การลดของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง

นายนินวัฒน์ นำลาภ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Reduction of Bladder Defect in Curing Process

Mr. Ninnawat Numlarp

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 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง
โดย	นายนินวัฒน์ นำลาภ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ภูวดล ดุษฎีรังสีกุล)

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นินวัฒน์ นำลาภ : การลดของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง. (Reduction of Bladder Defect in Curing Process) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ.จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อการลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นในแผนกอบยางของบริษัทผลิตยางรถยนต์แห่งหนึ่ง และเพื่อการควบคุมกระบวนการผลิตให้เกิดการกระจายตัวที่น้อยลง (Variation Reduction) โดยมุ่งเน้นในการสร้างมาตรฐานในระยะยาวสำหรับการนำไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงสถิติมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิต เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้การบันทึกข้อมูลของเสียที่ได้มาจากฐานข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา ในงานวิจัยนี้ใช้แนวทางในการดำเนินการโดยวิธี ซิกซ์ ซิกมา โดยได้ทำการนำขั้นตอน DMAIC มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการโดยมีทั้งหมด 5 ระยะ ได้แก่ ระยะนิยามปัญหา (Define phase: D) ระยะการวัด (Measure phase: M) ระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis phase: A) ระยะการปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve phase: I) และระยะการตรวจติดตามควบคุม (Control phase: C) วิเคราะห์ข้อมูลและหาปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตและคัดเลือกปัจจัยดังกล่าวมาทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล

ผลจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตจากการใช้ค่าการปรับตั้งที่เหมาะสม พบว่าจำนวนของเสียที่เกิดจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางลดลงจากเดิม 884 ppm เหลือ 379 ppm ของเสียที่เปลี่ยนแปลงคิดเป็นร้อยละ 57.13 หรือคิดมูลค่าความเสียหายลดลงไป 760,000 บาท ในส่วนของสัดส่วนของเสียก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ร้อยละ 0.06 หลังการปรับปรุงอยู่ที่ร้อยละ 0.03 สัดส่วนของเสียที่เปลี่ยนแปลงคิดเป็นร้อยละ 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

6470205421 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Variation Reduction, Six sigma, DMAIC Methodology, Experiment of factorial design

Ninnawat Numlarp : Reduction of Bladder Defect in Curing Process. Advisor: Assoc. Prof. JEERAPAT NGAOPRASERTWONG Co-advisor: Asst. Prof. Somchai Puajindanetr, Ph.D.

This research aims to reduce the rate of waste in the curing department of a car tire manufacturing company and to control the production process to variation reduction. The focus is on creating long-term standards for process improvement using statistical research methods. Data is collected by recording waste data from the company's database in the case study. The Six Sigma methodology is used in this research, applying the DMAIC process, consisting of five phases: Define phase (D), Measure phase (M), Analysis phase (A), Improve phase (I), and Control phase (C). Data analysis is performed to identify factors that contribute to waste in the production process, and these factors are selected to design a factorial experiment

The results of thesis research on the improvement of the production process through appropriate parameter adjustments have revealed significant findings. It was found that the quantity of waste resulting from bladder defect in curing process decreased from the initial value of 884 ppm to 379 ppm, representing a reduction of 57.13 percent or a decrease in monetary damages by 760,000 baht. The proportion of waste prior to the improvement was 0.06 percent, which decreased to 0.03 percent after the enhancement, indicating a reduction of 50 percent.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

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

Academic Year: 2022 Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การลดของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง" เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์อย่างสูงและความช่วยเหลือจากบุคคลที่เกี่ยวข้องหลายท่าน

ขอขอบพระคุณ รศ.จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษา ช่วยชี้แนะแนวทาง ให้ความรู้ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างเรียบร้อย

ขอขอบพระคุณ ศ.ดร.ปารเมศ ชุติมา ประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ภูวดล ดุษฎีรังสีกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ชูเวช ชาญสง่าเวช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภายนอก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา ยิ่งไปกว่านั้นในการช่วยตรวจสอบความถูกต้องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษาที่ให้ความเอื้อเฟื้อในการเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนหัวหน้าแผนก หัวหน้างานและเพื่อนร่วมงานที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะ และให้กำลังใจที่ดีมาตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว กัลยาณมิตรที่ได้มอบความรักและกำลังใจที่ยิ่งใหญ่ตลอดมา ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการทำวิจัย รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับการช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นแรงบันดาลใจและมีประโยชน์ต่อผู้สนใจในวงกว้าง

นินวัฒน์ นำลาภ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญภาพ ..... ฒ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา 1

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 3

1.3 สภาพปัญหาที่พบในปัจจุบัน 5

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 5

1.5 ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย 6

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 6

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 8

1.8 ระยะเวลาในการดำเนินงาน 8

บทที่ 2 11

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

2.1 ส่วนประกอบของยางรถยนต์ 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับ ซิกซ์ ซิกมา 12
2.2.1 ความหมายของซิกซ์ ซิกมา 12
2.2.2 แนวคิดของซิกซ์ ซิกมา 13
2.2.3 ตัววัดระดับคุณภาพ 13
2.2.4 ขั้นตอนของการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา 14
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องมือทางสถิติ 19
2.3.1 แผนผังกระบวนการผลิต (Process Mapping) 19
2.3.2 การระดมสมอง (Brainstorming) 20
2.3.3 แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) หรือแผนผังสาเหตุและเหตุผล (Cause-and-Effect Diagram) 20
2.3.4 การจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหา 21
2.3.5 การออกแบบการทดลอง 22
2.3.5.1 ประเภทของการออกแบบการทดลอง 23
2.3.5.2 ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง 23
2.3.5.3 การออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Design) 24
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27
บทที่ 3 31
การนิยามปัญหา 31
3.1 จัดตั้งคณะทำงาน 31
3.2 การศึกษากระบวนการผลิต 31
3.2.1 กระบวนการผสมยางธรรมชาติ (Mixing Process) 31
3.2.2 กระบวนการอัดรีดยาง (Extrusion Process) 32
3.2.3 กระบวนการขึ้นรูปยาง (Tire Building Process) 33
3.2.4 กระบวนการอบยาง (Curing Process) 35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.5 กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ (Final Inspection Process) 37
3.3 การกำหนดปัญหา 38
3.3.1 สภาพปัญหาในปัจจุบัน 38
3.3.2 สภาพปัญหาในกระบวนการอบยาง 38
3.3.3 สัดส่วนของเสียจากปัญหาถุงลมรั่ว 41
3.4 กำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด 41
3.5 สัญญาโครงการ (Project Charter) 42
3.6 สรุปนิยามปัญหา 44
บทที่ 4 45
การเก็บข้อมูลสภาพปัญหาก่อนการปรับปรุง (Measurement Phase) 45
4.1 การศึกษาขั้นตอนการทำงานโดยละเอียด (Detailed Process Map) 45
4.2 การศึกษาเครื่องจักรในกระบวนการอบยาง 47
4.3 การศึกษาข้อมูลของถุงลม 48
4.3.1 ประเภทของถุงลม 49
4.3.2 มาตรฐานการจัดเก็บถุงลม 50
4.3.3 การบำรุงรักษาถุงลมก่อนการใช้งาน (Pre-treatment curing bladder) 50
4.3.3.1 การบำรุงรักษาถุงลมโดยใช้สารละลายชนิด AA แบบใส่ชุดยึดถุงลม 51
4.3.3.2 การบำรุงรักษาถุงลมโดยใช้สารละลายชนิด BB แบบไม่ใส่ชุดยึดถุงลม 52
4.3.4 การประกอบถุงลมเข้ากับชุดยึดถุงลมเพื่อติดตั้งในเครื่องอบยาง 52
4.3.5 คำแนะนำในการเลือกใช้ถุงลม 54
4.3.5.1 อัตราส่วนขยายในด้านความยาวของถุงลม (Curing bladder extension in length: L/l) 54
4.3.5.2 อัตราส่วนขยายในด้านเส้นผ่านศูนย์กลางของถุงลม (Curing bladder extension in diameter: D/d) 55

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.5.3 อัตราส่วนที่แนะนำในการนำไปใช้งาน 56
4.3.6 ถุงลมที่ใช้ในกระบวนการผลิตปัจจุบัน 57
4.4 การเก็บข้อมูลรุ่นยางรถยนต์ 59
4.4.1 ประเภทยางรถยนต์กึ่งบรรทุก (Light Truck) 60
4.4.2 ยางรถยนต์โดยสารขนาดเล็ก (Passenger car) 61
4.4.3 ยางรถยนต์โดยสารเอสยูวี (SUV Passenger car) 62
4.5 การศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต 64
4.5.1 การจำแนกของเสียโดยพิจารณาจากลักษณะการเกิดของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุด 64
4.5.2 การจำแนกของเสียจากการรั่วของถุงลมโดยพิจารณาจากประเภทเครื่องจักรที่เกิดของเสียมากที่สุด 66
4.5.3 การจำแนกของเสียจากการรั่วของถุงลมโดยพิจารณาจากรุ่นยางรถยนต์ที่เกิดของเสียมากที่สุด 66
4.5.4 การพิจารณาการจำแนกของเสียสำหรับการนำไปปรับปรุง 68
บทที่ 5 69
การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) 69
5.1 ขั้นตอนในการวิเคราะห์สาเหตุและเหตุผล 69
5.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ 70
5.2.1 การวิเคราะห์ปัญหาจากแผนภาพสาเหตุหรือเหตุผล 70
5.2.2 การวิเคราะห์ปัญหาจากความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล 74
5.2.3 การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า 76
5.2.3.1 ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม 76
5.2.3.2 ชุดยึดถุงลมด้านบนและด้านล่างมีรอยขีดข่วน 77
5.2.3.3 อายุการใช้งานของถุงลม 78
5.2.3.4 ขนาดของถุงลมที่ใช้ 79

5.2.3.5 การตรวจสอบ Gap ของถุงลม 80
5.2.4 การพิจารณาความมีนัยสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุรากเหง้าของปัญหาของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ 80
5.3 สรุปการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ 81
บทที่ 6 83
การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) 83
6.1 การปรับปรุงกระบวนการของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ 83
6.1.1 การเลือกแบบการทดลอง 83
6.1.2 การพิจารณาในการกำหนดระดับปัจจัย 84
6.1.2.1 ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม 84
6.1.2.2 ขนาดของถุงลมที่ใช้ 85
6.1.2.3 การตรวจสอบ Gap ของถุงลม 86
6.1.2.4 ปัจจัยนำเข้าและระดับของปัจจัย 86
6.1.3 การดำเนินการทดลอง 88
6.1.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง 89
6.1.4.1 การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) 89
6.1.4.2 การดำเนินการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ 90
6.1.4.3 การปรับปรุงแบบจำลอง 91
6.1.4.4 การพิจารณาพื้นผิวตอบสนอง 95
6.2 การหาระดับที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยนำเข้า 96
6.3 สรุปขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ 97
บทที่ 7 98
การควบคุมกระบวนการ (Control Phase) 98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.1 แนวทางการควบคุมระดับปัจจัย 98
7.1.1 แนวทางการควบคุมตำแหน่งของชุดยึดถุงลม 98
7.1.2 แนวทางการควบคุมชุดยึดถุงลมด้านบนและด้านล่างมีรอยขีดข่วน 98
7.1.2.1 สำหรับพนักงานประจำสถานีงานประกอบถุงลม 98
7.1.2.2 สำหรับพนักงานประจำสถานีงานที่เครื่องอบยาง 99
7.1.2.3 สำหรับพนักงานประจำสถานีงานเพื่อแก้ไขปัญหาด้านคุณภาพ (Troubleshooting) 99
7.1.3 แนวทางการควบคุมอายุการใช้งานของถุงลม 99
7.1.4 แนวทางการควบคุมขนาดของถุงลมที่ใช้ 100
7.1.5 แนวทางการควบคุมการตรวจสอบ Gap ของถุงลม 100
7.2 ปัจจัยในการปรับปรุงกระบวนการผลิต 101
7.3 ข้อมูลหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต 101
7.3.1 ข้อมูลของเสียในกระบวนการอบยางหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต 101
7.3.2 สัดส่วนของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต 102
7.4 สรุประยะการควบคุมกระบวนการ 103
บทที่ 8 104
สรุปผลการศึกษา 104
8.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย 104
8.2 ปัญหาและอุปสรรค 106
8.3 การนำงานวิจัยไปต่อยอดเพื่ออนาคต 106
8.4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม 106
บรรณานุกรม 108
ประวัติผู้เขียน 111

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเสียที่เกิดขึ้นและมูลค่าความเสียหายในกระบวนการอบยาง 4

ตารางที่ 2 ระยะเวลาในการนำเนินงานวิจัย 9

ตารางที่ 3 ตัวอย่างตารางต้นแบบของรายละเอียดสัญญาโครงการ (Project Charter)..... 15

ตารางที่ 4 สัญลักษณ์มาตรฐานของแผนผังกระบวนการผลิต..... 20

ตารางที่ 5 แสดงรายละเอียดของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการอบยาง..... 39

ตารางที่ 6 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาในกระบวนการอบยางแยกตามประเภทของเสียที่เกิดขึ้น ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ 2565 40

ตารางที่ 7 เป้าหมายและตัวชี้วัดในการปรับปรุงกระบวนการ..... 41

ตารางที่ 8 สัญญาโครงการจากปัญหาถุงลมรั่วที่เกิดขึ้นกับกระบวนการอบยาง 43

ตารางที่ 9 แสดงข้อเปรียบเทียบของเครื่องจักรแต่ละประเภทในกระบวนการอบยาง..... 47

ตารางที่ 10 การแบ่งประเภทของถุงลมตามลักษณะทางกายภาพ 50

ตารางที่ 11 รายละเอียดชนิดของถุงลม..... 58

ตารางที่ 12 รายละเอียดของรุ่นยางประเภทยางรถยนต์กึ่งบรรทุก 60

ตารางที่ 13 รายละเอียดของรุ่นยางประเภทยางรถยนต์โดยสารขนาดเล็ก..... 61

ตารางที่ 14 รายละเอียดของรุ่นยางประเภทยางรถยนต์โดยสารเอสยูวี 62

ตารางที่ 15 รายละเอียดของการเกิดของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง..... 65

ตารางที่ 16 ผลกระทบของปัจจัยในลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ..... 72

ตารางที่ 17 เกณฑ์การให้คะแนนความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ 74

ตารางที่ 18 การประเมินคะแนนความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย 74

ตารางที่ 19 รุ่นของยางรถยนต์และอายุการใช้งาน 78

ตารางที่ 20 การพิจารณาปัจจัยที่เลือกนำไปศึกษา..... 80

ตารางที่ 21 สรุปปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของลักษณะการเกิดของเสียที่เกิดขึ้นแต่ละประเภท 83
ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบแบบการทดลอง 84
ตารางที่ 23 ระดับปัจจัยที่ในแบบหน่วยที่เป็นค่าจริง 87
ตารางที่ 24 ตารางการออกแบบการทดลอง 87
ตารางที่ 25 ตารางการออกแบบการทดลองและผลการทดลอง 88
ตารางที่ 26 เปรียบเทียบปัจจัยในการปรับปรุงกระบวนการทั้งก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง 101
ตารางที่ 27 สรุปจำนวนของเสียและมูลค่าของเสียก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง 102
ตารางที่ 28 สรุปสัดส่วนของเสียก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง 103

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 กระบวนการทั้งหมดในการสร้างยางรถยนต์ของโรงงานกรณีศึกษา 2

รูปที่ 2 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ 2565 5

รูปที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 7

รูปที่ 4 ส่วนประกอบของยางรถยนต์ 11

รูปที่ 5 เส้นโค้งการกระจายตัวปกติภายใต้ Six Sigma Quality Level เมื่อ Mean Shift ±1.5 sigma (Breyfogle III, 2003) 14

รูปที่ 6 แนวคิดความผันแปรระยะสั้นและความผันแปรระยะยาว 17

รูปที่ 7 แผนผังสาเหตุหรือเหตุผล 21

รูปที่ 8 องค์ประกอบของเมทริกซ์สาเหตุและเหตุผล 22

รูปที่ 9 กราฟพื้นผิวผลตอบและกราฟโครงร่างของตัวแปรตอบสนองที่มีค่าสูงสุด 24

รูปที่ 10 กราฟพื้นผิวผลตอบและกราฟโครงร่างของตัวแปรตอบสนองที่มีค่าต่ำสุด 25

รูปที่ 11 โครงสร้างของแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางกรณี 2 ปัจจัย 25

รูปที่ 12 โครงสร้างของแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางกรณี 3 ปัจจัย 26

รูปที่ 13 โครงสร้างของแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF กรณี 2 ปัจจัย 26

รูปที่ 14 โครงสร้างของแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF กรณี 3 ปัจจัย 27

รูปที่ 15 โครงสร้างของแบบการทดลองแบบบ็อก-เบห์นเคน กรณี 3 ปัจจัย 27

รูปที่ 16 ขั้นตอนการตัดโครงสร้างผ้าใบ 32

รูปที่ 17 ขั้นตอนการเตรียมขอบยาง (Bead) 33

รูปที่ 18 ขั้นตอนการเตรียม Compound ของชิ้นส่วนต่าง ๆ 33

รูปที่ 19 ขั้นตอนการประกอบขึ้นรูปชิ้นงานส่วนที่ 1 34

รูปที่ 20 ขั้นตอนการประกอบขึ้นรูปชิ้นงานส่วนที่ 2 35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 21 ขั้นตอนการอบยาง 36
รูปที่ 22 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ 37
รูปที่ 23 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ 2565 38
รูปที่ 24 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาในกระบวนการอบยางแยกตามประเภทของเสียที่เกิดขึ้น ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ 2565 40
รูปที่ 25 สัดส่วนของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ 2565 41
รูปที่ 26 แผนผังขั้นตอนการทำงานโดยละเอียดของการเกิดการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง 46
รูปที่ 27 ลักษณะทางกายภาพของเครื่องอบยาง 47
รูปที่ 28 แผนภาพการทำงานในการผลิตยางรถยนต์หนึ่งเส้น 48
รูปที่ 29 ลักษณะทางกายภาพของถุงลม 49
รูปที่ 30 คำแนะนำในการปรับตั้งอุณหภูมและเวลาสำหรับเตาอบที่ใช้ในการอุ่นถุงลม 51
รูปที่ 31 แผนผังการทำงานของเครื่องสำหรับการยืดถุงลม 52
รูปที่ 32 ข้อกำหนดของค่าความเผื่อในการประกอบถุงลมเข้ากับชุดยืดถุงลม 53
รูปที่ 33 ลักษณะการทำงานของถุงลมกับชุดยืดถุงลม 54
รูปที่ 34 ความยาว (L) ของถุงลมที่สัมผัสกับยางรวมกับขนาดของชุดยืดถุงลม 55
รูปที่ 35 เส้นผ่านศูนย์กลาง (D) จากขนาดยางรถยนต์จริง 56
รูปที่ 36 อัตราส่วนที่แนะนำในการเลือกใช้ถุงลม 57
รูปที่ 37 ภาพตัดขวางเพื่ออธิบายระยะการวัดภายในท้องยาง 60
รูปที่ 38 กราฟพาเรโตแสดงลักษณะการเกิดของเสียจากการรั่วของถุงลม 64
รูปที่ 39 ลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ 65
รูปที่ 40 จำนวนลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบตามชนิดเครื่องจักร 66
รูปที่ 41 การผลิตยางรถยนต์รุ่นที่มียอดการผลิตมากกว่า 50,000 เส้น 67
รูปที่ 42 ลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบจากการจำแนกรุ่นของยางรถยนต์ 67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 43 แผนผังก้างปลาของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ 71
รูปที่ 44 กราฟพาเรโตความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ 75
รูปที่ 45 มาตรฐานการปรับตั้งระยะตำแหน่งของชุดยึดถุงลม 76
รูปที่ 46 มาตรฐานการปรับตั้งระยะตำแหน่งของชุดยึดถุงลม 77
รูปที่ 47 รอยขีดข่วนที่เกิดขึ้นบนชุดยึดถุงลม 78
รูปที่ 48 ค่าระยะต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดขนาดของถุงลม 79
รูปที่ 49 ตำแหน่งของชุดยึดถุงลมหลังจากการประกอบที่เครื่องอบยาง 85
รูปที่ 50 การเปรียบเทียบอัตราส่วนของความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของถุงลม 86
รูปที่ 51 กราฟการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง 89
รูปที่ 52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและผลการวิเคราะห์การถดถอยของอายุถุงลม 91
รูปที่ 53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและผลการวิเคราะห์การถดถอยของอายุถุงลม โดยวิธีการลดรูป 92
รูปที่ 54 กราฟผลกระทบหลักของปัจจัย 94
รูปที่ 55 กราฟผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย 94
รูปที่ 56 กราฟพื้นผิวตอบแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัย Bladder Position และ Bladder Length ที่มีผลต่ออายุถุงลม 95
รูปที่ 57 ผลการหาค่าที่เหมาะสมด้วยฟังก์ชัน Response Optimizer 96
รูปที่ 58 เปรียบเทียบข้อมูลของเสียในกระบวนกรอบยางก่อนและหลังการปรับปรุง 102
รูปที่ 59 เปรียบเทียบสัดส่วนของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางก่อนและหลังการปรับปรุง 103

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

อุตสาหกรรมยางรถยนต์ในปัจจุบันกำลังเติบโตอย่างมากและมีการแข่งขันที่สูงมากในระดับโลก โดยแนวโน้มตัวเลขการส่งออกมีเพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ ปี ผลิตภัณฑ์ยางรถยนต์เป็นส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมหลักของอุตสาหกรรมรถยนต์ ดังนั้นบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ได้ตัดสินใจสร้างโรงงานประกอบรถยนต์ในหลาย ๆ ประเทศทั่วโลกแทนที่การนำเข้ารถยนต์เพื่อจำหน่าย และใช้หลักในการใช้ชิ้นส่วนรถยนต์แต่ละชิ้นที่ผลิตในต่างประเทศมาทำการประกอบแทนการนำเข้า

อุตสาหกรรมยางรถยนต์ในประเทศไทยกำลังมีแนวโน้มที่เติบโตอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามในปัจจุบันราคายางพารามีความผันผวนและเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาวะตลาดของยางพารา ซึ่งเกิดจากสาเหตุหลายอย่าง เช่น ราคาเคมีภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ราคาพลังงาน ราคาค่าขนส่ง และปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้องกับการค้าระหว่างประเทศ เป็นต้น ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตยางรถยนต์เพิ่มขึ้น

1.1 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาทำการก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2530 มีสถานที่ตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โรงงานกรณีศึกษาเป็นบริษัทที่ผลิตเฉพาะประเภทยางรถยนต์กึ่งบรรทุก (Light Truck) ยางรถยนต์โดยสารขนาดเล็ก (Passenger car) และยางรถยนต์โดยสารเอสยูวี (SUV Passenger car) โรงงานกรณีศึกษาทำการผลิตยางเพื่อการส่งออกทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงการผลิตเป็นชิ้นส่วนยานยนต์เพื่อส่งขายให้กับบริษัทประกอบรถยนต์ต่าง ๆ อีกด้วย ในปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษามียอดการผลิตต่อเดือนอยู่ที่ประมาณ 22,000 เส้นต่อวัน (ข้อมูลปี พ.ศ. 2565) โดยส่วนแบ่งการตลาดที่ขายให้กับตลาดในประเทศและตลาดต่างประเทศคิดเป็นร้อยละ 70 ของยอดการผลิต และส่วนที่ส่งขายให้กับบริษัทประกอบรถยนต์คิดเป็นร้อยละ 30 ของยอดการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กระบวนการผลิตยางรถยนต์ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ทั้งในด้านการสร้างวัตถุดิบและการผลิตยางสำเร็จรูปดังรูปที่ 1 โดยอธิบายกระบวนการ ดังนี้

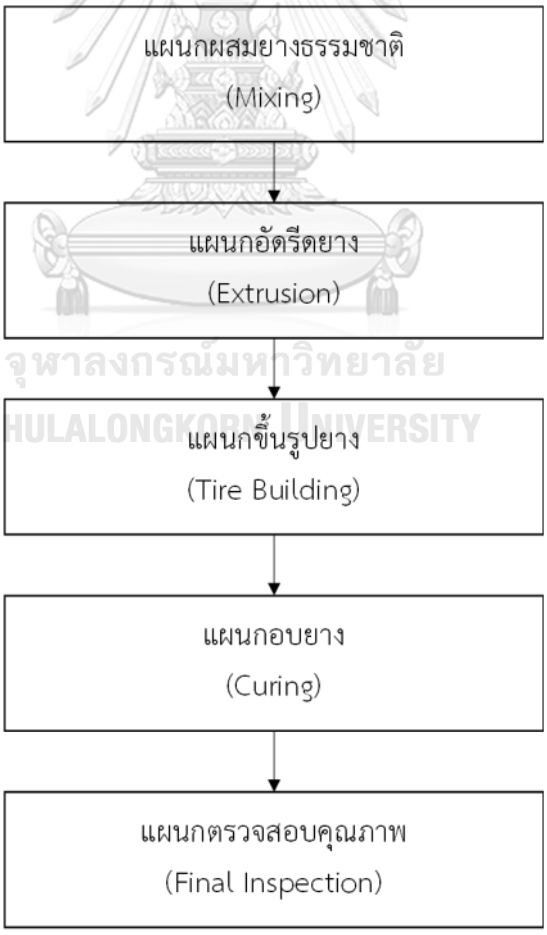
1. การผสมยางธรรมชาติ (Mixing) กระบวนการนำยางธรรมชาติมาผสมกันตามอัตราส่วนทางเคมี เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตยางรถยนต์ การผสมนี้เป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่สำคัญในการผลิตยางรถยนต์แต่ละเส้น

2. การอัดรีดยาง (Extrusion) หลังจากได้วัตถุดิบที่ผสมเสร็จสมบูรณ์แล้ว จะนำไปผ่านเครื่องรีดยางเพื่อให้ได้รูปร่างและลักษณะที่ถูกต้องตามข้อกำหนดที่แผนกอัดรีดยาง กระบวนการนี้เป็นการเตรียมพร้อมสำหรับวัตถุดิบที่นำไปประกอบกันสำหรับขั้นตอนถัดไป

3. การขึ้นรูปยาง (Tire Building) หลังจากที่ได้วัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการรีดยางแล้ว จะนำมาทำการขึ้นรูปยาง โดยจะมีการกำหนดรูปแบบและคุณลักษณะต่างๆ ของยางตามที่มีการออกแบบไว้ กระบวนการนี้เป็นขั้นตอนสำคัญในการสร้างรูปร่างของยาง

4. การอบยาง (Curing) หลังจากได้รูปร่างของยางแล้ว ยางจะถูกนำไปอบเพื่อเปลี่ยนสถานะจากยางที่ยืดหยุ่นได้เป็นยางที่คงรูป กระบวนการนี้ใช้ปัจจัยหลัก ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ แรงดัน และเวลาเพื่อให้ยางสามารถคงรูปร่างและคุณสมบัติได้ตามมาตรฐานที่กำหนด

5. การตรวจสอบคุณภาพ (Final Inspection) หลังจากที่ยางผ่านกระบวนการอบแล้ว เข้าสู่ขั้นตอนสุดท้ายคือการตรวจสอบสภาพของยางว่ามีคุณลักษณะที่เป็นไปตามมาตรฐานของบริษัทหรือไม่ กระบวนการนี้มีไว้เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะส่งมอบให้กับลูกค้า



รูปที่ 1 กระบวนการทั้งหมดในการสร้างยางรถยนต์ของโรงงานกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทั้งหมดนี้เป็นกระบวนการผลิตยางรถยนต์แบบองค์รวมที่ทุกขั้นตอนมีความสำคัญในการสร้างวัตถุดิบและผลิตยางสำเร็จรูปที่มีคุณภาพและมีคุณลักษณะที่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด

ในปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษากำลังจะขยายการผลิตเพื่อให้ตอบสนองความต้องการของตลาดในอนาคต แต่ในปัจจุบันอัตราการเกิดของเสียที่เกิดมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลทำให้โรงงานกรณีศึกษามีค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปจากการเกิดของเสียเพิ่มมากขึ้น

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โรงงานกรณีศึกษามีวิสัยทัศน์ที่ชัดเจนในการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและควบคุมกระบวนการให้มีการกระจายตัวที่น้อยลง (Variation Reduction) เพื่อสร้างมาตรฐานที่ยั่งยืนในระยะยาว ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเน้นศึกษาเฉพาะในแผนกอบยาง (Curing) ซึ่งเป็นแผนกที่มีปริมาณของเสียมากที่สุด รวมถึงมูลค่าของเสียสูงที่สุด โดยมูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นต่อยางหนึ่งเส้นราคาประมาณ 1,500 บาท ดังตารางที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเสียที่เกิดขึ้นและมูลค่าความเสียหายในกระบวนการอบยาง

เดือน	จำนวนการผลิต (เส้น)	จำนวนของเสีย (เส้น)	จำนวนของเสีย (ppm)	มูลค่าความเสียหาย (ล้านบาท)
มกราคม 2565	753,983	4,247	5,633	6.4
กุมภาพันธ์ 2565	772,889	4,391	5,681	6.6
มีนาคม 2565	854,796	4,483	5,245	6.7
เมษายน 2565	670,336	4,200	6,266	6.3
พฤษภาคม 2565	815,076	4,871	5,976	7.3
มิถุนายน 2565	663,944	4,399	6,626	6.6
กรกฎาคม 2565	601,862	3,342	5,553	5.0
สิงหาคม 2565	599,020	3,797	6,339	5.7
กันยายน 2565	645,674	4,005	6,203	6.0
ตุลาคม 2565	537,589	3,555	6,613	5.3
รวม	6,915,169	41,290	60,135	62.0

CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.3 สภาพปัญหาที่พบในปัจจุบัน

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการพบของเสียในแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งมีความหลากหลายในหน่วยนับตัวชี้วัดของเสีย โดยสามารถอธิบายหน่วยนับของเสียในแต่ละกระบวนการได้ดังนี้

1. แผนกผสมยางธรรมชาติ มีหน่วยนับเป็นน้ำหนัก
2. แผนกอัดรีดยาง มีหน่วยนับเป็นน้ำหนัก
3. แผนกขึ้นรูปยาง มีหน่วยนับเป็นเส้น
4. แผนกอบยาง มีหน่วยนับเป็นเส้น
5. แผนกตรวจสอบคุณภาพ ไม่มีตัวชี้วัดของเสียที่ชัดเจน

การวิจัยของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เลือกศึกษาเฉพาะของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการอบยางที่มีหน่วยตัวชี้วัดเป็นเส้น ปริมาณของเสียในกระบวนการอบยางตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ. 2565 พบว่าปริมาณของเสียรวมอยู่ที่ 41,290 เส้น โดยคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 60,135 ppm ในระยะเวลา 10 เดือน จากรูปที่ 2 สังเกตได้ว่าอัตราการเกิดของเสียของกระบวนการอบยางมีแนวโน้มสูงขึ้น

รูปที่ 2 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ 2565

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ปัญหาจากกระบวนการผลิตยางตามขั้นตอนต่าง ๆ พบว่ากระบวนการอบยางมีอัตราเกิดของเสียและมูลค่าการเกิดของเสียสูงมาก ซึ่งส่งผลให้มีมูลค่าความเสียหายรวมทั้งหมดมูลค่า 62 ล้านบาทภายในระยะเวลา 10 เดือน งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการลดอัตราการเกิดของเสียในกระบวนการอบยางเพื่อลดความเสียหายที่เกิดขึ้น

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

การนำเสนอแนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา ในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตจะช่วยให้แนวทางในการลดอัตราการเกิดของเสียในกระบวนการอบยางอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเป็นการเน้นการเลือกปัญหาที่สำคัญ การวิเคราะห์และการแก้ไขปัญหาให้เกิดผลลัพธ์ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยทำให้กระบวนการผลิตยางรถยนต์มีความยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพในทุกขั้นตอน

ของกระบวนการ ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในด้านการใช้ทรัพยากรและลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น รวมถึงทำให้ผลผลิตมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานเพื่อส่งมอบสินค้าที่ดีไปสู่ลูกค้า

1.5 ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย

1. วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะแผนกอบยางของโรงงานกรณีศึกษานี้เท่านั้น

2. ใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา ในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตเป็นขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

3. ตัวชี้วัดของงานวิจัย ได้แก่ การลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและสร้างมาตรฐานการทำงานใหม่โดยการนำการวิเคราะห์ที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไปประยุกต์ใช้

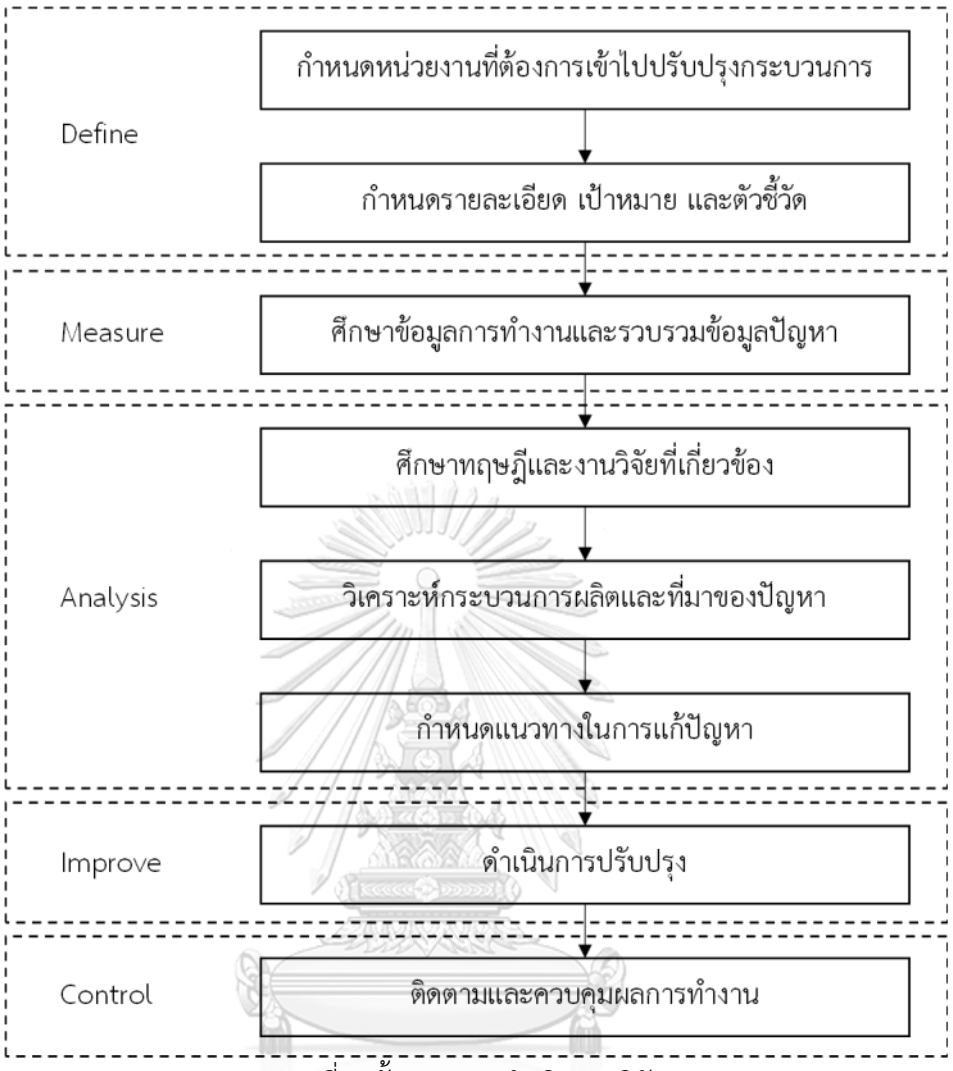
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย มีดังนี้

1. ศึกษากระบวนการผลิตยางรถยนต์ และคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องของยางรถยนต์ รวมถึงการวิเคราะห์ของเสียที่เกิดขึ้นในแผนกอบยางในโรงงานกรณีศึกษา

2. ทบทวนงานวิจัยและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยโดยแนวทางในการดำเนินการโดยวิธีซิกซ์ ซิกมา โดยผู้วิจัยได้ทำการนำขั้นตอน DMAIC มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการโดยมีทั้งหมด 5 ระยะ ได้แก่ ระยะนิยามปัญหา (Define phase: D) ระยะการวัด (Measure phase: M) ระยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis phase: A) ระยะการปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve phase: I) และระยะการตรวจติดตามควบคุม (Control phase: C) โดยสามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดได้ดังรูปที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตและคัดเลือกปัจจัยดังกล่าวมาทำกรออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลโดยการใช้แผนภูมิก้างปลา และเลือกปัจจัยที่มีอิทธิพลเหล่านั้นมาออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบสามระดับ

4. ศึกษาหลักการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสามระดับ

5. วางแผนการออกแบบการทดลองที่เหมาะสม

6. ดำเนินการทดลองตามตามแผนการออกแบบการทดลอง

7. วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติเชิงวิศวกรรม

8. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

9. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดอัตราการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตยางรถยนต์
2. ลดต้นทุนในการผลิตยางรถยนต์ จากความเสียหายในการทิ้งของเสีย
3. ป้องกันการส่งมอบสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพแก่ลูกค้า
4. สามารถนำแนวทางการปรับปรุงนี้ไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการอื่นๆได้

1.8 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้เวลาทั้งหมด 7 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 จนถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2566 ดังตารางที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2 ระยะเวลาในการนำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	ต.ค. 65			พ.ย. 65			ธ.ค. 65			ม.ค. 66			ก.พ. 66			มี.ค. 66			เม.ย. 66		
1. เก็บรวบรวมข้อมูล ประวัติการก่อตั้งบริษัท รายละเอียดของกระบวนการผลิต ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิต ของโรงงานกรณีศึกษา																					
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการควบคุมและการปรับปรุงคุณภาพ รวมถึงเครื่องมือและเทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต																					
3. ศึกษากระบวนการผลิตอย่างละเอียดโดยการจำแนกประเภทของเสีย เช่น จำแนกตามลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น จำแนกตามประเภทของผลิตภัณฑ์ และจำแนกตามประเภทของเครื่องจักร เป็นต้น																					
4. ระบุปัญหาและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย รวมไปถึงขอบเขตของงานวิจัย โดยมีการตั้งเป้าหมาย (Goal) ที่คาดว่าจะทำสำเร็จในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดลองเสียของโรงงานกรณีศึกษา																					
5. จัดทำแผนผังกระบวนการและกรอบความคิดในการปรับปรุงกระบวนการผลิต																					

ตารางที่ 2 ระยะเวลาในการนำเนินงานวิจัย (ต่อ)

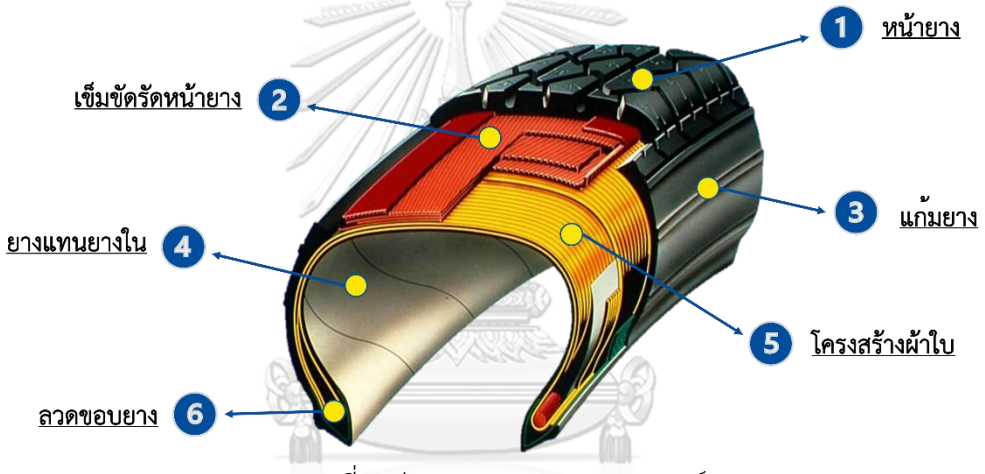
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	ต.ค. 65			พ.ย. 65			ธ.ค. 65			ม.ค. 66			ก.พ. 66			มี.ค. 66			เม.ย. 66		
6. เก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้น โดยสามารถสรุปที่มาของปัญหาได้ว่าเกิดมาจากสาเหตุใด																					
7. วิเคราะห์หาสภาพปัญหาแบบละเอียด และทราบถึงต้นตอของสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา																					
8. ตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลองโดยการนำปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหามาทำการวิเคราะห์																					
9. ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล																					
10. สรุปผลการทดลองและเสนอแนวทางการแก้ไข																					
11. จัดทำแผนผังกระบวนการ (หลังการปรับปรุงแก้ไข)																					
12. นำแนวทางการปรับปรุงไปดำเนินการในกระบวนการผลิต																					
13. ติดตามผลการปรับปรุงในกระบวนการผลิต และค้นหาปัญหาหลังการปรับปรุง																					
14. จัดทำมาตรฐานการควบคุมกระบวนการโดยการใช้เครื่องมือ FMEA																					
15. วิเคราะห์และสรุปผลหลังปรับปรุง																					
16. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์																					

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสียในกระบวนการอบยาง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากเอกสารประกอบการสอน หนังสือ วารสาร และบทความต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ส่วนประกอบของยางรถยนต์

การผลิตยางรถยนต์อาศัยองค์ประกอบของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่มีหน้าที่แตกต่างกันแต่ละชิ้นมาทำการประกอบเข้ากัน ในรูปที่ 4 อธิบายถึงส่วนประกอบของยางรถยนต์



รูปที่ 4 ส่วนประกอบของยางรถยนต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. หน้ายาง มีหน้าที่ในการยึดเกาะกับพื้นถนนเพื่อให้มีการยึดติดแน่นและมั่นคงในระหว่างการขับขี่ เพื่อป้องกันการลื่นไหลในสภาวะถนนเปียกหรือเกี่ยวข้องกับความเร็วของรถยนต์ อีกทั้งยังสามารถช่วยลดการสั่นสะเทือนในรถยนต์ ซึ่งมีผลต่อการขับขี่และความปลอดภัย โดยหน้ายางสามารถดูดกลืนแรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากสภาพของพื้นถนนในลักษณะที่แตกต่างกันออกไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2. เข็มขัดรัดหน้ายาง มีหน้าที่ในเสริมความแข็งแรงและสร้างการยึดเหนี่ยวในการยึดโครงสร้างของยางให้ยางคงรูปอยู่ในสภาวะปกติ

3. แก้มยาง เป็นส่วนที่อยู่นอกสุดของยาง มีความสำคัญในการปกป้องส่วนต่าง ๆ ของยาง โดยมีการออกแบบให้มีความแข็งแรงและยืดหยุ่นเพียงพอเพื่อรับน้ำหนักต่าง ๆ ที่มาพร้อมกับการขับขี่

นอกจากนี้แก้มยางยังมีบทบาทในการลดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในขณะขับขี่ และเป็นที่ระบุสัญลักษณ์ที่บ่งบอกถึงคุณลักษณะของยางนั้น ๆ

4. ยางแทนยางใน เป็นส่วนที่อยู่ด้านในสุดของยาง มีหน้าที่ในการกักเก็บลม โดยพื้นผิวบริเวณนี้จะสัมผัสกับถุงลมโดยตรง

5. โครงสร้างผ้าใบ มีหน้าที่ในการรับน้ำหนัก โดยผ้าใบเป็นเส้นใยที่ถูกผลิตขึ้นโดยใช้วัสดุโพลิเอสเตอร์หรือไนลอนมาทำการจัดเรียงอย่างแข็งแรงเพื่อให้สามารถรองรับแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะขับขี่ โครงสร้างผ้าใบยังมีหน้าที่สำคัญในการเพิ่มความยืดหยุ่นของยางรถยนต์ ซึ่งช่วยให้ยางสามารถยืดหยุ่นได้ตามรูปร่างของผ้าใบและเปลี่ยนรูปได้ตามการสั่นสะเทือน ทำให้ยางรถยนต์มีการเกาะติดกับพื้นถนนอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการทรงตัวขณะขับขี่

6. ลวดขอบยาง เป็นส่วนที่ทำให้ยางยึดติดกับกระทะล้อ มีหน้าที่ในการรักษารูปร่างและโครงสร้างที่เหมาะสม โดยลวดขอบยางช่วยให้ยางรัดแน่นรอบขอบที่ติดกับกระทะล้อและป้องกันการรั่วซึมของยางขณะขับขี่

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับ ซิกซ์ ซิกมา

2.2.1 ความหมายของซิกซ์ ซิกมา

ความหมายของซิกซ์ ซิกมา ได้มีผู้เชี่ยวชาญหลาย ๆ ท่าน กล่าวไว้ ดังนี้ ซิกซ์ ซิกมา เป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพอย่างมากในการบริหาร ซึ่งมีเป้าหมายอยู่ที่ความผิดพลาดหรือของเสียที่น้อยกว่า 4 ใน 1 ล้านครั้งของการทำงาน โดยรวมเอาวิถีทางแห่งระบบคุณภาพแบบหลายมิติ ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบที่เป็นมาตรฐาน การจัดการที่เหมาะสมและการตอบสนองภารกิจขององค์กร ซึ่งทำให้ทั้งลูกค้าและผู้ผลิตได้ผลตอบแทนทั้งสองฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นด้านอรรถประโยชน์ ทรัพยากร และคุณค่าของผลิตภัณฑ์ (Harry Schroeder, 2000)

ซิกซ์ ซิกมา คือส่วนผสมอันกลมกลืนระหว่างความฉลาดหลายๆด้าน ในการบริหารองค์กรโดยการพัฒนากลวิธีทางสถิติเพื่อใช้เป็นอาวุธขององค์กร โดยเป้าหมายสูงสุดของซิกซ์ ซิกมานี้ได้เน้นไปที่การนำเอาซิกซ์ ซิกมา มาใช้เป็นกลยุทธ์ ของกิจการมากกว่าที่จะเป็นวิธีการควบคุม คุณภาพในกระบวนการ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ซิกซ์ ซิกมา คือ วิธีการและการประยุกต์ใช้กลวิธีทางสถิติในองค์กรเพื่อเพื่อที่จะช่วยให้องค์กรสามารถทำกำไรได้เพิ่มขึ้น ได้ผลผลิตมากขึ้น สามารถนำมาใช้ได้ทั้งส่วนสินค้าและบริการ (Breyfogle, 2001)

ซิกซ์ ซิกมา เป็นวิสัยทัศน์ ปรัชญา ระบบบริหารคุณภาพ ขั้นตอนและเครื่องมือในการปรับปรุงคุณภาพ หรือระดับคุณภาพของกระบวนการ โดยประยุกต์แนวทางที่มีโครงสร้างที่เป็นระบบในการปรับปรุงคุณภาพในทุกๆ ส่วนของธุรกิจ เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 2557)

2.2.2 แนวคิดของซิกซ์ ซิกมา

จุดประสงค์หลักของซิกซ์ ซิกมา (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 2557) คือการลดความผันแปรที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์และกระบวนการ เมื่อลดความผันแปรได้ ความสูญเปล่า (Waste) ก็จะลดลง ทำให้สามารถลดต้นทุนที่เกิดจากความสูญเปล่าลงได้ แนวคิดของซิกซ์ ซิกมา มีดังต่อไปนี้

1. มุ่งเน้นสิ่งที่จะปรับปรุงในสิ่งที่ลูกค้าต้องการ

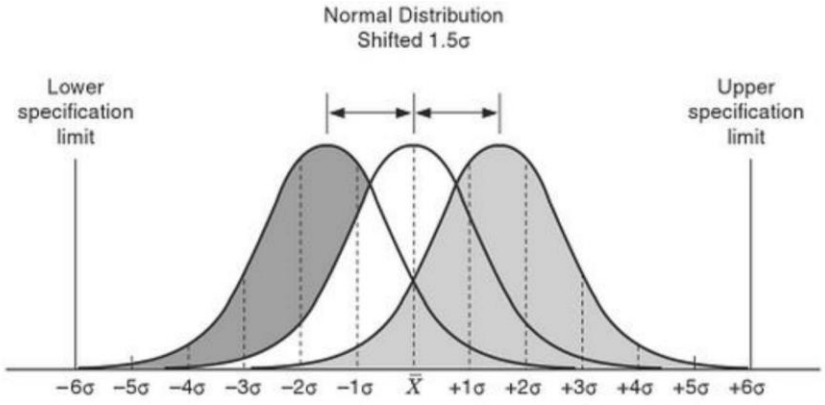
2. ปรับปรุงคุณภาพอย่างเป็นระบบโดยมีขั้นตอนและเครื่องมือทางสถิติและเครื่องมือทางคุณภาพสนับสนุน

3. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนอง (Key Process Output Variables: KPOVs) หรือ Y และปัจจัยนำเข้า (Key Process Input Variables: KPIVs) หรือ X ซึ่งมักจะเขียนแนวคิดนี้ในรูปแบบของ Y = f(X) การที่จะทราบความสัมพันธ์ระหว่าง Y และ X ผู้ดำเนินการปรับปรุงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลและวิธีการทางสถิติมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์นั้น

4. มีโครงสร้างที่เอื้อให้บุคลากรมีความพร้อมที่จะปรับปรุงคุณภาพ ในการสร้างให้เกิดความพร้อมนั้น ซิกซ์ ซิกมา จึงได้กำหนดให้ทำการปรับปรุงงานเป็นแบบโครงการ ซึ่งหมายถึงการมีจุดเวลาเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการปรับปรุงงานอย่างชัดเจน นอกจากนั้น ซิกซ์ ซิกมา ยังได้กำหนดบทบาทและความรับผิดชอบของบุคลากรไว้เป็นตำแหน่งต่าง ๆ

2.2.3 ตัววัดระดับคุณภาพ

ตัววัดระดับคุณภาพในกระบวนการผลิต (ฐิติมา ฤทธิ์ประเสริฐศรี, 2559) บ่งบอกถึงคุณภาพของกระบวนการ โดยตามหลักการของซิกซ์ ซิกมา จะเห็นได้ว่าหากมีการกระจายหรือความผันแปรของข้อมูลน้อย รูปกราฟก็จะยิ่งแคบ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือซิกมาก็จะยิ่งเล็กลง โดยตามหลักการทางสถิติสามารถคำนวณค่าความน่าจะเป็นของข้อมูลที่อยู่ภายในข้อกำหนดที่ ±3 sigma ได้เท่ากับ 99.73% เท่ากับว่ามีโอกาสที่ข้อมูลจะออกจากข้อกำหนด แต่ถ้าพิจารณาที่ ±6 sigma จะมีโอกาสสูงที่ข้อมูลเป็นไปตามข้อกำหนดถึง 99.9999998% โดยจะมีข้อมูลที่จะออกนอกข้อกำหนดเพียง 0.002 ppm จากกรณีดังกล่าวจะเปรียบเทียบได้เฉพาะเมื่อค่าเฉลี่ยของข้อมูลอยู่ตรงค่ากลางพิกัดข้อกำหนดพอดี ดังนั้นหากพิจารณาจากค่าเฉลี่ยที่เลื่อนออกจากค่ากลางพิกัดข้อกำหนดประมาณ ±1.5 sigma ความสัมพันธ์ของระดับซิกมา กับจำนวนของสินค้าหรือบริการที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดสามารถดังรูปที่ 5



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

รูปที่ 5 เส้นโค้งการกระจายตัวปกติภายใต้ Six Sigma Quality Level เมื่อ Mean Shift ±1.5 sigma (Breyfogle III, 2003)

2.2.4 ขั้นตอนของการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา

ขั้นตอนเบื้องต้นที่ต้องทำ (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 2557) คือ การเลือกว่าปัญหาใดเหมาะสมที่จะนำมาทำโครงการปรับปรุงคุณภาพ เนื่องจากในองค์กรมีหลายปัญหาที่สามารถปรับปรุงได้ แต่ปัญหาเหล่านั้นอาจมีความสำคัญไม่เท่ากัน นอกจากนั้นทรัพยากรที่มีและต้องใช้ในการปรับปรุงอาจมีไม่เพียงพอที่จะดำเนินการปรับปรุงหลายๆปัญหาไปพร้อม ๆ กัน ดังนั้นองค์กรจึงต้องทราบถึงเกณฑ์การพิจารณาที่ควรเลือกใช้ในการเลือกปัญหาที่จะนำมาทำเป็นโครงการปรับปรุงคุณภาพในลำดับแรก ๆ เมื่อได้ปัญหาที่จะนำมาทำเป็นโครงการปรับปรุงคุณภาพแล้ว ก็จะดำเนินตามขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพจามแนวทางซิกซ์ ซิกมา ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนที่เรียกว่า DMAIC ดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define Phase: D)

ในขั้นตอนนี้จะระบุความสำคัญทางธุรกิจ สภาพปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขต เงื่อนไข และสมมติฐานของโครงการปรับปรุงคุณภาพ รวมทั้งกำหนดทีมงานปรับปรุงคุณภาพและแผนการดำเนินงานโครงการ เพื่อให้เกิดความชัดเจนว่าโครงการนี้จะเข้าไปเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานในขั้นตอนใดบ้าง โดยทำให้ทราบถึงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด จำเป็นต้องกำหนดกรอบโครงการเพื่อให้เกิดความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกันเพื่อมีเป้าหมายให้ผู้ร่วมดำเนินงานสามารถร่วมมือกันทำงานได้อย่างลุล่วง โดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในสัญญาโครงการ (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) ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ (Project Timeline) แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 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>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> ขั้นตอนการวัดสภาพปัญหา (Measure Phase: M)

ในขั้นตอนนี้จะมีการเก็บข้อมูลเพื่ออธิบายสภาพปัญหาด้วยวิธีการที่มั่นใจได้ว่าให้ค่าที่เชื่อถือได้ และเก็บข้อมูลสนับสนุนในการกำหนดสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา ก่อนที่จะเก็บข้อมูลจำเป็นต้องมีการวางแผนการเก็บข้อมูล และทำการวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัดเสียก่อน เพื่อให้

มั่นใจได้ว่าระบบการวัดจะให้ค่าที่เชื่อถือได้ เมื่อได้ข้อมูลมาแล้ว จึงทำการคำนวณค่าตัวชี้วัด ที่แสดงถึงระดับความสามารถของกระบวนการหรือสภาพปัญหาในปัจจุบัน โดยจะแบ่งการดำเนินการเป็น 5 ขั้นตอนย่อย

1. การวางแผนและดำเนินการคัดเลือกตัวชี้วัดที่เหมาะสมในการดำเนินโครงการ โดยการเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจของลูกค้าที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือบริการ จากนั้นกำหนดกลยุทธ์ในการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า

2. การวัดความสามารถของกระบวนการที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยเริ่มจากการทำแผนภูมิควบคุม (Control Chart) ต่อไปคือการระบุปัญหาหลักโดยใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) เพื่อเป็นการแจกแจงความถี่ของปัญหาจากมากไปน้อย

3. วิธีการปรับปรุงกระบวนการด้วยการใช้เทคนิคต่าง ๆ ของวิศวกรรมอุตสาหการเพื่อเป็นการปรับปรุงกระบวนการ

4. Measurement System Analysis (MSA) เป็นตัวชี้วัดความเที่ยงตรงของกระบวนการผลิตหรือกระบวนการทำงานที่มีลักษณะการทำงานที่ซ้ำกันหลายครั้ง เช่น การตรวจวัดชิ้นงานตามคาบเวลาต่าง ๆ เป็นต้น

5. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)
ตัวชี้วัดความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลแบบหน่วยนับสัดส่วนของเสีย แสดงดังสมการที่ 1

$$\text{สัดส่วนของเสีย } (\hat{p}) = \frac{\text{จำนวนของเสียที่ตรวจพบ } (D)}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ } (N)} \quad (1)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

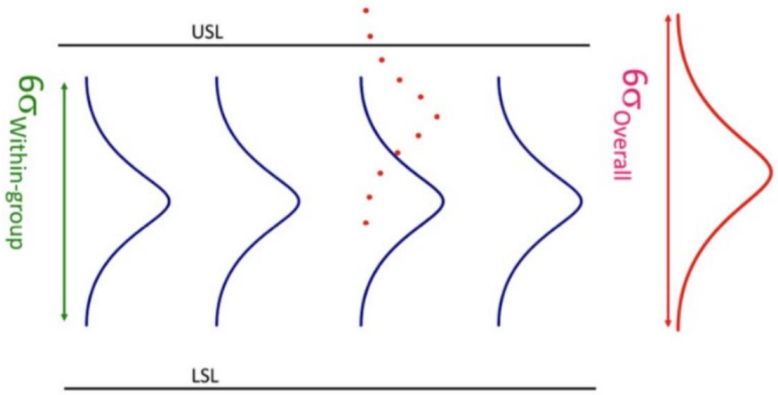
สัดส่วนของเสียสามารถแสดงได้ในหน่วยจำนวนของเสียต่อหนึ่งล้านชิ้นที่ผลิต นั่นคือแสดงด้วยหน่วยวัดที่เรียกว่า Part Per Million หรือ PPM นั้นคือค่าสัดส่วนที่คูณด้วย 10^6

ตัวชี้วัดความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลแบบต่อเนื่อง มีหลายดัชนี ที่เป็นที่นิยมใช้มี 4 ดัชนี

1. C_p ใช้แสดงศักยภาพของของกระบวนการในระยะสั้น
2. C_{pk} ใช้แสดงความสามารถของของกระบวนการในระยะสั้น
3. P_p ใช้แสดงศักยภาพของของกระบวนการในระยะยาว
4. P_{pk} ใช้แสดงความสามารถของของกระบวนการในระยะยาว

ศักยภาพและความสามารถของกระบวนการในระยะสั้น จะถูกประเมินโดยการใช้ค่าความผันแปรภายในระยะเวลาสั้น (Short-Term Variation) ซึ่งหมายถึงความผันแปรภายในช่วงความถี่ของการสุ่มแต่ละครั้ง (Within-Subgroup Variation) เชน หากสุมชิ้นงานทุกหนึ่งชั่วโมง ความผันแปร

ระยะสั้นจะหมายถึงความผันแปรของชิ้นงานที่ผลิตภายในหนึ่งชั่วโมง สวนศักยภาพและความสามารถของกระบวนการในระยะยาว จะถูกประเมินโดยใชค่าความผันแปรภายในระยะเวลายาว (Long-Term Variation) เชน ความผันแปรในหลักวัน สัปดาห์ หรือเดือน ซึ่งคำนวณได้จากความผันแปรในช่วงเวลาทั้งหมดที่ทำการสุมชิ้นงาน (Overall Variation) โดยปกติเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ยอมมีโอกาสมากขึ้นที่จะเกิดสาเหตุของความผันแปรที่ผิดปกติที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคาเฉลี่ย ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง แสดงตัวอย่างความผันแปรระยะสั้นและความผันแปรระยะยาวดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แนวคิดความผันแปรระยะสั้นและความผันแปรระยะยาว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{within}}$$

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{overall}}$$

$$C_{pk} = \min\left(C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma_{within}}, C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma_{within}}\right.$$

$$P_{pk} = \min\left(P_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma_{overall}}, P_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma_{overall}}\right.$$

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

โดยที่ n คือ ขนาดตัวอย่าง

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

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

$\frac{C_{pk}}{\hat{C}_{pk}}$ คือ ค่าประมาณดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการที่แท้จริงเทียบกับดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการจากกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา (Analyze Phase: A)

ในขั้นตอนนี้จะวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าที่มีนัยสำคัญต่อปัญหา ก่อนหน้านั้นต้องเริ่มจากการระดมสมองหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา หากจำนวนของสาเหตุที่เป็นไปได้มีมาก จะต้องมีการกรองจำนวนสาเหตุหรือปัจจัยลงก่อนที่จะนำไปทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าสาเหตุหรือปัจจัยใดมีนัยสำคัญต่อปัญหา จะได้นำไปสู่การปรับปรุงที่ตรงจุดในขั้นตอนการการปรับปรุงต่อไป โดยในการพิสูจน์ว่าปัจจัยใดมีนัยสำคัญต่อปัญหา อาจต้องมีการออกแบบการทดลอง เก็บผลการทดลอง และนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถิติเพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยใดมีนัยสำคัญหรือเป็นสาเหตุรากเหง้าของปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase: I)

ในขั้นตอนนี้หลังจากทราบว่าปัจจัยใดมีนัยสำคัญหรือเป็นสาเหตุรากเหง้าของปัญหาแล้ว ก็จะทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหานั้น หากเป็นสาเหตุหรือปัจจัยที่เป็นค่าปรับตั้งเครื่องจักร ก็จะทำการออกแบบการทดลองและทำการทดลองเพิ่มเติมด้วยแบบการทดลองที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อตัดสินใจว่าจะตั้งค่าปรับตั้งของพารามิเตอร์บนเครื่องจักรที่มีนัยสำคัญต่อปัญหานั้นไว้ที่ค่าใดที่จะส่งผลที่ดีที่สุด หากเป็นปัจจัยที่ปรับปรุงโดยการจัดการก็จะกำหนดทางเลือกในการปรับปรุง และวิเคราะห์เปรียบเทียบแต่ละทางเลือกตามเกณฑ์พิจารณาต่าง ๆ และเลือกทางเลือกที่เหมาะสมในการนำไปใช้ปรับปรุง จากนั้นทำการเก็บข้อมูลเพื่อยืนยันว่าวิธีปรับปรุงที่ได้เลือกใช้ให้ผลการปรับปรุงที่ดีขึ้นจริงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ หากได้ผลตามเป้าหมาย ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการหลังปรับปรุงต่อไป หากไม่ได้ผลตามเป้าหมาย ก็จะต้องทำการปรับปรุงด้วยวิธีอื่น ๆ เพิ่มเติมจากที่ได้ทำไปแล้ว เพื่อให้ได้ผลการปรับปรุงที่ดีขึ้นตรงตามเป้าหมายต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control Phase: C)

หลังจากที่ได้วิธีการปรับปรุงที่ได้ผลตามเป้าหมายแล้ว ผู้ดำเนินโครงการจะต้องจัดทำมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามวิธีการที่ได้ปรับปรุงขึ้นมา รวมทั้งจัดทำแผนควบคุมกระบวนการให้เหมาะสม โดยระบุถึงสิ่งที่จะต้องควบคุม เครื่องมือ และวิธีการในการควบคุม

กระบวนการที่เหมาะสม เพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลลัพธ์ที่ดีขึ้นหลังจากการปรับปรุงนั้นจะอยู่อย่างยั่งยืนต่อไป

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องมือทางสถิติ

ทฤษฎีทางสถิติเป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เกิดความเข้าใจในแบบแผนที่มาจากการสุ่มหรือการตัดสินใจที่ไม่แน่นอน โดยใช้เครื่องมือทางสถิติเพื่อทำนายหรือวิเคราะห์ข้อมูลที่สะท้อนถึงความสัมพันธ์หรือลักษณะของข้อมูลดังกล่าว

2.3.1 แผนผังกระบวนการผลิต (Process Mapping)

ขั้นตอนในการอธิบายกระบวนการผลิตหรือการทำงานในรูปแบบของแผนภาพ โดยใช้สัญลักษณ์และเครื่องหมายต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ที่เข้าใจสามารถเห็นภาพรวมของกระบวนการนั้นได้ง่ายขึ้น

การสร้างแผนผังกระบวนการผลิตมักเริ่มต้นด้วยการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่ต้องการจะแสดงในแผนผัง จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์และจัดเตรียมเพื่อใช้ในการสร้างแผนผัง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ เป็นการกำหนดเป้าหมายที่ต้องการจะบ่งบอกในแผนผัง วัตถุประสงค์นี้อาจจะเป็นการพัฒนากระบวนการทำงาน เพิ่มประสิทธิภาพ หรือการค้นหาจุดอ่อนในกระบวนการ

2. การรวบรวมข้อมูล กำหนดและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่ต้องการจะสร้างแผนผัง อาจมีการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องหรือจากการระดมสมองเพื่อรวบรวมข้อมูล

3. กำหนดขอบเขตและภาพรวม เป็นการสร้างภาพรวมของกระบวนการโดยระบุลำดับขั้นตอนหรือกิจกรรมที่เกิดขึ้นในกระบวนการนั้น ๆ

4. วาดแผนผัง ใช้สัญลักษณ์หรือเครื่องหมายต่าง ๆ เพื่อแสดงแผนภาพหรือกระบวนการ สัญลักษณ์ที่ใช้จะมีมาตรฐานดังตารางที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 สัญลักษณ์มาตรฐานของแผนผังกระบวนการผลิต

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
	การปฏิบัติงาน (Operation)
	การรอคอย (Delay)
	การตรวจสอบ (Inspection)
	การจัดเก็บ (Storage)
	การเคลื่อนย้าย (Transport)

5. การตรวจสอบปรับปรุง ตรวจสอบแผนผังที่ได้สร้างขึ้นว่าถูกต้องและสอดคล้องกับกระบวนการจริงหรือไม่ และปรับปรุงตามความเหมาะสมเพื่อให้แผนผังสอดคล้องกับการทำงานจริง

แผนผังกระกระบวนการผลิตเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการให้ภาพรวมและการเข้าใจกระบวนการทำงาน ช่วยให้เกิดการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่ต้องการ

2.3.2 การระดมสมอง (Brainstorming)

กระบวนการที่ใช้ในการสร้างความคิดและการนำเสนอโดยมีผู้ร่วมหรือกลุ่มคนที่เกี่ยวข้อง โดยจุดประสงค์หลักของการระดมสมองคือการแก้ปัญหาหรือค้นหาทางออก ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนหรือมีปัญหาที่ต้องการคิดค้นแนวทางการแก้ไขใหม่ ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การระดมสมองเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ปัญหา โดยทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ใหม่ ๆ ทำให้เกิดแนวคิดที่ที่ไม่เคยคาดหวังและช่วยในการพัฒนาแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนได้มากขึ้น

2.3.3 แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) หรือแผนผังสาเหตุและเหตุผล (Cause-and-Effect Diagram)

แผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น แผนผังก้างปลา ดังรูปที่ 7 จะช่วยให้การระดมสมองเป็นระบบมากขึ้น เนื่องจากมีการแยกหมวดหมู่ของสาเหตุไว้ตั้งแต่ก่อนการเริ่มลงความเห็น โดยอาศัยหลักการของ 4M1E มาทำการแยกกลุ่มของปัจจัย ได้แก่

1. คน (Man)

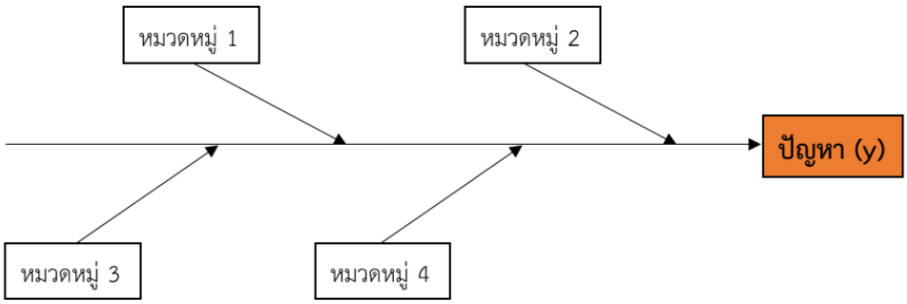
2. เครื่องจักร (Machine)

3. วัตถุดิบ (Material)

4. วิธีการดำเนินงาน (Method)

5. สภาพแวดล้อม (Environment)

การใช้แผนผังก้างปลาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาหรือประเด็น โดยช่วยให้ผู้ใช้งานเห็นภาพรวมของปัญหาและสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด และช่วยในการตีความและหาทางแก้ไขปัญหาอย่างอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการใช้แผนผังก้างปลายังสามารถใช้ร่วมกับเครื่องมือวิเคราะห์อื่น ๆ เช่นการวิเคราะห์การสะท้อนกลับ (Reflection) หรือการวิเคราะห์กระบวนการ (Process Analysis) เพื่อเสริมความเข้าใจและหาแนวทางการแก้ไขในการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ



รูปที่ 7 แผนผังสาเหตุหรือเหตุผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3.4 การจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหา

กระบวนการที่ใช้ในการพิจารณาและการจัดเรียงสาเหตุต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ของปัญหา โดยให้ความสำคัญและความเป็นไปได้ของแต่ละสาเหตุ โดยการพิจารณาในรูปแบบของเมทริกซ์สาเหตุและเหตุผลเพื่อใช้ในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่สนใจ โดยสามารถกำหนดระดับความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลหรือตัวแปรตอบสนองได้หลายระดับ หากมีตัวแปรตอบสนองหลายตัวที่เกี่ยวข้องกับปัญหาก็สามารถให้ระดับความสำคัญของตัวแปรตอบสนองที่สนใจเหล่านั้นในระดับที่แตกต่างกันได้ ดังรูปที่ 8 โดยใช้ขั้นตอนในการสร้างเมทริกซ์สาเหตุและเหตุผล ดังนี้

1. ระบุตัวแปรตอบสนองของกระบวนการหลักที่เป็นไปได้ทั้งหมด

2. ประเมินคะแนนความสำคัญให้กับตัวแปรตอบสนองในแต่ละตัวตามความสำคัญของแต่ละตัวแปร

3. ระบุปัจจัยนำเข้าของกระบวนการหลัก

4. ประเมินคะแนนผลกระทบของปัจจัยนำเข้าที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนอง โดยที่

0 หมายถึง ปัจจัยนำเข้าไม่มีผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนอง

1 หมายถึง ปัจจัยนำเข้ามีผลกระทบน้อยต่อตัวแปรตอบสนอง

3 หมายถึง ปัจจัยนำเข้ามีผลกระทบปานกลางต่อตัวแปรตอบสนอง

9 หมายถึง ปัจจัยนำเข้ามีผลกระทบสูงต่อตัวแปรตอบสนอง

5. การคำนวณค่าคะแนนรวมของแต่ละปัจจัย ซึ่งเป็นคะแนนรวมแบบถ่วงน้ำหนักที่คิดจากผลรวมของผลคูณของค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละตัวแปรตอบสนองกับคะแนนความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้านั้นที่มีต่อตัวแปรตอบสนองแต่ละตัว

6. เลือกปัจจัยนำเข้าทีมีคะแนนสูงไปปรับปรุงต่อไป

ชื่อโครงการ .....

		คะแนนความสำคัญ					
ลำดับที่	กระบวนการ	ขั้นตอนย่อย	ข้อบกพร่องที่ 1	ข้อบกพร่องที่ 2	ข้อบกพร่องที่ 3	ข้อบกพร่องที่ 4	คะแนนรวม
1	กระบวนการ 1	ขั้นตอนย่อยที่ 1					
2	กระบวนการ 1	ขั้นตอนย่อยที่ 2					
3	กระบวนการ 1	ขั้นตอนย่อยที่ 3					
4	กระบวนการ 1	ขั้นตอนย่อยที่ 4					
5	กระบวนการ 2	ขั้นตอนย่อยที่ 1					
6	กระบวนการ 2	ขั้นตอนย่อยที่ 2					
7	กระบวนการ 3	ขั้นตอนย่อยที่ 1					
8	กระบวนการ 3	ขั้นตอนย่อยที่ 2					
คะแนนรวมของแต่ละข้อบกพร่อง							

คะแนน	ผลกระทบ
0	ไม่ส่งผลกระทบ
1	ส่งผลน้อย
3	ส่งผลปานกลาง
9	ส่งผลมาก

.....

ชื่อผู้ลงคะแนน

.....

วัน/เดือน/ปี

หมายเหตุ :

รูปที่ 8 องค์ประกอบของเมทริกซ์สาเหตุและเหตุผล

2.3.5 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลอง เป็นกระบวนการวางแผนการทดลองและนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ตามหลักการทางสถิติ และหาข้อสรุปปัจจัยนำเข้าใดที่มีผลต่อปัญหาที่เกิดขึ้น วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบผลกระทบหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัว

แปรตอบสนอง (Main Effect) และผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction Effect) พร้อมทั้งหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและตัวแปรตอบสนอง เพื่อใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ตัวแปรตอบสนองมีค่าที่ต้องการ โดยที่ประโยชน์ของการออกแบบการทดลองนั้น คือช่วยประหยัดจำนวนการทดลองให้มีเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

2.3.5.1 ประเภทของการออกแบบการทดลอง

1. การออกแบบการทดลองแบบ One Factor at a time: OFAT เป็นการทดลองที่ทำการเปลี่ยนแปลงระดับปัจจัยทีละ 1 ปัจจัย โดยในการทดลองแต่ละครั้งจะมีการกำหนดค่าระดับของปัจจัยที่ต้องการศึกษาตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป และคงค่าของปัจจัยอื่น ๆ ที่สนใจศึกษาพร้อมกันไว้ที่ค่า ๆ หนึ่งในการทดลอง ดังนั้นจะสามารถสรุปผลได้เพียงทีละปัจจัย แต่ไม่สามารถสรุปผลของปัจจัยอื่นๆที่ถูกคงค่าไว้ได้

2. การออกแบบการทดลองแบบ Design of Experiment: DOE วิธีนี้เป็นการทดสอบที่สามารถให้เห็นผลของปัจจัยใดๆที่ระดับปัจจัยอื่น ๆ อย่างน้อย 2 ระดับ ซึ่งทำให้สามารถศึกษาถึงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยที่ทำการศึกษาได้ ซึ่งแตกต่างจากวิธีการ OFAT ที่ไม่สามารถศึกษาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยได้ และวิธี DOE ใช้จำนวนการทดลองและขนาดตัวอย่างน้อยกว่าวิธีแบบ OFAT

2.3.5.2 ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง

1. ระบุวัตถุประสงค์ของการทำการทดลอง ควรมีความชัดเจน เจาะจง ได้แก่ การกำหนดตัวแปรตอบสนองและปัจจัยที่จะศึกษา และการกำหนดว่าจะศึกษาเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัย หรือจะศึกษาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย ซึ่งการกำหนดตัวแปรนำเข้ามี 2 ประเภท คือ ตัวแปรที่สามารถควบคุมได้โดยวิศวกรการผลิต เช่น การตั้งค่าเครื่องจักร วิธีการปฏิบัติงาน เป็นต้น และตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้หรือตัวแปรรบกวน เช่น อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ความชื้นในอากาศที่ไม่แน่นอน ณ เวลาที่ต่างกัน เป็นต้น

2. ออกแบบการทดลองประกอบด้วย กำหนดแบบการทดลองที่จะใช้ โดยพิจารณาตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาว่าต้องการศึกษาเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัย เขียนเมทริกซ์การออกแบบ กำหนดค่าของแต่ละระดับของปัจจัยที่จะทำการทดสอบ โดยจะแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบหน่วยที่แท้จริง (Uncoded Unit) และแบบหน่วยที่เป็นค่ารหัส (Coded Unit) นอกจากนี้ต้องมีการกำหนดตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจมีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนองเพื่อทำการควบคุมตัวแปรเหล่านั้น

3. ทำการทดลองตามที่ออกแบบไว้

4. วิเคราะห์ผลการทดลองหลังจากที่ได้ทดลองโดยการแสดงผลการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานว่าข้อมูลมีลักษณะที่เหมาะสมที่จะใช้เทคนิคที่เรียกว่า การวิเคราะห์ความถดถอย (Analysis of Variance: ANOVA) ในการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยได้หรือไม่ ทดสอบความ

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

5. หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างเทอมของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

6. หาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ตัวแปรตอบสนองมีค่าที่ต้องการ โดยอาศัยการออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบ (Response Surface Design)

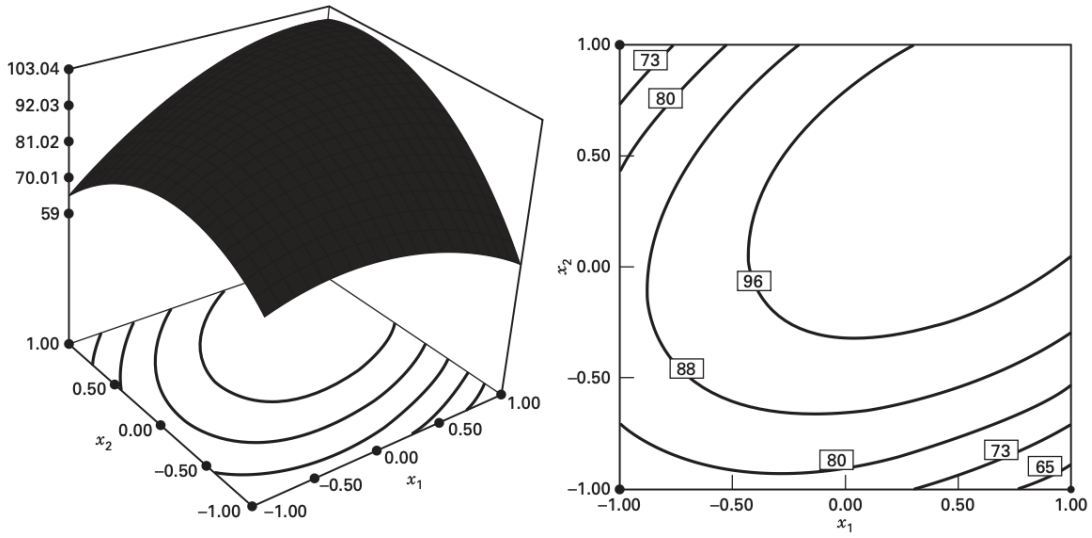
7. สรุปความสำคัญของปัจจัยที่มีนัยสำคัญ

8. หาการตั้งค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้สัดส่วนของเสียข้อบกพร่องน้อยที่สุด

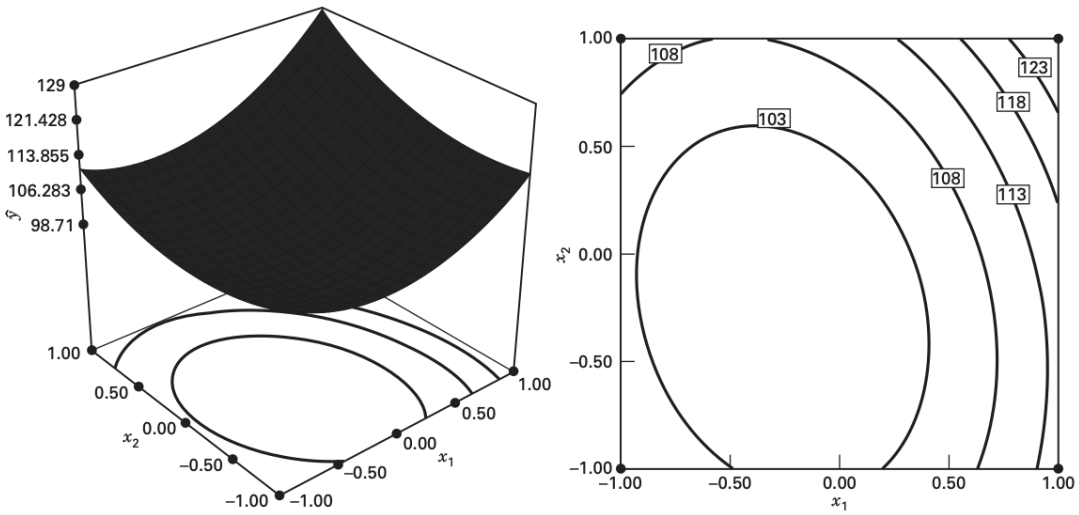
9. สรุปผลการทดลอง

2.3.5.3 การออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Design)

เป็นกระบวนการทางสถิติที่ใช้ในการวางแผนการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) โดยการใช้การสร้างแผนภาพพื้นผิวตอบ (Response Surface) ทำให้สามารถเห็นจุดที่ตัวแปรตอบสนองมีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10 ตามลำดับ เพื่อสร้างรูปร่างที่เหมาะสมของตัวแปรตอบสนองที่ใช้ในการทดลอง ในบางกรณีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและตัวแปรตอบสนองอาจจะเป็นเส้นโค้ง (Non-linear Effects หรือ Curvature) ซึ่งอาจมีจุดวกกลับของค่าตัวแปรตอบสนองของในช่วงของระดับปัจจัย



รูปที่ 9 กราฟพื้นผิวผลตอบและกราฟโครงร่างของตัวแปรตอบสนองที่มีค่าสูงสุด

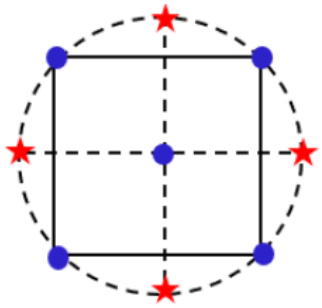


รูปที่ 10 กราฟพื้นผิวผลตอบและกราฟโครงร่างของตัวแปรตอบสนองที่มีค่าต่ำสุด

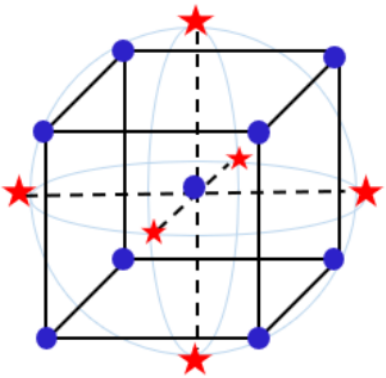
1. การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD)

ตัวแบบที่มีลักษณะเป็นแบบโพลิโนเมียลกำลังสอง (Second-order Model) โดยมีโครงสร้างที่มาจากการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2^k โดยแบ่งระดับของปัจจัยนำเข้าออกเป็น 5 ระดับ มีพื้นที่ในการออกแบบเป็นทรงกลม (Sphere) และมีการเพิ่มการออกแบบที่จุดศูนย์กลางเพื่อดูความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้ง (Curvature) โดยรัศมีของทรงกลมจะมีค่าเท่ากับรากที่สองของรัศมีวงกลม ในการทดลองประกอบไปด้วยกัน 3 ส่วน ได้แก่ การทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบหรือแฟคทอเรียลบางส่วน ส่วนของจุดแกน (Axial Runs) และส่วนของจุดศูนย์กลาง (Center Runs) รูปที่ 11 และรูปที่ 12 แสดงโครงสร้างของแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางในกรณีมี 2 ปัจจัยและ 3 ปัจจัย ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



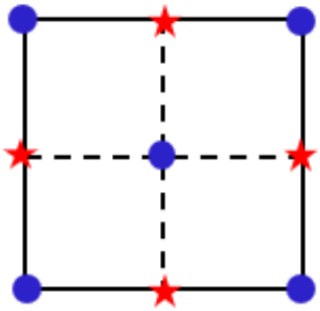
รูปที่ 11 โครงสร้างของแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางกรณี 2 ปัจจัย



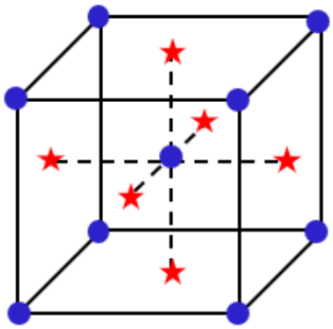
รูปที่ 12 โครงสร้างของแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางกรณี 3 ปัจจัย

2. การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF (Face-Centered Central Composite Design: CCF)

ลักษณะของการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF เป็นรูปแบบหนึ่งของการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง แต่จะมีความแตกต่างกันตรงที่จุดศูนย์กลางจะอยู่ในศูนย์กลางของลูกบาศก์ที่มีขอบเป็นรัศมีเท่ากัน และจุดในการทดลองจะอยู่ในจุดยอดของลูกบาศก์ การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF จะมีความเที่ยงต่ำในการประมาณค่าเทอมควอดราติก รูปที่ 13 และรูปที่ 14 แสดงโครงสร้างของแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF ในกรณีมี 2 ปัจจัยและ 3 ปัจจัยตามลำดับ



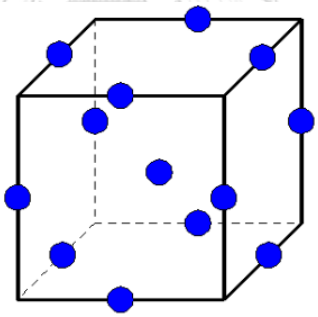
รูปที่ 13 โครงสร้างของแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF กรณี 2 ปัจจัย



รูปที่ 14 โครงสร้างของแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF กรณี 3 ปัจจัย

3. การออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design)

การออกแบบการทดลองสำหรับจำนวนปัจจัยตั้งแต่ 3 ปัจจัยขึ้นไป โดยปัจจัยใด ๆ จะถูกทดลองที่ 3 ระดับ ซึ่งสภาวะการทดลองจะประกอบด้วยการทดลองที่จุดกึ่งกลาง (Midpoints) ของแต่ละด้านและที่จุดศูนย์กลางของตัวแบบ ดังรูปที่ 15 จะเห็นได้ว่าการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนจะไม่มีการทำทดลองที่จุดแฟคทอเรียล



รูปที่ 15 โครงสร้างของแบบการทดลองแบบบ็อก-เบห์นเคน กรณี 3 ปัจจัย

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับลีนและซิกซ์ ซิกมา สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลากหลายอุตสาหกรรมทั้งอุตสาหกรรมการผลิตรวมถึงอุตสาหกรรมการบริการ เนื่องจากแนวคิดแบบซิกซ์ ซิกมามีวิธีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ รวมทั้งยังเป็นการเอาวิธีทางสถิติ เช่น การออกแบบการทดลอง เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการหาปัญหาและกำหนดค่าที่เหมาะสมของปัจจัยนั้นๆอีกด้วย ในกระบวนการผลิตมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรที่มีผลต่อการเกิดปัญหา ดังนั้นแนวคิด ซิกซ์ ซิกมาจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการลดของเสีย

ทางผู้วิจัยจึงเลือกงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในอุตสาหกรรมการผลิตที่ได้นำเอาหลักการซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการปรับปรุงงานดังต่อไปนี้

ศรุต จุฑานนท์ (2554) ทำการศึกษาในการเสนอแนวทางการใช้เศษกระเบื้องบดซึ่งเป็นของเสียมาผลิตแทนทราย เพื่อลดการฝังกลบของเสีย โดยใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกมา ระบบการดำเนินการทางคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมาจะใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติเป็นสำคัญ โดยการทำตามขั้นตอนวิธีการทางซิกซ์ ซิกมา 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define Phase) ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) ขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analyze Phase) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) และขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต (Control Phase) จากข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่าคุณภาพความแข็งแรงของกระเบื้อง ณ จำหน่าย มีอัตราการดูดซึมน้ำและผิวกระเบื้องเกิดการยอมรับทั้งหมด โดยมีค่า Cpk เท่ากับ 1.40, 1.61 และ Reject เท่ากับ 3.4% ตามลำดับ จากการนำเศษกระเบื้องมาใช้แทนทราย สามารถลดการฝังกลบลงเป็นจำนวนถึง 3,550 ตัน อีกทั้งยังสามารถที่จะคาดการณ์การประหยัดค่าใช้จ่าย ในปี 2555 เท่ากับ 290,267 บาท

มยุรา หนองเส (2554) ทำการวิจัยสองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการปรับปรุงอัตราส่วนของเสียของค่าแรงบิดและค่าเรโซแนนซ์ โดยมีขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามระยะของซิกซ์ ซิกมา และได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญ ผลหลังจากการปรับปรุงพบว่า ค่าแรงบิดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.79 gf.cm. ซึ่งมีค่าที่ดีกว่าก่อนทำการปรับปรุง ซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.63 gf.cm. ส่งผลให้ค่า Cpk ดีขึ้นจาก 0.75 เป็น 1.55 และความสามารถของค่าเรโซแนนซ์ ชิ้นงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.99 kHz. ซึ่งมีค่าดีกว่าก่อนปรับปรุง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยนอยู่ที่ 12,65 kHz. ส่งผลให้ค่า Cpk ดีขึ้นจาก 0.83 เป็น 1.53 เป็นไปตามมาตรฐานยอมรับ Cpk ที่ 1.33 และอัตราส่วนของเสียเฉลี่ยหลังปรับปรุง ลดจาก 2% เป็น 0.78% อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนของเสียโดยเฉลี่ยต่อปีจากยอดการผลิตที่พยากรณ์ไว้จาก 2,055,563 บาทต่อปี เป็น 858,367 ต่อปี งานวิจัยส่วนที่สองคือ การลดระยะเวลานำในกระบวนการผลิตโดยทำการศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ ทำการรวบรวมข้อมูลและทำการวิเคราะห์สาเหตุโดยการใช้ตารางจำแนกความสูญเปล่า จึงดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยนำแนวคิดแบบลีนมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยเปลี่ยนและลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่เหมาะสม ซึ่งผลหลังจากการปรับปรุงพบว่าระยะเวลานำในการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ลดลงจาก 4.53 วัน เป็น 2.91 วัน

คุณัช สุขสมานวงศ์ (2556) ศึกษาและเปรียบเทียบการปรับปรุงการทำงานระหว่าง แนวทางลีน และแนวทางซิกซ์ ซิกมา ในโรงงานผลิตเครื่องยนต์เรือ โดยงานวิจัยนี้เริ่มปรับปรุงกระบวนการตามแนวทางลีน หลังจากนั้นเพิ่มการปรับปรุงกระบวนการตามแนวซิกซ์ ซิกมาเข้าไป โดยผลหลังจากการปรับปรุงกระบวนการทำงานตามแนวทางลีน พบว่าช่วยลดเวลาในการผลิตในกระบวนการประกอบขั้นสุดท้ายได้ 38.67 วินาทีต่อชิ้นจาก 144.96 วินาทีต่อชิ้นเป็น 106.29 วินาทีต่อชิ้นหรือคิดเป็น 26.68% และแนวทางซิกซ์ ซิกมา สามารถลดเวลาในการผลิตได้ 42.22 วินาทีต่อชิ้น จาก

144.96 วินาทีต่อชิ้นเป็น 102.74 วินาทีต่อชิ้นหรือคิดเป็น 29.13% โดยการนำขั้นตอนของซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการปรับปรุงสามารถลดจากแนวทางลีนได้ 3.55 วินาทีต่อชิ้น จาก 106.29 วินาทีต่อชิ้นเป็น 102.74 วินาทีต่อชิ้นหรือคิดเป็น 3.34% และเมื่อเปรียบเทียบกับการลงทุนในการปรับปรุงซิกซ์ซิกมา พบว่ามีความคุ้มค่าไม่เพียงพอกับการลงทุนในโรงงานกรณีศึกษาแบบสายการผลิตที่เน้นคนเป็นหลัก

ปฏิภาณ จารุมณี (2557) ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการปรับปรุงระบบการให้บริการยานพาหนะ จากการศึกษาโดยใช้เครื่องมือและขั้นตอนการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกมา ตามกระบวนการ DMAIC และกระบวนการพัฒนางานบริการใหม่ ตามกระบวนการ 5D (Discover, Define, Design, Develop, Deploy) เพื่อการวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมีการจัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจสามารถนำผลของแบบสอบถามประยุกต์ใช้เทคนิคการแปรหน้าที่เชิงคุณภาพและเซิรฟโคล ประมวลผลออกมาเป็นความต้องการของผู้รับบริการ ผลจากการปรับปรุงสร้างความพึงพอใจจากผู้รับบริการเพิ่มขึ้น จากเดิม 3.3 อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง เพิ่มขึ้นเป็น 4.37 อยู่ในเกณฑ์ดีคิดเป็น 30% ระยะเวลาการตรวจสอบการทำงานย้อนกลับจากเดิมเฉลี่ย 11 นาที เหลือ 2 นาที คิดเป็น 81.82% อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์การทำงานของพนักงานขับรถมีความสม่ำเสมอขึ้นจากการนำระบบสารสนเทศมาประยุกต์ใช้

ศิรภัสสร มีครุฑ (2559) ศึกษาเพื่อลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ของกรณีศึกษาโรงงานผลิตยางรถยนต์ตัวอย่าง จากการสำรวจ ตรวจวัดสภาพปัญหา และคัดเลือกยางรถยนต์ พบว่าปริมาณการเกิดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปยางมีค่าเฉลี่ย 846 ล้านในล้านส่วน (หรือ ppm) ต่อเดือน และมีมูลค่าความเสียหายเท่ากับ 1.08 ล้านบาทต่อเดือน เมื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหา โดยวิธีการพาเรโตพบว่าประเภทข้อบกพร่องที่เป็นของเสียสะสมมากกว่า 80% ของประเภทของเสีย คือ ข้อบกพร่องประเภท แรงกระทำในแนวรัศมีมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน (R) และประเภทมีเศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ยางรถยนต์ (F) ซึ่งมีจำนวนของเสียเฉลี่ย 495 ppm และ 238 ppm ต่อเดือน จากการปรับปรุงพบว่า (1) จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากข้อบกพร่อง R และ F มีค่าเฉลี่ยลดลงเหลือ 99 และ 43 ppm ต่อเดือน ตามลำดับ หรือลดลงจากเดิม เท่ากับ 80% และ 81.9% ตามลำดับ และคิดเป็นผลประหยัด เดือนละ 0.5 ล้านบาท หรือปีละ 6 ล้านบาท (2) เมื่อนำสาเหตุที่พบไปประยุกต์ใช้กับกรณีการผลิตยางรถยนต์รุ่นต่าง ๆ ในโรงงาน เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าปริมาณของเสียโดยรวมมีค่าเฉลี่ยลดลงจาก 4,184 ppm เป็น 2,687 ppm ต่อเดือน หรือลดลงจากเดิม 35.8% และคิดเป็นผลประหยัดได้ 1.7 ล้านบาทต่อเดือน หรือ 20.4 ล้านบาทต่อปี

ฐิติมา ฤทธิ์ประเสริฐศรี (2559) มีจุดประสงค์เพื่อลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม โดยนำแนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา โดยดำเนินตามขั้นตอนของซิกซ์ซิกมา ตามหลักการของ DMAIC จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อระดมสมองหา

ปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลกระทบต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม โดยใช้แผนภูมิก้างปลา นำปัจจัยที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล และนำปัจจัยที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วมาคัดกองปัจจัยด้วยเทคนิค Failure mode and effect analysis ในระยะวิเคราะห์ปัญหา เป็นการนำปัจจัยทีผ่านการคัดกรองด้วยเครื่องมือทางสถิติต่าง ๆ มาหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา โดยออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^k โดยการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง เพื่อหาค่าที่เหมาะสมในแต่ละปัจจัยให้มีเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มน้อยที่สุด โดยระดับปัจจัยที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม 77.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม 91.0 องศาเซลเซียส ในระยะการควบคุมกระบวนการ โดยนำระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมทั้งหมดที่ได้จากผลการทดลองมาปฏิบัติจริง ผลจากการปรับปรุงกระบวนการพบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้มลดลงจาก 134 นาที เหลือ 70 นาที คิดเป็น 47.76% สามารถเพิ่มปริมาณผลิตน้ำจิ้มได้ 36.25 ตันต่อเดือน

กุศลิน กิจพงษ์นิกร (2560) ศึกษาเกี่ยวกับการลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเป่าฟิล์ม โดยมุ่งเน้นไปที่การลดของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนาในแนวขวางเครื่องจักร งานวิจัยนี้ใช้แนวคิด ซิกซ์ ซิกมา เริ่มจากระบบนิยามปัญหา ระยะการวัด ระยะการหาสาเหตุของปัญหาในขั้นแรกทำการระดมสมองโดยใช้แผนผังก้างปลาพบว่ามี 22 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนาบาง จากนั้นนำไปคัดกรองด้วยแผนผังแสดงสาเหตุและเหตุผลทำให้เหลืองเพียง 9 ปัจจัยที่นำไปศึกษาต่อ โดยระยะในการปรับปรุงกระบวนการดำเนินการปรับปรุงสองส่วน ได้แก่ การออกแบบการทดลองโดยใช้วิธีพื้นผิวผลตอบแบบส่วนประสมกลาง เพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยด้วยวิธีการทางสถิติ และหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย พบว่าค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับขนาด 30 X (6+2+2) นิ้ว ได้แก่ อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนต้น 220 C อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนกลาง 212 C อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนท้าย 217 C อุณหภูมิหน้าแปลน 220 C อุณหภูมิหัวดาย 216 C และความเร็วมอเตอร์ขับสกรู 50 kW สำหรับขนาด 80 X 240 มิลลิเมตร ได้แก่ อุณหภูมิกระบอกสูบส่วนต้น 220 C อุณหภูมิหน้าแปลน 224 C อุณหภูมิหัวดาย 216 C และความเร็วมอเตอร์ขับสกรู 35 kW และสำหรับขนาด 40 X 24 นิ้ว ได้แก่ อุณหภูมิหน้าแปลน 224 C อุณหภูมิหัวดาย 222 C และความเร็วมอเตอร์ขับสกรู 24 kW และในระยะควบคุมกระบวนการ ทำการทดสอบเพื่อเพื่อยืนยันผลการปรับปรุงและจัดทำแผนควบคุมเพื่อรักษาคุณภาพหลังการปรับปรุงกระบวนการ ภายหลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่า สามารถลดของเสียในกระบวนการเป่าฟิล์มสำหรับข้อบกพร่องประเภทเจล ยับ และหนาบางของถุงพลาสติก ขนาด 30 X (6+2+2) นิ้ว จากร้อยละ 11.03 เหลือเพียงร้อยละ 0.39 ขนาด 80 X 240 มิลลิเมตร จากร้อยละ 1.26 เหลือเพียงร้อยละ 0.50 ขนาด 40 X 24 นิ้ว จากร้อยละ3.60 เหลือเพียงร้อยละ 0.42 พบว่ามีมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้ 259,256 บาทต่อปี

บทที่ 3
การนิยามปัญหา

การนิยามปัญหา (Define Phase) เป็นขั้นตอนเริ่มต้นของแนวทาง ซิกซ์ ซิกมา และถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเนื่องจากเป็นระบบบริหารจัดการด้านคุณภาพเพื่อสนับสนุนให้เกิดการปรับปรุงงานหรือปรับปรุงกระบวนการ โดยใช้ขั้นตอนและเครื่องมือในการปรับปรุงคุณภาพ หรือระดับคุณภาพของกระบวนการ ในขั้นตอนนี้จะประกอบไปด้วยการจัดตั้งคณะทำงาน การศึกษากระบวนการผลิต การกำหนดปัญหา การกำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด โดยการนำเทคนิคต่าง ๆ มาประกอบการนิยามปัญหา

3.1 จัดตั้งคณะทำงาน

จากปัญหาที่พบของเสียในกระบวนการอบยางจำนวนมากทำให้โรงงานกรณีศึกษาต้องทำการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดอัตราของเสีย ซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนของเสียที่มากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยและโรงงานกรณีศึกษาจึงร่วมก่อตั้งทีมงานเพื่อการวิเคราะห์และหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยทีมงานประกอบด้วย

1. ผู้จัดการแผนก 1 คน
2. วิศวกรควบคุมการผลิต 2 คน
3. วิศวกรควบคุมคุณภาพ 1 คน
4. พนักงานฝ่ายผลิต 2 คน
5. หน่วยงานซ่อมบำรุง 1 คน
6. ผู้ดำเนินงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ซึ่งแต่ละฝ่ายข้างต้นมีหน้าที่หลักคือ นำความรู้หรือประสบการณ์ในการทำงานซึ่งผ่านระบบการวิเคราะห์มาใช้ในการระดมสมองกับทุกฝ่าย เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา และปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ ได้แก่ แผนภูมิควบคุม, แผนภูมิก้างปลา, Why-Why Analysis และ Cause and Effect Metrix เป็นต้น

3.2 การศึกษากระบวนการผลิต

3.2.1 กระบวนการผสมยางธรรมชาติ (Mixing Process)

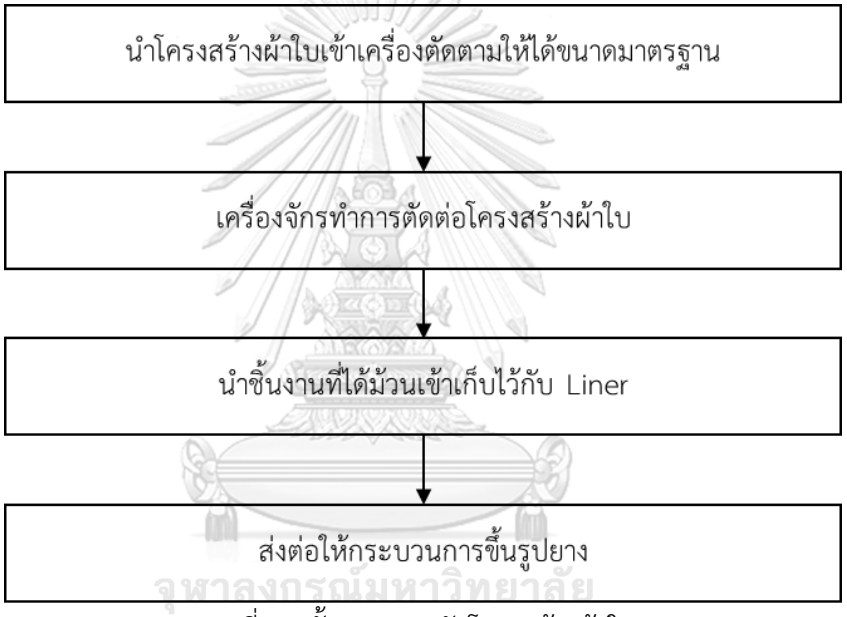
ในการผลิตยางรถยนต์หนึ่งเส้น วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตจะประกอบไปด้วยยางพาราจากธรรมชาติ สารประกอบทางเคมีต่าง ๆ รวมไปถึงการใช้ลวดโลหะเพื่อเป็นโครงสร้างสำหรับยางรถยนต์ โดยในขั้นตอนการผสมยางพาราธรรมชาติเพื่อให้ได้เป็นวัตถุดิบ (Raw Materials) ที่พร้อมใช้

งานในกระบวนการถัดไป จะใช้การผสมตามอัตราส่วนที่เหมาะสม และผ่านกระบวนการผสมโดยการให้ความร้อนเพื่อเตรียมมาใช้งาน

3.2.2 กระบวนการอัดรีดยาง (Extrusion Process)

เป็นการรับวัตถุดิบมาจากกระบวนการผสมยางธรรมชาติเพื่อมาทำการผสมยางออกมาให้เป็นรูปร่างตามมาตรฐานของยางรถยนต์แต่ละรุ่น โดยจะเป็นการอัดรีดยางผ่านเครื่องตามบล็อกของแม่พิมพ์ (Die) รวมไปถึงการตัดโครงสร้างผ้าใบและขอบลวดให้ได้ขนาดตามมาตรฐานดังรูปที่ 16 รูปที่ 17 และรูปที่ 18 โดยจะแบ่งกระบวนการเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. การตัดโครงสร้างผ้าใบให้ได้ตามขนาดมาตรฐานของยางแต่ละรุ่น



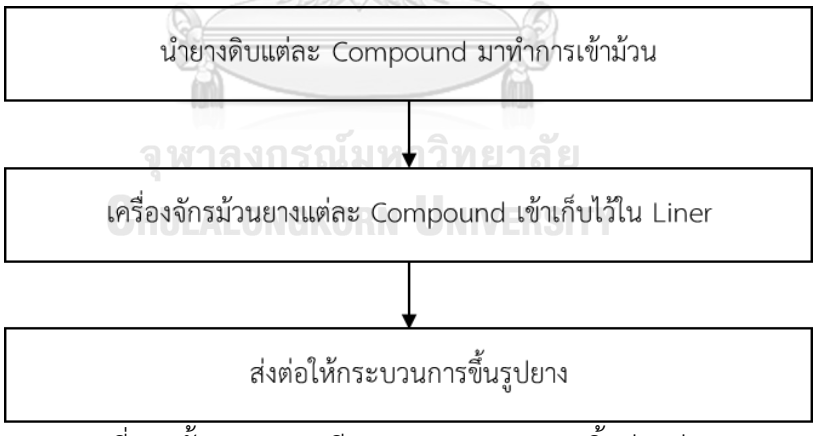
รูปที่ 16 ขั้นตอนการตัดโครงสร้างผ้าใบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. การเตรียมขอบยาง (Bead) ให้ได้ตามขนาดมาตรฐานของยางแต่ละรุ่น

รูปที่ 17 ขั้นตอนการเตรียมขอบยาง (Bead)

3. การเตรียม Compound ของชิ้นส่วนต่าง ๆ ตามขนาดมาตรฐานของยางแต่ละรุ่น

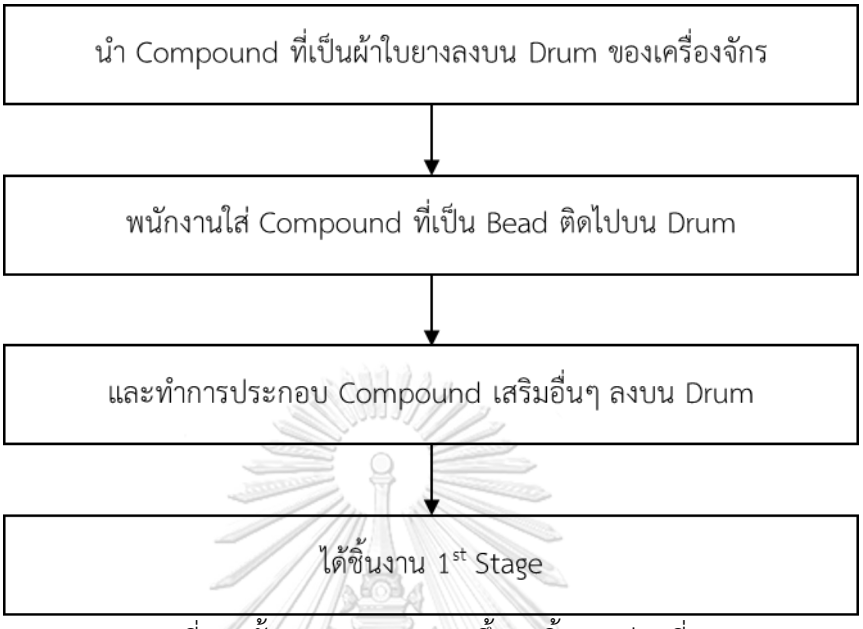


รูปที่ 18 ขั้นตอนการเตรียม Compound ของชิ้นส่วนต่าง ๆ

3.2.3 กระบวนการขึ้นรูปยาง (Tire Building Process)

เป็นกระบวนการที่สำคัญมากกระบวนการหนึ่งของการสร้างยางรถยนต์ โดยจะเป็นการนำส่วนประกอบต่าง ๆ ของยางจากกระบวนการก่อนหน้ามาทำการประกอบให้เข้ากันและขึ้นรูปตามลักษณะการออกแบบตามมาตรฐานก่อนนำไปอบ โดยลักษณะของยางหลังจากการขึ้นรูปจะเป็นยางดิบดังรูปที่ 19 และรูปที่ 20 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

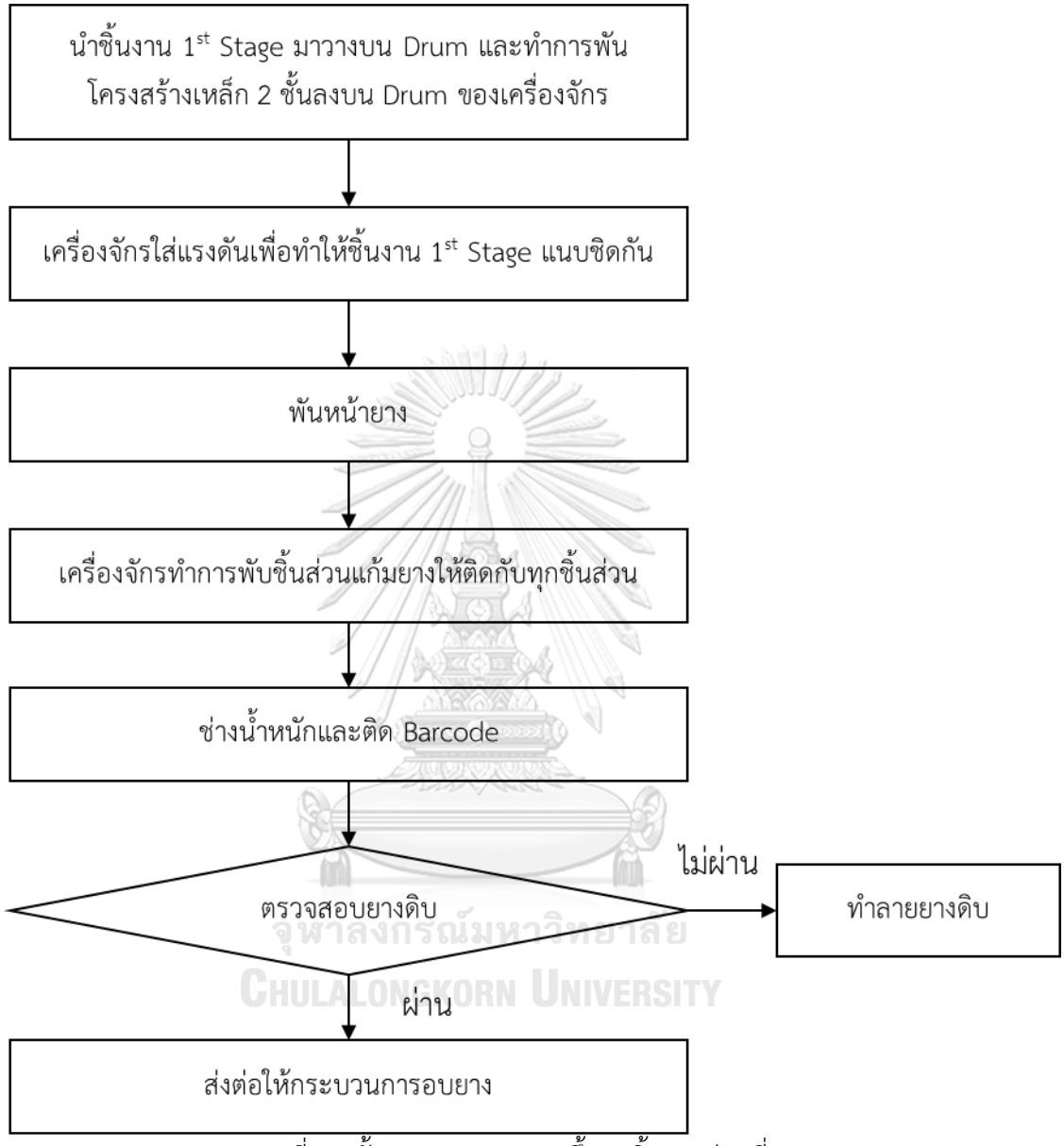
1. ส่วนที่ 1 เรียกว่า 1st Stage



รูปที่ 19 ขั้นตอนการประกอบขึ้นรูปชิ้นงานส่วนที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ส่วนที่ 2 เรียกว่า 2nd Stage

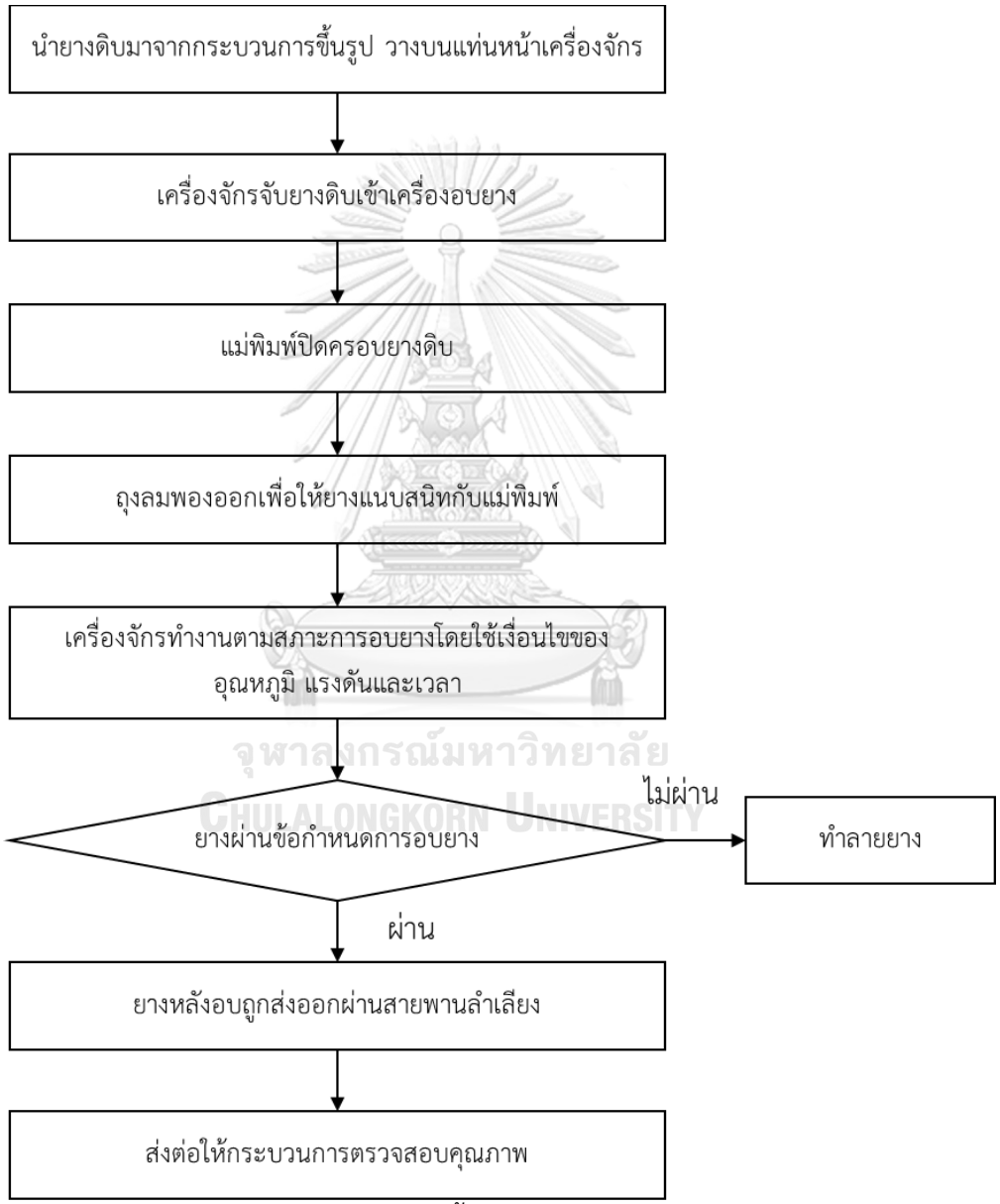


รูปที่ 20 ขั้นตอนการประกอบขึ้นรูปชิ้นงานส่วนที่ 2

3.2.4 กระบวนการอบยาง (Curing Process)

กระบวนการอบยางเป็นการนำยางดิบที่มีลักษณะทางการภาพเป็นยางที่เป็นสถานะยืดหยุ่นแบบไม่คืนตัว (Plastic) มาทำการขึ้นรูปผ่านแม่พิมพ์ (Mold) โดยใช้ความร้อน แรงดัน และเวลามาเป็นปัจจัยในการอบยางตามมาตรฐานการผลิตของยางแต่ละประเภท เพื่อให้เปลี่ยนสถานะของยางกลายเป็นยางที่มีลักษณะทางกายภาพแบบแข็งตัวและไม่คืนรูป (Elastic) โดยกระบวนการนี้จะเริ่มจากการนำยางดิบมาวางไว้ที่ถาดรองยางหน้าเครื่อง จากนั้นเครื่องจักรจะทำงานอัตโนมัติเพื่อนำยาง

ดิบเข้าไปในเครื่องอบที่มีแม่พิมพ์ครอบไปที่ยางดิบเพื่อเปลี่ยนให้ยางภายนอกมีลักษณะรูปร่างตามแบบของแม่พิมพ์ โดยจะมีถุงลม (Bladder) เป็นตัวช่วยดันภายในของยางให้แนบชิดไปกับแม่พิมพ์ โดยการใช้ความร้อน แรงดัน และเวลาที่ใช้ในการอบเพื่อทำให้ยางสุก จากนั้นแม่พิมพ์จะเปิดออกเมื่อครบเวลาการอบและถูกปล่อยออกไปทางด้านหลังเครื่องผ่านสายพานลำเลียงเพื่อไปที่กระบวนการถัดไปดังรูปที่ 21

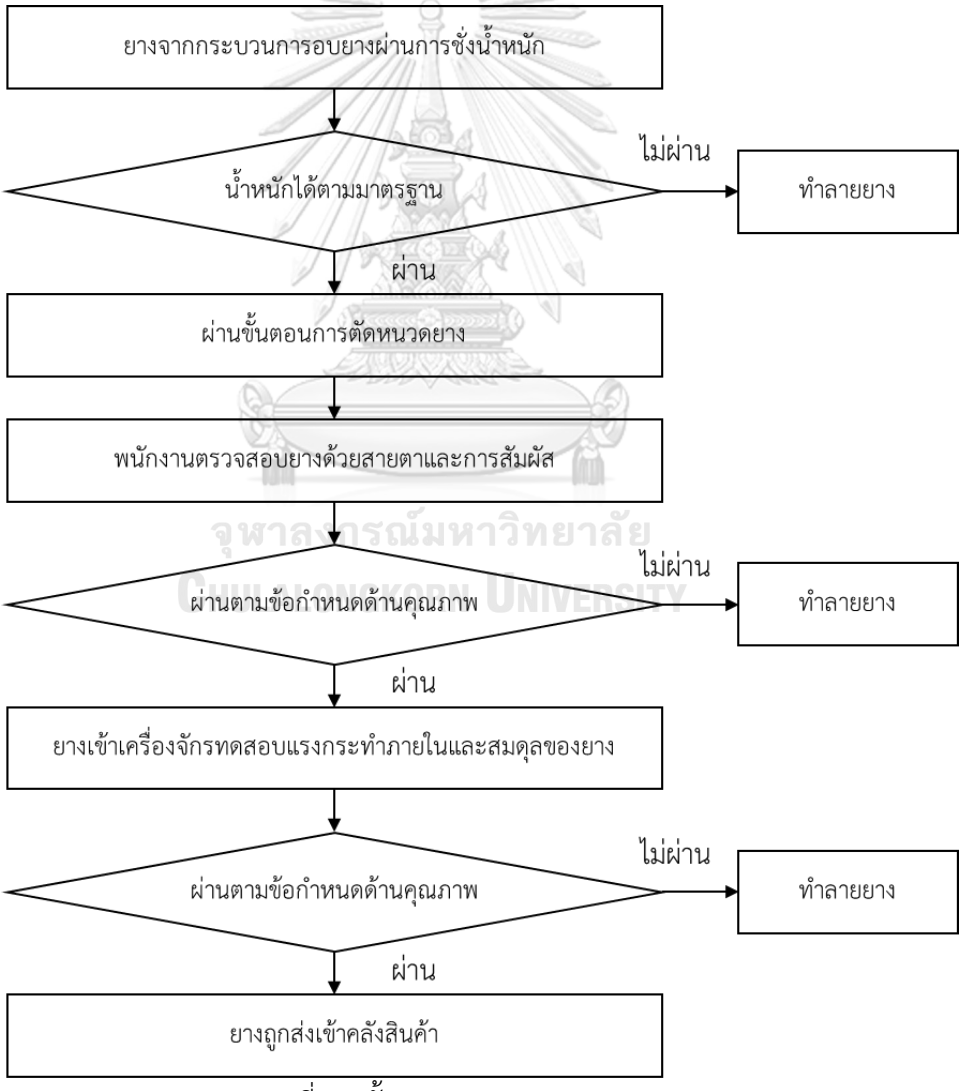


รูปที่ 21 ขั้นตอนการอบยาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.5 กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ (Final Inspection Process)

หลังจากยางผ่านการอบแล้วโดยลำเลียงยางผ่านสายพานลำเลียง ที่สถานีแรกจะเป็นการชั่งน้ำหนักยาง (Weight Scale) เพื่อตรวจสอบว่ายางได้น้ำหนักตามมาตรฐานของยางแต่ละรุ่นหรือไม่ โดยจะถูกส่งต่อไปที่ส่วนการตัดหนวดยางหรือเศษยาง (Trimming) ที่เกินออกมาหลังจากการอบ จากนั้นจะทำการตรวจสอบลักษณะภายนอกของยางด้วยสายตาและการสัมผัส (Aspect) หลังจากทำการตรวจสอบลักษณะภายนอกของยางแล้วจะถูกส่งต่อไปที่เครื่องจักรสำหรับการวัดสมดุลของยาง (Uniformity) เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะทางด้านความกลมของยาง หรือการเบี่ยงเบนในแนวรัศมี เป็นต้น จากนั้นยางที่ผ่านกระบวนการทั้งหมดแล้ว จะถูกนำส่งไปจัดเก็บที่คลังสินค้าเพื่อรอขายต่อไป ดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 การกำหนดปัญหา

3.3.1 สภาพปัญหาในปัจจุบัน

ของเสียในกระบวนการผลิตที่มีหน่วยนับของตัวชี้วัดที่เป็นเส้นของแผนกอบยาง จะเห็นได้ว่ามีปริมาณของเสียของกระบวนการอบยางเป็นจำนวนมาก โดยของเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 พบว่ามีอัตราการเกิดของเสียรวม 10 เดือนพบว่าปริมาณของเสียรวมอยู่ที่ 41,290 เส้น โดยคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 60,135 ppm เมื่อพิจารณาตามรูปที่ 23 พบว่ามีอัตราการเกิดของเสียมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ

รูปที่ 23 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ 2565

พบว่ากระบวนการอบยางมีอัตราเกิดของเสียและมูลค่าการเกิดของเสียสูงมาก ซึ่งส่งผลให้มีมูลค่าความเสียหายรวมทั้งหมดมูลค่า 62 ล้านบาทภายในระยะเวลา 10 เดือน เมื่อวิเคราะห์จากกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน พบว่ากระบวนการอบยางมีอัตราการเกิดของเสียและแนวโน้มในการเกิดของเสียมากที่สุด งานวิจัยฉบับนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การลดอัตราการเกิดของเสียในกระบวนการอบยาง

3.3.2 สภาพปัญหาในกระบวนการอบยาง

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาจะมีการระบุปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นตัวเลขเฉพาะเพื่อระบุปัญหานั้น ๆ และจะประกอบไปด้วยเลขจำนวนเต็มสองหลักและจุดทศนิยมหนึ่งหลัก โดยปัญหาที่เกิดขึ้นจะแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 แสดงรายละเอียดของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการอบยาง

ตัวเลขปัญหา	คำอธิบายปัญหา	รายละเอียดของปัญหา
44.1	ลักษณะภายนอกของยางผิดรูป	ลักษณะของรูปทรงของหน้ายาง, แก้มยาง และบริเวณขอบลวด เกิดการผิดรูป เกิดจากการโดนกระแทก
45.2	รูปทรงตรงขอบยางผิดปกติ	รูปทรงตรงขอบยางผิดปกติ เกิดจากการโดนกระแทก
46.1	เกิดเศษยางหลังอบ	มีเศษยางหลังอบยื่นออกมาตรงปลายสุดของขอบยาง
66.3	ชิ้นงานพับ/ยับก่อนอบ	ยางพับหรือยับตรงแก้มยางหรือไหล่ยาง
71.1	ถุงลมรั่ว	ถุงลมเกิดการฉีกขาด เป็นรอย เป็นแผลในระหว่างการอบยาง
72.1	เกิดรอยภายในท้องยาง	สภาพของถุงลมเกิดการพับหรือเป็นรอย ทำให้เกิดเป็นรอยภายในท้องยาง
74.1	ยางสกปรกจากแม่พิมพ์	ด้านนอกของยางสกปรก เกิดจากยางที่อบมาจากแม่พิมพ์ที่สกปรก
76.1	ความผิดปกติของเครื่องจักร	ความเสียหายของเครื่องจักรในระหว่างการอบทำให้ยางที่อบมาไม่ได้ตามมาตรฐาน
82.1	สิ่งแปลกปลอมภายนอกยาง	เกิดจากปัจจัยภายนอกที่ทำให้เป็นสิ่งแปลกปลอมที่ติดไปกับยาง เช่น คราบน้ำมัน เศษดิน เส้นด้าย ฝุ่นละออก พลาสติก เป็นต้น
82.3	คราบน้ำยาเปื้อนภายนอกยาง	คราบน้ำยาที่ใช้ในการหล่อลื่นเครื่องจักรหรือยางปนเปื้อนที่ภายนอกยางหลังอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการอบยางรวม 10 เดือนเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 จะเห็นได้ว่าอัตราการเกิดของเสียที่สูงที่สุดสามอันดับแรกคือสิ่งแปลกปลอมภายนอกยาง (82.1) เท่ากับ 1,441 ppm ปัญหาที่เกิดจากเครื่องจักร

ทำงานผิดปกติ (76.1) เท่ากับ 1,194 ppm และถุงลมรั่ว (71.1) เท่ากับ 884 ppm รายละเอียดดังรูปที่ 24 รวมไปถึงการคิดมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นดังตารางที่ 6 แต่เนื่องจากปัญหาสิ่งแปลกปลอมภายนอกยางเกิดจากปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้เนื่องมาจากสามารถเกิดขึ้นได้ที่แผนกอัดรีดยางหรือแผนกขึ้นรูปยาง และปัญหาความผิดปกติของเครื่องจักรจะอยู่ในการควบคุมดูแลของแผนกซ่อมบำรุง งานวิจัยฉบับนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การแก้ปัญหาปัญหาถุงลมรั่วในกระบวนการอบยาง

รูปที่ 24 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาในกระบวนการอบยางแยกตามประเภทของเสียที่เกิดขึ้น ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ 2565

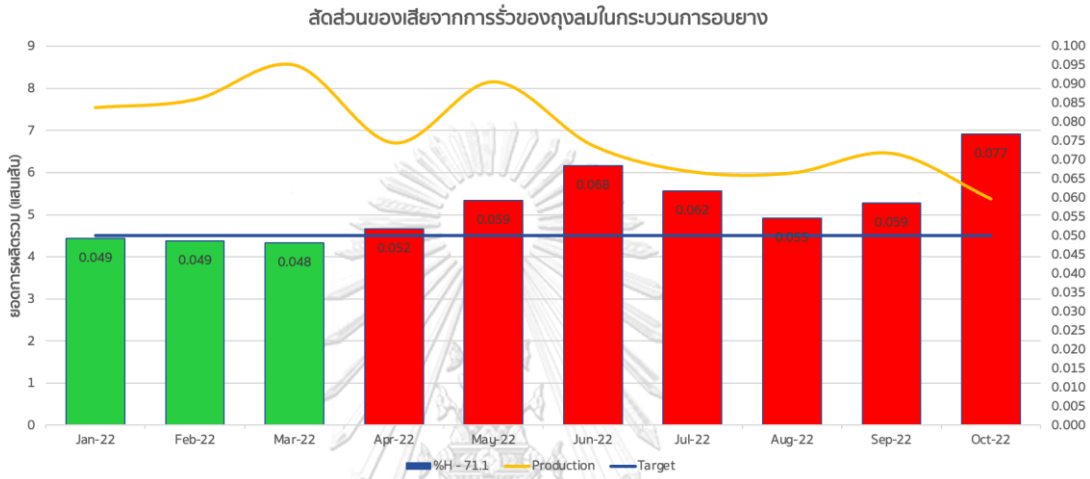
ตารางที่ 6 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาในกระบวนการอบยางแยกตามประเภทของเสียที่เกิดขึ้น ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ 2565

ตัวเลขปัญหา	จำนวนของเสีย (ppm)	มูลค่าของเสีย (ล้านบาท)
44.1	574	0.86
45.2	171	0.26
46.1	281	0.42
66.3	156	0.23
71.1	884	1.33
72.1	147	0.22
74.1	144	0.21
76.1	1,194	1.79
82.1	1,441	2.16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.3 สัดส่วนของเสียจากปัญหาถุงลมรั่ว

สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางเมื่อเทียบกับยอดการผลิตจากเป้าหมายของโรงงานกรณีศึกษาตั้งไว้ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 0.05 จากการเก็บข้อมูลการรั่วของถุงลมตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ. 2565 พบว่าเมื่อยอดการผลิตลดลงทำให้สัดส่วนของเสียมีอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้น พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.06 ดังรูปที่ 25



รูปที่ 25 สัดส่วนของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางตั้งแต่เดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ 2565

3.4 กำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด

จากการรวบรวมข้อมูลและศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาในปัจจุบัน พบว่าของเสียที่เกิดจากถุงลมรั่วในกระบวนการอบยางมีของเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากและมีค่าใช้จ่ายในการคิดต้นทุนของเสียมีราคาสูง ดังนั้นจึงพิจารณาแก้ไขปัญหาที่มีของเสียเกิดขึ้นจากปัญหาถุงลมรั่วในกระบวนการอบยางโดยตั้งเป้าลดลงร้อยละ 30 มีเป้าหมายและตัวชี้วัดแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เป้าหมายและตัวชี้วัดในการปรับปรุงกระบวนการ

ประเภทของเสีย	ตัวชี้วัด	หน่วย/เดือน	ก่อนปรับปรุง	เป้าหมายหลังปรับปรุง
ถุงลมรั่ว	ปริมาณของเสีย	ppm	884	600
	มูลค่าความเสียหาย	ล้านบาท	1.3	0.9

3.5 สัญญาโครงการ (Project Charter)

สัญญาโครงการเป็นการสรุปการอธิบายการดำเนินโครงการในการทำงานวิจัยอย่างชัดเจนและอยู่ในแบบที่รัดกุม โดยจะประกอบไปด้วยขอบเขต วัตถุประสงค์ และผู้มีส่วนร่วมในการดำเนินงานวิจัย ดังนั้นทุกคนสามารถเข้าใจแนวคิดของโครงการที่ทำในเวลาอันสั้น ในการนิยามปัญหาถุงลมรั่วที่เกิดขึ้นกับกระบวนการอบยางมีการทำสัญญาโครงการดังแสดงในตารางที่ 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 สัญญาโครงการจากปัญหาถุงลมรั่วที่เกิดขึ้นกับกระบวนการอบยาง

<table>
<tr><td colspan="2">Project Charter</td></tr>
<tr><td colspan="2">Project Title: การลดของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง</td></tr>
<tr><td>Business Case:
อัตราของเสียที่เกิดขึ้นจากปัญหาถุงลมรั่วในแผนกอบยาง ส่งผลทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูงเกินความจำเป็นและไม่ได้ตามเป้าหมายของบริษัท</td><td>Project Constraints:
- งบประมาณในการปรับปรุงกระบวนการมีจำกัด
- การตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรต้องผ่านการอนุมัติจากผู้เกี่ยวข้องก่อน</td></tr>
<tr><td>Problem Statement:
ปัญหาจากถุงลมรั่วมีอัตราของเสียที่เกิดขึ้นนับตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึง ต.ค. พ.ศ. 2565 มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น</td><td>Project Assumptions:
มีแผนการประชุมในการปรับปรุงกระบวนการหลังจากการทำการทดสอบ และติดตามผลอย่างต่อเนื่อง</td></tr>
<tr><td>Objective Statement:
ลดอัตราการเกิดของเสียจากปัญหาถุงลมรั่ว จาก 884 ppm เหลือ 600 ppm หรือคิดเป็นร้อยละ 30 ภายในเดือน เม.ย. 66</td><td>Team Members:
- ผู้จัดการแผนก - วิศวกรควบคุมการผลิต
- วิศวกรควบคุมคุณภาพ - พนักงานฝ่ายผลิต
- หน่วยงานซ่อมบำรุง - ผู้วิจัย</td></tr>
<tr><td>Project Metrics:
การลดอัตราของเสียจากการปรับปรุงกระบวนการอบยาง</td><td>Project Timeline: 01 ต.ค. 65 – 30 เม.ย. 66
Project Begin Date: 01 ต.ค. 65
Project End Date: 30 เม.ย. 66</td></tr>
<tr><td>Project Scope:
ศึกษาเฉพาะเครื่องอบยางในโรงงานกรณีศึกษา</td><td>
<table>
<tr><th>Phase</th><th>Begin</th><th>End</th></tr>
<tr><td>Define</td><td>ต.ค. 65</td><td>พ.ย. 65</td></tr>
<tr><td>Measure</td><td>พ.ย. 65</td><td>ธ.ค. 65</td></tr>
<tr><td>Analysis</td><td>ธ.ค. 65</td><td>ก.พ. 66</td></tr>
<tr><td>Improve</td><td>ก.พ. 66</td><td>มี.ค 66</td></tr>
<tr><td>Control</td><td>มี.ค 66</td><td>เม.ย. 66</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6 สรุปนิยามปัญหา

จากที่กล่าวมาข้างต้น ในส่วนของการนิยามปัญหาถุงลมรั่วที่เกิดขึ้นกับกระบวนการอบยาง รวมทั้งการวิเคราะห์เชิงลึกในการหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา โดยในการทำวิจัยฉบับนี้เพื่อแก้ปัญหา

1. การลดของเสียที่เกิดขึ้นจากปัญหาถุงลมรั่วในกระบวนการอบยาง ให้มีอัตราลดลงกว่าอัตราที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

2. เป็นต้นแบบในการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยการนำความรู้หรือเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไปปรับใช้กับกระวนการผลิตอื่น ๆ

3. ส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่ดีและมีคุณภาพให้แก่ลูกค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
การเก็บข้อมูลสภาพปัญหาก่อนการปรับปรุง (Measurement Phase)

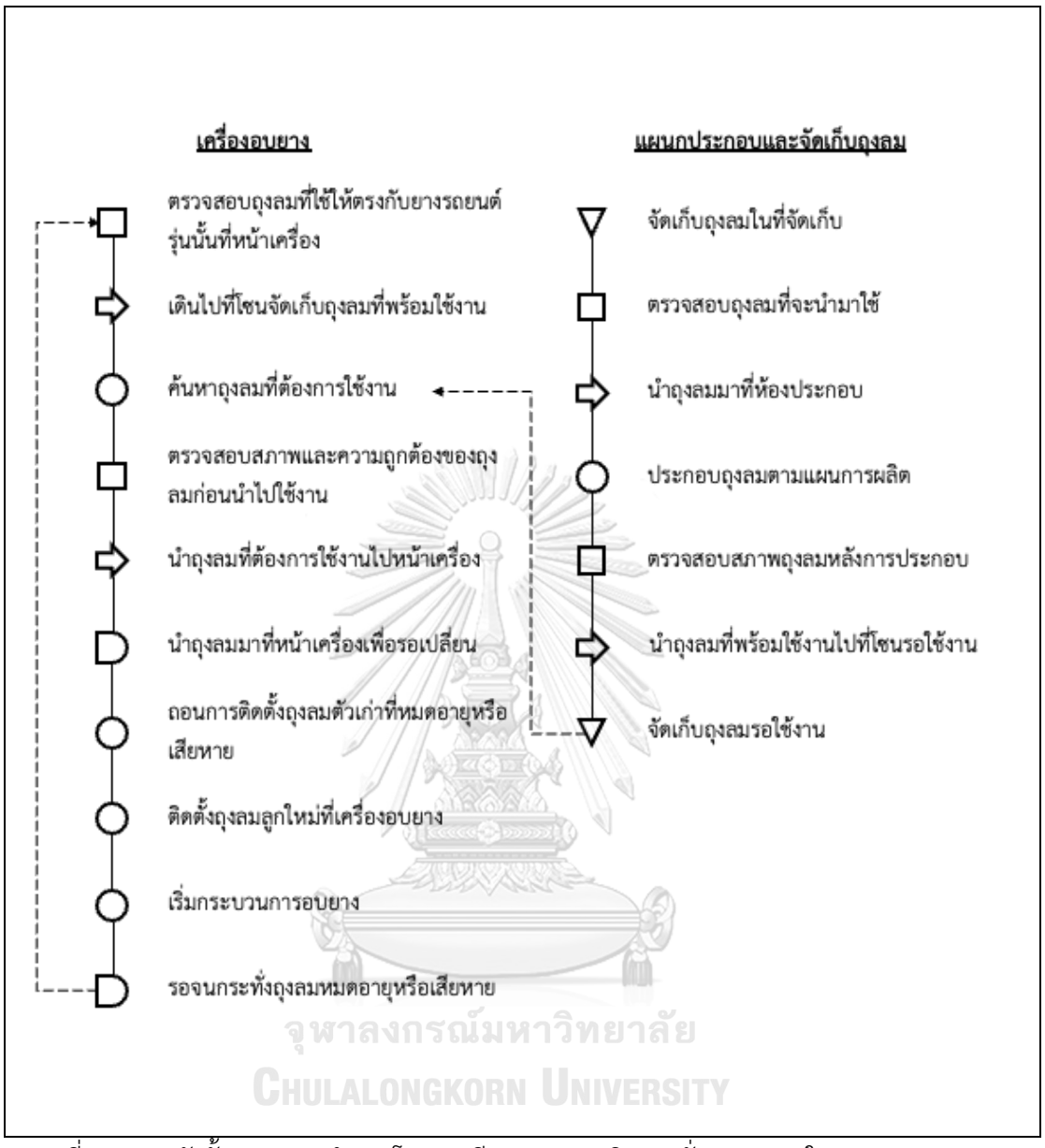
จากการนิยามในบทที่ 3 ที่ผ่านมานั้น เป็นการวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการอบยาง ดังนั้นในบทนี้จะทำการกล่าวถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นรวมไปถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบทำให้เกิดของเสียขึ้นในกระบวนการอบยาง โดยทำการศึกษาข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 หลักในการจำแนกประเภทของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการอบยางจากกระบวนการผลิต ซึ่งการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลนี้ต้องอาศัยเครื่องมือทางคุณภาพที่จะระบุสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น โดยได้มาจากการเก็บข้อมูลในอดีต ซึ่งได้มาจากการระดมสมองของทีมงานที่เกี่ยวข้อง ลักษณะการเกิดปัญหา เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตที่แตกต่างกัน รุ่นของยางรถยนต์ที่แตกต่างกัน เป็นต้น โดยข้อมูลเหล่านี้จะนำไปวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาต่อไป

ปัญหาที่กล่าวมาในบทที่ 3 นั้นในเรื่องการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางเป็นสภาพปัญหาที่นำมาทำการศึกษา โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือความสูญเสียในด้านค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปในกระบวนการผลิตจากการทิ้งของเสีย และค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปการใช้งานถุงลมที่มากขึ้น ดังนั้นจึงทำการศึกษาข้อมูลการเกิดของเสียของทั้ง 2 ส่วนนี้ เพื่อใช้ในการลดค่าใช้จ่ายในโรงงานกรณีศึกษา และครอบคลุมถึงปัญหาทางด้านคุณภาพที่จะเกิดขึ้นในอนาคต รวมถึงการลดความเสี่ยงที่จะส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพไปสู่ลูกค้า

4.1 การศึกษาขั้นตอนการทำงานโดยละเอียด (Detailed Process Map)

ในการแสดงแผนผังขั้นตอนการทำงานโดยละเอียดของการเกิดการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง สามารถแสดงได้โดยแผนผังการไหลของกระบวนการ (Process Flow Diagram) โดยจะทำให้เห็นถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการอบยางที่อาจส่งผลต่อปัญหาที่กำลังจะปรับปรุงเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไปดังรูปที่ 26

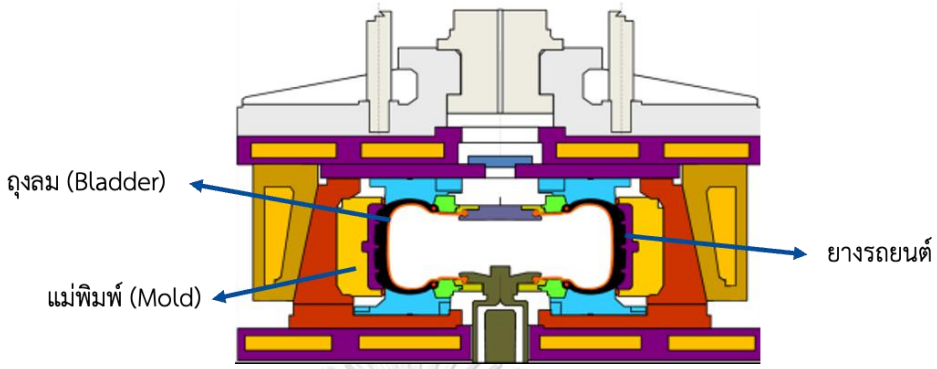
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 26 แผนผังขั้นตอนการทำงานโดยละเอียดของการเกิดการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง

4.2 การศึกษาเครื่องจักรในกระบวนการอบยาง



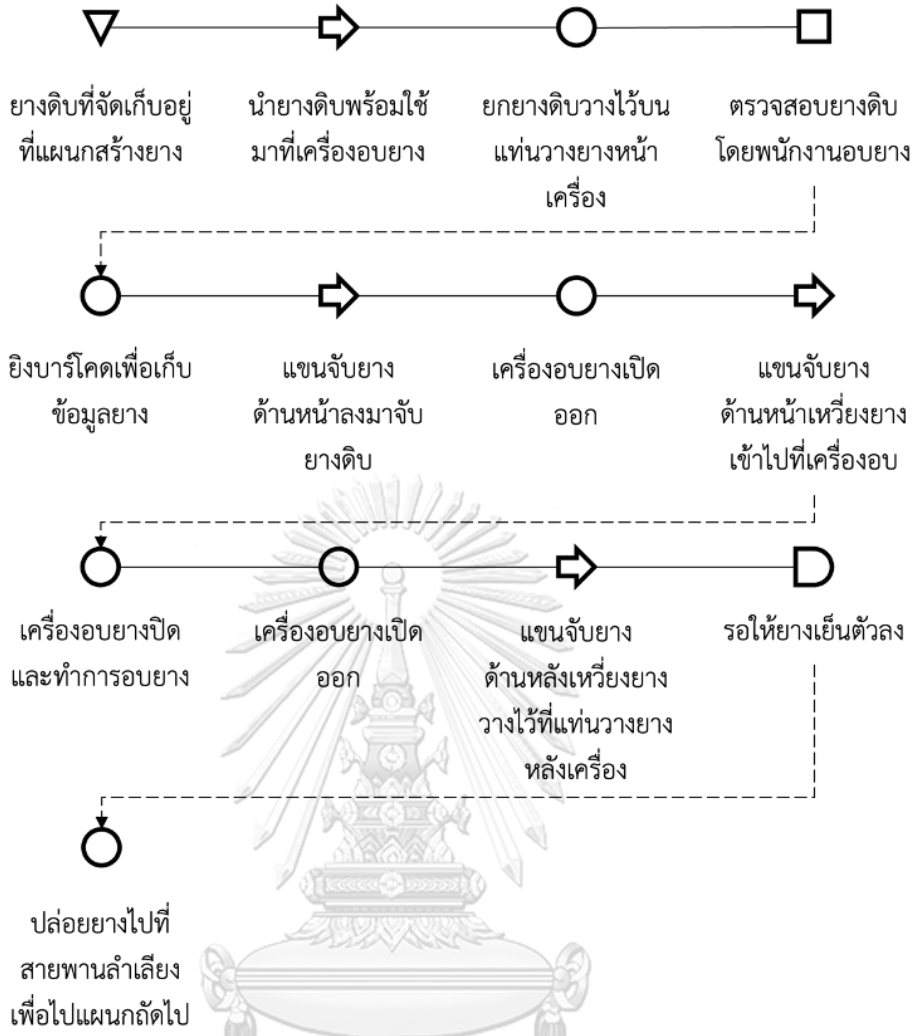
รูปที่ 27 ลักษณะทางกายภาพของเครื่องอบยาง
ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

ในแผนกอบยางของโรงงานกรณีศึกษาจะแบ่งประเภทของเครื่องจักรได้เป็น 4 ประเภท โดยการจำแนกรายละเอียดของเครื่องอบยางในแผนกอบยางมีรายละเอียดดังรูปที่ 27 และตารางที่ 9 ตารางที่ 9 แสดงข้อเปรียบเทียบของเครื่องจักรแต่ละประเภทในกระบวนการอบยาง

ประเภท	ระบบการให้ความร้อน	กลไกการทำงาน	ระบบกลไกของเครื่อง	อายุการใช้งาน	จำนวนเครื่อง
A	ไอน้ำ+น้ำร้อน	เปิดในแนวตั้งฉาก	ควบคุมอุปกรณ์ทางกล	30-35 ปี	20
B	ไอน้ำ+น้ำร้อน	เปิดในแนวดิ่ง	ควบคุมอุปกรณ์ทางกล	30-35 ปี	36
C	ไอน้ำ+น้ำร้อน	เปิดในแนวดิ่ง	ควบคุมอุปกรณ์โดยเซนเซอร์	10-15 ปี	61
D	ไอน้ำ+น้ำร้อน	เปิดในแนวดิ่ง	ควบคุมอุปกรณ์โดยเซนเซอร์	5-10 ปี	19

จะเห็นได้ว่าเครื่องจักรแต่ละประเภทจะมีข้อจำกัดของตัวเครื่องไม่เหมือนกัน จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้มีโอกาสเกิดของเสียประเภทถุงลมรั่วในกระบวนการผลิตเกิดขึ้น ในการผลิตยางรถยนต์หนึ่งเส้นทั้งก่อนอบและหลังอบจะมีแผนภาพการทำงานดังรูปที่ 28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 28 แผนภาพการทำงานในการผลิตยางรถยนต์หนึ่งเส้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3 การศึกษาข้อมูลของถุงลม

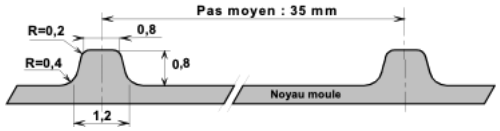
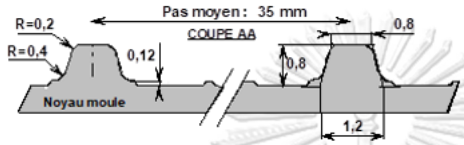
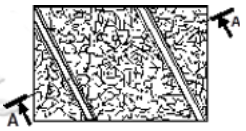
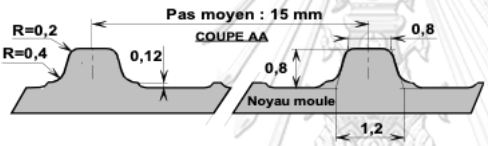
ถุงลมมีหน้าที่ในการเป็นสื่อกลางในการให้ความร้อนด้านในยาง โดยคุณลักษณะของถุงลมจะเป็นยางที่สามารถยืดหยุ่นได้ กักเก็บลมได้ดี แต่มีอายุการใช้งานที่จำกัด และง่ายต่อการถูกขูด บาด หรือเกิดรอยรั่วในระหว่างทำการผลิต เรียกได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีอายุการใช้งานที่น้อยและต้องมีการเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา โดยลักษณะทางกายภาพของถุงลมดังรูปที่ 29

รูปที่ 29 ลักษณะทางกายภาพของถุงลม
ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

4.3.1 ประเภทของถุงลม

ถุงลมที่ใช้ในโรงงานกรณีศึกษาจะเป็นการใช้ถุงลมที่ผลิตมาจากสูตรการผสมยางเดียวกัน แต่ในด้านของสภาพผิวสัมผัสและระยะความกว้างของร่องระบายอากาศจะใช้กับรุ่นของยางรถยนต์ที่แตกต่างกัน โดยผิวสัมผัสที่ต่างกันนี้จะออกแบบมาเพื่อการระบายอากาศในขณะที่ถุงลมสัมผัสแนบติดกับท้องยางในระหว่างการอบยาง แต่จะไม่มีผลต่อการใช้งานของยาง ส่วนระยะความกว้างของร่องระบายอากาศจะมีหน้าที่ในการไล่ลมหรือฟองอากาศที่ติดค้างอยู่ภายในถุงลมระหว่างที่ถุงลมสัมผัสแนบติดกับท้องยางในระหว่างการอบยาง ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดรอยหรือผิวยท้องยางไม่สุกตัวในขณะทำการอบยาง โดยประเภทของถุงลมที่ใช้นี้ได้ถูกกำหนดตามมาตรฐานของโรงงานผลิตรถยนต์ โดยจะแบ่งประเภทของถุงลมที่ใช้เป็น 3 ประเภทดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การแบ่งประเภทของถุงลมตามลักษณะทางกายภาพ

ประเภท	ลักษณะ	ลักษณะผิว	ความกว้างร่องระบายอากาศ
AA		เรียบ	35 มิลลิเมตร
BB		ขรุขระ 	35 มิลลิเมตร
CC		ขรุขระ	15 มิลลิเมตร

4.3.2 มาตรฐานการจัดเก็บถุงลม

การจัดเก็บถุงลมต้องจัดเก็บในสภาวะที่อยู่ภายใต้มาตรฐานการจัดเก็บ เพื่อป้องกันการเกิดรอยแตกร้าว ถุงลมเสียรูปทรง รวมไปถึงความสะอาดของที่จัดเก็บ และหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับน้ำมัน เป็นต้น ซึ่งมาตรฐานการจัดเก็บถุงลมที่แนะนำ มีดังนี้

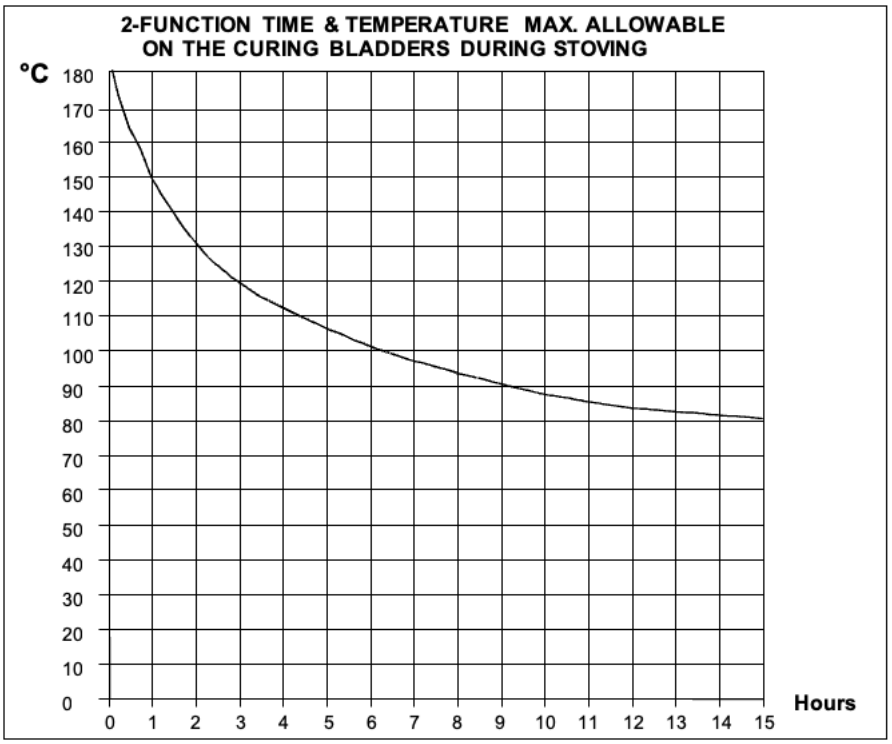
1. อุณหภูมิของที่จัดเก็บต้องอยู่ระหว่าง 10 ถึง 35 องศาเซลเซียส
2. สถานที่ปราศจากรังสีอัลตราไวโอเลต (ห้องปิดทึบไม่มีหน้าต่าง)
3. ถุงลมต้องถูกคลี่ออกขณะจัดเก็บ (ห้ามทำให้พับหรือยับ)
4. ห้ามซ้อนถุงลมในการจัดเก็บเกิด 3 ถึง 4 ชั้น

ข้อแนะนำในกรณีที่พื้นที่ในการจัดเก็บถุงลมมีไม่เพียงพอ สามารถเก็บในบรรจุภัณฑ์ที่เตรียมไว้ แต่ต้องเก็บในอุณภูมิตามข้อกำหนดในหัวข้อ (1)

4.3.3 การบำรุงรักษาถุงลมก่อนการใช้งาน (Pre-treatment curing bladder)

ขั้นตอนปฏิบัติในการบำรุงรักษาถุงลมก่อนการใช้งานเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งเพื่อที่จะมีส่วนช่วยในการลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับถุงลมขณะนำไปใช้งานในระหว่างการอบยาง รวมถึงช่วยในการยืดอายุการใช้งานของถุงลมให้ยาวนานมากขึ้น

ขั้นตอนในการบำรุงรักษาถุงลมก่อนการใช้งาน จะต้องนำถุงลมเข้าไปในตู้อบ (Drying ovens) ที่และต้องปรับตั้งอุณหภูมิระหว่าง 80 ถึง 150 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยให้สารละลายขณะทำการเคลือบที่ถุงลมแห้งได้ไวขึ้น หรือหลีกเลี่ยงการเยิ้มของสารละลาย โดยปกติแล้วในการตั้งค่าอุณหภูมิและเวลาในขั้นตอนการบำรุงรักษาถุงลมสามารถตั้งค่าได้ตามคำแนะนำดังรูปที่ 30



รูปที่ 30 คำแนะนำในการปรับตั้งอุณหภูมและเวลาสำหรับเตาอบที่ใช้ในการอุ่นถุงลม
ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

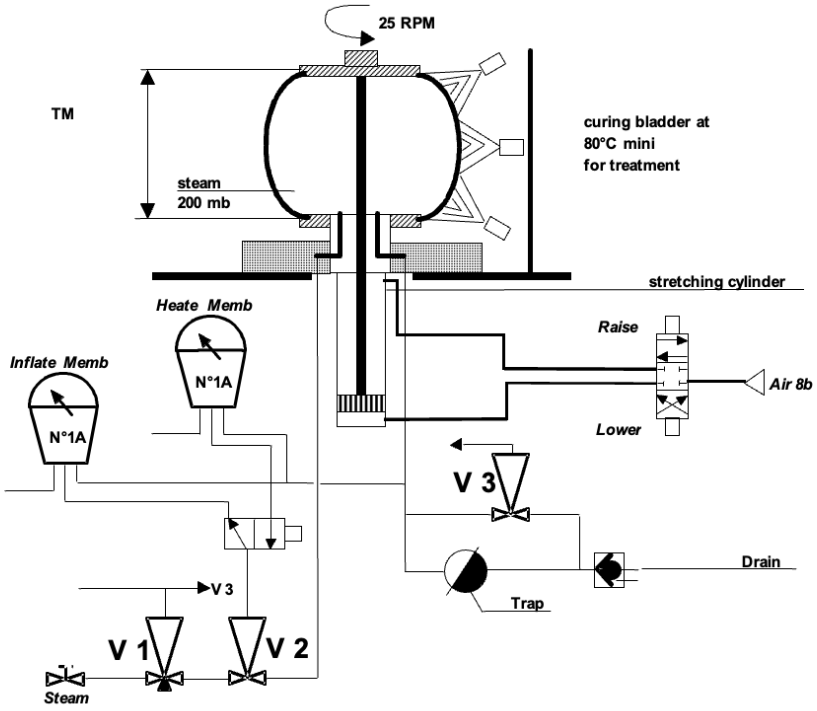
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิธีการในการบำรุงรักษาถุงลมก่อนการใช้งานจะมีตัวแปรในด้านสารละลายที่ใช้ในการบำรุงรักษา เช่น การทำให้ถุงลมเกิดการขยายตัว อุณหภูมิที่ใช้ในการอบถุงลม ระยะเวลาที่ใช้ในการอบถุงลม ข้อกำหนดในการใช้ปริมาณสารเคมี และข้อกำหนดในการจัดเก็บถุงลมหลังจากการใช้สารเคมี เป็นต้น โดยวิธีการที่แนะนำจะแบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

4.3.3.1 การบำรุงรักษาถุงลมโดยใช้สารละลายชนิด AA แบบใส่ชุดยึดถุงลม

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพ่นสารละลายชนิด AA ไปที่ตัวถุงลมโดยก่อนที่จะพ่นสารละลายชนิดนี้จะต้องทำการประกอบถุงลมเข้ากับชุดยึดถุงลม (Bladder plate) เพื่อนำไปเข้าเครื่องสำหรับการยืดถุงลม (Stretching bladder machine) ด้วยความถี่ 5 ถึง 10 ครั้งขณะทำการพ่นสารละลาย โดยขณะทำการพ้นสารละลายจะต้องหมุนแกนกลางของถุงลมขณะพ่นด้วยความเร็วในการหมุน 25 รอบ

ต่อนาที ด้วยปริมาณสารละลายเท่ากับ 250 มิลลิลิตรต่อตารางเมตร และตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องไว้ที่ 80 องศาเซลเซียส โดยแผนผังการทำงานของเครื่องสำหรับการยืดถุงลมดังรูปที่ 31



รูปที่ 31 แผนผังการทำงานของเครื่องสำหรับการยืดถุงลม

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภายหลังจากการบำรุงรักษาถุงลมโดยใช้สารละลายชนิด AA แบบใส่ชุดยืดถุงลมแล้ว จะต้องจัดเก็บถุงลมไว้ในสถานที่ที่เป็นอุณหภูมิห้อง มีอากาศถ่ายเทสะดวก และหลีกเลี่ยงการจัดเก็บในที่ที่สัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเลตโดยตรง

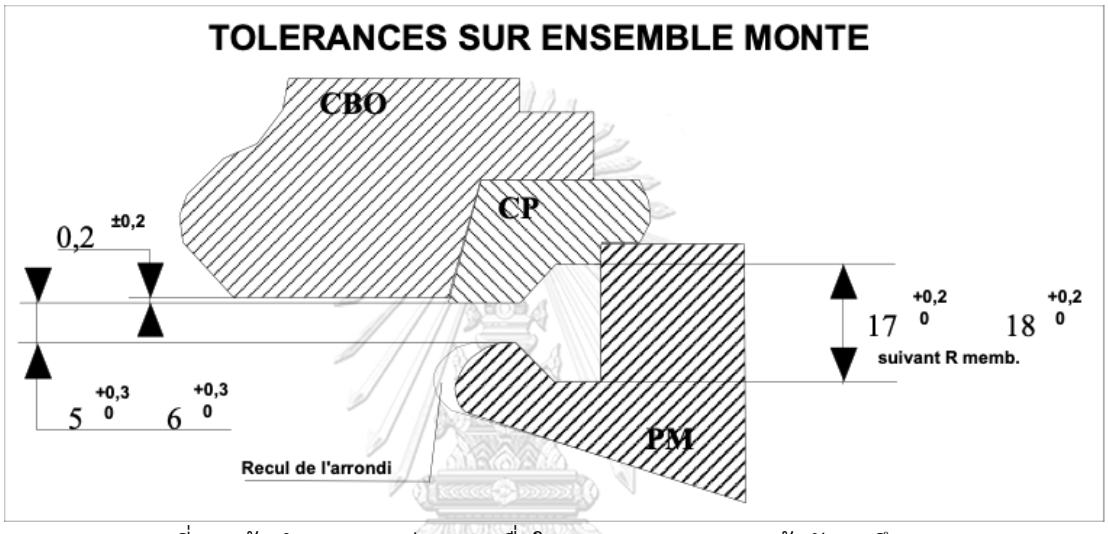
4.3.3.2 การบำรุงรักษาถุงลมโดยใช้สารละลายชนิด BB แบบไม่ใส่ชุดยืดถุงลม

สารละลายชนิดนี้จะมีส่วนประกอบของตัวทำละลายชนิดเฮปเทน ซึ่งมีคุณสมบัติเพื่อช่วยในการลดการยึดติดกันของถุงลมกับบริเวณท้องยางขณะทำการอบยาง ซึ่งจะทำการพ่นสารละลายให้เสร็จและนำไปพักไว้โดยใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมงก่อนการนำไปประกอบกับชุดยืดถุงลม โดยจะต้องจัดเก็บถุงลมไว้ในสถานที่ที่เป็นอุณหภูมิห้อง มีอากาศถ่ายเทสะดวก และหลีกเลี่ยงการจัดเก็บในที่ที่สัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเลตโดยตรง

4.3.4 การประกอบถุงลมเข้ากับชุดยืดถุงลมเพื่อติดตั้งในเครื่องอบยาง

ชุดยืดสำหรับประกอบถุงลมมีหน้าที่เป็นอุปกรณ์ที่ยืดถุงลมเพื่อนำไปติดตั้งกับชิ้นส่วนหนึ่งในเครื่องอบยาง (CBO) ในถุงลมหนึ่งลูกจะประกอบไปด้วยชุดยืดถุงลม 2 ชุด คือ ชุดยืดถุงลมด้านบน (Top bladder plate) และชุดยืดถุงลมด้านล่าง (Bottom bladder plate) โดยในแต่ละชุดจะ

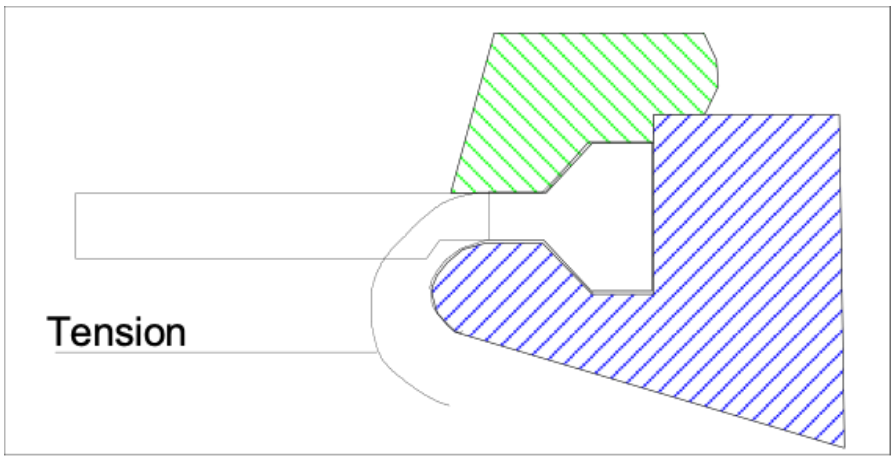
ประกอบไปด้วยชิ้นส่วน 2 ชิ้น คือ แผ่นยึดหลัก (PM) และแผ่นยึดรอง (CP) โดยข้อกำหนดของค่าความเผื่อในการประกอบถุงลมเข้ากับชุดยึดถุงลมในส่วนแรกคือระหว่างชิ้นงานของเครื่องอบยางกับแผ่นยึดรองจะมีระยะอยู่ที่ 0.2 รวมระยะความเผื่อ 0.2 มิลลิเมตร ในส่วนที่สองคือระหว่างช่วงปลายแผ่นยึดหลักกับช่วงปลายแผ่นยึดรองจะมีระยะอยู่ที่ 5 รวมระยะความเผื่อ 0.3 มิลลิเมตร ในส่วนสุดท้ายคือระหว่างกึ่งกลางของแผ่นยึดหลักกับส่วนกลางของแผ่นยึดรองจะมีระยะอยู่ที่ 17 รวมระยะความเผื่อ 0.2 มิลลิเมตรดังรูปที่ 32



รูปที่ 32 ข้อกำหนดของค่าความเผื่อในการประกอบถุงลมเข้ากับชุดยึดถุงลม

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

เนื่องจากว่าการใช้งานถุงลมจะเป็นในลักษณะการยืดหยุ่นตัวสูงเพื่อให้คงลักษณะตามขนาดของยางรถยนต์กับแม่พิมพ์ (Mold) ในกระบวนการอบยาง ดังนั้นจึงพิจารณาในการตรวจสอบสภาพของแผ่นยึดหลักและแผ่นยึดรองรวมถึงค่าความเผื่อของการประกอบชุดยึดถุงลมเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดการรั่วหรือการฉีกขาดระหว่างการใช้งาน ตัวอย่างของลักษณะการทำงานของถุงลมกับชุดยึดถุงลมด้านบน (โซนสีเขียว) ชุดยึดถุงลมด้านล่าง (โซนสีม่วง) ดังรูปที่ 33



รูปที่ 33 ลักษณะการทำงานของถุงลมกับชุดยึดถุงลม

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

4.3.5 คำแนะนำในการเลือกใช้ถุงลม

การเลือกใช้ขนาดของถุงลมให้เหมาะสมกับขนาดของยางรถยนต์ในแต่ละรุ่นนั้นมีความสำคัญมากในกระบวนการอบยาง เนื่องจากว่าสามารถลดความเสี่ยงที่ทำให้ถุงลมเกิดการแตกหรือฉีกขาดในระหว่างการใช้งาน และเป็นการยืดอายุการใช้งานของถุงลมให้นานขึ้นเพื่อลดเวลาสูญเสียในการเปลี่ยนถุงลมแต่ละครั้ง รวมทั้งหากเลือกใช้ขนาดของถุงลมที่ผิดไปจากข้อกำหนดจะมีผลทำให้เกิดความเสี่ยงในด้านการถ่ายโอนความร้อนระหว่างถุงลมไปสู่ยางรถยนต์

การเลือกขนาดของถุงลมจะคำนึงถึงอัตราส่วนระหว่างระยะจริงของถุงลมเทียบกับระยะขยาย (Bladder Extension Ratio) โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.3.5.1 อัตราส่วนขยายในด้านความยาวของถุงลม (Curing bladder extension in length: L/l)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคำนวณอัตราส่วนขยายในด้านความยาวของถุงลมจะเป็นการคำนวณระหว่างความยาวของถุงลมขณะที่มีการขยายแนบชิดกับรูปร่างของด้านในยางรถยนต์เทียบกับความยาวของถุงลมมาตรฐาน โดยที่

L คือ ความยาวของถุงลมที่มีการขยายแนบชิดกับรูปร่างของด้านในยางรถยนต์ โดยมีสมการในการคำนวณ แสดงดังสมการที่ 2

$$L = P + At + Bt + Ab + Bb \quad (2)$$

P คือ ความยาวของถุงลมที่สัมผัสกับยาง

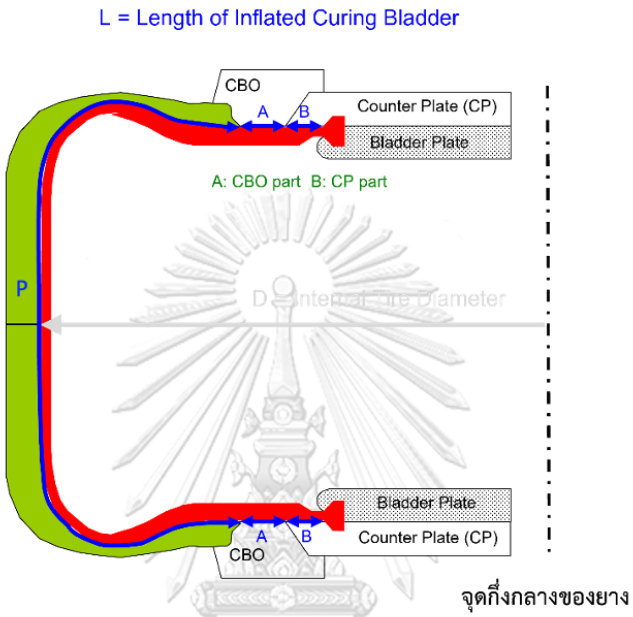
At คือ ระยะของชุดยึดถุงลมขั้นที่ 1 ด้านบน

Bt คือ ระยะของชุดยึดถุงลมขั้นที่ 2 ด้านบน

Ab คือ ระยะของชุดยึดถุงลมขั้นที่ 1 ด้านล่าง

Bb คือ ระยะของชุดยึดถุงลมขั้นที่ 2 ด้านล่าง

ในการหาความยาวของถุงลมที่สัมผัสกับยางรวมกับขนาดของชุดยึดถุงลมดังรูปที่ 34



รูปที่ 34 ความยาว (L) ของถุงลมที่สัมผัสกับยางรวมกับขนาดของชุดยึดถุงลม

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

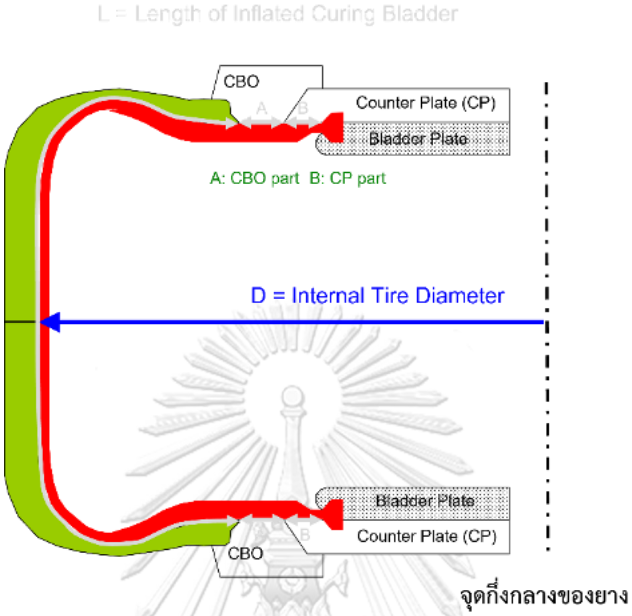
l คือ ความยาวของถุงลมมาตรฐานที่ได้มาจากผู้ผลิตถุงลม

ปกติแล้วการคำนวณอัตราส่วนขยายในด้านความยาวของถุงลมจะมีอัตราส่วนมาตรฐานที่ถูกกำหนดมาอยู่ที่ระหว่าง 1.05 ถึง 1.30 กรณีอัตราส่วนที่นอกเหนือจากนี้จะมีความเสี่ยงกับยางรถยนต์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตในด้านของความปลอดภัยในการใช้งาน

4.3.5.2 อัตราส่วนขยายในด้านเส้นผ่านศูนย์กลางของถุงลม (Curing bladder extension in diameter: D/d)

ในการคำนวณอัตราส่วนขยายในด้านเส้นผ่านศูนย์กลางของถุงลมจะเป็นการคำนวณระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของถุงลมขณะที่มีการขยายแนบชิดกับรูปร่างของด้านในยางรถยนต์เทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางของถุงลมมาตรฐาน โดยที่

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของถุงลมที่มีการขยายแนบชิดกับรูปร่างของด้านในยางรถยนต์ สำหรับยางรถยนต์แต่ละรุ่นจะถูกกำหนดมาจากการคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางจากขนาดยางรถยนต์จริงดังรูปที่ 35



รูปที่ 35 เส้นผ่านศูนย์กลาง (D) จากขนาดยางรถยนต์จริง

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

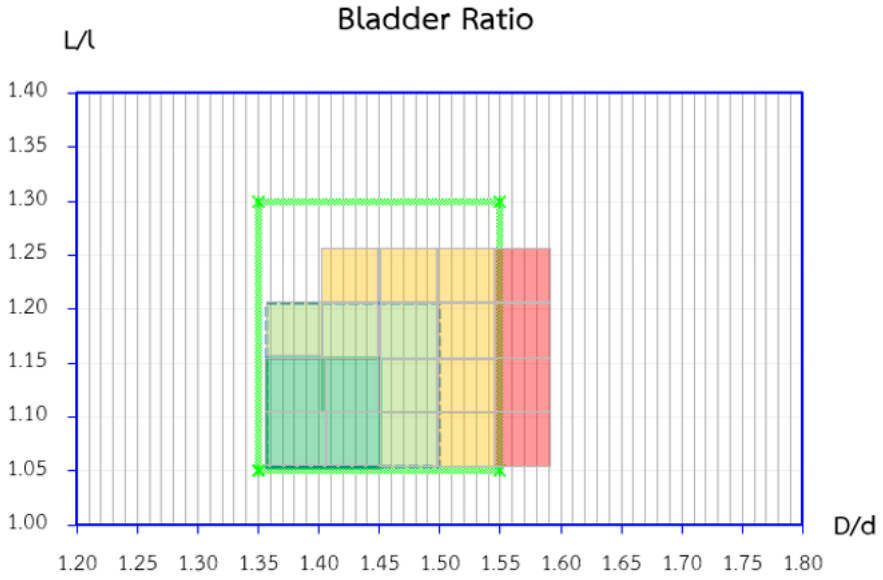
d คือ ความยาวของถุงลมมาตรฐานที่ได้มาจากผู้ผลิตถุงลม

ปกติแล้วการคำนวณอัตราส่วนขยายในด้านเส้นผ่านศูนย์กลางของถุงลมจะมีอัตราส่วนมาตรฐานที่ถูกกำหนดมาอยู่ที่ระหว่าง 1.35 ถึง 1.55 กรณีอัตราส่วนที่นอกเหนือจากนี้จะมีความเสี่ยงกับยางรถยนต์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตในด้านของความปลอดภัยในการใช้งาน

4.3.5.3 อัตราส่วนที่แนะนำในการนำไปใช้งาน

จากหัวข้อที่ 4.3.5.1 และ 4.3.5.2 เป็นการอธิบายถึงที่มาในการคำนวณอัตราส่วนของการเลือกใช้ถุงลมที่มีความเหมาะสมกับยาง รวมถึงข้อกำหนดในการเลือกใช้อัตราส่วนที่เหมาะสม ทั้งนี้ในการพิจารณาในการเลือกใช้ถุงลมที่เหมาะสมกับยางรถยนต์แต่ละรุ่นจะมีวิธีการเลือกใช้ตามอัตราส่วนที่แนะนำดังรูปที่ 36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 36 อัตราส่วนที่แนะนำในการเลือกใช้ถุงลม

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

กรอบสีเขียว คือ กรอบที่แนะนำในการเลือกใช้ถุงลม

โซนสีเขียวเข้ม คือ โซนที่สามารถใช้ได้และแนะนำที่สุด

โซนสีเขียวอ่อน คือ โซนที่สามารถใช้ได้

โซนสีเหลือง คือ โซนที่สามารถใช้ได้แต่ไม่แนะนำ

โซนสีแดงคือ คือ โซนที่ไม่สามารถใช้ได้เนื่องจากมีความเสี่ยงต่อการใช้งาน

4.3.6 ถุงลมที่ใช้ในกระบวนการผลิตปัจจุบัน

รุ่นของยางรถยนต์ที่ผลิตอยู่ในโรงงานกรณีศึกษามีมากกว่า 200 รุ่น ดังนั้นการเลือกใช้ขนาดและประเภทของถุงลมมีความหลายหลายทั้งในด้านการใช้งานประเภทของถุงลมที่แตกต่างกัน รวมถึงขนาดที่แตกต่างกันอีกด้วย โดยคำอธิบายของรหัสแต่ละชนิดของถุงลมสามารถอธิบายได้ดังตัวอย่างเช่น AA-1301 โดยที่ตัวอักษร “AA” จะระบุถึงประเภทของถุงลม ตัวเลข “13” จะระบุถึงขนาดของขอบยางรถยนต์ และตัวเลข “62” จะระบุถึงรุ่นของขอบยางนั้น ๆ ซึ่งถุงลมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษามีทั้งหมด 50 ชนิด แบ่งตามประเภท ความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลางในตารางที่ 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 รายละเอียดชนิดของถุงลม

ลำดับที่	รหัสของถุงลม	d (มิลลิเมตร)	l (มิลลิเมตร)	ราคา (บาท/ชิ้น)
1	AA-1362	360	350	1,985
2	AA-1760	490	540	4,381
3	AA-1860	520	500	3,955
4	AA-1861	476	457	2,188
5	AA-1962	480	490	2,825
6	BB-1460	360	330	1,998
7	BB-1461	390	395	2,230
8	BB-1462	380	370	2,147
9	BB-1465	400	410	1,583
10	BB-1560	385	380	2,204
11	BB-1561	460	460	1,934
12	BB-1564	385	375	1,480
13	BB-1567	390	420	2,362
14	BB-1569	435	445	1,836
15	BB-1603	430	430	1,870
16	BB-1609	450	470	1,198
17	BB-1660	410	390	1,700
18	BB-1661	430	430	1,870
19	BB-1663	440	430	1,921
20	BB-1664	410	390	2,273
21	BB-1665	470	490	2,804
22	BB-1666	450	470	2,004
23	BB-1667	485	497	2,351
24	BB-1669	410	420	1,756
25	BB-1760	420	400	2,454
26	BB-1761	450	445	1,990
27	BB-1762	460	440	1,980
28	BB-1763	485	497	2,351

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

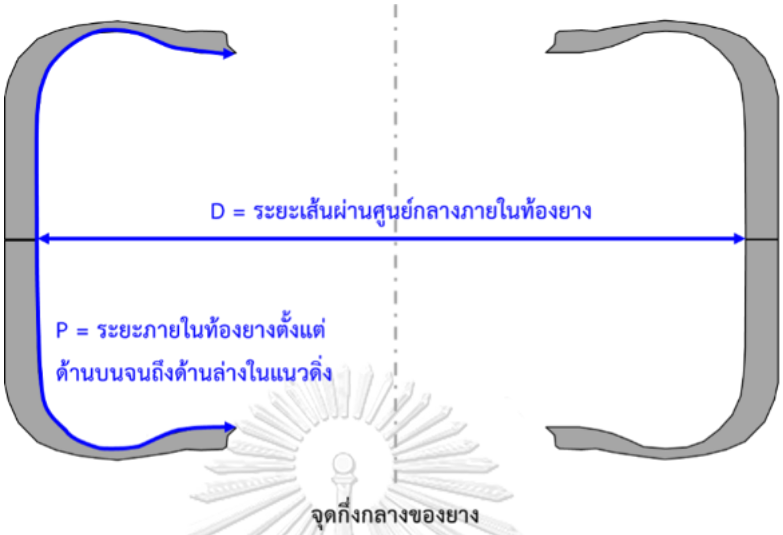
ลำดับที่	รหัสของถุงลม	d (มิลลิเมตร)	l (มิลลิเมตร)	ราคา (บาท/ชิ้น)
29	BB-1765	492	542	3,897
30	BB-1767	415	400	1,742
31	BB-1768	460	470	2,744
32	BB-1770	515	530	2,491
33	BB-1771	540	550	2,799
34	BB-1860	400	380	2,294
35	BB-1861	525	580	2,592
36	BB-1862	430	425	1,906
37	BB-1863	440	410	1,847
38	BB-1868	476	457	2,062
39	BB-1961	440	430	1,920
40	BB-1965	420	360	2,508
41	BB-1966	475	450	2,201
42	BB-1968	460	415	2,192
43	BB-1970	460	460	2,060
44	BB-1971	480	490	2,351
45	BB-2160	490	450	2,326
46	BB-2161	530	500	2,521
47	BB-2163	530	470	2,521
48	CC-1860	520	520	3,928
49	CC-1862	480	480	2,269
50	CC-1960	490	490	2,454

4.4 การเก็บข้อมูลรุ่นยางรถยนต์

สำหรับขนาดของยางรถยนต์แต่ละประเภทหรือแต่ละรุ่น จะมีขนาดที่ไม่เท่ากันตามลักษณะการใช้งานหรือจะมาจากการออกแบบเพื่อให้ตอบสนองต่อสมรรถนะที่ผู้ผัฒนาได้ออกแบบไว้ ไม่ว่าจะเป็นในด้านอายุการใช้งานที่ยาวนาน ความนุ่มนวลขณะขับขี่ การยึดเกาะถนน เป็นต้น โดยการวัดระยะที่จำเป็นต่อการคำนวณขนาดยางหรือขนาดในการกักเก็บลมภายในห้องยางจะถูกกำหนดด้วยตัว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปร 2 ตัว ได้แก่ ระยะภายในท้องยางตั้งแต่ด้านบนจนถึงด้านล่างในแนวดิ่ง (P) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร และระยะเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท้องยาง (D) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรดังรูปที่ 37



รูปที่ 37 ภาพตัดขวางเพื่ออธิบายระยะการวัดภายในท้องยาง

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษานี้ผลิตรุ่นยางรถยนต์สำหรับการจัดจำหน่ายทั้งในประเทศและการส่งออกเพื่อจำหน่ายในต่างประเทศ ประกอบไปด้วย 3 ประเภท ดังนี้

4.4.1 ประเภทยางรถยนต์กึ่งบรรทุก (Light Truck)

รุ่นของยางประเภทนี้จะเหมาะสำหรับรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้าที่ต้องใช้น้ำหนักในการบรรทุกมาก ๆ มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน โครงสร้างของยางจะมีความแข็งแรงสูง โดยยางกึ่งบรรทุกจะใช้อักษรย่อว่า “LT” มีรายละเอียดของแต่ละรุ่นดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 รายละเอียดของรุ่นยางประเภทยางรถยนต์กึ่งบรรทุก

รุ่นยางรถยนต์	P (มิลลิเมตร)	D (มิลลิเมตร)	L (มิลลิเมตร)	ยอดการผลิต (เส้น)
LT-294	521.60	739.80	428.04	11,500
LT-297	531.60	730.50	397.04	42,455
LT-302	396.56	604.56	373.34	23,726
LT-303	369.45	633.70	452.20	25,875
LT-305	371.80	635.72	455.14	82,811
LT-311	473.40	725.90	453.44	40,144
LT-313	488.60	700.30	396.84	22,182
LT-346	352.12	577.82	352.08	2,392

รุ่นยางรถยนต์	P (มิลลิเมตร)	D (มิลลิเมตร)	L (มิลลิเมตร)	ยอดการผลิต (เส้น)
LT-363	474.38	691.92	398.18	13,482
LT-364	539.20	756.96	427.84	58,294
LT-376	445.30	710.50	395.70	21,182
LT-463	435.80	669.51	372.62	153,787
LT-475	539.20	756.96	427.84	1,537
LT-488	441.00	666.10	397.40	14,362
LT-519	517.20	728.96	428.68	32,961
LT-675	506.35	731.75	410.45	237,556
LT-735	497.00	660.00	345.90	253,576
LT-743	574.75	787.14	428.40	124,973
LT-848	539.20	756.96	427.84	58,294

4.4.2 ยางรถยนต์โดยสารขนาดเล็ก (Passenger car)

รุ่นของยางประเภทนี้จะเหมาะสำหรับรถที่ใช้ในการโดยสารสำหรับรถขนาดเล็ก มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน โครงสร้างของยางจะมีความยืดหยุ่นสูงเพื่อช่วยในการควบคุมรถ สามารถใช้งานสำหรับรถยนต์ที่ต้องใช้ความเร็วสูงได้ โดยยางรถยนต์โดยสารขนาดเล็กจะใช้อักษรย่อว่า “ PC” มีรายละเอียดของแต่ละรุ่นดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 รายละเอียดของรุ่นยางประเภทยางรถยนต์โดยสารขนาดเล็ก

รุ่นยางรถยนต์	P (มิลลิเมตร)	D (มิลลิเมตร)	L (มิลลิเมตร)	ยอดการผลิต (เส้น)
PC-107	449.68	711.58	480.54	331,033
PC-114	393.08	617.82	429.74	20,042
PC-130	396.56	604.56	373.34	58,737
PC-135	421.88	634.88	398.68	80,174
PC-136	448.86	688.86	429.74	8,275
PC-167	385.80	640.28	480.54	19,584
PC-168	402.26	642.76	455.14	62,392
PC-199	410.00	636.78	429.38	23,297
PC-204	402.50	637.10	429.84	27,311
PC-205	404.64	624.80	429.74	18,768

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รุ่นยางรถยนต์	P (มิลลิเมตร)	D (มิลลิเมตร)	L (มิลลิเมตร)	ยอดการผลิต (เส้น)
PC-208	450.83	702.91	455.13	182,855
PC-241	449.66	711.58	480.54	331,033
PC-566	352.44	568.74	398.73	23,360
PC-577	450.83	702.91	455.13	1,267
PC-600	369.60	621.76	455.14	1,328
PC-630	362.00	601.80	429.74	8,393
PC-655	369.60	607.40	429.74	5,631
PC-781	371.60	577.36	398.74	5,999
PC-794	441.30	688.28	429.73	37,412
PC-883	355.00	625.90	480.54	34,642
PC-884	384.88	625.26	480.54	31,010
PC-929	418.20	668.41	429.74	43,438
PC-934	370.40	610.00	455.14	42,757
PC-939	441.72	719.72	505.94	178,687
PC-943	417.88	669.54	455.14	29,046
PC-950	402.05	670.25	480.53	46,536
PC-984	361.96	601.78	429.73	39,286

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4.3 ยางรถยนต์โดยสารเอสยูวี (SUV Passenger car)

รุ่นของยางประเภทนี้จะเหมาะสำหรับรถที่ใช้ในการโดยสารสำหรับรถขนาดกลางและขนาดใหญ่ มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน โครงสร้างของยางจะมีความยืดหยุ่นสูงเพื่อช่วยในการควบคุมรถ สามารถรับน้ำหนักได้มาก โดยยางรถโดยสารเอสยูวีจะใช้อักษรย่อว่า “SUV” มีรายละเอียดของแต่ละรุ่นดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 รายละเอียดของรุ่นยางประเภทยางรถยนต์โดยสารเอสยูวี

รุ่นยางรถยนต์	P (มิลลิเมตร)	D (มิลลิเมตร)	L (มิลลิเมตร)	ยอดการผลิต (เส้น)
SUV-282	510.82	739.86	453.72	54,905
SUV-283	532.44	738.66	428.32	37,210
SUV-344	510.82	739.86	453.72	54,905
SUV-441	541.50	739.86	428.68	25,707

รุ่นยางรถยนต์	P (มิลลิเมตร)	D (มิลลิเมตร)	L (มิลลิเมตร)	ยอดการผลิต (เส้น)
SUV-447	518.20	693.90	372.28	70,108
SUV-448	457.00	648.60	373.34	15,121
SUV-471	532.73	738.26	429.74	52,473
SUV-485	517.70	741.48	454.08	49,139
SUV-501	556.90	762.88	454.08	20,846
SUV-620	490.24	715.39	452.20	6,721
SUV-622	493.82	724.34	454.08	6,872
SUV-627	456.12	703.54	433.55	2,512
SUV-665	453.80	688.38	428.67	13,892
SUV-671	450.75	695.43	489.30	26,541
SUV-688	462.06	717.54	479.48	247,366
SUV-725	582.10	748.08	397.68	11,866
SUV-734	561.39	763.46	454.78	351
SUV-753	417.20	658.40	429.74	15,412
SUV-759	517.00	740.40	455.14	26,541
SUV-770	541.55	740.88	429.38	15,586
SUV-777	461.18	716.48	480.54	50,824
SUV-779	557.40	787.90	454.08	558
SUV-805	437.84	655.50	397.24	8,040
SUV-806	580.72	767.88	428.68	8,431
SUV-810	534.20	750.02	429.28	79,380
SUV-859	452.35	698.65	455.25	26,778
SUV-866	439.55	720.40	475.35	4,732
SUV-907	421.60	620.52	398.38	4,794

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

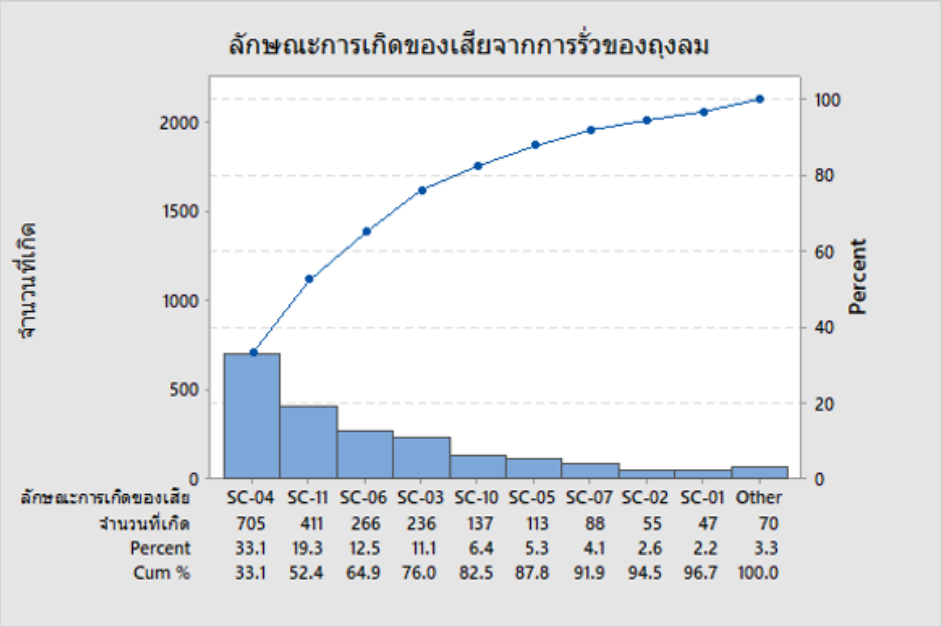
4.5 การศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

กระบวนการอบยางในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาเป็นกระบวนการที่จำกัดผลผลิตของทั้งระบบหรือเรียกอีกนัยหนึ่งคือ กระบวนการที่มีรอบเวลาในการผลิตช้าที่สุด (Bottle neck) เป็นที่แน่นอนว่าถ้าหากในกระบวนการผลิตเกิดการหยุดชะงักหรือเกิดของเสียขึ้นในกระบวนการผลิต จะรวมไปถึงต้นทุนในการผลิตก็จะสูงตามไปด้วย

จากการกำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัดในบทที่ 3 จะเป็นการวิเคราะห์สาเหตุการเกิดถุงลมรั่วในกระบวนการอบยาง ซึ่งในปัจจุบันเป้าหมายของตัวชี้วัดของอัตราการเกิดของเสียจากการรั่วของถุงลมจะอยู่ที่ร้อยละ 0.05 เทียบกับจำนวนการผลิตทั้งหมด โดยในปัจจุบันอัตราการเกิดของเสียสูงกว่าเป้าหมายต่อเนื่อง และมีแนวโน้มการเกิดของเสียที่เพิ่มขึ้น

4.5.1 การจำแนกของเสียโดยพิจารณาจากลักษณะการเกิดของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุด

เนื่องจากถุงลมในกระบวนการอบยาง เป็นชิ้นส่วนหนึ่งของเครื่องจักรที่เป็นการใช้งานแบบมีขีดจำกัดของอายุการใช้งาน รวมถึงระหว่างการผลิตนั้นถุงลมจะเป็นชิ้นส่วนที่มีการยืดหรือหดในระหว่างการอบยางอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นปัจจัยที่ทำให้เกิดถุงลมรั่วมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย โดยในการเก็บข้อมูลจะจำแนกลักษณะการเกิดของเสียที่เกิดจากถุงลมในกระบวนการอบยางดังรูปที่ 38 สำหรับตารางที่ 15 จะเป็นการอธิบายรายละเอียดของการเกิดของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง



รูปที่ 38 กราฟพาเรโตแสดงลักษณะการเกิดของเสียจากการรั่วของถุงลม

ตารางที่ 15 รายละเอียดของการเกิดของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง

ชื่อ	ความหมาย
SC-01	ชิ้นส่วนของแกนเครื่องจักรบาดถุงลม
SC-02	ชิ้นส่วนของแม่พิมพ์บาดถุงลม
SC-03	ถุงลมเป็นแผลจากการติดตั้ง
SC-04	ถุงลมขาดที่ขอบ
SC-05	ถุงลมฉีกขาดจากที่จับยาง
SC-06	ถุงลมผิวหยาบ
SC-07	ถุงลมรั่วเป็นจุดเล็ก
SC-08	ถุงลมรั่วจากการใส่ O-ring
SC-09	ถุงลมรั่วจากการอุ่นแม่พิมพ์
SC-10	ถุงลมรั่วตามร่อง
SC-11	สภาพของยางหล่อหลอมไม่ดี
SC-12	สารเคลือบถุงลมร่อนเป็นสะเก็ด

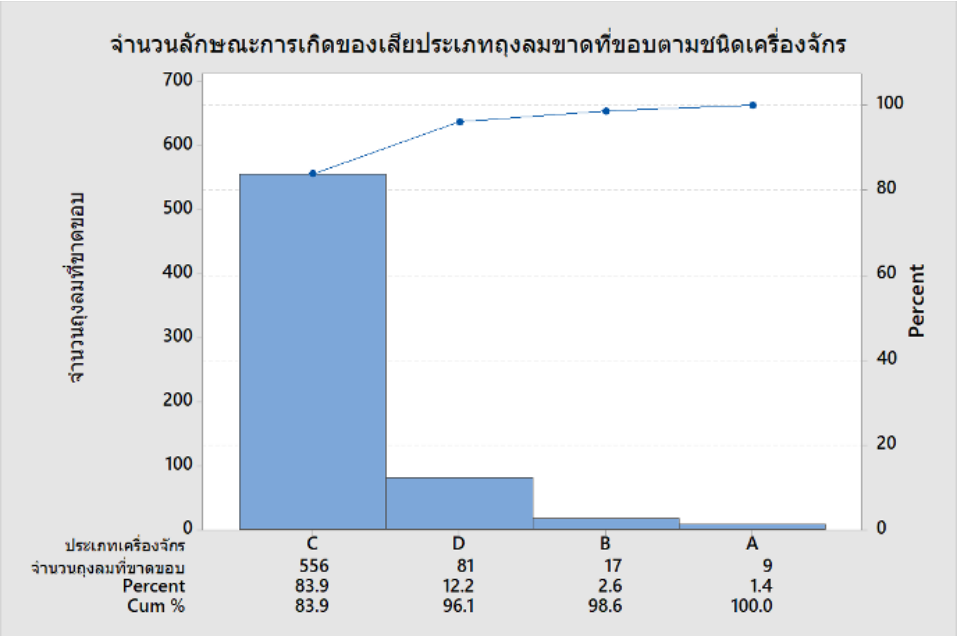
ลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบจะพบได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับสาเหตุอื่น ๆ โดยอาจจะเกิดจากหลายปัจจัยมากระทำ โดยได้ยกตัวอย่างลักษณะการเกิดดังรูปที่ 39

รูปที่ 39 ลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

4.5.2 การจำแนกของเสียจากการรั่วของถุงลมโดยพิจารณาจากประเภทเครื่องจักรที่เกิดของเสียมากที่สุด

จากข้อมูลประเภทของเครื่องจักที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ของโรงงานกรณีศึกษาจะแบ่งเป็นเครื่องจักรทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ เครื่องจักรประเภท A เครื่องจักรประเภท B เครื่องจักรประเภท C และเครื่องจักรประเภท D เมื่อพิจารณาจำนวนการเกิดของเสียที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรทั้ง 4 ประเภทนี้ตามรูปที่ 40 พบว่าเครื่องจักรที่เกิดของเสียมากที่สุดคือเครื่องจักรประเภท C



รูปที่ 40 จำนวนลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบตามชนิดเครื่องจักร

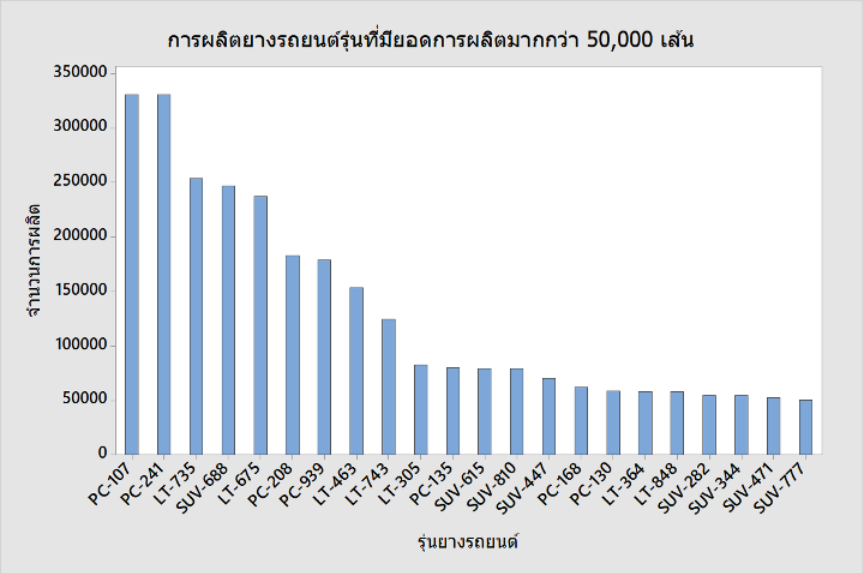
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อพิจารณาถึงประเภทของเครื่องจักรที่มีจำนวนการเกิดของเสียมากที่สุดแล้ว พบว่าเครื่องจักรประเภท C พบว่ามีจำนวนถุงลมขาดที่ขอบมากที่สุดถึง 556 ครั้ง หรือเท่ากับร้อยละ 83.9 เมื่อเทียบกับเครื่องจักรประเภทอื่น ในขั้นตอนต่อไปก่อนการเลือกปัจจัยที่จะนำมาวิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางในการปรับปรุงจะทำการพิจารณารุ่นของยางรถยนต์ที่เกิดลักษณะของเสียมากที่สุดในเครื่องจักรแต่ละประเภท

4.5.3 การจำแนกของเสียจากการรั่วของถุงลมโดยพิจารณาจากรุ่นยางรถยนต์ที่เกิดของเสียมากที่สุด

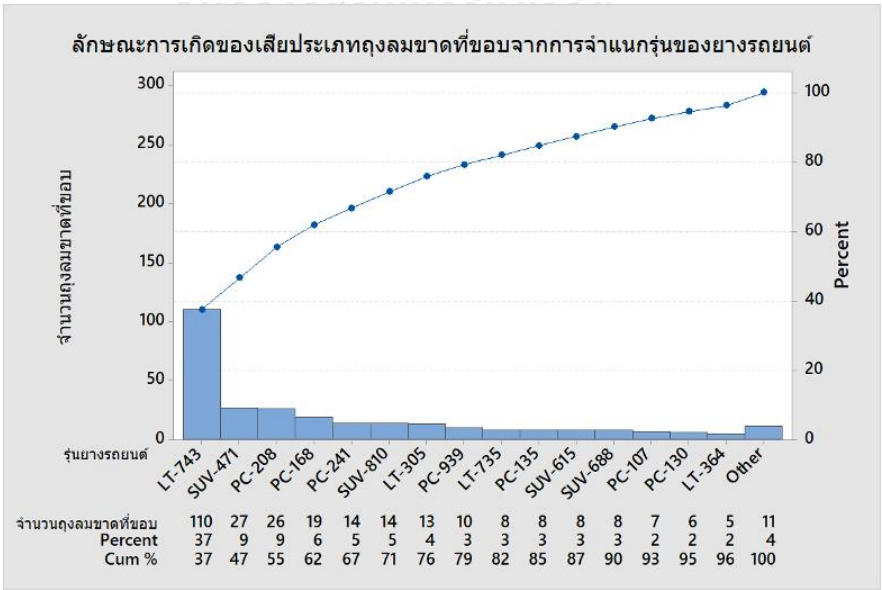
กลุ่มลูกค้าในการจำหน่ายยางรถยนต์ของโรงงานกรณีศึกษาจะเป็นการผลิตเพื่อจัดจำหน่ายให้แก่ 2 ตลาดหลัก ๆ ได้แก่ โรงงานประกอบรถยนต์ และตัวแทนจำหน่ายทั่วไปทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ โดยโรงงานกรณีศึกษามีการผลิตยางรถยนต์มากกว่า 200 รุ่น จากรูปที่ 41 แสดง

การผลิตยางรถยนต์รุ่นที่มียอดการผลิตมากกว่า 50,000 เส้นตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 ซึ่งมีทั้งหมด 22 รุ่น



รูปที่ 41 การผลิตยางรถยนต์รุ่นที่มียอดการผลิตมากกว่า 50,000 เส้น

เมื่อพิจารณาการเกิดถุงลมขาดที่ขอบที่เกิดขึ้นกับยางรถยนต์ทั้ง 22 รุ่นนี้ ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบจากการจำแนกรุ่นของยางรถยนต์ ดังรูปที่ 42



รูปที่ 42 ลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบจากการจำแนกรุ่นของยางรถยนต์

จากการเก็บข้อมูลการเกิดของเสียแล้วนั้น ต้องทำการวิเคราะห์ปัจจัยของสาเหตุที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดของเสียในด้านของประเภทเครื่องจักร โดยจะทำการวิเคราะห์นอกเหนือจากรุ่นของยางรถยนต์อีกนัยหนึ่งด้วย

เมื่อพิจารณาถึงประเภทของเครื่องจักรที่เกิดลักษณะการเกิดของเสียแต่ละประเภทแล้ว จะทำการพิจารณารุ่นของยางรถยนต์ที่เกิดของเสียในเครื่องจักรแต่ละประเภทเพื่อนำไปพิจารณาในการวิเคราะห์หาเหตุของปัญหาเพื่อทำการปรับปรุง

4.5.4 การพิจารณาการจำแนกของเสียสำหรับการนำไปปรับปรุง

จากการพิจารณาองค์ประกอบของการเกิดของเสียประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง คือ ลักษณะการเกิดของเสีย ประเภทของเครื่องจักร และรุ่นของยางรถยนต์ โดยพิจารณาจากภาพรวมตั้งต้นที่เริ่มจากการพิจารณาลักษณะการเกิดของเสียที่เกิดขึ้นเกิดจากเครื่องจักรประเภทใดมากที่สุด จากนั้นทำการเลือกรุ่นของยางรถยนต์ที่จะมาวิเคราะห์

ดังนั้นจากการพิจารณาตามประเภทของเครื่องจักรที่เกิดของเสียและพิจารณารุ่นของยางรถยนต์ พบว่าในการวิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางในการปรับปรุงที่เหมาะสมที่สุดสามารถสรุปได้ดังนี้คือ ทำการศึกษาที่เครื่องจักรประเภท C ที่ผลิตยางรถยนต์รุ่น LT-743 ที่เกิดลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

หลังจากการเก็บข้อมูลและทราบสภาพปัญหาก่อนปรับปรุงในบทที่ 4 อย่างชัดเจนแล้ว ได้พิจารณาเครื่องจักรประเภท C ที่ผลิตยางรถยนต์รุ่น LT-743 ที่เกิดลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ ดังนั้นในระยะนี้จะดำเนินการหาสาเหตุรากเหง้าของปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยระเอียดเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการให้ได้ตรงจุดในระยะการปรับปรุงงานเพื่อให้ได้ผลลัพธ์การปรับปรุงตามเป้าหมายที่วางไว้

5.1 ขั้นตอนในการวิเคราะห์สาเหตุและเหตุผล

1. การระดมสมองเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ ก่อนการระดมสมองควรมีการเก็บข้อมูลเพื่อให้เห็นว่ามีปัจจัยใดบ้างที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองที่กำลังพิจารณา หากข้อมูลไม่เพียงพออาจจะมีการศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติม หรือหากเกิดข้อจำกัดในการเก็บข้อมูลแต่คาดว่าอาจจะเป็นปัจจัยที่เหมาะสม ก็ให้ใส่ปัจจัยนั้นไปในเครื่องมือในการระดมสมองเพื่อนำไปพิสูจน์นัยสำคัญของปัจจัยภายหลัง ในการหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่สงสัยกับตัวแปรตอบสนองจะใช้แผนภาพในการหาความสัมพันธ์ เมื่อเห็นความสัมพันธ์จากแผนภาพแล้ว จะต้องทำการระดมสมองเพื่อรวบรวมสาเหตุที่อาจจะส่งผลต่อปัญหา รวมทั้งระดมสมองในด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

2. การวิเคราะห์ปัญหาจากแผนภาพสาเหตุหรือเหตุผล (Cause and Effect Diagram) หรือแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

3. การจัดลำดับความสำคัญของปัญหา เมื่อได้สาเหตุที่เป็นรากเหง้าของปัญหามาหลายสาเหตุแล้ว ในการปรับปรุงงานต้องคำนึงถึงปัจจัยและการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุเหล่านั้นเพื่อที่จะคัดกรองปัจจัยที่คาดว่ามีผลกระทบมากกว่าไปปรับปรุง หรือนำไปทดลองพิสูจน์การมีนัยสำคัญและหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยสาเหตุเหล่านั้น โดยจะใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ปัญหาจากความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Metrix) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์สาเหตุและผล ซึ่งเป็นการนำสาเหตุของปัญหามาให้ความสัมพันธ์

4. การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า

5. การพิสูจน์ความมีนัยสำคัญของสาเหตุที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุรากเหง้าของปัญหา

6. การสรุปปัจจัยนำเข้าที่มีผลกระทบต่อปัญหา

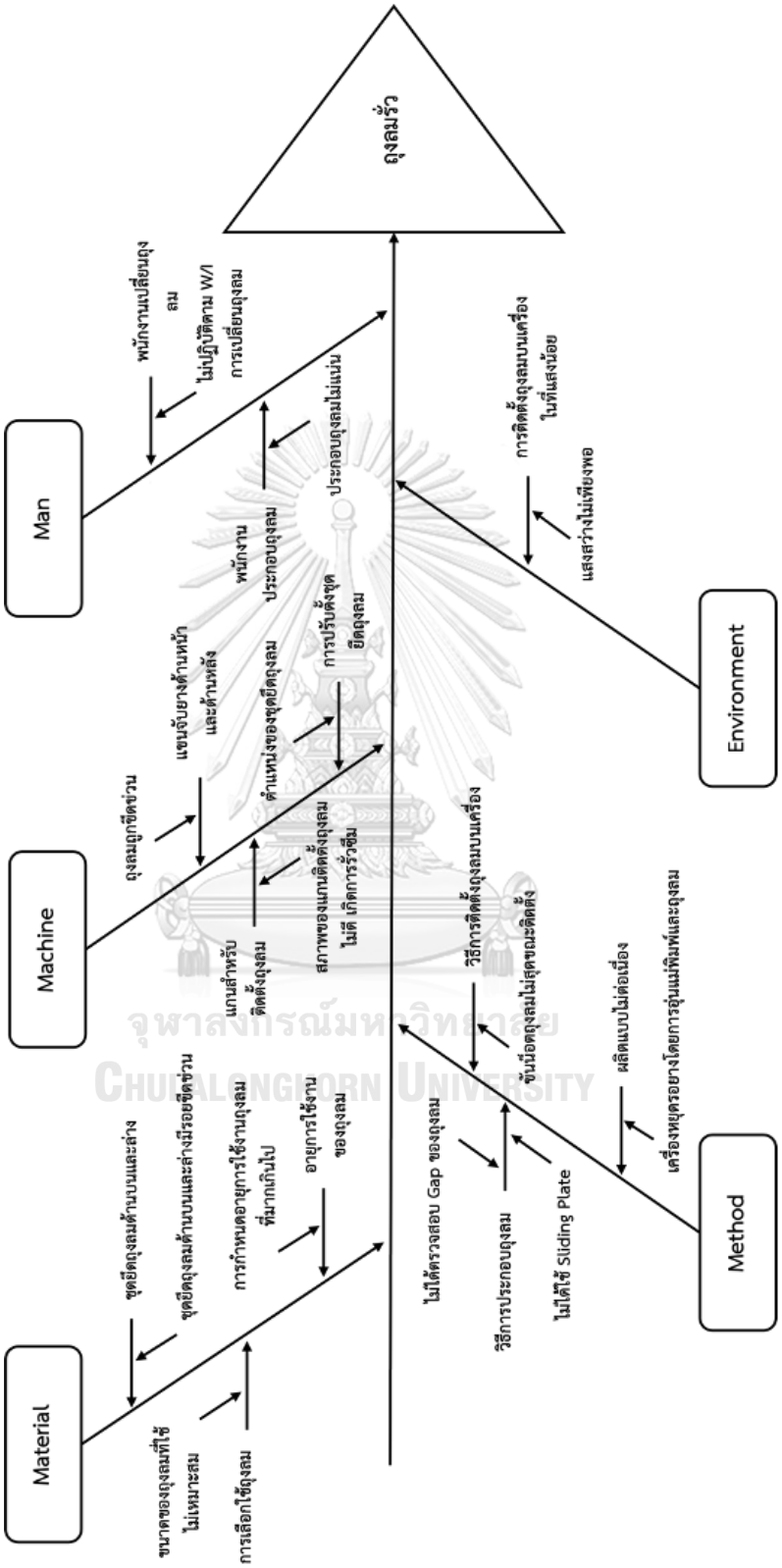
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ

5.2.1 การวิเคราะห์ปัญหาจากแผนภาพสาเหตุหรือเหตุผล

จากการระดมความคิดของทีมงานในเชิงการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนภูมิก้างปลาของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ พบว่ามีปัจจัยและผลกระทบของปัจจัยต่อการเกิดของเสีย ซึ่งมีทั้งหมด 13 ปัจจัยดังรูปที่ 43 และตารางที่ 16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 43 แผนผังก้างปลาของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ

ตารางที่ 16 ผลกระทบของปัจจัยในลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ

ลำดับที่	หมวดหมู่	ปัจจัยนำเข้า	ผลกระทบของปัจจัย
1	Man	ขั้นตอนการทำงานในการเปลี่ยนถุงลม	โดยปกติคู่มือการทำงานมีระบุไว้ชัดเจนสำหรับขั้นตอนในการปฏิบัติงานในด้านการเปลี่ยนถุงลม โดยประสบการณ์การทำงานและการฝึกอบรมที่แตกต่างกันมีผลทำให้เกิดการทำงานที่ผิดวิธี
2		ประกอบถุงลมไม่แน่น	หลังจากการประกอบจะมีขั้นตอนในการตรวจสอบว่าน็อตทุกตัวถูกขั้นแน่นหรือมีชิ้นส่วนในการประกอบถุงลมใดบ้างที่ผิดปกติ
3	Machine	ถุงลมถูกขีดข่วน	ขณะที่ทำการติดตั้งถุงลมบนเครื่องจักรถุงลมจะถูกยกขึ้นไปเปลี่ยนโดยเครื่องทุ่นแรง จึงทำให้เกิดการผิดพลาดจากการยกทำให้ถุงลมถูกขีดข่วนโดยชิ้นส่วนของเครื่องจักร
4		ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม	มาตรฐานในการปรับตั้งระยะหรือตำแหน่งของชุดยึดถุงลมถูกระบุไว้ในคู่มือการทำงาน แต่จากการใช้งานแบบต่อเนื่องทำให้ระยะของตำแหน่งชุยึดถุงลมไม่ตรงกับค่าจริง
5		สภาพของแกนติดตั้งถุงลมไม่ดี	แกนติดตั้งถุงลมเกิดความเสียหายและสึกหรอจากการใช้งานเป็นเวลานาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับที่	หมวดหมู่	ปัจจัยนำเข้า	ผลกระทบของปัจจัย
6	Material	ชุดยึดถุงลมด้านบนและด้านล่างมีรอยขีดข่วน	ในขณะทำการประกอบถุงลม หากไม่ระมัดระวังในการประกอบชุดยึดถุงลม ทำให้เกิดการกระแทกจนเกิดรอยขีดข่วนหรือรอยบิ่น
7		อายุการใช้งานของถุงลม	มาตรฐานในการกำหนดอายุการใช้งานของถุงลมในกระบวนการอบยางจะถูกกำหนดจากประวัติของการใช้ถุงลมกับรุ่นของยางรถยนต์นั้น ๆ หากกำหนดอายุการใช้งานที่ไม่เหมาะสมมีผลทำให้เกิดการรั่วในระกว่างกระบวนการอบยาง
8		ขนาดของถุงลมที่ใช้	ขนาดของถุงลมที่ใช้จะถูกกำหนดจากค่าทฤษฎีตามการคำนวณ ซึ่งมีผลโดยตรงกับอายุการใช้งานของถุงลม
9	Method	การใช้ Sliding Plate	Sliding Plate มีหน้าที่ในการตรวจสอบชุดยึดถุงลมว่าสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างพอดีหรือไม่
10		การตรวจสอบ Gap ของถุงลม	Gap ในการประกอบถุงลมจะมีมาตรฐานกำหนดไว้ หากในการประกอบโดยใช้ Gap ที่มากหรือน้อยเกินไปส่งผลทำให้เกิดแรงกระทำระหว่างชุดยึดถุงลมและถุงลม
11		ขันน็อตถุงลมไม่สุดขณะติดตั้ง	หากไม่ได้ตรวจสอบการขันน็อตให้แน่นในระหว่างการประกอบถุงลม มีผลทำให้ขณะนำไปใช้งานในกระบวนการอบยางจะทำให้น็อตคลายตัว
12		เครื่องหยุดรอยางโดยการอุ่นแม่พิมพ์และถุงลม	ระหว่างกระบวนการอบยางจะมีการยืดหยุ่นของถุงลมอยู่ตลอดเวลา หากไม่ได้ทำการผลิตถุงลมจะคงอยู่ในสภาพปกติและถูกให้ความร้อนอยู่ตลอดเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับที่	หมวดหมู่	ปัจจัยนำเข้า	ผลกระทบของปัจจัย
13	Environment	แสงสว่างไม่เพียงพอ	แสงสว่างในพื้นที่ทำงานไม่เพียงพอ ส่งผลทำให้เกิดความผิดพลาดในระหว่างการติดตั้งถุงลมบนเครื่องอบยาง

5.2.2 การวิเคราะห์ปัญหาจากความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล

จากการวิเคราะห์แผนผังก้างปลาและผลกระทบของปัจจัย จากนั้นได้มีการประชุมเพื่อระดมความคิดของทีมงานซึ่งประกอบไปด้วยทีมงานทั้งหมด 4 คน ได้แก่ พนักงานฝ่ายผลิต วิศวกรควบคุมการผลิต วิศวกรควบคุมคุณภาพ และหน่วยงานซ่อมบำรุง โดยกำหนดหลักเกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 17 หลังจากการร่วมกันระดมสมองแล้วทำการสรุปคะแนนของแต่ละปัจจัยดังตารางที่ 18 โดยให้แต่ละคนนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาเพื่อสรุปรากเหง้าของปัญหาที่แท้จริงและอธิบายตามหลักการพาเรโตดังรูปที่ 44

ตารางที่ 17 เกณฑ์การให้คะแนนความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ

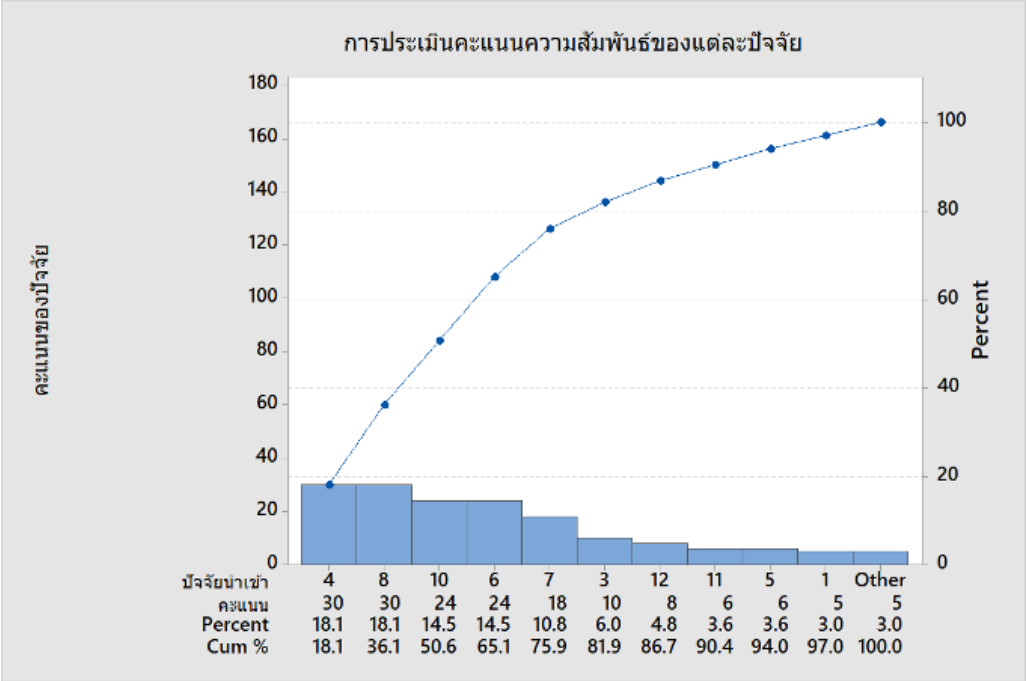
ระดับความสัมพันธ์	ความหมายของระดับความสัมพันธ์ของสาเหตุและเหตุผล	คะแนน
มาก	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์มากกับตัวแปรตอบสนอง	9
ปานกลาง	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ปานกลางกับตัวแปรตอบสนอง	3
น้อย	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์น้อยกับตัวแปรตอบสนอง	1
ไม่มี	ปัจจัยที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตอบสนอง	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 18 การประเมินคะแนนความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย

ลำดับที่	ปัจจัยนำเข้า	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	รวม
		คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	
1	ขั้นตอนการทำงานในการเปลี่ยนถุงลม	0	1	1	3	5
2	ประกอบถุงลมไม่แน่น	1	0	0	1	2
3	ถุงลมถูกขีดข่วน	3	3	1	3	10
4	ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม	9	9	3	9	30
5	สภาพของแกนติดตั้งถุงลมไม่ดี	1	1	3	1	6
6	ชุดยึดถุงลมด้านบนและด้านล่างมีรอยขีดข่วน	3	9	9	3	24

ลำดับที่	ปัจจัยนำเข้า	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	รวม
		คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	
7	อายุการใช้งานของถุงลม	3	9	3	3	18
8	ขนาดของถุงลมที่ใช้	3	9	9	9	30
9	การใช้ Sliding Plate	1	0	1	1	3
10	การตรวจสอบ Gap ของถุงลม	9	3	9	3	24
11	ขันน็อตถุงลมไม่สุดขณะติดตั้ง	1	3	1	1	6
12	เครื่องหยุดรอยางโดยการอุ่นแม่พิมพ์และถุงลม	3	3	1	1	8
13	แสงสว่างไม่เพียงพอ	0	0	0	0	0



รูปที่ 44 กราฟพาเรโตความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ

5.2.3 การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า

สิ่งที่แสดงได้จากกราฟพาเรโตความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของแต่ละปัจจัยพบว่าปัจจัยที่มีคะแนนสูงมาเป็น 5 อันดับแรก ได้แก่

5.2.3.1 ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม

ตำแหน่งของชุดยึดถุงลมสามารถปรับตั้งได้ตามความสูงของยางรถยนต์แต่ละรุ่น โดยจะใช้ตัวอักษรเป็นชื่อย่อในการระบุความหมายของระยะการปรับตั้ง โดยแต่ละตัวอักษรมีความหมาย ดังนี้

C คือ ระยะของชุดยึดถุงลมด้านบนและด้านล่าง

d คือ ขนาดของลวดขอบยาง

E คือ ระยะของยางดิบก่อนอบตั้งแต่ลวดขอบยางด้านบนถึงลวดขอบยางด้านล่าง

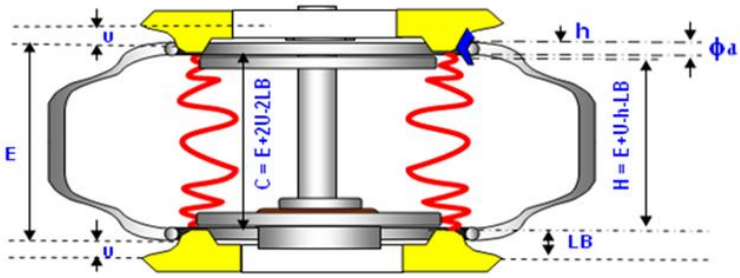
h คือ ระยะของที่จับยาง

H คือ ระยะของชุดยึดถุงลมด้านล่างถึงที่จับยาง

U คือ ระยะของจุดต่ำสุดของที่วางยางดิบก่อนอบถึงตำแหน่งที่วางยางดิบก่อนอบ

LB คือ ระยะของจุดต่ำสุดของที่วางยางดิบก่อนอบถึงจุดสูงสุดของที่วางยางดิบก่อนอบ

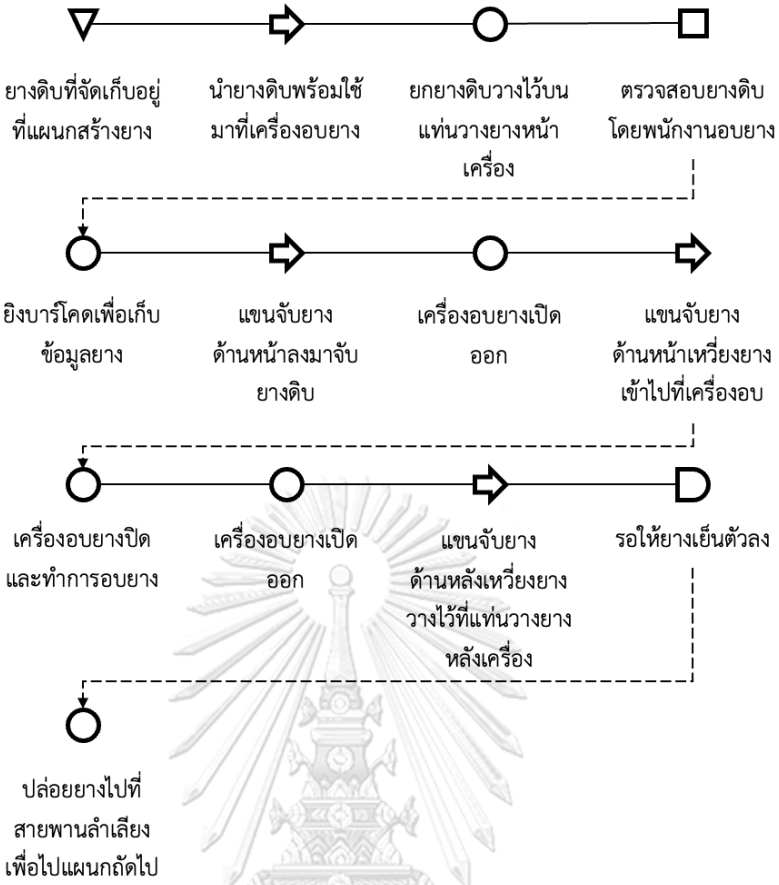
จะพิจารณาจากระยะของตัวแปร C ซึ่งจะมีค่าเท่ากับขนาดความสูงของยางรถยนต์ในแต่ละรุ่น สำหรับการปรับตั้งในระหว่างก่อนอบยางและการอบยางเสร็จสิ้นจะต้องอ้างอิงค่า C เป็นหลัก ซึ่งการปรับตั้งระยะของค่า C นี้ มีผลต่อการยืดตัวหรือหดตัวของถุงลมในขณะทำการอบยาง โดยมาตรฐานในการปรับตั้งระยะตำแหน่งของชุดยึดถุงลมดังรูปที่ 45



รูปที่ 45 มาตรฐานการปรับตั้งระยะตำแหน่งของชุดยึดถุงลม

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

นอกเหนือจากการปรับตั้งระยะของตัวแปร C แล้ว โดยปกติขั้นตอนในการทำงานของเครื่องจักรทุกประเภทในขณะที่เครื่องอบยางเปิดออกหลังจากทำการอบยางเส้นนั้น ๆ เสร็จแล้ว จะมีการหน่วงเวลาและทำการพองถุงลมเป็นระยะเวลา 10 วินาที โดยการใช้แรงดัน 0.6 บาร์ เพื่อช่วยให้ยางคงรูปหลังจากการอบยางดังรูปที่ 46



รูปที่ 46 มาตรฐานการปรับตั้งระยะตำแหน่งของชุดยึดถุงลม

5.2.3.2 ชุดยึดถุงลมด้านบนและด้านล่างมีรอยขีดข่วน

รอยขีดข่วนหรือรอยบิ่นที่เกิดขึ้นกับชุดยึดถุงลมเกิดได้จากหลากหลายสาเหตุ เช่น ขณะทำการประกอบชิ้นงานระหว่างชุดยึดถุงลมเกิดการกระแทกกันจนทำให้เกิดรอย หรือขณะทำการติดตั้งที่เครื่องจักร พนักงานไม่ได้ระมัดระวังในการติดตั้งทำให้ชุดยึดของถุงลมไปกระแทกกับชิ้นส่วนของเครื่องจักร เป็นต้นดังรูปที่ 47

รูปที่ 47 รอยขีดข่วนที่เกิดขึ้นบนชุดยึดถุงลม

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

5.2.3.3 อายุการใช้งานของถุงลม

หลังจากการพิจารณาลักษณะของปัญหาที่ทำให้เกิดถุงลมขาดที่ขอบ มีรายละเอียดของแต่ละรุ่นของยางรถยนต์และอายุการใช้งานดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 รุ่นของยางรถยนต์และอายุการใช้งาน

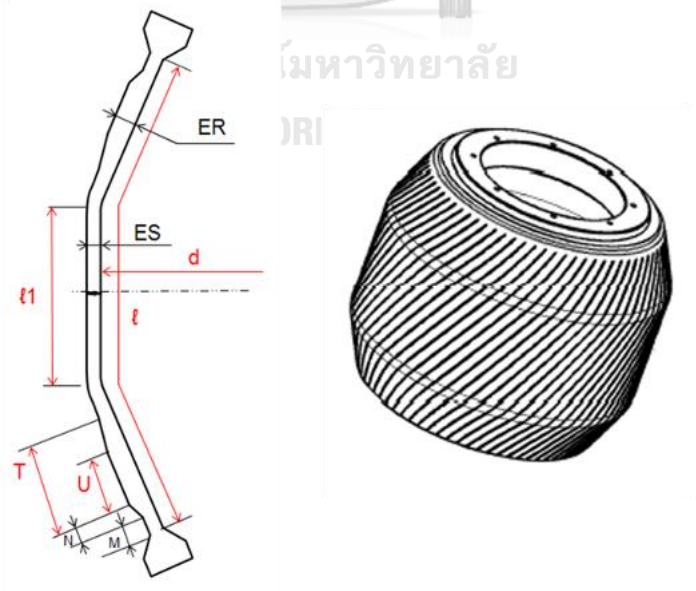
ลำดับที่	รุ่นของยางรถยนต์	รหัสของถุงลม	อายุการใช้งานที่กำหนดไว้ (ครั้ง)
1	LT-305	BB-1770	370
2	LT-364	CC-1860	365
3	LT-463	BB-1561	400
4	LT-675	BB-1667	410
5	LT-735	BB-1561	415
6	LT-743	BB-1771	350
7	LT-848	CC-1860	365
8	PC-107	CC-1960	400
9	PC-130	BB-1661	370
10	PC-135	BB-1666	415
11	PC-168	BB-1961	410
12	PC-208	CC-1960	370

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลำดับที่	รุ่นของยางรถยนต์	รหัสของถุงลม	อายุการใช้งานที่กำหนดไว้ (ครั้ง)
13	PC-241	CC-1960	410
14	PC-939	BB-2160	385
15	SUV-282	BB-1960	400
16	SUV-344	CC-1960	385
17	SUV-447	CC-1960	400
18	SUV-471	CC-1862	380
19	SUV-615	BB-1771	380
20	SUV-688	AA-1962	410
21	SUV-777	AA-1962	390
22	SUV-810	BB-1771	380

5.2.3.4 ขนาดของถุงลมที่ใช้

ขนาดของถุงลมที่ใช้จะมีให้เลือกหลากหลายชนิดตามความเหมาะสมของยางรถยนต์รุ่นต่าง ๆ ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ระยะ l คือความยาวของถุงลม และระยะ d คือเส้นผ่านศูนย์กลางของถุงลม ในการเลือกขนาดให้เหมาะสมกับยางรถยนต์รุ่นต่าง ๆ มีส่วนเกี่ยวข้องเกี่ยวกับอายุการใช้งานของถุงลมด้วยดังรูปที่ 48



รูปที่ 48 ค่าระยะต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดขนาดของถุงลม

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

5.2.3.5 การตรวจสอบ Gap ของถุงลม

มาตรฐานในการประกอบชุดยึดถุงลมทั้งด้านบนและด้านล่างจะมี Gap หรือช่องว่างระหว่างกันอยู่ที่ 5 มิลลิเมตร ตามคำแนะนำของคู่มือการประกอบถุงลม

5.2.4 การพิจารณาความมีนัยสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุรากเหง้าของปัญหาของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ

จากการวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆที่ได้มาจากกราฟการสรุปความสัมพันธ์ สามารถสรุปเหตุผลในการเลือกปัจจัยที่นำไปศึกษาต่อและไม่นำไปศึกษาต่อพร้อมทั้งสรุปแนวทางแก้ไขดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 การพิจารณาปัจจัยที่เลือกนำไปศึกษา

ลำดับที่	ปัจจัยนำเข้า	ศึกษาต่อ	ไม่ศึกษาต่อ	แนวทางการปรับปรุง
1	ขั้นตอนการทำงานในการเปลี่ยนถุงลม		X	จัดการฝึกอบรมพนักงานใหม่หรือปรับความถี่ในการฝึกอบรม
2	ประกอบถุงลมไม่แน่น		X	ตรวจสอบสภาพของถุงลมหลังจากการประกอบโดยพนักงานผู้ช่วย (คนที่ 2)
3	ถุงลมถูกขีดข่วน		X	สร้างแนวทางการเน้นย้ำสำหรับการปฏิบัติงานโดยไม่เร่งรีบ
4	ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม	X		พิจารณาคัดเลือกปัจจัยในการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสม
5	สภาพของแกนติดตั้งถุงลมไม่ดี		X	เสนอให้ฝ่ายซ่อมบำรุงปรับเปลี่ยนแผนการซ่อมบำรุงใหม่
6	ชุดยึดถุงลมด้านบนและด้านล่างมีรอยขีดข่วน	X		ทำการตรวจสอบชุดยึดถุงลมหลังจากการประกอบและติดตั้งก่อนนำไปใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับที่	ปัจจัยนำเข้า	ศึกษาต่อ	ไม่ศึกษาต่อ	แนวทางการปรับปรุง
7	อายุการใช้งานของถุงลม	X		เก็บข้อมูลอายุของถุงลมและมีการวิเคราะห์การปรับอายุเป็นรายสัปดาห์
8	ขนาดของถุงลมที่ใช้	X		พิจารณาคัดเลือกปัจจัยในการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสม
9	การใช้ Sliding Plate		X	สร้างแนวทางการเน้นย้ำสำหรับการปฏิบัติงานตามมาตรฐาน
10	การตรวจสอบ Gap ของถุงลม	X		พิจารณาคัดเลือกปัจจัยในการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสม
11	ขันน็อตถุงลมไม่สุดขณะติดตั้ง		X	ตรวจสอบสภาพของถุงลมหลังจากการติดตั้งโดยพนักงานผู้ช่วย (คนที่ 2)
12	เครื่องหยุดรอยางโดยการอุ่นแม่พิมพ์และถุงลม		X	ทำการยืด-หดถุงลม 2-3 ครั้งก่อนเริ่มทำการอบยาง
13	แสงสว่างไม่เพียงพอ		X	ติดตั้งไฟส่องสว่างเพิ่มเติมในแผนกอบยาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.3 สรุปการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ

การวิเคราะห์หาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลก่อให้เกิดถุงลมรั่วในกระบวนการอบยาง เริ่มจากการระดมสมองกับทีมงานที่เกี่ยวข้องโดยการนำเครื่องมือพื้นฐานทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์โดยอาศัยหลักการ 4M1E หรือแผนภูมิก้างปลาเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่คาดว่าส่งผลต่อการเกิดลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ ซึ่งประกอบไปด้วย 13 ปัจจัย จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่คัดเลือกโดยวิธีการให้คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล พบว่ามีทั้งหมด 5 ปัจจัยที่ได้รับคะแนนอยู่ในเกณฑ์มาก ได้แก่ ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม ชุดยึดถุงลมด้านบนและด้านล่างมีรอยขีดข่วน อายุการใช้งานของถุงลม ขนาดของถุงลมที่ใช้ และการตรวจสอบ Gap ของถุงลม ทั้งหมด 5 ปัจจัยที่กล่าวมานี้จะไม่นำปัจจัยในเรื่องชุดยึดถุงลมด้านบนและด้านล่างมีรอยขีดข่วนไปพิจารณาในการออกแบบการทดลอง เนื่องจากว่าลักษณะการเกิดรอยขีดข่วนเกิดจากปัจจัยภายนอกที่กระทำกับ

ชุดยึดถุงลม และอายุการใช้งานของถุงลม เนื่องจากว่าจะนำไปเป็นปัจจัยตอบสนองในการออกแบบการทดลองเพื่อนำไปปรับปรุง โดยผลกระทบของปัจจัยที่กล่าวมานี้ มีปัจจัยที่จะนำไปศึกษาทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม ขนาดของถุงลมที่ใช้ และการตรวจสอบ Gap ของถุงลม โดยการนำปัจจัยมาทำการทดสอบสมมติฐานว่ามีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ เป็นอย่างไร และจะนำปัจจัยที่มีนัยสำคัญไปปรับปรุงเพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในกระบวนการอบยาง โดยอาศัยวิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 6
การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)

ในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการนั้น เป็นการนำเอาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนอง ซึ่งได้มาจากขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) มาทำการปรับปรุงแก้ไขโดยผ่านขั้นตอนการระดมสมองกับคณะทีมงานในการทำงานเพื่อให้ได้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ จากนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของแต่ละปัจจัยของกระบวนการแล้วก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานต่อไป

จากบทที่ 5 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาสามารถระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ที่เป็นสาเหตุสำคัญที่มีผลต่อการเกิดของเสีย โดยในระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ จะทำการปรับปรุงปัจจัยหลังจากที่ได้คัดเลือกและวิเคราะห์มาแล้ว พร้อมทั้งหาความเหมาะสมในการควบคุมปัจจัยเหล่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดของปัจจัยของลักษณะการเกิดของเสียตามตารางที่ 21

ตารางที่ 21 สรุปปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของลักษณะการเกิดของเสียที่เกิดขึ้นแต่ละประเภท

ลักษณะการเกิดของเสีย	ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ
ถุงลมขาดที่ขอบ	ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม
	ขนาดของถุงลมที่ใช้
	การตรวจสอบ Gap ของถุงลม

6.1 การปรับปรุงกระบวนการของลักษณะการเกิดของเสียประเภทถุงลมขาดที่ขอบ

ในการปรับปรุงกระบวนการนี้จะเริ่มจากขั้นตอนการนำปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อลักษณะการเกิดของเสียทั้ง 3 ตัวแปร ได้แก่ ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม ขนาดของถุงลมที่ใช้ และการตรวจสอบ Gap ของถุงลม มาทำการทดสอบการมีนัยสำคัญระหว่างกันโดยการทดสอบสมมติฐานต่อลักษณะการเกิดของเสียอย่างไร โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบ (Response Surface Design) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ตัวแปรตอบสนองมีค่าที่ต้องการ

6.1.1 การเลือกแบบการทดลอง

การศึกษาการทดลองในการออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบในการดำเนินการศึกษานี้มีจำนวน 3 ปัจจัยสามารถพิจารณาได้ 2 แบบ ได้แก่ การทดลองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF (Face-Centered Central Composite Design: CCF) และการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design) ในการเปรียบเทียบและการเลือกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบจะ

พิจารณาถึงจำนวนครั้งการทดลองที่ต้องทำและคุณภาพของการพยากรณ์ที่จำนวนปัจจัยต่าง ๆ โดยการเปรียบเทียบเมื่อจำนวนปัจจัย (k) = 3 แสดงดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบแบบการทดลอง

แบบการทดลองจำนวนครั้งการทดลอง	จำนวนครั้งการทดลอง	Resolution
CCF	20	Full
Box-Behnken	15	-

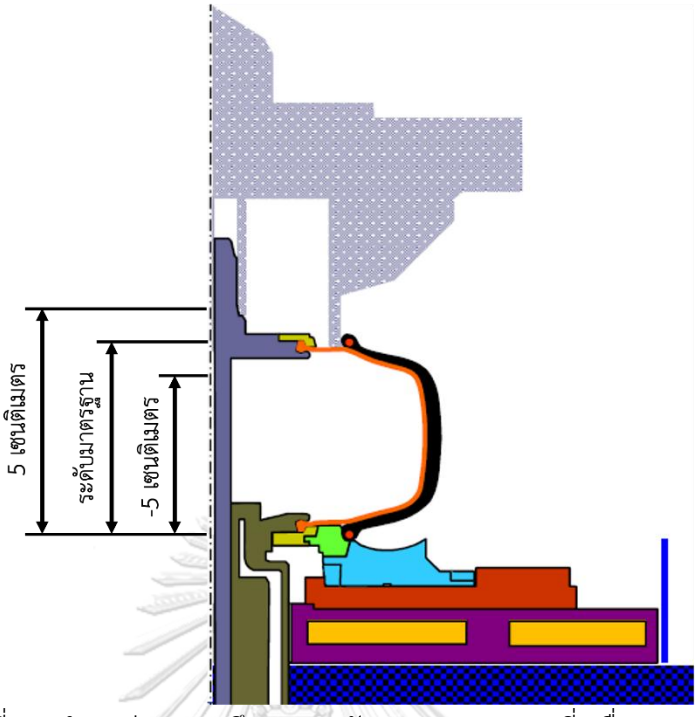
จากการพิจารณาการเปรียบเทียบจำนวนครั้งการทดลองพบว่าการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนมีความน่าสนใจมากกว่าเนื่องจากว่ามีจำนวนการทดลองที่น้อยกว่าการทดลองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF รวมไปถึงคุณภาพการพยากรณ์ในการออกแบบการทดลองนี้ไม่จำเป็นที่จะต้องทำการทดลองที่จุดแฟคทอเรียลซึ่งเป็นจุดรวมระดับสูงหรือระดับต่ำของทุกปัจจัย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกการออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวผลตอบแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน ซึ่งมีการกำหนดระดับที่ใช้ในการทดลองของปัจจัยที่ระดับสูง (+) ระดับกลาง (0) และระดับต่ำ (-1)

6.1.2 การพิจารณาในการกำหนดระดับปัจจัย

6.1.2.1 ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม

หลังจากการประกอบถุงลมเข้ากับเครื่องอบยางแล้ว จะต้องมีการปรับตั้งระยะยึดของตำแหน่งชุดยึดถุงลม โดยปกติแล้วจะปรับตั้งให้พอดีกับขนาดของยาง โดยข้อจำกัดของเครื่องจักรในการปรับตั้งระยะในแนวดิ่งหนึ่งระดับเท่ากับ 1 เซนติเมตร โดยการปรับตั้งในระยะปกติจะแทนด้วยค่า 0 ในงานวิจัยนี้จึงพิจารณาในการทดลองปรับตั้งในระยะต่ำกว่าปกติ แทนด้วยค่า -5 เซนติเมตรจากระดับปกติ และการทดลองปรับตั้งในระยะสูงกว่าปกติ แทนด้วยค่า 5 เซนติเมตรจากระดับปกติดังรูปที่ 49

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

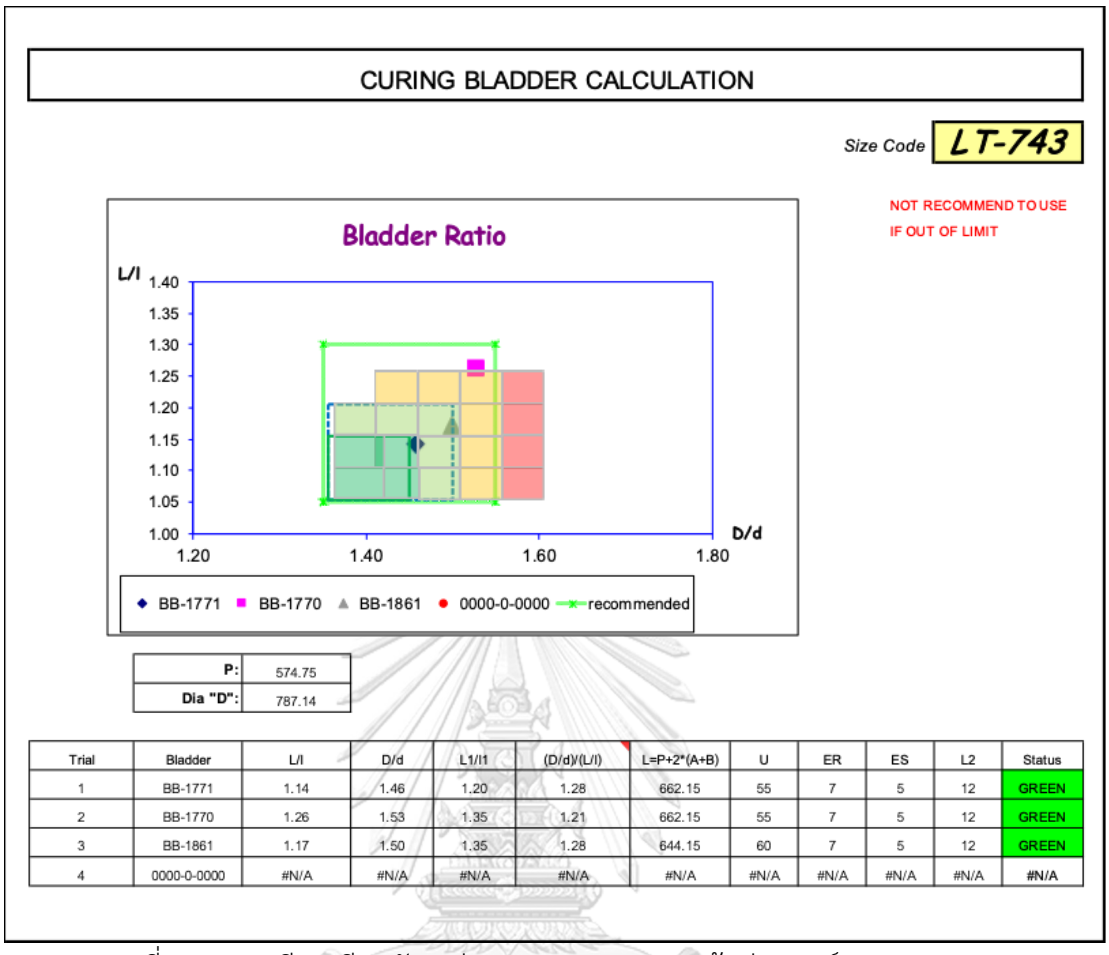


รูปที่ 49 ตำแหน่งของชุดยึดถุงลมหลังจากการประกอบที่เครื่องอบยาง
ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

6.1.2.2 ขนาดของถุงลมที่ใช้

ในการผลิตปัจจุบันสำหรับรุ่นยางรถยนต์ที่นำมาทำการทดลองจะมีมาตรฐานในการใช้คือถุงลมชนิด BB-1770 ซึ่งมีระยะความยาวของถุงลมเท่ากับ 530 มิลลิเมตร ในงานวิจัยนี้จึงพิจารณาในการทดลองการเลือกใช้ถุงลมชนิด BB-1771 ซึ่งมีระยะความยาวของถุงลมเท่ากับ 550 มิลลิเมตร และเลือกใช้ถุงลมชนิด BB-1861 ซึ่งมีระยะความยาวของถุงลมเท่ากับ 580 มิลลิเมตร โดยการเปรียบเทียบอัตราส่วนของความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของถุงลมทั้ง 3 ชนิดนี้ดังรูปที่ 50 ซึ่งถุงลมทั้ง 3 ชนิดนี้สามารถอนุญาตให้ใช้งานได้และผ่านตามข้อกำหนดการเลือกใช้ถุงลมตามมาตรฐานของโรงงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



Trial	Bladder	L/l	D/d	L1/l1	(D/d)/(L/l)	L=P+2*(A+B)	U	ER	ES	L2	Status
1	BB-1771	1.14	1.46	1.20	1.28	662.15	55	7	5	12	GREEN
2	BB-1770	1.26	1.53	1.35	1.21	662.15	55	7	5	12	GREEN
3	BB-1861	1.17	1.50	1.35	1.28	644.15	60	7	5	12	GREEN
4	0000-0-0000	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

รูปที่ 50 การเปรียบเทียบอัตราส่วนของความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของถุงลม

ที่มา: โรงงานกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.1.2.3 การตรวจสอบ Gap ของถุงลม

โดยปกติแล้วข้อแนะนำที่ถูกกำหนดไว้ของระยะ Gap ของชุดยึดถุงลมจะมีค่าเท่ากับ 5 มิลลิเมตร ในงานวิจัยนี้จึงพิจารณาในการทดลองการเลือกปรับตั้งระยะ Gap ของการประกอบชุดยึดถุงลมแบบแคบที่สุดเท่ากับ 4 มิลลิเมตร และการเลือกปรับตั้งระยะ Gap ของการประกอบชุดยึดถุงลมแบบกว้างที่สุดเท่ากับ 6 มิลลิเมตร

6.1.2.4 ปัจจัยนำเข้าและระดับของปัจจัย

การกำหนดปัจจัยนำเข้าและระดับของปัจจัยได้มาจากการเขียนตารางการออกแบบ (Design Metrix) ของแบบการทดลองที่ได้ทำการเลือกที่จะนำมาศึกษาแล้ว โดยระดับของปัจจัยต่าง ๆ จะแสดงเป็นแบบหน่วยที่เป็นค่าจริง (Uncoded Unit) ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ระดับปัจจัยที่ในแบบหน่วยที่เป็นค่าจริง

ชื่อ	ปัจจัย	ระดับปัจจัย			หน่วย
		-1	0	1	
Bladder Position	ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม	-5	0	5	เซนติเมตร
Bladder Length	ขนาดความยาวของถุงลมที่ใช้	530	550	580	มิลลิเมตร
Bladder Gap	การตรวจสอบ Gap ของถุงลม	4	5	6	มิลลิเมตร

จากการกำหนดระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองแล้ว จึงมาทำการสร้างตารางการออกแบบการทดลองที่ประกอบไปด้วยระดับปัจจัยในการทดลองรวมไปถึงลำดับการทดลอง โดยจะเป็นการเรียงลำดับการทดลองแบบสุ่มซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ในแต่ละการทดลองมีความเป็นอิสระต่อกัน ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ตารางการออกแบบการทดลอง

Std Order	Run Order	ปัจจัย		
		Bladder Position	Bladder Length	Bladder Gap
1	2	5	530	5
2	12	0	580	6
3	9	0	530	4
4	7	-5	555	6
5	5	-5	555	4
6	15	0	555	5
7	6	5	555	4
8	10	0	580	4
9	8	5	555	6
10	11	0	530	6
11	13	0	555	5
12	14	0	555	5
13	3	-5	580	5
14	1	-5	530	5
15	4	5	580	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.1.3 การดำเนินการทดลอง

ในขั้นตอนดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการระดมสมองกับทีมงานที่เกี่ยวข้องอีกครั้งหลังจากการวิเคราะห์สาเหตุและผลของปัญหาในครั้งแรกเพื่อให้การดำเนินการทดลองเป็นไปได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานและเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการปรับตั้งเครื่องจักรหรือเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนการทดสอบ โดยเงื่อนไขในการทดลองที่ทำการตกลงร่วมกันมีดังนี้

1. ทำการทดลองในเครื่องจักรเครื่องเดียวกัน
2. เลือกรุ่นของยางรถยนต์ที่นำมาทำการทดลองให้เป็นรุ่นเดียวกัน
3. มีการตรวจสอบการบำรุงรักษาพิเศษหลังจากการดำเนินการทดลองในแต่ละครั้งให้เครื่องจักรกลับมาอยู่ในสภาพเดิมทุกครั้ง

หลังจากการดำเนินการทดลองตามที่ออกแบบไว้ในเงื่อนไขที่กล่าวไปข้างต้นและทำการสรุปผลการทดลองจากการเก็บข้อมูลโดยนับจากอายุการใช้งานถุงลมของยางเส้นสุดท้ายหลังจากพบลักษณะของเสียที่เกิดจากการขาดที่ขอบของถุงลม จะได้ผลการทดลองดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ตารางการออกแบบการทดลองและผลการทดลอง

Std Order	Run Order	ปัจจัย			อายุการใช้งานถุงลม (ครั้ง)
		Bladder Position	Bladder Length	Bladder Gap	
1	2	5	530	5	342
2	12	0	580	6	372
3	9	0	530	4	360
4	7	-5	555	6	333
5	5	-5	555	4	331
6	15	0	555	5	365
7	6	5	555	4	352
8	10	0	580	4	385
9	8	5	555	6	350
10	11	0	530	6	359
11	13	0	555	5	365
12	14	0	555	5	367
13	3	-5	580	5	331
14	1	-5	530	5	335
15	4	5	580	5	390

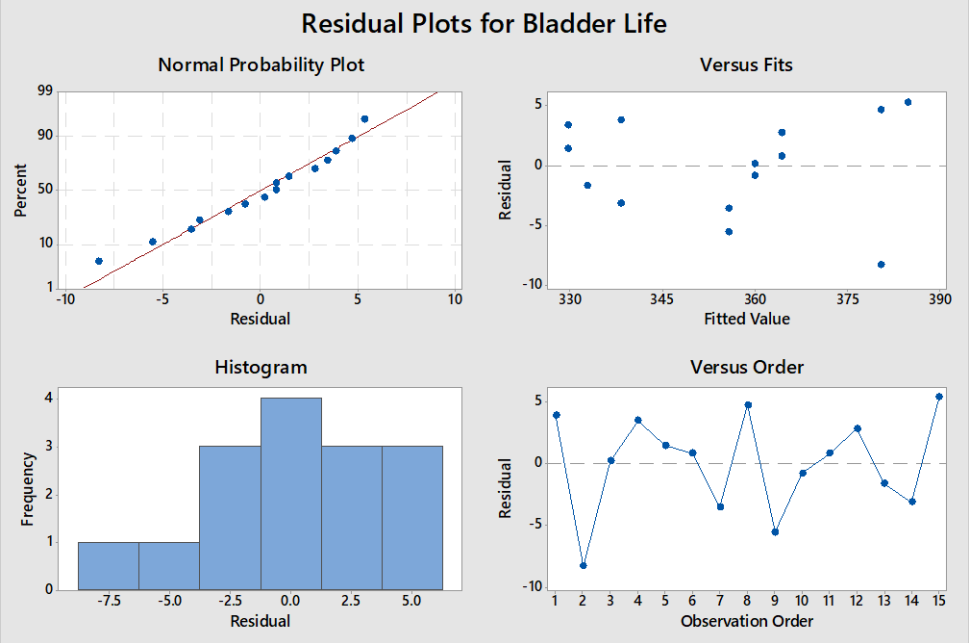
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.1.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากการดำเนินการออกแบบการทดลอง และนำการทดลองในแต่ละขั้นตอนไปทดสอบในกระบวนการผลิต จึงได้ผลการทดลองที่ครบถ้วนสมบูรณ์ จากนั้นนำไปเข้าโปรแกรม Minitab เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและตัวชี้วัดทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

6.1.4.1 การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking)

เมื่อได้ข้อมูลที่ไปทำการทดลองมาทำการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองในโปรแกรม Minitab จะได้กราฟการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองดังรูปที่ 51



รูปที่ 51 กราฟการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองโดยพิจารณาจากรูปที่ 51 มีรายละเอียดดังนี้

1. ส่วนที่ 1 กราฟซ้าย-บน Normal Probability Plot

การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงแบบปกติ สามารถดูได้จากกราฟ Normal Probability Plot แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ที่จัดตัวอยู่ตามแนวเส้นตรง และมีค่า P-value ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่ามีการกระจายตัวแบบปกติ

2. ส่วนที่ 2 กราฟขวา-บน Versus Fits

การทดสอบสมมติฐานความคงที่ของความแปรปรวนของค่าส่วนตกค้าง ซึ่งดูได้จากกราฟ Residual Versus Fitted Value ซึ่งมีการกระจายตัวแบบไม่เป็นแนวโน้มหรือในรูปแบบของกรวยปากเปิด สามารถสรุปได้ว่าส่วนตกค้างมีความแปรปรวนคงที่

3. ส่วนที่ 3 กราฟซ้าย-ล่าง Histogram

ลักษณะของกราฟ Histogram มีลักษณะการกระจายตัวแบบระฆังคว่ำ ไม่เกิดการกระจายตัวแบบผิดปกติ สามารถสรุปได้ว่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติ

4. ส่วนที่ 4 กราฟขวา-ล่าง Versus Order

การทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระของค่าส่วนตกค้าง (Independence of Residual) ซึ่งดูได้จากกราฟ Residual Versus Observation Order ซึ่งมีการกระจายตัวแบบไม่เป็นแนวโน้ม โดยกราฟที่ได้จะมีลักษณะเป็นบวกและลบสลับกัน สามารถสรุปได้ว่าส่วนตกค้างมีความเป็นอิสระต่อกัน

6.1.4.2 การดำเนินการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์การทดลองจากรูปที่ 52 พบว่าจำนวนเทอมที่มีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีทั้งสิ้น 4 เทอม ได้แก่ ผลกระทบหลักของปัจจัย Bladder Position และ Bladder Length เทอมกำลังสองของ Bladder Position และผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย Bladder Position*Bladder Length ส่วนปัจจัย Bladder Gap ไม่มีผลต่ออายุของถุงลม ซึ่งมีค่า R-sq เท่ากับ 97.42 เปอร์เซ็นต์ ค่า R-Sq (adj) เท่ากับ 92.78 เปอร์เซ็นต์ และค่า R-Sq (pred) เท่ากับ 59.47 เปอร์เซ็นต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Response Surface Regression: Bladder Life versus ... ngth, Bladder Gap

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	4898.73	544.30	20.99	0.002
Linear	3	2217.00	739.00	28.50	0.001
Bladder Position	1	1352.00	1352.00	52.13	0.001
Bladder Length	1	840.50	840.50	32.41	0.002
Bladder Gap	1	24.50	24.50	0.94	0.376
Square	3	1965.73	655.24	25.27	0.002
Bladder Position*Bladder Position	1	1760.10	1760.10	67.87	0.000
Bladder Length*Bladder Length	1	118.56	118.56	4.57	0.086
Bladder Gap*Bladder Gap	1	20.10	20.10	0.78	0.419
2-Way Interaction	3	716.00	238.67	9.20	0.018
Bladder Position*Bladder Length	1	676.00	676.00	26.07	0.004
Bladder Position*Bladder Gap	1	4.00	4.00	0.15	0.711
Bladder Length*Bladder Gap	1	36.00	36.00	1.39	0.292
Error	5	129.67	25.93		
Lack-of-Fit	3	127.00	42.33	31.75	0.031
Pure Error	2	2.67	1.33		
Total	14	5028.40			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
5.09248	97.42%	92.78%	59.47%

Coded Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	365.67	2.94	124.37	0.000	
Bladder Position	13.00	1.80	7.22	0.001	1.00
Bladder Length	10.25	1.80	5.69	0.002	1.00
Bladder Gap	-1.75	1.80	-0.97	0.376	1.00
Bladder Position*Bladder Position	-21.83	2.65	-8.24	0.000	1.01
Bladder Length*Bladder Length	5.67	2.65	2.14	0.086	1.01
Bladder Gap*Bladder Gap	-2.33	2.65	-0.88	0.419	1.01
Bladder Position*Bladder Length	13.00	2.55	5.11	0.004	1.00
Bladder Position*Bladder Gap	-1.00	2.55	-0.39	0.711	1.00
Bladder Length*Bladder Gap	-3.00	2.55	-1.18	0.292	1.00

Regression Equation in Uncoded Units

Bladder Life = 2548 - 270.6 Bladder Position - 9.05 Bladder Length + 88.2 Bladder Gap
- 21.83 Bladder Position*Bladder Position
+ 0.00907 Bladder Length*Bladder Length - 2.33 Bladder Gap*Bladder Gap
+ 0.520 Bladder Position*Bladder Length - 1.00 Bladder Position*Bladder Gap
- 0.120 Bladder Length*Bladder Gap

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Bladder Life	Fit	Resid	Std Resid	
4	333.00	327.75	5.25	2.06	R
7	352.00	357.25	-5.25	-2.06	R

R Large residual

รูปที่ 52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและผลการวิเคราะห์การถดถอยของอายุถุงลม

6.1.4.3 การปรับปรุงแบบจำลอง

จากการวิเคราะห์ที่ผ่านมาจะเป็นการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์แบบเต็มรูปแบบ ซึ่งจะรวมกับพจน์ที่ไม่มีนัยสำคัญรวมอยู่ด้วย ในการปรับปรุงแบบจำลองโดยการลดรูปของแบบจำลองจะ

ใช้วิธี Stepwise Regression แบบวิธีการเพิ่มตัวแปร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อมาทำการสร้างสมการแบบลดรูปดังรูปที่ 53

Response Surface Regression: Bladder Life versus ... ngth, Bladder Gap

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: Bladder Position, Bladder Length, Bladder Gap, Bladder Position*Bladder Position, Bladder Length*Bladder Length, Bladder Gap*Bladder Gap, Bladder Position*Bladder Length, Bladder Position*Bladder Gap, Bladder Length*Bladder Gap

	-----Step 1----		-----Step 2----		-----Step 3----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	367.57		367.57		367.57	
Bladder Position	13.00	0.012	13.00	0.003	13.00	0.000
Bladder Position*Bladder Position	-22.07	0.005	-22.07	0.001	-22.07	0.000
Bladder Length			10.25	0.012	10.25	0.001
Bladder Position*Bladder Length					13.00	0.001
Bladder Length*Bladder Length						
S		12.4422		9.61634		5.84136
R-sq		63.06%		79.77%		93.21%
R-sq(adj)		56.90%		74.25%		90.50%
R-sq(pred)		38.20%		51.67%		75.66%
Mallows' Cp		62.63		32.22		8.16

	-----Step 4----	
	Coef	P
Constant	364.23	
Bladder Position	13.00	0.000
Bladder Position*Bladder Position	-21.65	0.000
Bladder Length	10.25	0.000
Bladder Position*Bladder Length	13.00	0.000
Bladder Length*Bladder Length	5.85	0.046
S		4.87931
R-sq		95.74%
R-sq(adj)		93.37%
R-sq(pred)		81.58%
Mallows' Cp		5.26

α to enter = 0.15, α to remove = 0.15
The stepwise procedure added terms during the procedure in order to maintain a hierarchical model at each step.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	4814.13	962.83	40.44	0.000
Linear	2	2192.50	1096.25	46.05	0.000
Bladder Position	1	1352.00	1352.00	56.79	0.000
Bladder Length	1	840.50	840.50	35.30	0.000
Square	2	1945.63	972.82	40.86	0.000
Bladder Position*Bladder Position	1	1741.59	1741.59	73.15	0.000
Bladder Length*Bladder Length	1	126.95	126.95	5.33	0.046
2-Way Interaction	1	676.00	676.00	28.39	0.000
Bladder Position*Bladder Length	1	676.00	676.00	28.39	0.000
Error	9	214.27	23.81		
Lack-of-Fit	7	211.60	30.23	22.67	0.043
Pure Error	2	2.67	1.33		
Total	14	5028.40			

รูปที่ 53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและผลการวิเคราะห์การถดถอยของอายุถุงลม โดยวิธีการลดรูป

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
4.87931	95.74%	93.37%	81.58%

Coded Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	364.23	2.34	155.39	0.000	
Bladder Position	13.00	1.73	7.54	0.000	1.00
Bladder Length	10.25	1.73	5.94	0.000	1.00
Bladder Position*Bladder Position	-21.65	2.53	-8.55	0.000	1.01
Bladder Length*Bladder Length	5.85	2.53	2.31	0.046	1.01
Bladder Position*Bladder Length	13.00	2.44	5.33	0.000	1.00

Regression Equation in Uncoded Units

Bladder Life = 3018 - 275.6 Bladder Position - 9.97 Bladder Length
- 21.65 Bladder Position*Bladder Position
+ 0.00935 Bladder Length*Bladder Length
+ 0.5200 Bladder Position*Bladder Length

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Bladder Life	Fit	Resid	Std Resid	
2	372.00	380.33	-8.33	-2.07	R

R Large residual

Effects Pareto for Bladder Life

Residual Plots for Bladder Life

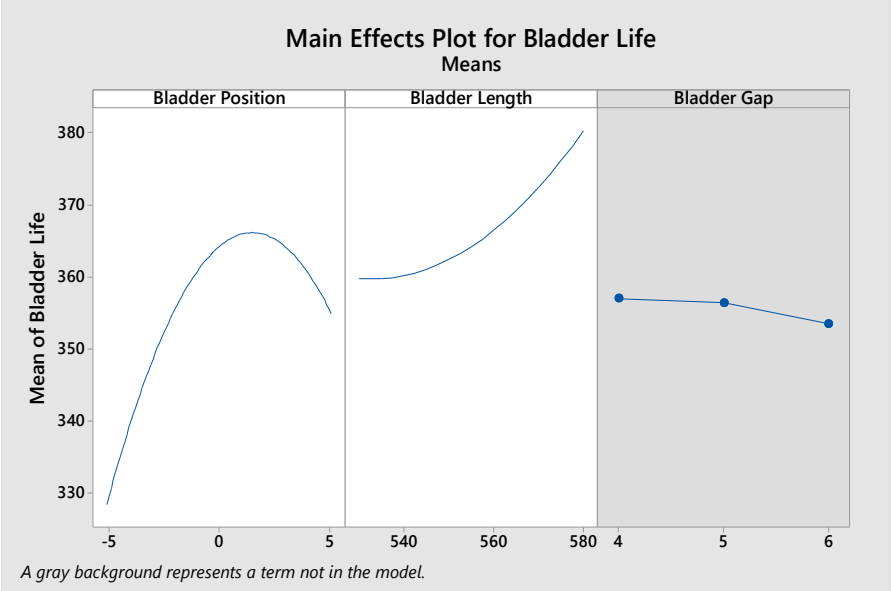
รูปที่ 53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและผลการวิเคราะห์การถดถอยของอายุถุงลม โดยวิธีการลดรูป (ต่อ)

ในการปรับปรุงแบบจำลองโดยวิธีการการลดรูปแบบจำลองโดยการคัดเลือกเฉพาะเทอมที่มีนัยสำคัญที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเพื่อทำให้สมการมีความกระชับจากรูปที่ 53 พบว่า หลังจากการทำการปรับปรุงแบบจำลองของอายุถุงลมจะเห็นได้ว่าเทอมที่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 มีทั้งหมด 4 เทอม ได้แก่ ผลกระทบหลักของปัจจัย Bladder Position และ Bladder Length เทอมกำลังสองของ Bladder Position และผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย Bladder Position*Bladder Length และมีสมการถดถอย (Regression Equation) ดังนี้

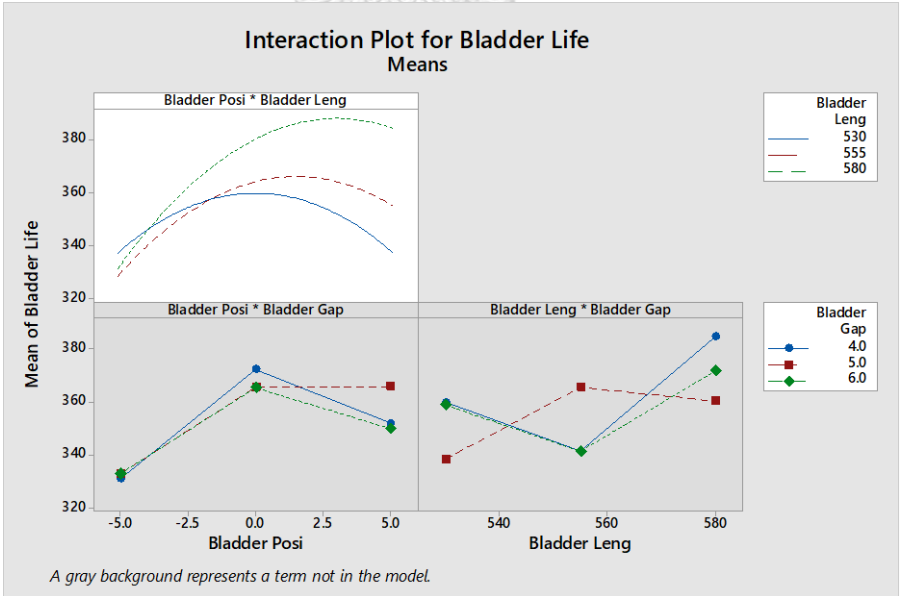
Bladder Life = 3018 – 275.6Bladder Position – 9.97Bladder Length – 21.65Bladder Position*Bladder Position + 0.00935 Bladder Length*Bladder Length + 0.5200Bladder Position*Bladder Length

ซึ่งมีค่า R-sq เท่ากับ 95.74 เปอร์เซ็นต์ ค่า R-Sq (adj) เท่ากับ 93.37 เปอร์เซ็นต์ และค่า R-Sq (pred) เท่ากับ 81.58 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการพิจารณากราฟผลกระทบหลักของปัจจัย (Main Effect Plot) ดังรูปที่ 54 และกราฟผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction Plot) ดังรูปที่ 55 เพื่อตรวจสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยและแสดงถึงการพิจารณาอายุการใช้งานของถุงลม



รูปที่ 54 กราฟผลกระทบหลักของปัจจัย



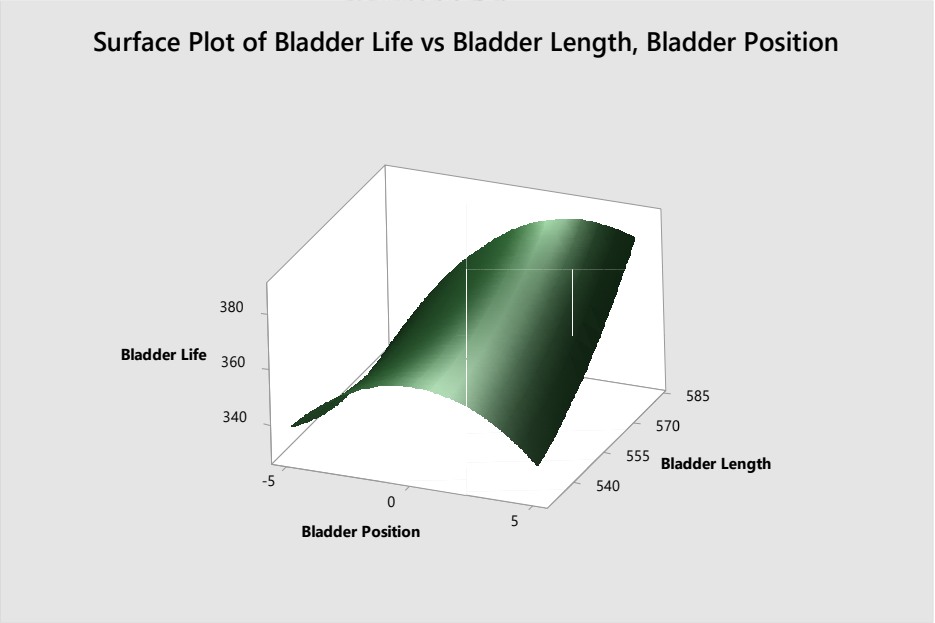
รูปที่ 55 กราฟผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย

การวิเคราะห์ข้างต้นจะเห็นว่าปัจจัยของ Bladder Position และ Bladder Length มีเทอมของผลกระทบหลักและเทอมผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสองที่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อ

อายุของถุงลม ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์จากกราฟพื้นผิวตอบสนอง (Surface Plot) ของปัจจัย Bladder Position และ Bladder Length ในการอธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัย Bladder Position และ Bladder Length เพื่อพิจารณาว่าปัจจัยมีผลต่อตัวแปรตอบสนองในลักษณะใด

6.1.4.4 การพิจารณาพื้นผิวตอบสนอง

การแสดงผลของกราฟพื้นผิวตอบสนองใช้สำหรับการแสดงผลการเปลี่ยนแปลงของอายุถุงลมของแบบจำลองที่ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ในรูปแบบของพื้นผิว เพื่อนำไปเป็นหลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์และตัดสินใจสำหรับการเลือกการตั้งค่าที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต โดยกราฟพื้นผิวตอบที่มีผลต่อการใช้งานของอายุถุงลมดังรูปที่ 56



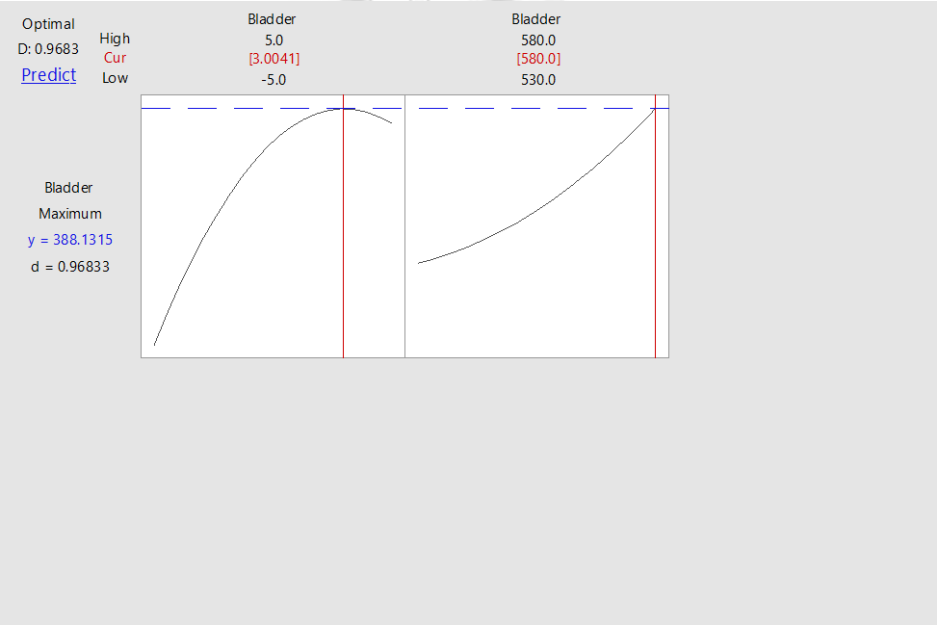
รูปที่ 56 กราฟพื้นผิวตอบแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัย Bladder Position และ Bladder Length ที่มีผลต่ออายุถุงลม

ปัจจัยของ Bladder Position และ Bladder Length มีผลกระทบร่วมระหว่างกัน จากกราฟพื้นผิวตอบดังรูปที่ 56 แสดงให้เห็นว่าเมื่อ Bladder Position อยู่ในตำแหน่งสูงสุด 5 เมื่อ Bladder Length เปลี่ยนแปลงจากระดับต่ำไปสูง จะทำให้อายุการใช้งานของถุงลมใช้งานได้นานขึ้น เนื่องจากว่าเมื่อทำการยืด Bladder Position ไปสู่ตำแหน่งสูงสุดก็จะทำให้ถุงลมเกิดการยืดตัวขึ้นไป ซึ่งแปรผันตรงกับ Bladder Length อีกนัยหนึ่งคือขณะทำการอบยางจะมีการเบ่งแรงดันให้ถุงลมแนบติดไปกับท้องยางทำให้เมื่อใช้ Bladder Length ที่มีค่าสูง อายุการใช้งานของถุงลมจะสูงขึ้นด้วย

6.2 การหาระดับที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยนำเข้า

ในการออกแบบการทดลองที่ผ่านมาพบว่าตัวแปรตอบสนองที่ต้องการศึกษา ได้แก่ อายุการใช้งานของถุงลมที่มากที่สุดที่จะไม่ทำให้เกิดการรั่วของถุงลมในระหว่างกระบวนการผลิต โดยมีปัจจัยที่สำคัญ คือ Bladder Position และ Bladder Length โดยต้องการทำการหาค่าที่ดีที่สุดหรือเป็นการเลือกใช้การปรับตั้งที่ดีที่สุดตามเป้าหมายของการลดของเสียจากการรั่วของถุงลม

ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด จะเป็นการใช้ฟังก์ชัน Response Optimizer จากโปรแกรม Minitab ในการหาค่า โดยเป็นการระบุตัวแปรตอบสนองซึ่งได้แก่อายุการใช้งานของถุงลม มีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนถุงลมและลดของเสียที่จะเกิดขึ้นจากการรั่วของถุงลม ในการทำ Response Optimizer ดังรูปที่ 57



รูปที่ 57 ผลการหาค่าที่เหมาะสมด้วยฟังก์ชัน Response Optimizer

จากการวิเคราะห์การหาค่าที่เหมาะสมพบว่า การตั้งค่า Bladder Position ควรปรับตั้งให้อยู่ในระดับที่แนะนำคือ 3 เซนติเมตร และ Bladder Length ควรใช้ขนาดความยาวของถุงลมที่มากที่สุดคือ 580 มิลลิเมตร จึงจะทำให้อายุการใช้งานของถุงลมใช้ได้ยาวนานที่สุด

โดยการปรับตั้งการใช้งานสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ จะถูกนำไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริงเพื่อยืนยันผลการทดลองนี้

6.3 สรุปขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ

การศึกษาการทดลองเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองนี้สรุปได้ว่าเป็นการเลือกใช้การทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design) ในการเปรียบเทียบและการเลือกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่ออายุการใช้งานของถุงลมมี 2 ปัจจัย ได้แก่ Bladder Position และ Bladder Length จากนั้นทำการทดลองหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของระดับปัจจัยทั้งสองเพื่อให้ได้อายุการใช้งานของถุงลมที่มากที่สุด กล่าวคือการปรับตั้ง Bladder Position จะอยู่ในระดับที่แนะนำคือ 3 เซนติเมตร แต่ในความเป็นจริงแล้วข้อกำหนดของเครื่องจักรในการปรับตั้งจะมีการคลาดเคลื่อนจากอุปกรณ์อยู่ที่ประมาณ 3 ถึง 5 เซนติเมตร และการเลือกใช้ขนาดความยาวของถุงลมที่ยาวที่สุดคืออยู่ที่ 580 มิลลิเมตร หลังจากที่สรุปผลออกมาแล้วจึงนำผลลัพธ์ที่ได้ไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริงและทำการติดตามผลหลังจากการปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 7
การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

จากการดำเนินการในด้านการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาและการดำเนินการทดลองในขั้นตอนต่างๆตามหลักของ DMAIC เริ่มตั้งแต่การนิยามปัญหา การวัดสภาพปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ และในขั้นตอนสุดท้ายนี้จะเป็นขั้นตอนในการควบคุมกระบวนการ ซึ่งจะเป็นการนำแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหานำไปประยุกต์ใช้และปฏิบัติจริงเพื่อสร้างมาตรฐานในกระบวนการอบยาง พร้อมทั้งสร้างแนวทางในการควบคุมให้กระบวนการอบยางสามารถดำเนินต่อไปในแนวทางที่ได้กำหนดไว้เพื่อหลีกเลี่ยงและป้องกันความเสี่ยงที่จะเกิดของเสียขึ้น

7.1 แนวทางการควบคุมระดับปัจจัย

วิธีปฏิบัติเพื่อหาแนวทางการควบคุมซึ่งเป็นการสร้างมาตรฐานในการปรับปรุงกระบวนการผลิตยางรถยนต์ทำเพื่อให้กระบวนการผลิตเป็นไปตามข้อกำหนดต่าง ๆ ตามที่ได้ศึกษาทดลองและวิเคราะห์มาแล้วนั้น เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดปัญหาและการลดของเสียของลักษณะการเกิดของเสียจากถุงลมขาดที่ขอบที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยมีแนวทางการควบคุมดังต่อไปนี้

7.1.1 แนวทางการควบคุมตำแหน่งของชุดยึดถุงลม

การควบคุมเครื่องจักรให้เป็นไปตามแบบที่กำหนดเป็นแนวทางสำคัญในการรักษาเสถียรภาพและป้องกันปัญหาการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง วิธีการปฏิบัติเพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมการปรับตั้งตำแหน่งของชุดยึดถุงลม มีวิธีการปฏิบัติดังนี้

1. ในขณะทำการติดตั้งถุงลมบนเครื่องอบยาง ให้ทำการตั้งค่าตำแหน่งของชุดยึดถุงลมตามเอกสารการติดตั้ง

2. ปรับโหมดเครื่องจักรให้อยู่ในตำแหน่งตั้งต้น (Initial State)

3. ใช้ตลับเมตรสำหรับการวัดตำแหน่งเพื่อยืนยันให้มั่นใจว่าค่าที่ปรับตั้งที่เครื่องจักรกับค่าที่วัดจริงมีค่าเท่ากัน

7.1.2 แนวทางการควบคุมชุดยึดถุงลมด้านบนและด้านล่างมีรอยขีดข่วน

การป้องกันชุดยึดถุงลมจากการถูกขีดข่วนในกระบวนการอบยางเป็นเรื่องสำคัญที่ช่วยให้สามารถรักษาคุณภาพและประสิทธิภาพของกระบวนการอบยางเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดของเสียได้ วิธีการปฏิบัติเพื่อเป็นแนวทางในการควบคุม มีวิธีการปฏิบัติดังนี้

7.1.2.1 สำหรับพนักงานประจำสถานีงานประกอบถุงลม

1. เลือกชุดยึดถุงลมจากที่จัดเก็บตามขนาดที่ต้องการใช้งานโดยอ้างอิงจากแผนการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ตรวจสอบชุดยึดถุงลมอย่างละเอียดโดยการด้วยสายตาและใช้มือสัมผัสที่ผิวของชุดยึดถุงลมโดยรอบ หากพบว่าชุดยึดถุงลมเกิดความเสียหายแบบที่ไม่สามารถใช้งานต่อได้ ให้ทำการคัดแยกเพื่อนำไปทำลาย หากเสียหายเพียงเล็กน้อยให้ทำในขั้นตอนที่ (3)

3. หากพบว่าเกิดรอยขีดข่วน รอยบิ่น หรือรอยแตกร้าว ให้นำตะไบมาขัดที่จุดนั้นให้กลับเป็นปกติ

4. นำกระดาษทรายละเอียดมาขัดในบริเวณที่ใช้ตะไบเพื่อทำให้ผิวของชุดยึดถุงลมเรียบขึ้น

5. นำไปประกอบเข้ากับถุงลมเพื่อรอใช้งาน

6. ตรวจสอบสภาพของชุดยึดถุงลมอีกครั้งก่อนการนำไปใช้งาน

7.1.2.2 สำหรับพนักงานประจำสถานีงานที่เครื่องอบยาง

1. ทำการเลือกถุงลมที่จะนำไปใช้ในกระบวนการอบยางจากที่จัดเก็บถุงลมหลังการประกอบ

2. ตรวจสอบสภาพของถุงลมและชุดยึดถุงลมก่อนนำไปที่หน้าเครื่องอบยาง

3. เมื่อถึงขั้นตอนการเปลี่ยนถุงลม ให้ใช้ความระมัดระวังในการใช้อุปกรณ์ทุ่นแรงยกถุงลมไปติดตั้งที่เครื่องอบยาง

4. หลังจากการติดตั้งเสร็จแล้ว ให้ทำการตรวจสอบสภาพของถุงลมและชุดยึดถุงลมอีกครั้งเพื่อให้มั่นใจว่าไม่ได้ถูกกระแทกกับชิ้นส่วนอื่นๆของเครื่องอบยาง

7.1.2.3 สำหรับพนักงานประจำสถานีงานเพื่อแก้ไขปัญหาด้านคุณภาพ (Troubleshooting)

1. ทำการตรวจสอบที่เครื่องอบยางหลังจากได้รับแจ้งจากพนักงานประจำสถานีงานที่เครื่องอบยางจากปัญหาเครื่องจักรกระแทกกับชุดยึดถุงลมในระหว่างผลิตยาง

2. หากพบว่าเกิดรอยขีดข่วน รอยบิ่น หรือรอยแตกร้าว ให้นำตะไบมาขัดที่จุดนั้นให้กลับเป็นปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. ติดตามผลหลังจากทำการผลิตยางเส้นแรกหลังการแก้ไข เพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่มีผลกระทบหรือความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง

7.1.3 แนวทางการควบคุมอายุการใช้งานของถุงลม

แนวทางในการสร้างระบบในการติดตามผลแบบเรียลไทม์เป็นกระบวนการที่ใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบและรายงานข้อมูลในเวลาที่เกิดขึ้นอยู่ในขณะนั้น สำหรับการติดตามผลอายุการใช้งานของถุงลมสามารถเห็นได้ทันทีและสร้างระบบในการแจ้งเตือนกรณีอายุของถุงลมใกล้ถึงกำหนดที่จะต้องเปลี่ยนตามที่ตั้งค่าไว้ โดยในการสร้างระบบติดตามผลแบบเรียลไทม์สามารถทำได้โดยใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่

1. การนำข้อมูลของค่าที่เครื่องจักรกำลังแสดงผลอยู่ โดยนำข้อมูลมาจากเซนเซอร์หรืออุปกรณ์ตรวจวัดมาส่งสัญญาณ เช่น จังหวะการเปิดหรือปิดของเครื่องจักร ตัววัดค่าอุณหภูมิ ตัววัดค่าความดัน หรืออื่น ๆ เป็นต้น

2. นำค่าที่ได้จากเครื่องจักรส่งข้อมูลไปที่ศูนย์กลางการประมวลผล ซึ่งเป็นระบบคอมพิวเตอร์หรือเซิร์ฟเวอร์ที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์หรืออุปกรณ์ตรวจวัดและทำการประมวลผลแบบเรียลไทม์

3. สร้างระบบการแสดงผลแบบกราฟฟิกหรือรูปแบบการแสดงผลลัพธ์ให้ผู้ใช้งานเห็นภาพรวมและสามารถติดตามได้แบบเรียลไทม์

ระบบการติดตามผลแบบเรียลไทม์นี้สามารถนำไปใช้ได้ในหลายด้านที่ต้องการความเร็วในการตอบสนองและการปรับปรุงกระบวนการในเวลาที่เกิดความผิดปกติได้อย่างทันที

7.1.4 แนวทางการควบคุมขนาดของถุงลมที่ใช้

สำหรับแนวทางการควบคุมการเลือกใช้ขนาดถุงลมที่เหมาะสมเพื่อลดปัญหาการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง มีดังต่อไปนี้

1. ทำการคัดเลือกถุงลมที่มีขนาดความยาวของถุงลมและเส้นผ่านศูนย์กลางของถุงลมตามข้อกำหนด โดยการเลือกจากอัตราส่วนของ L/l และ D/d จะต้องอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับ

2. ทำการทดสอบและปรับปรุงในการเลือกใช้ขนาดของถุงลมที่เหมาะสม โดยทำการทดสอบในการใช้ขนาดถุงลมที่ต่างกันเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในกระบวนการอบยาง และทำการปรับปรุงตามผลที่ได้เพื่อให้ได้ขนาดของถุงลมที่ช่วยลดปัญหาการรั่วอย่างมีประสิทธิภาพ

7.1.5 แนวทางการควบคุมการตรวจสอบ Gap ของถุงลม

เนื่องจากการทดสอบการมีนัยสำคัญของการออกแบบการทดลองพบว่า Gap ของถุงลมไม่มีผลต่อการเกิดของเสีย ซึ่งการตรวจสอบ Gap ของถุงลมตามมาตรฐาน 5 มิลลิเมตรจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในทางปฏิบัติ โดยการวัดเป็นกระบวนการที่ช่วยให้เราตรวจสอบและวัดระยะห่างระหว่างชิ้นส่วนของชุดยึดถุงลม โดยแนวทางในการตรวจสอบมีดังนี้

1. การเลือกใช้เครื่องมือวัด ควรใช้บล็อกเกจในการตรวจสอบ Gap

2. ตำแหน่งการวัด ให้วัด Gap ในตำแหน่งแนวตั้งหรือแนวราบของชุดยึดถุงลมที่ต้องการตรวจสอบ โดยวางเครื่องมือวัดให้ชิดกับชิ้นส่วนที่ต้องการวัด

3. การตรวจสอบ ตรวจสอบว่าค่า Gap ที่วัดได้ตรงกับความกว้างที่ต้องการหรือไม่ หากค่า Gap ไม่ตรงกับค่าที่คาดหวัง ต้องทำการปรับแต่งหรือแก้ไขสภาพของชุดยึดถุงลมใหม่

4. การบันทึกผล ทำการบันทึกค่า Gap ที่วัดได้เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการตรวจสอบและปรับปรุงกระบวนการในอนาคต

7.2 ปัจจัยในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

จากการดำเนินการตามขั้นตอนตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา ทั้ง 5 ขั้นตอน ได้แก่ ระยะการนิยามปัญหา (Define Phase) ระยะการเก็บข้อมูลสภาพปัญหาก่อนการปรับปรุง (Measure Phase) ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) และระยะการควบคุมกระบวนการ (Control Phase) ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะการเกิดของเสียของถุงลมจากการขาดที่ขอบของถุงลม ภายหลังจากการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสีย โดยทั้งหมด 3 ปัจจัยในการปรับตั้ง ได้แก่ ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม ขนาดของถุงลมที่ใช้ และการตรวจสอบ Gap ของถุงลม รวมไปถึงปัจจัยที่นอกเหนือจากการออกแบบการทดลอง ได้แก่ การสร้างมาตรฐานชุดยึดถุงลมด้านบนและด้านล่างมีรอยขีดข่วน และการกำหนดอายุการใช้งานของถุงลมที่เหมาะสม โดยเมื่อนำมาเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ ทั้งก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงนั้นดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบปัจจัยในการปรับปรุงกระบวนการทั้งก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ปัจจัย	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
1. ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม	ระดับปกติ	ระดับสูงกว่าปกติ (+3 เซนติเมตร)
2. ขนาดของถุงลมที่ใช้	BB-1771	BB-1861
3. การตรวจสอบ Gap ของถุงลม	5 มิลลิเมตร	5 มิลลิเมตร
4. ชุดยึดถุงลมด้านบนและด้านล่างมีรอยขีดข่วน	ไม่มีการตรวจสอบ	สร้างมาตรฐานในการตรวจสอบชุดยึดถุงลม
5. อายุการใช้งานของถุงลม	350	380

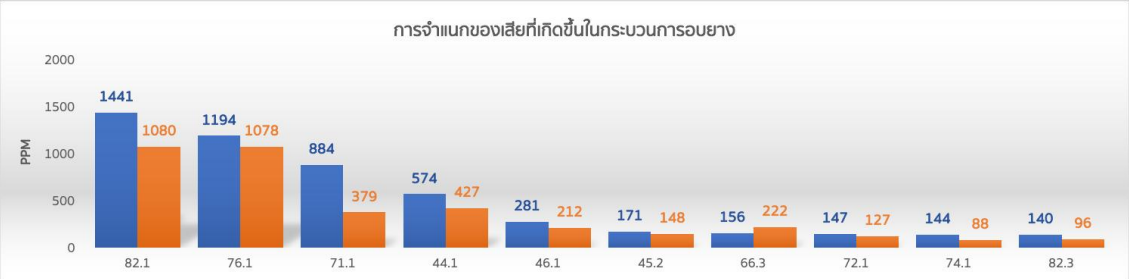
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.3 ข้อมูลหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต

7.3.1 ข้อมูลของเสียในกระบวนการอบยางหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต

ภายหลังจากการดำเนินงานเพื่อลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการอบยาง โดยการประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา เมื่อเสร็จสิ้นทั้ง 5 ขั้นตอนแล้ว และได้ทำการปฏิบัติภายใต้แผนงานในการปรับปรุงและควบคุมกระบวนการผลิต

จากรูปที่ 58 และตารางที่ 27 พบว่าของเสียจากการรั่วของถุงลม (71.1) ลดลงจากเดิม 884 ppm เหลือ 379 ppm ของเสียที่เปลี่ยนแปลงคิดเป็นร้อยละ 57.13 หรือคิดมูลค่าความเสียหายลดลงไป 760,000 บาท



รูปที่ 58 เปรียบเทียบข้อมูลของเสียในกระบวนกรอบยางก่อนและหลังการปรับปรุง

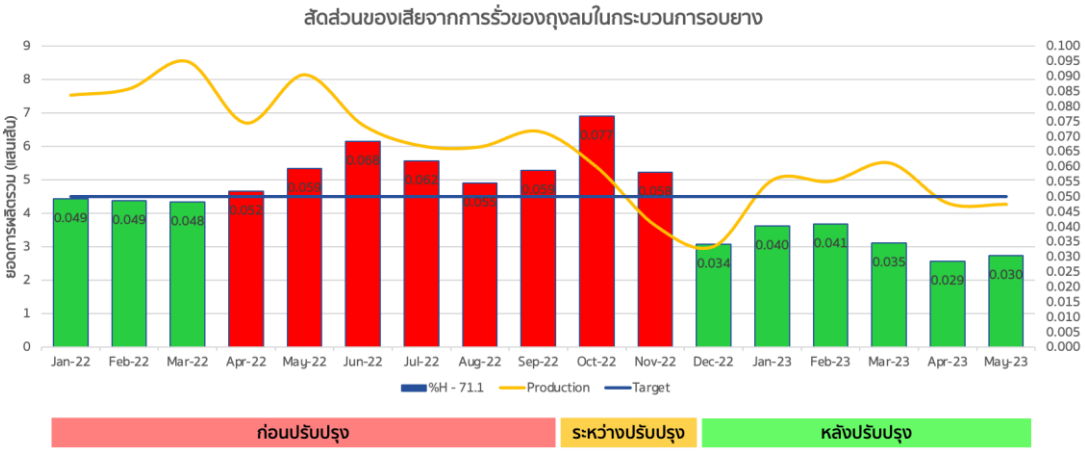
ตารางที่ 27 สรุปจำนวนของเสียและมูลค่าของเสียก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ตัวเลขปัญหา	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
	จำนวนของเสีย (ppm)	มูลค่าของเสีย (ล้านบาท)	จำนวนของเสีย (ppm)	มูลค่าของเสีย (ล้านบาท)
44.1	574	0.86	427	0.64
45.2	171	0.26	148	0.22
46.1	281	0.42	212	0.32
66.3	156	0.23	222	0.33
71.1	884	1.33	379	0.57
72.1	147	0.22	127	0.19
74.1	144	0.21	88	0.13
76.1	1,194	1.79	1,078	1.62
82.1	1,441	2.16	1,080	1.62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.3.2 สัดส่วนของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต

จากรูปที่ 59 และตารางที่ 28 เป็นการสรุปสัดส่วนของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง พบว่าสัดส่วนของเสียก่อนการปรับปรุงเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.06 และหลังการปรับปรุงอยู่ที่ร้อยละ 0.03 จากเป้าหมายของโรงงานกรณีศึกษาอยู่ที่ร้อยละ 0.05 สัดส่วนของเสียที่เปลี่ยนแปลงคิดเป็นร้อยละ 50



รูปที่ 59 เปรียบเทียบสัดส่วนของเสียจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 28 สรุปสัดส่วนของเสียก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ตัวเลขปัญหา	สัดส่วนของเสียก่อนปรับปรุง (%)	สัดส่วนของเสียหลังปรับปรุง (%)
71.1	0.06	0.03

7.4 สรุประยะการควบคุมกระบวนการ

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยกำหนดค่าที่เหมาะสมของปัจจัยเพื่อลดของเสียที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการอบยาง และตอบสนองทางด้านการควบคุมปริมาณของเสียให้อยู่ในเป้าหมายของโรงงานกรณีศึกษา โดยจะต้องดำเนินการควบคุมให้อยู่ในแบบแผนตามขั้นตอนที่ได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อให้สามารถควบคุมกระบวนการผลิตให้มีความสม่ำเสมอและยั่งยืน

แนวทางในการควบคุมปัจจัยสามารถทำได้โดยการปฏิบัติตามคู่มือการทำงานที่ถูกกำหนดไว้และมีการฝึกอบรมพนักงานให้เข้าใจถึงจุดประสงค์ของการปรับปรุงกระบวนการในแนวทางการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ รวมไปถึงการสร้างจิตสำนึกในการมีส่วนร่วมทางด้านคุณภาพ ความถูกต้องในการปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 8
สรุปผลการศึกษา

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต รวมไปถึงการสร้างโอกาสในการลดต้นทุนในการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของโรงงานกรณีศึกษาจากการศึกษาโดยใช้แนวทางการดำเนินงานและเครื่องมือของซิกซ์ ซิกมา เข้ามาดำเนินการในการแก้ปัญหา โดยดำเนินการตามขั้นตอนของการปรับปรุงคุณภาพตามหลักการ DMAIC ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน คือ การนิยามปัญหา การวัดสภาพปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อการวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นและหาสาเหตุของปัญหา พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นเกิดจากถุงลมขาดที่ขอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

8.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

ในขั้นตอนการนิยามปัญหา ได้ทำการศึกษากระบวนการอบยางและสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งปัญหาการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางเป็นการเสียหายที่เกิดขึ้นเมื่อถุงลมที่ใช้ในกระบวนการอบยางไม่สามารถรักษาแรงดันอากาศภายในให้แน่นเพียงพอ ผลที่เกิดจากปัญหานี้คือการสูญเสียความดันอากาศในถุงลม ทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความดันที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการอบยางได้อย่างมีประสิทธิภาพ การรั่วของถุงลมอาจทำให้ยางไม่ได้รับการอบสมบูรณ์และมีคุณสมบัติไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ผลกระทบเหล่านี้อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยางที่ผลิตขึ้น รวมไปถึงความเสี่ยงที่จะส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพไปสู่ลูกค้า ดังนั้นการแก้ไขปัญหาการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางเป็นสิ่งสำคัญที่จำเป็นในการพัฒนากระบวนการผลิตยางให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพที่สูงขึ้นได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะการเก็บข้อมูลสภาพปัญหาก่อนการปรับปรุงเป็นขั้นตอนที่ทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง เพื่อให้ทราบถึงขอบเขตของปัญหา รวมถึงสาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา การเก็บข้อมูลสภาพปัญหาประกอบไปด้วยข้อมูลเชิงเทคนิค เช่น การปรับตั้งเครื่องจักร การเลือกใช้ถุงลม การตรวจสอบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับถุงลม ขั้นตอนการประกอบถุงลม ขั้นตอนการติดตั้งถุงลม และข้อมูลอื่น ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาและแหล่งที่มาของปัญหา ระยะการเก็บข้อมูลสภาพปัญหาเป็นขั้นตอนสำคัญในการวิเคราะห์และตีความข้อมูลเพื่อพัฒนาวิธีการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการอบยาง เพื่อลดปัญหาการรั่วของถุงลมให้มากที่สุด

ในขั้นตอนระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการวิเคราะห์และตีความข้อมูลที่เก็บรวบรวมเกี่ยวกับปัญหาการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง เพื่อหาสาเหตุหลักที่เป็น

ต้นตอของปัญหานี้ถูกทำการแก้ไข ระยะการวิเคราะห์ปัญหาเป็นการนำปัจจัยที่ผ่านการคัดกรอกและทำการทดลองด้วยเครื่องมือทางสถิติต่าง ๆ โดยออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^k เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดการรั่วของถุงลมที่เกิดขึ้นในกระบวนการอบยางอย่างแท้จริง โดยมีปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม ขนาดของถุงลมที่ใช้ การตรวจสอบ Gap ของถุงลม โดยทำการทดลองทั้งหมด 15 การทดลองโดยใช้วิธีการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน โดยพิจารณาพื้นผิวผลตอบเพื่อหาระดับที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยนำเข้า ผลการทดลองพบว่ามี 2 ปัจจัย ได้แก่ ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม และขนาดของถุงลมที่ใช้ ที่ส่งผลต่อลักษณะการเกิดของเสียจากการขาดที่ขอบของถุงลมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุเป็นขั้นตอนสำคัญในการสรุปผลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาการรั่วของถุงลม ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่สำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการอบยางเพื่อลดปัญหาการรั่วของถุงลมให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด

ในช่วงระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการอบยางเพื่อลดปัญหาการรั่วของถุงลมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ขั้นตอนนี้เน้นการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาตามสาเหตุและปัจจัยที่พบในระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดลักษณะของเสียขึ้นในกระบวนการอบยาง ซึ่งมี 2 ปัจจัย ได้แก่ ตำแหน่งของชุดยึดถุงลม และขนาดของถุงลมที่ใช้ โดยการนำปัจจัยทั้ง 2 นี้มาปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ รวมทั้งนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตที่เป็นเครื่องจักรประเภทอื่น ๆ และรุ่นของยางรถยนต์อื่น ๆ ด้วย

การออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยนำเข้าโดยช่วยในการยืดอายุการใช้งานของถุงลมในกระบวนการอบยางและลดของเสียที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยมีปัจจัย 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ มีจำนวนการทดลองทั้งหมด 15 การทดลอง จากการทำการทดลองพบว่ามี 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียจากการรั่วของถุงลม โดยระดับปัจจัยการปรับตั้งที่เหมาะสม คือ ตำแหน่งของชุดยึดถุงลมโดยการยึดระยะตำแหน่งชุดยึดถุงลมด้านบนขึ้นไป 3 ถึง 5 เซนติเมตร และขนาดของถุงลมที่ใช้มีความยาวอยู่ที่ 580 มิลลิเมตร

ในส่วนสุดท้ายเป็นการนำค่าปัจจัยที่เหมาะสมไปทำการประยุกต์ใช้ในกระบวนการอบยางเพื่อยืนยันผล และทำการติดตามผลอย่างใกล้ชิด ในทำนองเดียวกันในการปรับปรุงกระบวนการจึงมีการจัดทำมาตรฐานการทำงานและวิธีการทำงานใหม่ อีกทั้งยังต้องมีการจัดการฝึกอบรมเพื่อให้พนักงานมีความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนในการปฏิบัติงาน จากการติดตามผลในระหว่างการปรับปรุงกระบวนการผลิตและหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่าจำนวนของเสียที่เกิดจากการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางลดลงจากเดิม 884 ppm เหลือ 379 ppm ของเสียที่เปลี่ยนแปลงคิดเป็นร้อยละ 57.13 หรือคิดมูลค่าความเสียหายลดลงไป 760,000 บาท ในส่วนของสัดส่วนของ

เสียก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ร้อยละ 0.06 หลังการปรับปรุงอยู่ที่ร้อยละ 0.03 สัดส่วนของเสียที่เปลี่ยนแปลงคิดเป็นร้อยละ 50

8.2 ปัญหาและอุปสรรค

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงปัญหาและอุปสรรคในการปรับปรุงแก้ไขถุงลมรั่วในกระบวนการอบยาง ซึ่งเป็นข้อสำคัญที่ต้องพิจารณาในวิทยานิพนธ์เกี่ยวกับหัวข้อนี้ ปัญหาที่พบอาจเกี่ยวข้องกับระบบการควบคุมเครื่องจักรในกระบวนการอบยาง นอกจากนี้ยังอาจมีปัญหาทางเทคนิค เช่น ความผิดปกติของโครงสร้างของถุงลมที่ได้รับมาจากการสั่งซื้อ การรั่วของถุงลมที่เกิดจากปัจจัยภายนอกที่มากระทำ เป็นต้น อุปสรรคอีกประการหนึ่งที่เกิดขึ้นจากปัญหาทางด้านการลงทุนในการปรับปรุงกระบวนการอบยาง

การสรุปปัญหาและอุปสรรคเหล่านี้จะทำให้สามารถแสดงเห็นถึงความสำคัญและความสามารถในการปรับปรุงกระบวนการอบยางเพื่อลดปัญหาการรั่วของถุงลมอย่างเหมาะสม

8.3 การนำงานวิจัยไปต่อยอดเพื่ออนาคต

การนำผลการทดลองและการปรับปรุงกระบวนการในหัวข้อการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางไปต่อยอดมีความสำคัญกับอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์ เนื่องจากสามารถนำความรู้และข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนากระบวนการอบยางให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น ในการพัฒนายางรถยนต์รุ่นใหม่ ๆ จากเดิมที่ต้องใช้วิธีทดสอบจากหลายส่วนประกอบและใช้เวลานาน แต่เมื่อนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปช่วยในการลดขั้นตอนการทดสอบ ประหยัดเวลา รวมถึงลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบ เป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาวัสดุหรือเทคโนโลยีที่สามารถแก้ไขปัญหาการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางในระดับความเชื่อมั่นสูง ดังนั้นการนำผลการทดลองและประยุกต์ใช้การปรับตั้งที่เหมาะสมไปต่อยอดจะมีประโยชน์ที่สำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการอบยางในอนาคตเพื่อลดปัญหาการรั่วของถุงลมอย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้

8.4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ในการรวมรวมข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. การพัฒนาและการนำเสนอการเลือกใช้วัสดุชนิดใหม่ที่มีความยืดหยุ่นและทนทานเพื่อลดการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยาง

2. การพัฒนาอุปกรณ์เสริมเพื่อตรวจวัดและควบคุมค่าต่าง ๆ เช่น การตรวจวัดระบบความดันอากาศในถุงลมอย่างสม่ำเสมอหรือการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับการรั่ว

3. การปรับแต่งระบบการควบคุมระบบความดันอากาศภายในถุงลมโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยแทนการควบคุมด้วยระบบทางกลที่ควบคุมโดยคนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของกระบวนการอบยาง

4. การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางเพื่อตรวจหาแนวทางแก้ไขอื่น ๆ ที่มีผลต่อการรั่วของถุงลม

การนำเสนอเกี่ยวกับข้อเสนอแนะในการป้องกันการรั่วของถุงลมในกระบวนการอบยางจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการสรุปและแสดงถึงการพัฒนาในการปรับปรุงกระบวนการอบยางเพื่อลดปัญหาการรั่วของถุงลมอย่างมีประสิทธิภาพและเสถียรภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Antosz, K., Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Waszkowski, R., & Machado, J. (2022). Application of Lean Six Sigma for sustainable maintenance: case study. IFAC-PapersOnLine, 55(19), 181-186.

Gejdoš, P. (2015). Continuous Quality Improvement by Statistical Process Control. Procedia Economics and Finance, 34, 565-572.

Guleria, P., Pathania, A., Sharma, S., & Sá, J. C. (2022). Lean six-sigma implementation in an automobile axle manufacturing industry: A case study. Materials Today: Proceedings, 50, 1739-1746.

Gupta, V., Jain, R., Meena, M. L., & Dangayach, G. S. (2018). Six-sigma application in tire-manufacturing company: a case study. Journal of Industrial Engineering International, 14, 511-520.

Ikumapayi, O. M., Akinlabi, E. T., Mwema, F. M., & Ogbonna, O. S. (2020). Six sigma versus lean manufacturing – An overview. Materials Today: Proceedings, 26, 3275-3281.

Montgomery, D. C. (2017). Design and analysis of experiments. John wiley & Sons.

Runger, D. C. M. a. G. C. (2010). Applied statistics and probability for engineers. John Wiley & Sons.

Sreelakshmi, M., Devika, J., John, A., & Deepa, O. (2021). Reducing the Time Delay in Curing Process by the Implementation of DMAIC in Tyre Production. In (pp. 465-478).

Tenera, A., & Pinto, L. C. (2014). A Lean Six Sigma (LSS) Project Management Improvement Model. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 119, 912-920.

โอสถศิลป์, น. (2561). เอกสารประกอบการเรียนวิชา Quality Improvement. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กุศลิน, ก. (2017). การลดของเสียในกระบวนการเป่าฟิล์ม โดยวิธีซิกซ์ ซิกมา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชุติมา, ป. (2545). การออกแบบและการวิเคราะห์การทดลอง. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปฏิภาณ, จ. (2014). การปรับปรุงระบบบริการยานพาหนะ โดยประยุกต์แนวคิด ลีน ซิกซ์ ซิกม่า. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มยุรา, ห. (2011). การปรับปรุงกระบวนการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์ โดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ศรุต, จ. (2011). การใช้เศษกระเบื้องบดเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กระเบื้องหลังคาคอนกรีตชนิดเรียบโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิรภัสสร, ม. (2016). การลดของเสียในกระบวนการผลิตยางรถยนต์โดยแนวทางซิกซ์ ซิกมา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรอุมา, ส. (2016). การปรับปรุงกระบวนการอบแบลดเดอร์ในกระบวนการผลิตยางรถยนต์โดยใช้หลักการออกแบบค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายนินวัฒน์ นำลาภ

วัน เดือน ปี เกิด 30 ตุลาคม 2537

สถานที่เกิด ชลบุรี

วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ที่อยู่ปัจจุบัน 74/8 ม.4 ต.ตะเคียนเตี้ย อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20150

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University