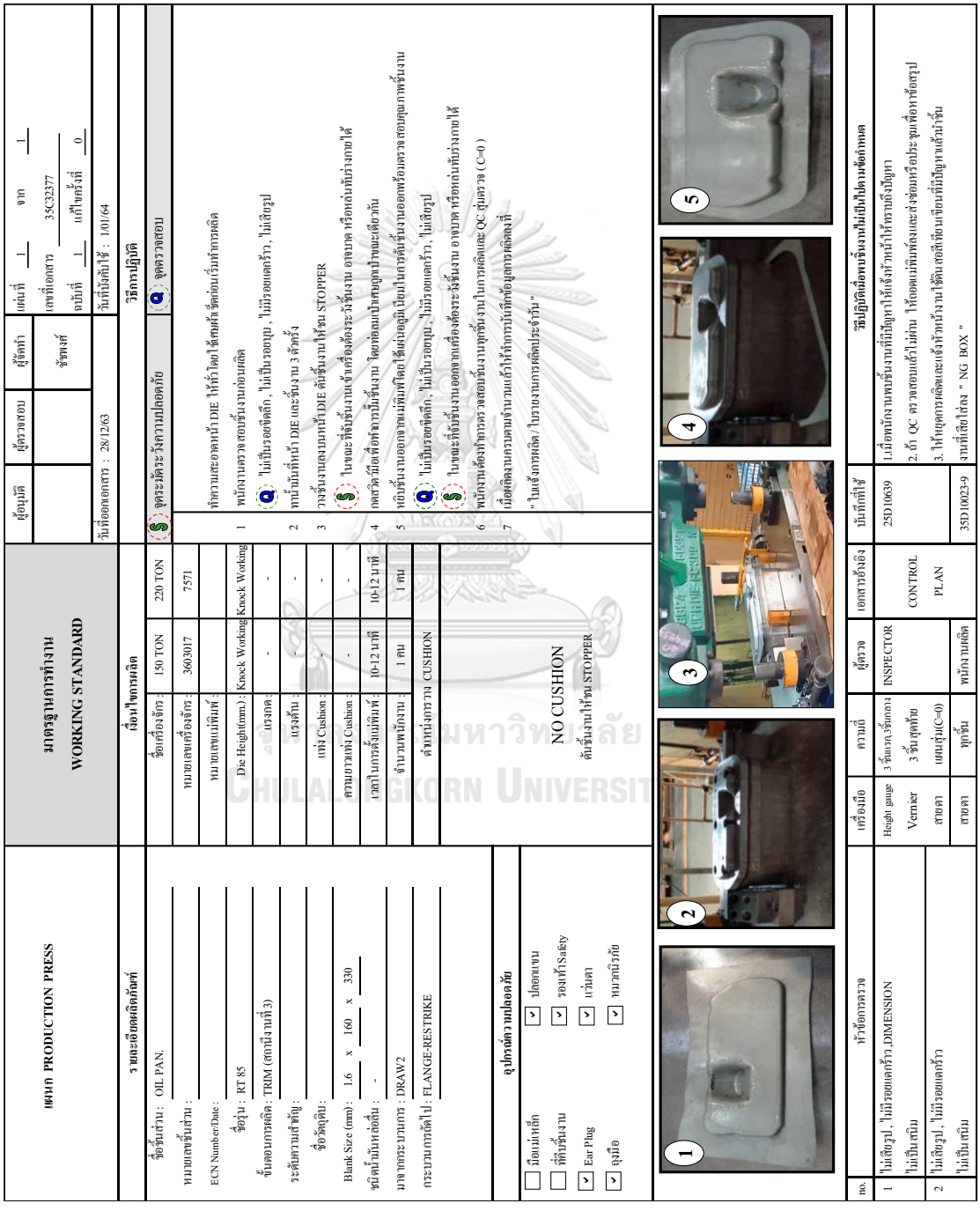
ตารางที่ 7.8 แผนควบคุมของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน



สถานีงาน	กระบวนการ	ปัจจัยควบคุม		ข้อกำหนด	วิธีการควบคุมกระบวนการ	ความถี่ในการควบคุม	เอกสาร/ผู้รับผิดชอบ
สถานีงานที่ 3 พับขอบ	ติดตั้งเครื่องจักร	เครื่องปั๊มขึ้นรูป		ติดตั้งแท่นปั๊มให้ได้ระดับตามที่ 3	Check Sheet	ตรวจสอบก่อนการผลิตว่าเครื่องปั๊มเศษทำงานทุกครั้ง	WI:ผู้ตรวจสอบเครื่องจักรและแม่พิมพ์
						ตรวจสอบปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเครื่องปั๊มเศษทุก 3 เดือน	
	น้ำมันงานเข้าเครื่องปั๊มเพื่อขึ้นรูปโดยไม่ให้เกิดรอยตำหนิต่อชิ้นงาน	การหล่อลื่น		ทาน้ำมันที่แผงงานและทั่งอย่างสม่ำเสมอ 3 ตำแหน่ง ทุกๆ 4 ครั้ง	สุ่มตรวจ	ทุกชั่วโมงงาน	WI:ห้ามหน้างานการผลิต
สถานีงานที่ 4 ม้วนขอบ	น้ำชิ้นงานเข้าเครื่องม้วนขอบ	การหล่อลื่น		ทาน้ำมันที่แผงงานและทั่งอย่างสม่ำเสมอ 3 ตำแหน่ง ทุกๆ 4 ครั้ง	สุ่มตรวจ	ทุกชั่วโมงงาน	WI:ห้ามหน้างานการผลิต
สถานีงานที่ 5 ปั๊มลายนูน	ติดตั้งชุดแม่พิมพ์	ระยะงาน		ระยะงานปั๊มลายนูนใหม่	Check Sheet	ตรวจสอบปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตทุก 6 เดือน	WI:ผู้ตรวจสอบแม่พิมพ์
	น้ำชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มลายนูน โดยปั๊มลายนูนให้เรียบ	การหล่อลื่น		ทาน้ำมันที่แผงงานและทั่งอย่างสม่ำเสมอ 3 ตำแหน่ง ทุกๆ 4 ครั้ง	สุ่มตรวจ	ทุกชั่วโมงงาน	WI:ห้ามหน้างานการผลิต
สถานีงานที่ 6 ปั๊มลายนูน	ติดตั้งเครื่องจักร	เครื่องปั๊ม		เครื่องปั๊มขนาด 150 ตัน, 220 ตัน	Check Sheet	ตรวจสอบปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตทุก 6 เดือน	WI:ผู้ตรวจสอบเครื่องจักรและแม่พิมพ์
	น้ำชิ้นงานเข้าเครื่องปั๊มลายนูน โดยปั๊มลายนูนให้เรียบ	แรงกำหนด		เครื่องปั๊มขนาด 150 ตัน ที่ 1-13,000 ตัวอย่าง เครื่องปั๊มขนาด 220 ตัน ที่ 13,001-23,000 ตัวอย่าง	Check Sheet	ตรวจสอบเครื่องปั๊มจำนวนตัวอย่างทุกชิ้นงานใน1แม่พิมพ์ต่อLot การผลิต	WI:ห้ามหน้างานการผลิต
		การหล่อลื่น		ทาน้ำมันที่แผงงานและทั่งอย่างสม่ำเสมอ 3 ตำแหน่ง ทุกๆ 4 ครั้ง	สุ่มตรวจ	ทุกชั่วโมงงาน	WI:ห้ามหน้างานการผลิต
สถานีงานการตรวจสอบ	ตรวจสอบชิ้นงาน	ความสูงครีบไม่เกิน 0.3 มม.		หน้างานตรวจสอบว่าความสูงครีบเป็นไปตามมาตรฐานก็ผ่านหรือไม่	X̄-R chart เครื่องมือที่ใช้วัด Vernier height gauge	3 ชิ้นแรก, 3 ชิ้นกลาง, 3ชิ้นสุดท้าย ในแต่ละ Lot การผลิต	ใบตรวจสอบคุณภาพ /ผู้ตรวจสอบคุณภาพ
		ชิ้นงานมีตำหนิรอย		หน้างานตรวจสอบว่าชิ้นงานมีรอยตำหนิหรือไม่ ถ้ามีการตรวจสอบการรอยตำหนิไม่	P chart เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบ ด้วยสายตา	ทุกชิ้น	ใบตรวจสอบคุณภาพ /ผู้ตรวจสอบคุณภาพ
กระบวนการขนถ่าย	น้ำชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอนการผลิตไป	-		ปฏิบัติตามข้อกำหนดขนส่งสถานีงาน	Check Sheet	เป็นไปตามข้อกำหนดในการควบคุมแต่ละกระบวนการ	WI:พนักงานผลิต
คลังสินค้า	น้ำชิ้นงานเก็บในคลังสินค้า	-		หน้างานนำชิ้นงานเก็บในคลังสินค้ารอการการผลิตต่อไป	-	-	ใบตรวจนการผลิตประจำวัน /หน้างานการขนถ่าย

7.3.2 มาตราฐานการทำงานของการปฏิบัติงาน

ผู้วิจัยได้จัดทำมาตราฐานการทำงานของการปฏิบัติงาน ในการใช้ท่อลมเป่าเศษในสถานีงานที่ 3 และการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ 3 ชิ้นงานต่อครั้ง ในทุกสถานีงานยกเว้นกระบวนการขึ้นรูป



รูปที่ 7.2 มาตราฐานการทำงานสำหรับการปฏิบัติงาน

7.4 สรุประยะควบคุมกระบวนการ

ในระยะการควบคุมกระบวนการ เป็นระยะสุดท้ายของแนวทาง DMAIC โดยได้ทำการปรับปรุงปัจจัยที่เหมาะสมของปัจจัยเรื่องระนาบ ปัจจัยอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัด แรงกำหนดที่เหมาะสม การขนย้ายชิ้นงาน การติดตั้งท่อลมเป่าเศษ ความถี่ในการทาน้ำมันก่อนการปั๊มทับชิ้นงาน และทำการเก็บข้อมูลเพื่อยืนยันผลการทดลอง โดยทำการเก็บข้อมูลจำนวน 92,000 สโตรก ซึ่งพบว่าทำให้สามารถลดสัดส่วนของเสียลดลงจากร้อยละ 12.35 เหลือเป็นร้อยละ 0.08 โดยจากเดิมร้อยละของเสียข้อบกพร่องประเภทครีบจากการผลิต คือ ร้อยละ 11.22 สามารถขจัดข้อบกพร่องนี้ได้ทั้งหมด และจากร้อยละของเสียข้อบกพร่องประเภทรอยจากการผลิตเดิม คือร้อยละ 1.11 เหลือ ร้อยละ 0.04 เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงพบว่าในการปรับปรุงที่กล่าวมานี้สามารถลดค่าใช้จ่ายรวมให้กับทางโรงงานได้ 199,378 บาทต่อการผลิต 138,000 ชิ้นงาน

จากนั้นได้สร้างแผนควบคุมกระบวนการและกำหนดมาตราฐานการปฏิบัติงาน เพื่อควบคุมกระบวนการให้มีประสิทธิภาพและเป็นตัวต้นแบบให้พนักงานนำไปใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 8
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงคุณภาพโดยการลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยในกระบวนการขึ้นรูปฝาครอบถังน้ำมันด้วยแนวทาง DMAIC ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยวิธีปั๊ม หรือกระแทก ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อลดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากของเสียข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยในกระบวนการผลิตโดยการขึ้นรูปโลหะแบบแผ่นเพื่อเป็นชิ้นส่วนในการประกอบถังน้ำมัน มีขั้นตอนดำเนินการ 5 ระยะ ประกอบด้วย ระยะกำหนดปัญหา วิเคราะห์ระบบการวัด) ระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ระยะปรับปรุงกระบวนการ และระยะควบคุมกระบวนการ

8.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดสัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขชิ้นงานจากข้อบกพร่องประเภทครีบในกระบวนการผลิตฝาครอบถัง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของเสียสูงที่สุด และจากการศึกษาพบว่าในกระบวนการการผลิตฝาครอบถังน้ำมันมีจำนวนของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบมากที่สุดเป็นอันดับที่ 1 มีสัดส่วนของเสียร้อยละ 90.8 ของเสียทั้งหมดในกระบวนการผลิต และสาเหตุรองลงมา คือ ข้อบกพร่องประเภทรอยพบของเสียร้อยละ 9.0 โดยสัดส่วนของเสียรวมของข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภท คือ ร้อยละ 99.8 จากการวิเคราะห์สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ โดยงานวิจัยในครั้งนี้ได้แนวทาง DMAIC มาประยุกต์ใช้ 5 ระยะ ซึ่งมีขอบเขตการวิจัยเฉพาะผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมัน รุ่น RT85 สายการผลิตชิ้นส่วนขนาดกลาง สายการผลิต C เท่านั้น โดยการวิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยการผลิตด้วยวิธีการระดมสมองและคัดกรองสาเหตุด้วยด้วยการวิเคราะห์ความล้มเหลว และผลกระทบของกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน (FMEA) พบว่ามี 7 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสีย ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงาน ประกอบด้วย ปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ 1. แรงกำหนดในการขึ้นรูปไม่เหมาะสมในสโตรกการทำงาน 2. ระยะระนาบของชิ้นงานไม่เหมาะสม 3. อายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัดไม่เหมาะสม และปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอย 1. ชิ้นงานมีเศษ 2. ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊มไม่เหมาะสม 3. ความถี่ในการทาน้ำมันรอบตัวรอบตัวชิ้นงานไม่เหมาะสม 4. ขนย้ายพร้อมกันในปริมาณมาก โดยทำการทดลองปรับปรุงซึ่งมีปัจจัยตอบสนอง คือ ค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยการผลิตต่ำที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการทดลองแบบ One Factor at a Time: OFAT เป็นการทดลองที่ทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยทีละ 1 ปัจจัย เพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งปัจจัยที่มีนัยสำคัญทั้งหมด 6 ปัจจัย ปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ 1. ระนาบของชิ้นงาน 2. แรงกำหนดในการขึ้นรูป 3. อายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดาย โดยที่ปัจจัยที่ 2 และ 3 จะนำมาศึกษาร่วมกัน คือ อายุการใช้งานและแรงกำหนดที่เหมาะสมของแท่งตัด และปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอย 1. การขนย้ายชิ้นงาน 2. เศษของชิ้นงาน 3. ความถี่ในการทาน้ำมันที่ตัวชิ้นงานและหน้าแม่พิมพ์ก่อนปั๊ม

การปรับปรุงกระบวนการ เริ่มต้นจากการปรับปรุงปัจจัยเรื่องระนาบโดยการทำระนาบใหม่ให้แก่พันช์ผู้วิจัยได้ปรับปรุงระนาบของพันช์ให้เรียบก่อนการปั๊มเจาะรูชิ้นงานเนื่องจากเดิมเมื่อปั๊มระนาบชิ้นงานพบว่าชิ้นงานไม่เรียบ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชิ้นงานและฐานรองชิ้นงาน ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดครีบสูง จากนั้นทดลองหาอายุการใช้งานและแรงกำหนดที่เหมาะสมของแท่งตัดแก่กระบวนการปั๊ม โดยมีวัตถุประสงค์คือค่าใช้จ่ายรวมและสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องน้อยที่สุด เนื่องจากครีบที่สูงเกิดจากอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัดมาก แรงกำหนดในการปั๊มชิ้นงานต่ำ ส่งผลทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบสูง แต่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่อหน่วยการผลิตต่ำ แต่หากอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัดน้อย แรงกำหนดในการปั๊มชิ้นงานสูง ส่งผลทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบต่ำ แต่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่อหน่วยการผลิตสูง ดังนั้นจึงต้องการหาค่าของอายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นดายตัด และแรงกำหนดในการขึ้นรูปที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยการผลิตต่ำที่สุด จากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า ในกระบวนการปั๊มตัดเจาะรูชิ้นงานกำหนดให้ใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 150 ตันในช่วงสโตรกที่ 1 - 13,000 และใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 220 ตัน ในช่วงสโตรกที่ 13,001 - 23,000 จากนั้นเจียระไนแท่งตัดและดายตัดที่ 23,000 สโตรก ซึ่งการกำหนดมาตราฐานนี้ทำให้มีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด ที่เกิดจากค่าเจียระไนแท่งตัดและดายตัด ค่าไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มขึ้นในการปั๊มชิ้นงานที่ใช้แรงกำหนดที่สูงขึ้น แต่มีค่าใช้จ่ายการแก้ไขชิ้นงานเมื่อเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบเป็นศูนย์ จากนั้นปรับปรุงกระบวนการโดยจัดทำการขนย้ายชิ้นงานแบบใหม่โดยการเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ในการขนย้าย เนื่องจากเดิมการขนย้ายชิ้นงานทีละจำนวนมาก โดยใช้ตะแกรงเหล็กขนาดใหญ่ ทำให้พื้นผิวและขอบของตัวชิ้นงานสัมผัสกันเป็นจำนวนมาก ส่งผลต่อการเกิดรอยบนชิ้นงาน ปัจจัยเรื่องเศษของชิ้นงานปรับปรุงโดยการติดตั้งท่อลมเป่าเศษชิ้นงานเพื่อเป่าเศษของชิ้นงานที่ติดอยู่กับแม่พิมพ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในขณะที่ทำการตัดเฉือนเสร็จ หลังจากปรับปรุงเรื่องการติดตั้งท่อลมเป่าเศษชิ้นงานแล้ว พบว่าในกระบวนการยังเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยอยู่ โดยบริเวณที่พบเป็นบริเวณหน้าชิ้นงานที่จะถูกพันช์กดทับ ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงปัจจัยเรื่องความถี่ในการทาน้ำมันก่อนปั๊มโดยทาน้ำมันที่บริเวณหน้าผิวชิ้นงานและพันช์ ซึ่งกำหนดมาตราฐานการทาน้ำมัน คือ การปั๊ม 3 ชิ้นงาน ต่อการทาน้ำมัน 1 ครั้ง เนื่องจากมีให้ค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด

จากการติดตามผลการปรับปรุงจำนวน 92,000 สโตรก พบว่าไม่พบของเสียจากข้อบกพร่องประเภทครีบ และสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอยลดลงเหลือร้อยละ 0.04 ทำให้สามารถลดสัดส่วนของเสียรวมในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ฝาครอบถังน้ำมันลดลงจากร้อยละ 12.35 เหลือร้อยละ 0.08 และสามารถลดค่าใช้จ่ายรวมให้กับทางโรงงานได้ 199,378 บาทต่อการผลิต 138,000 ชิ้น

8.2 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทราบปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน

2. มีสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันลดลง

3. ลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขชิ้นงานที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบและรอยลงได้

4. สามารถนำแนวคิดจากการวิจัยในครั้งนี้นำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมันที่มีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่านี้ได้ เนื่องจากมีกระบวนการการผลิตที่ใกล้เคียงกัน หรือประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่นที่มีการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยวิธีการปั๊ม หรือกระแทก

8.3 ข้อจำกัดในการทำงานวิจัย

1. ในการปรับปรุง ไม่ได้รับอนุญาตให้ทำการปรับปรุงที่ต้องมีการลงทุนสูง

2. การทดลองเรื่อง Clearance ไม่สามารถทำการทดลองได้ เรื่องจากใช้เวลาในการทดลองนานมากกว่า 1 ปี อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายรวม คือการออกแบบแม่พิมพ์และต้นทุนในการสร้างชุดแม่พิมพ์ใหม่ ซึ่งมีมูลค่าเกินกว่า 1 ล้านบาท โดยผู้วิจัยได้คำนวณระยะ Clearance ไว้เป็นแนวทางให้กับทางโรงงานกรณีศึกษาไว้ในการออกแบบแม่พิมพ์ครั้งถัดไป

3. ความรู้ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปใช้งานในกระบวนการตัดและเจาะ ซึ่งมีสาเหตุมาจากครีบบริเวณขอบชิ้นงานได้ โดยต้องเป็นวัสดุที่เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนรีดเย็นชนิด SPCC เกรด Standard Temper

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. การซ่อมบำรุงโดยการเจียระไนแท่งตัดและแผ่นดายตัดขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ทำแท่งตัดและแผ่นดายตัด ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้อาจส่งผลต่ออายุการใช้งานแท่งตัดและแผ่นดายตัดที่แตกต่างกัน

8.4 ข้อเสนอแนะ

ผลของการปรับปรุงกระบวนการของการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสายการผลิตอื่น ๆ หรือในสายการผลิตเดียวกัน ที่มีความเหมือนกันหรือคล้ายกันได้ เช่น ในโรงงานกรณีศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงการผลิตฝาครอบถังน้ำมันที่มีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่าได้ โดยต้องคำนึงถึงความหนาของแผ่นโลหะที่ใช้ ขนาดของแผ่นโหละ ส่วนประกอบของแผ่นโลหะนั้น สภาพเครื่องจักร และกระบวนการปั๊มที่ใช้ในการขึ้นรูปหรือตัดเจาะชิ้นงาน

ผลงานวิจัยนี้ได้รับการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ คือ บทความเรื่องการลดค่าใช้จ่ายรวมที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องประเภทครีบในกระบวนการขึ้นรูปฝาครอบถังน้ำมันในวารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการไทย ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2564 และบทความเรื่องการลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทรอยในกระบวนการขึ้นรูปฝาครอบถังน้ำมันรอการตอบรับการตีพิมพ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

[1] Harry. M.J., Six Sigma : A Braekthrough Strategy for Profitability. Quality Progress, 1998.

[2] นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์, เอกสารประกอบการเรียนวิชา Quality Improvement. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2561.

[3] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, การวิเคราะห์ระบบการวัด MSA (ประมวลด้วย MINITAB 15). กรุงเทพมหานคร สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2553.

[4] Fasser Y. and D. Brettner, Process Improvement in Electronics Industry. Newyork: John Wiley & Sons Inc, 1992.

[5] AIAG, POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS, 2008.

[6] ปารเมศ ชุติมา, การออกแบบและการวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

[7] วารุณี เปรมานท์, งานขึ้นรูปโลหะ. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2557.

[8] ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง. (2546). กระบวนการปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น. Available: https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/208_50-53.pdf

[9] วารุณี เปรมานท์ และอรจีรา เดี่ยววณิชย์, วัสดุทำแม่พิมพ์และชิ้นงาน. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2557.

[10] สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. (2550). การใช้เหล็กในอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า. Available: http://www.isit.or.th/uploads/Marketstudy/4-file.PDF

[11] พิชญ์พันธ์ อุ่นชื่น, "การลดสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภททรายไหม้ของชิ้นงานหล่อ," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2558.

[12] มนตรี พิพัฒน์ไพบูลย์ และ พชร หงษาครประเสริฐ, "การลดของเสียในโรงงานผลิตอุปกรณ์ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง," นเรศวรวิจัย, vol. 12, pp. 318-329.

[13] ชมพูนุท เติมสายทอง, "การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นสำหรับโครงหลังคาเหล็กรถ," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

[14] ปกรณ์ วิริยะกอบบุญ, "การลดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทความไม่สมบูรณ์ของการกดและรอยจากการปั๊มทับของแผ่นรองเครื่องเล่นซีดี," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2559.

[15] เฉลิมพล คล้ายนิล, "การศึกษาอิทธิพลของระยะช่องว่างคมตัดที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์สำหรับการตัดเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง," Engng.J.CMU., vol. 24, pp. 1-12, 2017.

[16] วารุณี เปรมมานนท์ และพงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์, แม่พิมพ์โลหะแผ่น. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2557.

[17] Schey. J.A., Tribology in Metalworking. The American Society for Metals: USA, 1984.

[18] กุลชาติ จุลเพ็ญ, "อิทธิพลของการสึกหรอในงานแม่พิมพ์ตัดที่มีผลต่อคุณภาพชิ้นงาน," การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย vol. 18, p. 103, 2547.

[19] Lange.K, Handbook of Metal Forming. Michigan: Society of Manufacturing Engineer, 1985.

[20] วารุณี เปรมานนท์ และ เกษม เลิศรัตน์. การศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดวัสดุที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง. Available: http://tsme.org/home/phocadownload/MENETT15/study%20on%20wear%20behavior%20of%20die%20material%20medium%20carbon%20steel%20in%20blanking%20processmm-156.pdf

[21] ณัฐศักดิ์ พรพุฒิศิริ และประสาน แสงเขียว, "การศึกษาพฤติกรรมการต้านทานการสึกหรอแบบยึดเกาะของพันช์ในงานแม่พิมพ์ตัด," การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, pp. 1356 - 1362, 2555.

[22] ดวงเพ็ญ ศรีบัวงาม และอนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล, วัสดุอโลหะ: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543.

[23] ชาญชัย ทรัพยาก, การออกแบบแม่พิมพ์ vol. 30. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ที. เอส. บี. โปรดักส์, 2555.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก.

ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขและค่าใช้จ่ายของชิ้นงานที่ไม่สามารถนำกลับไปแก้ไขได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1 ค่าใช้จ่ายของข้อบกพร่องที่คิดจากสถานีงานสุดท้ายของกระบวนการ

การคิดราคาค่าใช้จ่ายจากการแก้ไขเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ จะคิดค่าใช้จ่ายคงที่เนื่องจากจะไม่มีการแก้ไขปัญหาเมื่อเจอชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องทันทีแต่จะแก้ไขเมื่อกระบวนการขึ้นรูป ปั๊มจนจบการผลิต เนื่องจากไม่สามารถสังเกตได้ง่าย

1.1 ค่าใช้จ่ายจากชิ้นงานที่สามารถนำไปทำซ้ำ

ก.) ข้อบกพร่องประเภทครีบ

ทำการศึกษาค่าใช้จ่ายในการทำซ้ำต่อชิ้นที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบจากการปั๊มทับในกระบวนการเจาะ ดังแสดงในตารางที่ ก-1

ตารางที่ ก-1 ค่าใช้จ่ายในการทำซ้ำต่อชิ้นที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบ

กระบวนการ	ทรัพยากรที่ใช้		ค่าแรง (บาท)	ค่าวัสดุ (บาท)
	พนักงาน (คน)	เวลา (วินาที)		
1. ตรวจสอบ	1	30	2.50	0.00
2. เจียร	1	60	5.00	3.50
3. ตรวจสอบ	1	30	2.50	0.00
ค่าใช้จ่าย (บาท)			10.00	3.50
ค่าใช้จ่ายรวมต่อชิ้น (บาท)			13.50	

จากตารางที่ ก-1 พบว่าค่าใช้จ่ายการทำซ้ำต่อชิ้นเมื่อเกิดข้อบกพร่องปรเภทครีบในกระบวนการเจาะเท่ากับ 13.50 บาทต่อชิ้น

ข.) ข้อบกพร่องประเภทรอย

ทำการศึกษาค่าใช้จ่ายในการทำซ้ำต่อชิ้นที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทรอยในกระบวนการดังแสดงในตารางที่ ก-2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ก-2 ค่าใช้จ่ายในการทำซ้ำต่อชิ้นที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทรอย

กระบวนการ	ทรัพยากรที่ใช้		ค่าแรง (บาท)	ค่าวัสดุ (บาท)
	พนักงาน (คน)	เวลา (วินาที)		
1. ตรวจสอบ	1	60	5.00	0.00
2. ขัดตกแต่ง	1	60	5.00	2.00
3. ตรวจสอบ	1	30	2.50	0.00
ค่าใช้จ่าย (บาท)			12.50	2.00
ค่าใช้จ่ายรวมต่อชิ้น (บาท)			14.50	

จากตารางที่ ก-2 พบว่าค่าใช้จ่ายการทำซ้ำต่อชิ้นเมื่อเกิดข้อบกพร่องประเภทรอยในกระบวนการเท่ากับ 14.50 บาทต่อชิ้น

2 ค่าใช้จ่ายของข้อบกพร่องที่คิดจากแต่ละสถานีงานที่พบข้อบกพร่อง

การคิดราคาค่าใช้จ่ายจากสถานีงานที่พบของข้อบกพร่องนั้น ค่าใช้จ่ายจะไม่คงที่ขึ้นอยู่กับการเจอปัญหาว่าอยู่ที่สถานีงานใด ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายในการแก้ไขที่แตกต่างกันตามสถานีงานในการขึ้นรูปที่พบ โดยเมื่อพบเจอปัญหาจะทำการดึงชิ้นงานออกทันทีไม่ส่งไปสถานีงานต่อไป เนื่องจากเป็นข้อบกพร่องที่สามารถสังเกตได้ง่าย

2.1 ค่าใช้จ่ายจากชิ้นงานที่สามารถนำไปทำซ้ำ

ก.) ข้อบกพร่องประเภทบุบ

ทำการศึกษาค่าใช้จ่ายในการทำซ้ำต่อชิ้นที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทบุบในกระบวนการขึ้นรูปและม้วนขอบ ดังแสดงในตารางที่ ก-3

ตารางที่ ก-3 ค่าใช้จ่ายในการทำซ้ำต่อชิ้นที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทบุบ

สถานีงานที่พบข้อบกพร่อง	ค่าใช้จ่ายรวมต่อชิ้น (บาท)
สถานีงานที่ 1 การขึ้นรูป	50.83
สถานีงานที่ 4 การม้วนขอบ	54.74

จากตารางที่ ก-3 พบว่าค่าใช้จ่ายการทำซ้ำต่อชิ้นเมื่อเกิดข้อบกพร่องประเภทบุบในสถานีงานที่ 1การขึ้นรูปเท่ากับ 50.83 บาทต่อชิ้นและสถานีงานที่ 4 การม้วนขอบเท่ากับ 54.74 บาทต่อชิ้น

2.2 ค่าใช้จ่ายของชิ้นงานที่ไม่สามารถนำกลับไปแก้ไขได้

ก.) ข้อบกพร่องประเภทผิดรูป

ทำการศึกษาค่าใช้จ่ายต่อชิ้นที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทผิดรูปในกระบวนการต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ ก-4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก-4 ค่าใช้จ่ายต่อชิ้นที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทผิดรูป

สถานีงานที่พบข้อบกพร่อง	ค่าใช้จ่ายรวมต่อชิ้น (บาท)
สถานีงานที่ 1 การขึ้นรูป	50.80
สถานีงานที่ 2 การขึ้นรูป	51.72
สถานีงานที่ 3 การตัดขอบ	53.64
สถานีงานที่ 4 การม้วนขอบ	53.77
สถานีงานที่ 5 การปั๊มระนาบ	54.93
สถานีงานที่ 6 การเจาะ	55.26

จากตารางที่ ก-4 พบว่าค่าใช้จ่ายต่อชิ้นเมื่อเกิดข้อบกพร่องประเภทผิดรูปในสถานีงานที่ 1 การขึ้นรูปเท่ากับ 50.80 บาทต่อชิ้น, สถานีงานที่ 2 การขึ้นรูปเท่ากับ 51.72 บาทต่อชิ้น, สถานีงานที่ 3 การตัดขอบเท่ากับ 53.64 บาทต่อชิ้น, สถานีงานที่ 4 การม้วนขอบเท่ากับ 53.77 บาทต่อชิ้น, สถานีงานที่ 5 การปั๊มระนาบ เท่ากับ 54.93 บาทต่อชิ้น และสถานีงานที่ 6 การเจาะเท่ากับ บาท 55.26 ต่อชิ้น

ข.) ข้อบกพร่องประเภทแตก

ทำการศึกษาค่าใช้จ่ายต่อชิ้นที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทแตกในกระบวนการม้วนขอบ ดังแสดงในตารางที่ ก-5

ตารางที่ ก-5 ค่าใช้จ่ายต่อชิ้นที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทแตก

สถานีงานที่พบข้อบกพร่อง	ค่าใช้จ่ายรวมต่อชิ้น (บาท)
สถานีงานที่ 4 การม้วนขอบ	53.46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ ก-5 พบว่าค่าใช้จ่ายต่อชิ้นเมื่อเกิดข้อบกพร่องประเภทแตกในสถานีงานที่ 4 การม้วนขอบเท่ากับ 53.46 บาทต่อชิ้น

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ณัฐชนันท์ ชูสมบัติ
วัน เดือน ปี เกิด	5 กุมภาพันธ์ 2539
สถานที่เกิด	พิจิตร
วุฒิการศึกษา	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิศวกรรมการจัดการและโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	71/1 ม.1 ถนนติวานนท์ อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี
ผลงานตีพิมพ์	การปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการลูกค้าของระบบงานจัดส่งพัสดุโดยใช้การจำลองสถานการณ์ : กรณีศึกษาบริษัทจัดส่งพัสดุตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University