

การลดของเสียในกระบวนการผลิตยางรถยนต์โดยแนวทางซิกซ์ ซิกมา



นางสาวศิริภัสสร มีครุฑ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REDUCTION OF DEFECTIVE IN TIRE PROCESS BY SIX SIGMA APPROACH

Miss Sirapatsorn Meekrut



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

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

ศิริภัสสร มีครุฑ : การลดของเสียในกระบวนการผลิตยางรถยนต์โดยแนวทางซิกซ์ ซิกมา (REDUCTION OF DEFECTIVE IN TIRE PROCESS BY SIX SIGMA APPROACH) อ.ที่
 ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร, 117 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดอัตราการเกิดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ ของกรณีศึกษาโรงงานผลิตยางรถยนต์ตัวอย่าง ดำเนินการโดย (1) การนิยามปัญหา (2) การตรวจวัดปัญหา (3) การวิเคราะห์ปัญหา (4) การแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ และ (5) การควบคุมกระบวนการผลิต จากการสำรวจ ตรวจวัดสภาพปัญหา และคัดเลือกหุ่นยางรถยนต์ พบว่า ปริมาณการเกิดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปยางมีค่าเฉลี่ย 846 ล้านในล้านส่วน (หรือ ppm) ต่อเดือน และมีมูลค่าความเสียหายเท่ากับ 1.08 ล้านบาทต่อเดือน เมื่อจัดอันดับความสำคัญของปัญหา โดยวิธีการพาเรโต พบว่าประเภทข้อบกพร่องที่เป็นของเสียสะสมมากกว่า 80% ของประเภทของเสีย คือ ข้อบกพร่องประเภท แรงกระทำในแนวนอนมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน (R) และประเภท มีเศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ยางรถยนต์ (F) ซึ่งมีจำนวนของเสียเฉลี่ย 495 ppm และ 238 ppm ต่อเดือน จากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการทางสถิติ พบว่า ข้อบกพร่องประเภท R มีสาเหตุจากรอยต่อของขอบยางที่บริเวณแก้มยางไม่แนบสนิท และปรับปรุงโดยเพิ่มพื้นที่หน้าสัมผัสของรอยต่อให้มากขึ้น ส่วนข้อบกพร่องประเภท F มีสาเหตุจากสายพานลำเลียงเสื่อมชำรุดและขาดการทำความสะอาด รวมถึงพื้นที่บริเวณเครื่องจักรที่ทำการผลิตยางรถยนต์สกปรก ดำเนินการปรับปรุงโดย กำหนดแผนการตรวจสอบและทำความสะอาด และทำการทดสอบสาเหตุปัจจัยด้วยวิธีทางสถิติ สุดท้ายทำการควบคุมการผลิตเพื่อป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดซ้ำ จากผลการปรับปรุง พบว่า (1) จำนวนของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง 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) เมื่อนำสาเหตุที่พบไปประยุกต์ใช้กับกรณีการผลิตยางรถยนต์รุ่นต่างๆ ในโรงงาน เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าปริมาณของเสียโดยรวมมีค่าเฉลี่ยลดลงจาก 4,184 ppm เป็น 2,687 ppm ต่อเดือน หรือลดลงจากเดิม 35.8% และคิดเป็นผลประหยัดได้ 1.7 ล้านบาทต่อเดือน หรือ 20.4 ล้านบาทต่อปี

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2559

5670967321 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: SIX SIGMA / TIRE PROCESS / RADIAL FORCE VARIATION / DEFECTIVE REDUCTION / COST REDUCTION

SIRAPATSORN MEEKRUT: REDUCTION OF DEFECTIVE IN TIRE PROCESS BY SIX SIGMA APPROACH. ADVISOR: ASST. PROF. SOMCHAI PUAJINDANETR, Ph.D., 117 pp.

The aim of this research was to reduce waste from assembly (building) process of tire for a case study of tire manufacturer. The phases of study were to (1) Define phase, (2) Measurement phase, (3) Analysis phase, (4) Improvement phase and (5) Control phase. The production problems were investigated in order to select the tire model as the case study. The result revealed had the defect average of 846 ppm per month that it was equivalent to 1.08 million baht loss per month. Considering the defect priority using Prato's technique, there were 2 main defects that were (1) the Radial Force Variation out of specification (R) and Foreign matter (F) having the defect average of 495 and 238 ppm per month, respectively. The problems analysis phase applying statistic tool showed the root causes effects that (1) the surface area of the lap joint of the bead at the side wall of the tire caused R defect, the increasing the surface area was applied for improvement; (2) the deteriorate of belt conveyor and lack of cleaning caused the F defect, setting plan check the belt conveyor and the period of cleaning line were performed. The hypothesis of the cause factors was applied using the statistic test. Finally, the building process factors were controlled to prevent re-occurrence problem. The results of the improvement showed that (1) the R and F defect were reduced to 99 and 43 ppm per month, respectively, or decreased to 80% and 81.9% from existing. The defect cost saving was 0.5 million baht per month, or 6 million baht per year (2) when the cause factors found were applied to the production in during 3 months, the defects could remarkably decrease from the existing of 4,184 to 2,687 ppm per month, or 35.8 % reduction, and the defect cost could save to 1.7 million baht per month, or 20.4 million baht per year.

Department: Industrial Engineering Student's Signature

Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature

Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ซึ่งได้รับความช่วยเหลือและเสียสละเวลาในการให้คำปรึกษาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งคอยให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ รวมถึงการสั่งสอนถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดีมาโดยตลอด จึงขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ และรองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึกษ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบ เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้โอกาสศึกษาและทำวิจัย รวมถึงความร่วมมือจากหัวหน้างาน เพื่อนร่วมงาน และพนักงานทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล และทำการทดลองเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาจนสามารถศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ได้จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ๆ และทุกคนในครอบครัวที่ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนด้านการศึกษาเสมอมา รวมทั้งคอยเป็นกำลังใจ ผลักดันตลอดเวลา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ รวมทั้งบุคคลอื่นๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูปภาพ.....	ฏ
บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
1.1 รายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา.....	1
1.2 สภาพปัญหาและความสำคัญของปัญหาในปัจจุบัน	1
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	4
1.5 ขั้นตอนในการศึกษาและวิจัย	4
1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2	6
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของยางรถยนต์	6
2.2 กระบวนการผลิตยางรถยนต์.....	7
2.2.1 กระบวนการผลิตส่วนหน้า.....	7
2.2.2 กระบวนการผลิตส่วนหลัง	8
2.3 หลักการของ RFV (Radial force variation)	12
2.4 ประวัติของซิกซ์ ซิกมา	15

2.4.1 ความหมายของซิกซ์ ซิกมา	15
2.4.2 แนวคิดของซิกซ์ ซิกมา	16
2.4.3 ขั้นตอนของการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา.....	16
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
บทที่ 3	27
การนิยามปัญหา (Define Phase).....	27
3.1 การศึกษากระบวนการผลิตยางรถยนต์	27
3.1.1 กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ (Material process).....	27
3.1.2 กระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ (Building process)	29
3.1.3 กระบวนการอบยาง (Curing process).....	31
3.1.4 กระบวนการตรวจสอบ (Inspection process).....	32
3.2 สภาพปัญหาในปัจจุบัน	33
3.3 เป้าหมาย และตัวชี้วัด	35
บทที่ 4	37
การศึกษารวัดสภาพปัญหา (Measurement Phase).....	37
4.1 การศึกษาปัญหาการเกิดของเสียที่มีผลกระทบต่ออัตราการผลิต	37
4.1.1 การศึกษาโดยพิจารณาของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุด.....	38
4.1.2 การศึกษาโดยพิจารณารุ่นของยางรถยนต์ที่เกิดของเสียมากที่สุด	40
4.2 การศึกษาปัญหาจากของเสียที่เกิดขึ้นซึ่งมีผลกระทบต่อลูกค้า	43
4.2.1 การศึกษาโดยพิจารณาของเสียจากข้อร้องเรียนจากลูกค้า	43
4.2.2 การศึกษาโดยพิจารณาของเสียจากการความปลอดภัยในการทำงานของลูกค้า	45
4.3 สรุปผลจากการศึกษาสภาพปัญหาจากของเสียที่เกิดขึ้น.....	45
บทที่ 5	49

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase).....	49
5.1 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องประเภทแรงกระทำแนวรัศมีต่ำกว่ามาตรฐาน (R).....	50
5.1.1 การวิเคราะห์ปัญหาจากกระบวนการ.....	50
5.1.2 การวิเคราะห์ปัญหาจากแผนภาพก้างปลา และความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล ..	51
5.1.3 การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า	53
5.1.4 สรุปปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อปัญหาข้อบกพร่องประเภทแรงกระทำแนวรัศมีต่ำกว่ามาตรฐาน (R)	73
5.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องประเภทเศษสิ่งสกปรกติดที่ยาง (F).....	74
5.2.1 การวิเคราะห์ปัญหาจากกระบวนการ.....	74
5.2.2 การวิเคราะห์ปัญหาแผนภาพก้างปลาและ ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล	75
5.2.3 การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า	76
5.2.4 สรุปปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อปัญหาข้อบกพร่องประเภทเศษสิ่งสกปรกติดที่ยาง (F).....	83
5.3 สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	83
บทที่ 6	84
การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase).....	84
6.1 การปรับปรุงกระบวนการของข้อบกพร่องประเภทแรงกระทำแนวรัศมีต่ำกว่ามาตรฐาน (R).....	84
6.1.1 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ	84
6.1.2 ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	85
6.1.3 สรุประยะการปรับปรุงกระบวนการ	85
6.1.4 ข้อมูลของเสียหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต.....	86
6.2 การปรับปรุงกระบวนการของข้อบกพร่องประเภทเศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ยาง (F).....	86
6.2.1 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ	87

6.2.2 ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	87
6.2.3 สรุปการปรับปรุงกระบวนการ	88
6.2.4 ข้อมูลของเสียหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต	89
6.3 สรุปผลการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ.....	89
บทที่ 7	91
การควบคุมกระบวนการ (Control Phase).....	91
7.1 แนวทางการควบคุมกระบวนการผลิต	91
7.1.1 แนวทางการควบคุมกระบวนการผลิตของข้อบกพร่องประเภทแรงกระทำแนวรัศมี ต่ำกว่ามาตรฐาน (R).....	91
7.1.2 แนวทางการควบคุมกระบวนการผลิตของข้อบกพร่องประเภทเศษสิ่งสกปรกติดอยู่ ที่ยาง (F).....	92
บทที่ 8	95
บทสรุป.....	95
8.1 สรุปผลการศึกษา	95
8.1.1 สรุปผลการนิยามปัญหา.....	95
8.1.2 สรุปผลการวัดสภาพปัญหา.....	95
8.1.3 สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา.....	95
8.1.4 สรุปผลการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ	97
8.1.5 สรุปผลการควบคุมกระบวนการผลิต	97
8.1.6 สรุปผลของเสียหลังจากการดำเนินงาน	98
8.2 งานวิจัยในอนาคต.....	101
รายการอ้างอิง	103
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	117

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	รายละเอียดของเสียและมูลค่าความเสียหายของกระบวนการขึ้นรูปและอบยาง.....	3
ตารางที่ 2	เป้าหมายและตัวชี้วัด	36
ตารางที่ 3	รายละเอียดประเภทข้อบกพร่องของกระบวนการขึ้นรูปยาง (Building process) ...	39
ตารางที่ 4	รายละเอียดประเภทข้อบกพร่องของกระบวนการอบยาง (Curing process).....	40
ตารางที่ 5	แสดงรายละเอียดข้อบกพร่องของยางรถยนต์ 2 รุ่นที่มีปริมาณของเสียมากที่สุด.....	42
ตารางที่ 6	การประเมินความเสี่ยง FMEA ของข้อบกพร่องที่เกิดในกระบวนการขึ้นรูปและอบยาง.....	46
ตารางที่ 7	ตารางเมทริกซ์แสดงข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดปริมาณของเสียมากที่สุด.....	48
ตารางที่ 8	ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของข้อบกพร่องประเภท R.....	52
ตารางที่ 9	ตำแหน่งรอยบรรจุและค่า RF ของวัสดุแต่ละชั้นของยางที่เป็นของดี.....	57
ตารางที่ 10	ตำแหน่งรอยบรรจุและค่า RF ของวัสดุแต่ละชั้นของยางที่เป็นของเสีย.....	58
ตารางที่ 11	ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง	59
ตารางที่ 12	ผลการออกแบบการทดลอง	60
ตารางที่ 13	ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของการผลิต Bead ไม่ได้มาตรฐาน.....	67
ตารางที่ 14	ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยมุมตัด Bead	71
ตารางที่ 15	การเปรียบเทียบลักษณะรอยบรรจุของ Bead	73
ตารางที่ 16	การเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของ Bead	73
ตารางที่ 17	ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของข้อบกพร่องประเภท F.....	76
ตารางที่ 18	ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยสายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ.....	80
ตารางที่ 19	ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยพื้นที่ภายในเครื่องจักรสกปรก.....	82
ตารางที่ 20	สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของเสียจากข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภท.....	83
ตารางที่ 21	สรุปปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของข้อบกพร่องแต่ละประเภท.....	84

ตารางที่ 22 ผลการทดลองสำหรับปัจจัยมุมตัด Bead ที่ 10 องศา.....	85
ตารางที่ 23 เงื่อนไขของปัจจัยเดิมและใหม่จากปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภท R	85
ตารางที่ 24 การเปรียบเทียบค่าทางสถิติของค่า RFV	86
ตารางที่ 25 จำนวนของเสียจากข้อบกพร่องประเภท R ก่อนปรับปรุง ระหว่างการศึกษา.....	86
ตารางที่ 26 ผลการทดลองสำหรับปัจจัยสายพานลำเลียงผ้าใบ	88
ตารางที่ 27 ผลการทดลองสำหรับปัจจัยพื้นที่ภายในเครื่องจักร	88
ตารางที่ 28 เงื่อนไขปัจจัยเดิมและใหม่จากปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภท F	89
ตารางที่ 29 จำนวนของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F ก่อนปรับปรุง ระหว่างการศึกษา.....	89
ตารางที่ 30 เปรียบเทียบค่าควบคุมก่อนและหลังการปรับปรุงในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ ..	90
ตารางที่ 31 สรุปของเสียก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงต่อเดือน	90
ตารางที่ 32 สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของเสียจากข้อบกพร่อง 2 ประเภท	96
ตารางที่ 33 สรุปแนวทางการควบคุมกระบวนการผลิต	98
ตารางที่ 34 สรุปของเสียเฉลี่ยก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง	99
ตารางที่ 35 ของเสียเฉลี่ยก่อนปรับปรุง ระหว่างการศึกษา และหลังปรับปรุง.....	100
ตารางที่ 36 สรุปมูลค่าความเสียหายเฉลี่ยก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง	101

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม-สิงหาคม พ.ศ. 2557	2
รูปที่ 2 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาแยกตามกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่เดือนมกราคม-สิงหาคม พ.ศ. 2557	2
รูปที่ 3 กราฟพาเรโตแสดงการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาแยกตามกระบวนการผลิตแต่ละ ขั้นตอน ตั้งแต่เดือนมกราคม-สิงหาคม พ.ศ. 2557	3
รูปที่ 4 โครงสร้างพื้นฐานของยางรถยนต์.....	6
รูปที่ 5 แผนผังในกระบวนการผลิตบางส่วนหน้าของโรงงานตัวอย่าง	7
รูปที่ 6 แผนผังในกระบวนการผลิตบางส่วนหลังของโรงงานกรณีศึกษา	8
รูปที่ 7 ขอบยาง (Bead).....	9
รูปที่ 8 การประกอบชิ้นส่วนที่ 1 (1 st product).....	9
รูปที่ 9 การประกอบชิ้นส่วนที่ 2 (2 nd product).....	10
รูปที่ 10 ขั้นตอนการประกอบทั้ง 2 ชิ้นส่วน (Shaping)	11
รูปที่ 11 การสมดุลของยางในขณะหมุน	12
รูปที่ 12 ความแข็งตึงของยางรถยนต์	14
รูปที่ 13 ความไม่กลมของยางรถยนต์.....	14
รูปที่ 14 Wave form ในการให้นิยามของ RFV	15
รูปที่ 15 ตัวอย่างแผนผังแสดงเหตุและผล	18
รูปที่ 16 ตัวอย่างแบบการทดลองแฟคทอเรียลกรณี 2 ปัจจัย 2 ระดับ	19
รูปที่ 17 รูปเรขาคณิตของแบบการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน.....	20
รูปที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรงระหว่างปัจจัยและตัวแปรตอบสนอง	20
รูปที่ 19 ส่วนของการทดลองแบบส่วนประสมกลาง	21
รูปที่ 20 รูปเรขาคณิตของแบบการทดลองแบบ Box-Behnken กรณี 3 ปัจจัย	21
รูปที่ 21 กรอบการปรับใช้ความน่าเชื่อถือผ่านวงปิดของ Six Sigma	23

รูปที่ 22	ขั้นตอนการเตรียมโครงสร้างผ้าใบ และโครงสร้างเหล็ก	28
รูปที่ 23	ขั้นตอนการเตรียมขอบยาง (Bead)	28
รูปที่ 24	ขั้นตอนการเตรียม Rubber sheet	29
รูปที่ 25	ขั้นตอนการประกอบชิ้นงานส่วนที่ 1	29
รูปที่ 26	ขั้นตอนการประกอบชิ้นงานส่วนที่ 2	30
รูปที่ 27	ขั้นตอนการประกอบชิ้นงานส่วนที่ 1 และ 2	31
รูปที่ 28	ขั้นตอนการอบยาง	32
รูปที่ 29	ขั้นตอนการตรวจสอบยางรถยนต์	33
รูปที่ 30	อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษา	34
รูปที่ 31	อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาแยกตามกระบวนการผลิต	34
รูปที่ 32	มูลค่าความเสียหายจากของเสียที่เกิดในกระบวนการขึ้นรูปยางและอบยาง	35
รูปที่ 33	กราฟพารेटแสดงการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาแยกตามกระบวนการผลิต	35
รูปที่ 34	กราฟพารेटแสดงประเภทข้อบกพร่องของกระบวนการขึ้นรูปยาง (Building process)	38
รูปที่ 35	กราฟพารेटแสดงประเภทข้อบกพร่องของกระบวนการอบยาง (Curing process)	39
รูปที่ 36	อัตราการผลิตยางรถยนต์รุ่นที่มียอดการผลิต $\geq 5,000$ เส้น/เดือน	41
รูปที่ 37	อัตราการเกิดของเสียของยางรถยนต์ทั้ง 21 รุ่น	41
รูปที่ 38	กราฟวงกลมแสดงประเภทข้อร้องเรียนจากลูกค้าที่ผ่านมา	44
รูปที่ 39	กราฟพารेटแสดงประเภทข้อบกพร่องจากข้อร้องเรียนจากลูกค้าที่ผ่านมา	44
รูปที่ 40	กราฟพารेटแสดงประเภทข้อบกพร่องจากยางรถยนต์รุ่น M12 และ M19	47
รูปที่ 41	แผนผังการผลิตยางรถยนต์และกรอบปัญหาของข้อบกพร่องประเภท R	50
รูปที่ 42	แผนภาพก้างปลาของข้อบกพร่องประเภท R	51
รูปที่ 43	กราฟพารेटแสดงปัจจัยนำเข้าจากสาเหตุหลักของข้อบกพร่องประเภท R	52
รูปที่ 44	รายละเอียดวัตถุสืบสวนประกอบแต่ละตำแหน่งของยางรถยนต์รุ่น M12	54

รูปที่ 45	โครงสร้างของยางรถยนต์รุ่น M12 (ก) และส่วนขยายบริเวณหน้ายาง (ข).....	55
รูปที่ 46	รอยบรรจบของยางรถยนต์รุ่น M12	55
รูปที่ 47	กราฟ wave form ของยางรถยนต์เปรียบเทียบระหว่างของดีและของเสีย	56
รูปที่ 48	ค่า RF เรียงตามลำดับตำแหน่งรอยต่อของยางที่เป็นของดี	57
รูปที่ 49	ค่า RF เรียงตามลำดับตำแหน่งรอยต่อของยางที่เป็นของเสีย.....	58
รูปที่ 50	ผลการทดสอบข้อมูลของการแจกแจงปกติ (Normal Test).....	62
รูปที่ 51	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Residual และลำดับของการเก็บข้อมูล	62
รูปที่ 52	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Residual และ Fitted value.....	63
รูปที่ 53	การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยวิธี ANOVA	64
รูปที่ 54	แผนภาพแสดงปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง	64
รูปที่ 55	แผนภาพแสดงอันตรกิริยาของปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง	65
รูปที่ 56	รอยบรรจบของ Bead (6B1) ที่ผิดปกติ.....	66
รูปที่ 57	แผนภาพก้างปลาของปัญหารอยบรรจบ Bead (6B1) ไม่ได้มาตรฐาน.....	66
รูปที่ 58	กราฟพาเรโตแสดงปัจจัยนำเข้าจากสาเหตุหลักของปัญหา Bead ไม่ได้มาตรฐาน.....	68
รูปที่ 59	ลักษณะหน้าตัดของ Bead ด้านหน้าที่มุ่มตัด 30 องศา	68
รูปที่ 60	ลักษณะหน้าตัดของ Bead ด้านข้าง	69
รูปที่ 61	การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของมุ่มตัด Bead.....	70
รูปที่ 62	แผนภาพฮิสโตแกรมแสดงค่า RFV จากการใช้มุ่มตัด Bead ที่ 30 และ 10 องศา.....	71
รูปที่ 63	การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยวิธี ANOVA จากการใช้มุ่มตัด Bead ที่ 30 และ 10 องศา.....	72
รูปที่ 64	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยมุ่มตัด Bead ไม่เหมาะสม	72
รูปที่ 65	แผนผังการผลิตยางรถยนต์และกรอบปัญหาของข้อบกพร่องประเภท F	74
รูปที่ 66	แผนภาพก้างปลาของข้อบกพร่องประเภท F.....	75
รูปที่ 67	กราฟพาเรโตแสดงปัจจัยนำเข้าจากสาเหตุหลักของข้อบกพร่องประเภท F.....	76

รูปที่ 68 ข้อบกพร่องประเภท F บริเวณด้านในของยาง (ก), บริเวณไหล่ยาง (ข), บริเวณแก้มยาง (ค).....	77
รูปที่ 69 สายพานลำเลียงผ้าใบ.....	78
รูปที่ 70 พื้นที่บริเวณภายในเครื่องจักรประกอบยาง.....	78
รูปที่ 71 การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของสายพานลำเลียงผ้าใบ	79
รูปที่ 72 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยสายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ	80
รูปที่ 73 การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของเครื่องจักรและพื้นที่สกปรก.....	81
รูปที่ 74 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยความสะอาดของเครื่องจักรและพื้นที่สกปรก.....	82
รูปที่ 75 ตัวอย่างแผนการควบคุม (Control plan).....	92
รูปที่ 76 เอกสารการควบคุมรอยบรรจบของ Bead.....	93
รูปที่ 77 แผนการตรวจสอบสภาพสายพานและการทำความสะอาดสายพานลำเลียง	94
รูปที่ 78 แผนการตรวจสอบและการทำความสะอาดพื้นที่ภายในเครื่องจักร	94
รูปที่ 79 แผนการลงบันทึกการตรวจสอบและการทำความสะอาด.....	94
รูปที่ 80 ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้	101
รูปที่ 81 การเปรียบเทียบปริมาณของเสียจากกระบวนการขึ้นรูปยางและอบยาง	102

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันการส่งออกในกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์มีความเจริญเติบโตสูงมาก เนื่องจากหลายประเทศมีบริษัทที่ผลิตรถยนต์ได้เข้าไปตั้งโรงงานประกอบรถยนต์ ทำให้เปลี่ยนจากการนำเข้ารถยนต์ทั้งคันมาเป็นการนำเข้าชิ้นส่วนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งยางรถยนต์ก็เป็นชิ้นส่วนประกอบที่สำคัญของรถยนต์ ชิ้นส่วนหนึ่ง เพื่อที่จะให้รถยนต์สามารถขับเคลื่อนไปได้ อุตสาหกรรมยางรถยนต์ของประเทศไทยมีแนวโน้มการเติบโตที่ดี เนื่องจากประเทศไทยมีแหล่งวัตถุดิบยางขนาดใหญ่ และเป็นที่ยอมรับในด้านคุณภาพ ซึ่งเหมาะสำหรับการผลิตยางรถยนต์ทุกประเภท ตลอดจนเป็นฐานการผลิตยางรถยนต์ที่สำคัญของโลกอีกด้วย ซึ่งเป็นความต้องการของตลาดโดยเฉพาะในกลุ่มตลาดต่างประเทศที่มียอดจำหน่ายยานยนต์สูงขึ้นเรื่อยๆ

ในขณะที่ยอดจำหน่ายยางรถยนต์สูงขึ้น จึงทำให้มีการแข่งขันที่สูงขึ้นเช่นกัน ทำให้ผู้ผลิตจำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการให้มีประสิทธิภาพการผลิตที่สูงขึ้น ทั้งการลดต้นทุนในการผลิตด้วยวิธีการต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการลดต้นทุนของวัตถุดิบ การประหยัดพลังงาน รวมถึงการลดของเสียในกระบวนการผลิตก็เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการลดต้นทุนการผลิตเช่นกัน เมื่อของเสียลดลงก็ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยต่ำลง จึงทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตดีขึ้นตามไปอีกด้วย

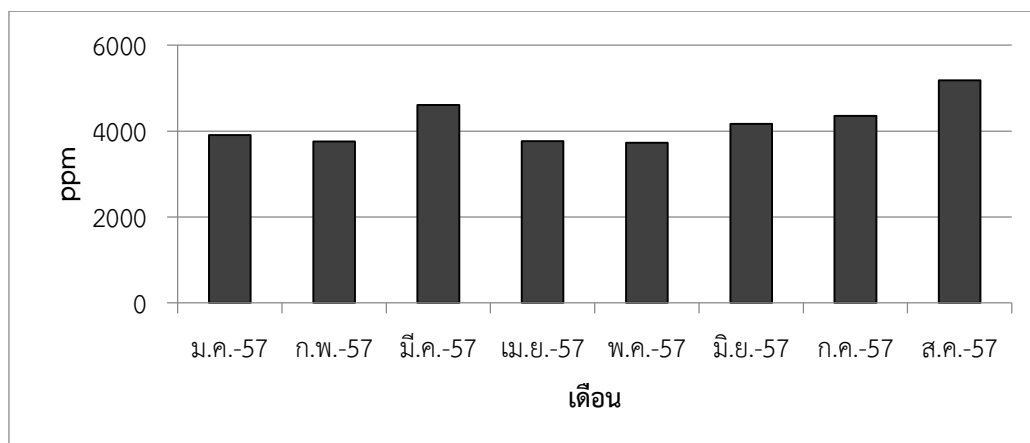
1.1 รายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานตัวอย่างที่ได้ทำการศึกษาเป็นโรงงานผลิตยางรถยนต์ ก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2549 โรงงานแห่งนี้ตั้งขึ้นในบริเวณอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ จังหวัดระยอง บนพื้นที่ 346 ไร่ หรือประมาณ 585,000 ตารางเมตร มีทุนจดทะเบียน 12.2 พันล้านบาท โรงงานตัวอย่างนี้มีการผลิตยางรถยนต์หลายประเภท ได้แก่ ยางรถยนต์สำหรับรถยนต์นั่ง (Passenger car) รถยนต์เอนกประสงค์ (Sport Utility Vehicle) และรถปิกอัพ (Pickup) เป็นต้น โรงงานนี้ทำการผลิตเพื่อส่งออกยางรถยนต์ทั้งในและต่างประเทศทั่วโลก ซึ่งส่งขายให้กับลูกค้าที่ผลิตรถยนต์หลายยี่ห้อ รวมทั้งลูกค้าปลีกย่อยทั้งในและต่างประเทศอีกด้วย โดยที่กำลังการผลิตยางรถยนต์เฉลี่ยสูงถึง 27,000 เส้นต่อวัน (ปีพ.ศ. 2557) และจะขยายกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นไปอีกเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดยางในอนาคตต่อไป

1.2 สภาพปัญหาและความสำคัญของปัญหาในปัจจุบัน

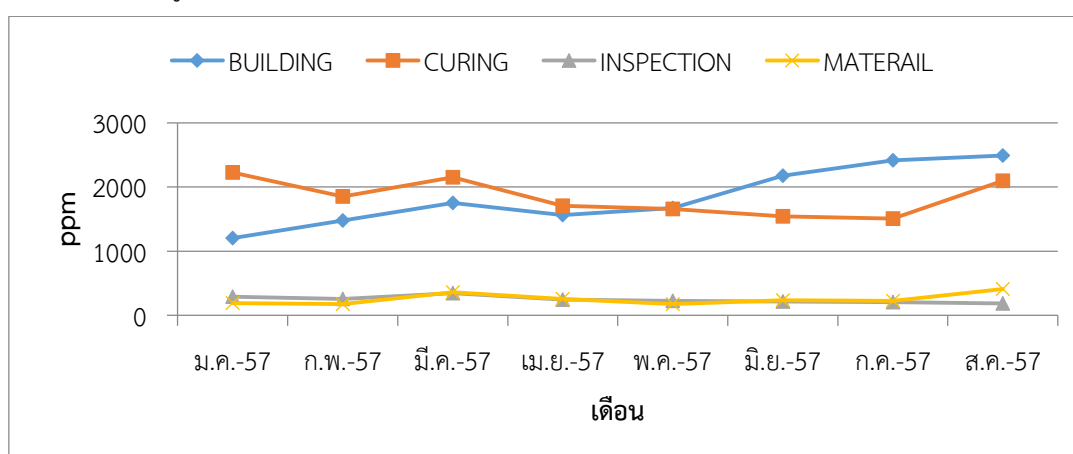
เนื่องจากยางรถยนต์ถือได้ว่าเป็นชิ้นส่วนที่เกี่ยวกับความปลอดภัยของรถยนต์ (Safety Part) ชิ้นหนึ่ง จึงต้องการคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สูง ซึ่งแต่ละกระบวนการผลิตสามารถทำให้เกิดของเสียได้ โรงงานตัวอย่างที่ทำการศึกษานี้ พบว่ามีปริมาณของเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยของเสียที่เกิดขึ้น

ในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ตั้งแต่เดือน มกราคม – สิงหาคม พ.ศ. 2557 พบว่ามีอัตราการเกิดของเสียรวม 8 เดือนอยู่ที่ 33,470 ppm คิดเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 4,184 ppm และเมื่อพิจารณาตามกราฟรูปที่ 1 พบว่าอัตราการเกิดของเสียในการผลิตยางรถยนต์มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ



รูปที่ 1 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม-สิงหาคม พ.ศ. 2557

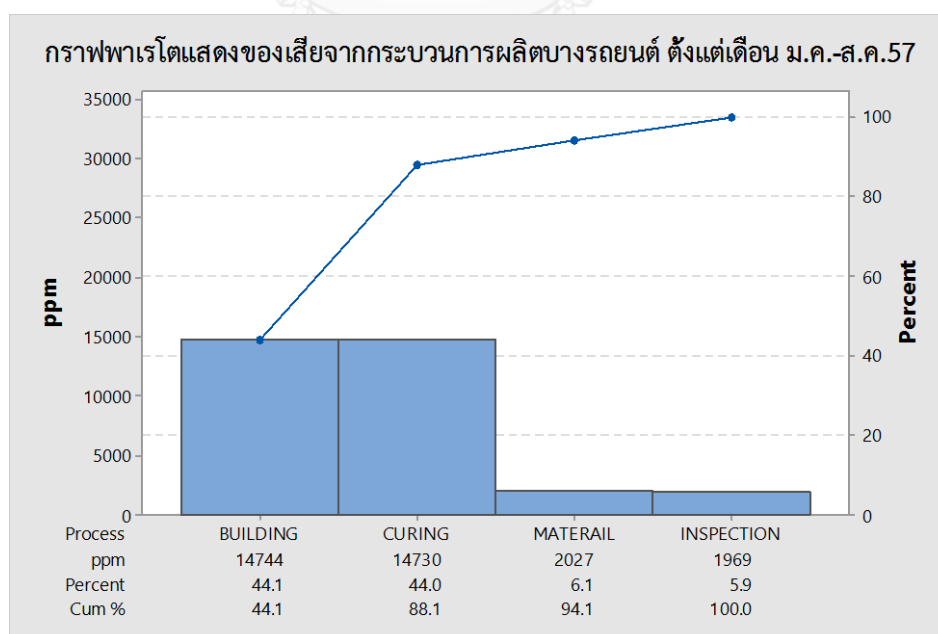
เมื่อวิเคราะห์กระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน พบว่ากระบวนการการขึ้นรูปยาง มีแนวโน้มในการเกิดของเสียมากที่สุดแสดงได้ดังรูปที่ 2 ซึ่งมีอัตราการเกิดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปยางรวม 8 เดือน เท่ากับ 14,744 ppm หรือเฉลี่ยอยู่ที่ 1,843 ppm มูลค่าความเสียหายรวม 8 เดือนเท่ากับ 18.83 ล้านบาท รองมาเป็นกระบวนการอบยางซึ่งมีอัตราการเกิดของเสียรวม 8 เดือน เท่ากับ 14,730 ppm หรือเฉลี่ยอยู่ที่ 1,841 ppm มีมูลค่าความเสียหายรวม 8 เดือนเท่ากับ 2.32 ล้านบาท ซึ่งเมื่อรวมมูลค่าความเสียหายที่เกิดของเสียจากกระบวนการทั้ง 2 กระบวนการนี้มีมูลค่าความเสียหายสูงถึง 4.67 ล้านบาท รายละเอียดจำนวนของเสียและมูลค่าความเสียหายที่เกิดจากกระบวนการขึ้นรูปยางและกระบวนการอบยางแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 2 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาแยกตามกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่เดือนมกราคม-สิงหาคม พ.ศ. 2557

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเสียและมูลค่าความเสียหายของกระบวนการขึ้นรูปและอบยาง

เดือน	จำนวนการผลิต (เส้น)	กระบวนการขึ้นรูปยาง			กระบวนการอบยาง			มูลค่าความเสียหายรวม (ล้านบาท)
		จำนวนของเสีย (เส้น)	จำนวนของเสีย (ppm)	มูลค่าความเสียหาย (ล้านบาท)	จำนวนของเสีย (เส้น)	จำนวนของเสีย (ppm)	มูลค่าความเสียหาย (ล้านบาท)	
ม.ค.-57	734,397	885	1,205	1.33	1,633	2,224	2.45	3.8
ก.พ.-57	826,553	1,220	1,476	1.83	1,531	1,852	2.30	4.1
มี.ค.-57	919,124	1,612	1,754	2.42	1,977	2,151	2.97	5.4
เม.ย.-57	750,313	1,173	1,563	1.76	1,279	1,705	1.92	3.7
พ.ค.-57	912,041	1,523	1,670	2.28	1,510	1,656	2.27	4.5
มิ.ย.-57	874,338	1,901	2,174	2.85	1,348	1,542	2.02	4.9
ก.ค.-57	929,079	2,242	2,413	3.36	1,399	1,506	2.10	5.5
ส.ค.-57	802,596	1,997	2,488	3.00	1,682	2,096	2.52	5.5
รวม	6,748,441	12,553	14,744	18.83	12,359	14,730	18.54	37.4



รูปที่ 3 กราฟพาร์เรโตแสดงการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาแยกตามกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่เดือนมกราคม-สิงหาคม พ.ศ. 2557

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อลดอัตราการเกิดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์และกระบวนการอบยางรถยนต์ โดยการประยุกต์ใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกมา

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาการผลิตยางรถยนต์ของโรงงานตัวอย่างนี้เท่านั้น
2. ศึกษากระบวนการผลิตยางรถยนต์สำหรับรถยนต์ประเภทนั่ง (Passenger car) เท่านั้น
3. ศึกษาและปรับปรุงกระบวนการผลิตในส่วนที่ทำให้เกิดของเสียที่มากที่สุดในกระบวนการผลิตยางรถยนต์เท่านั้น

1.5 ขั้นตอนในการศึกษาและวิจัย

ขั้นตอนในการศึกษาและวิจัยมีดังนี้

1. ศึกษากระบวนการผลิตยางรถยนต์ และคุณสมบัติต่างๆของยางรถยนต์ รวมทั้งวิเคราะห์ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์

2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการดำเนินงานของ Six Sigma ทั้ง 5 ระยะ ดังนี้

1) ระยะนิยามปัญหา (Define phase: D)

- 1.1) ศึกษากระบวนการผลิตยางรถยนต์ ขั้นตอนการขึ้นรูปยางรถยนต์ แผนผังการไหลในกระบวนการ (Flow Process Chart)

- 1.2) รวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้น ระหว่างเดือนมกราคมถึงสิงหาคม 2557 และวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นของโรงงาน

- 1.3) วิเคราะห์ข้อมูลโดยแผนภาพพาเรโต (Pareto diagram) เพื่อทำการวิเคราะห์และกำหนดประเภทของข้อบกพร่องที่จะแก้ไข รวมทั้งกำหนดวัตถุประสงค์ และเป้าหมาย

2) ระยะการวัด (Measure phase: M)

- 2.1) ศึกษากระบวนการวัดและหาแนวทางในการวัด รวมทั้งการเก็บข้อมูล

- 2.2) เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพปัญหาของของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ ลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น อัตราการเกิดของเสีย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

- 2.3) วิเคราะห์ข้อมูลและหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องของการเกิดของเสีย

- 2.4) สรุปผลเบื้องต้น

3) ระยะเวลาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis phase: A)

3.1) วิเคราะห์ข้อมูลจากระยะการวัด เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่อาจทำให้เกิดของเสีย โดยอาศัยแผนภาพก้างปลา (Cause and effect diagram) และทำการเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลน้อยออกไป โดยใช้ Cause and effect matrix

3.2) สรุปแนวทางการแก้ไขปัญหาและทำการวางแผนในการแก้ปัญหา

4) ระยะเวลาปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve phase: I)

4.1) หาแนวทางในการแก้ไขปัญหา โดยทำการแก้ไขสาเหตุหลักของปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ว่าสามารถดำเนินการแก้ไขได้ และทำการเตรียมความพร้อมในการปรับปรุงกระบวนการ ไม่ว่าจะเป็นการฝึกอบรมพนักงานในกรณีที่มีการเปลี่ยนวิธีการทำงาน หรือการเพิ่มขั้นตอนการทำงาน

4.2) วิเคราะห์ผลการดำเนินการแก้ไขปัญหา และวิเคราะห์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างการปรับปรุงแก้ไขปัญหา เพื่อนำมาประชุมและวิเคราะห์หาสาเหตุ รวมถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาคต่อไป

4.3) สรุปผลการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

5) ระยะเวลาตรวจติดตามควบคุม (Control phase: C)

5.1) จัดทำเอกสารควบคุม (Control plan) โดยกำหนดเป็นมาตรฐานในการผลิตของกระบวนการขึ้นรูปยาง

5.2) จัดทำข้อกำหนดในการควบคุมกระบวนการ (Process control tem) เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตให้เป็นไปตามการปรับปรุงแก้ไขที่ได้ทำไว้

5.3) สรุปผลการปรับปรุงที่ได้ โดยพิจารณาเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงจากจำนวนข้อบกพร่องที่สามารถลดได้

3. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

4. เรียบเรียงและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดอัตราการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตยางรถยนต์

2. ลดต้นทุนในการผลิตยางรถยนต์ จากความเสียหายในการทิ้งของเสีย

3. ทำให้การผลิตยางรถยนต์มีคุณภาพ

4. สามารถนำแนวทางการปรับปรุงแก้ไขนี้ไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการอื่นๆได้

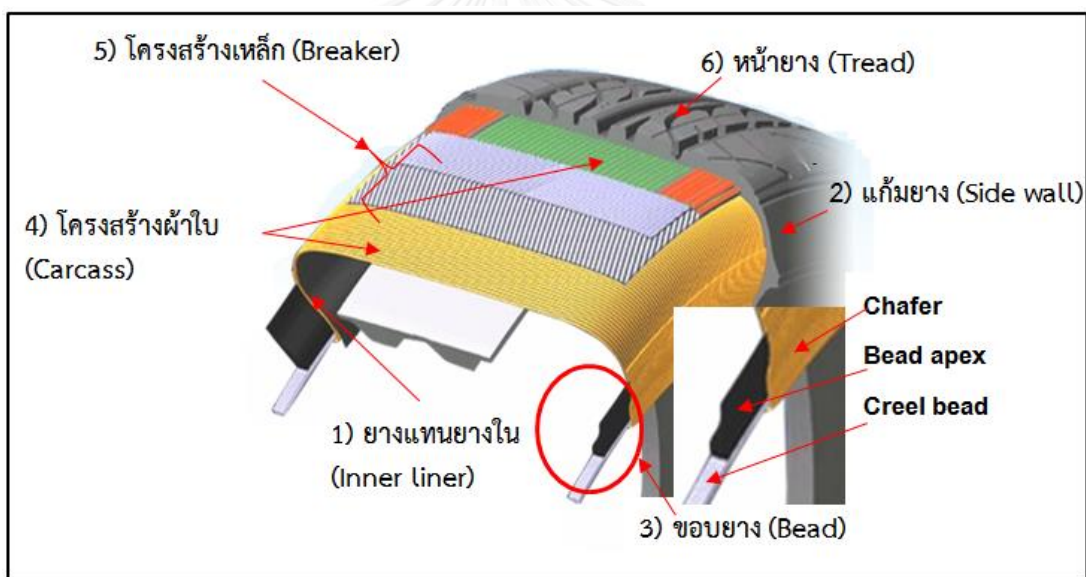
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับแนวทางในการลดของเสียของกระบวนการผลิตยางรถยนต์โดยประยุกต์ใช้วิธีการของซิกซ์ ซิกมา นั้น ในบพนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐานของยางรถยนต์ กระบวนการผลิตยางรถยนต์ หลักการของซิกซ์ ซิกมา คือหลักของ DMAIC เครื่องมือการวิเคราะห์ต่างๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

2.1 โครงสร้างพื้นฐานของยางรถยนต์

ยางรถยนต์ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่มีหน้าที่แตกต่างกันออกไป แสดงในรูปที่ 4 โดยมีรายละเอียดของส่วนประกอบและหน้าที่ดังนี้



รูปที่ 4 โครงสร้างพื้นฐานของยางรถยนต์

1) ยางแทนยางใน (Inner liner) เป็นส่วนที่อยู่ชั้นในสุดของยาง เปรียบเสมือนกับยางใน มีหน้าที่ในการใช้สำหรับกักเก็บลม

2) แก้มยาง (Side wall) เป็นส่วนที่อยู่นอกสุดของยาง แต่ไม่ได้สัมผัสกับพื้นถนน ซึ่งแก้มยางจะมีความโค้งงอมากที่สุดในระหว่างการขับเคลื่อน มีหน้าที่ป้องกันผิวด้านข้างของยาง และช่วยในการยืดหยุ่นเวลาเข้าโค้งและเวลาบรรทุก รวมถึงเพิ่มความสวยงามของยางแต่ละ Pattern

3) ขอบยางจะมีส่วนประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ Creel bead เป็นส่วนที่มีเส้นลวดม้วนเป็นวงกลม ซึ่งทำหน้าที่รักษายางให้อยู่ในกระดล้อ โดยยึดโครงผ้าใบทั้งสองข้างไว้ ถัดขึ้นมาคือ Bead apex และ Chafer จะเป็นบริเวณที่รับแรงในการบรรทุกของ

4) โครงสร้างผ้าใบ (Carcass or ply) คือ polyester ที่เคลือบด้วยยาง เป็นส่วนที่ต้องรักษา โครงสร้างยางให้ทนทานต่อแรงดันอากาศที่อัดแน่นเข้าไป ซึ่งจะเป็นตัวรับ Pressure ด้านใน และต้องทนต่อการรับน้ำหนักบรรทุก

5) โครงสร้างเหล็ก หรือเข็มขัดรัดหน้ายาง (Steel cord or breaker) ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงระหว่างชั้นโครงผ้าใบ (Ply) กับหน้ายาง (Tread) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของหน้ายาง และรักษารูปทรงของหน้ายาง เพราะ Breaker มีโครงสร้างเป็นโครงเส้นโลหะพันรอบโครงผ้าใบ และมีหน้าที่ในการช่วยเบรก เพราะมุม Breaker จะเป็นมุมแหลมจิกกับพื้นถนนเวลาเบรก

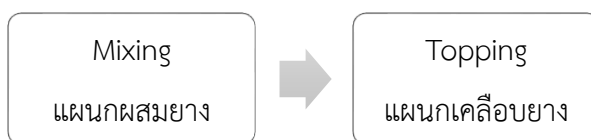
6) หน้ายาง (Tread) เป็นส่วนที่อยู่นอกสุดของยาง ซึ่งจะสัมผัสกับพื้นถนนโดยเมื่อมีการขับเคลื่อนรถยนต์ โดยหน้ายางจะต้องมีคุณสมบัติทนต่อแรงกระแทก ยึดเกาะถนนได้ดี ป้องกันการลื่นไถลเนื่องจากการเบรก ซึ่งหน้ายางก็จะมีรูปแบบของดอกยางแตกต่างกันไป ซึ่งดอกยางแต่ละรูปแบบจะมีความสามารถในการรีดน้ำในสภาวะที่ผิวถนนมีน้ำขังอยู่ และเก็บเสียงเมื่อมีการขับเคลื่อนรถยนต์

2.2 กระบวนการผลิตยางรถยนต์

กระบวนการผลิตยางรถยนต์ของโรงงานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ กระบวนการผลิตส่วนหน้า และกระบวนการผลิตส่วนหลัง

2.2.1 กระบวนการผลิตส่วนหน้า

กระบวนการผลิตส่วนหน้า เป็นขั้นตอนการนำวัตถุดิบที่จะมาทำเป็นองค์ประกอบของยาง ได้แก่ ส่วนด้านในของยาง แก้มยาง โครงสร้างผ้าใบ โครงสร้างเหล็ก ขอบยาง และส่วนของหน้ายาง เป็นต้น ซึ่งการผลิตในส่วนหน้า ประกอบไปด้วย 2 กระบวนการ คือ กระบวนการผสมยาง (Mixing process) และกระบวนการเคลือบผ้าใบและเหล็กด้วยยาง (Topping process) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนผังในกระบวนการผลิตยางส่วนหน้าของโรงงานตัวอย่าง

กระบวนการผสมยาง (Mixing process) เป็นขั้นตอนแรกในการผลิตยางรถยนต์ โดยนำยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และสารเคมีต่างๆ ได้แก่ สารเคมีที่ใช้ผสมยางให้คงรูป (Vulcanizing Agent) สารเร่งให้ยางคงรูป (Accelerator) สารกระตุ้นสารเร่ง (Activator) สารเพิ่ม (Filler) สารช่วยในกรรมวิธีการผลิต (Processing Aids) สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ (Age-Resistors) และสารอื่นๆ

[รมย์ยุพา,2554] ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน อย่างที่ผสมเสร็จแล้วจะเรียกว่า Compound ซึ่ง Compound จะถูกส่งผ่านลูกกลิ้งขนาดใหญ่ เพื่อให้ Compound เป็นแผ่นๆ แล้วจะถูกลำเลียงไปตามสายพาน ในระหว่างนี้ Compound จะถูกฉีดด้วยน้ำแข็ง เพื่อช่วยในการลดอุณหภูมิ และทำให้ยางไม่ติดกัน เนื่องจากต้องเก็บ Compound ไว้รวมกัน ก่อนที่จะถูกส่งไปใช้ในกระบวนการถัดไป

การเคลือบผ้าใบและเหล็กด้วยยาง (Topping process) โครงสร้างผ้าใบของยางหรือที่เราเรียกว่า Ply ทำจากการนำยางที่ได้จากขั้นตอนการผสมที่ถูกให้ความร้อนจนนิ่มแล้วมาเข้าเครื่อง extrude เครื่องจะ extrude ยางออกมาเคลือบลงบนผ้าใบทั้ง 2 ด้าน ด้านบนและด้านล่าง ซึ่งผ้าใบที่ใช้จะเป็นผ้าใยสังเคราะห์ (polyester) ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างทำให้ส่วนต่างๆของยางติดกัน โดยการเคลือบยางลงบนผ้าใบจะทำด้วยเครื่อง Roller ขนาดใหญ่ มีลูกกลิ้งหลายตัว เพื่อรีดให้ยางติดกับผ้าใบ และไล่อากาศระหว่างชั้นออกไปด้วย สำหรับโครงสร้างเหล็กหรือ Breaker ก็มีวิธีการทำเช่นเดียวกับ Ply แต่ตัวโครงสร้างจะเป็นเหล็ก (Steel cord) เริ่มจากการนำเหล็กมาเรียงตัวกันจนเป็นแผ่นใหญ่ แล้วเคลือบด้วยยางทั้ง 2 ด้าน บนและล่างเช่นกัน

2.2.2 กระบวนการผลิตส่วนหลัง

กระบวนการผลิตส่วนหลัง เป็นขั้นตอนต่อจากการผลิตส่วนหน้า โดยจะรับเอาวัตถุดิบที่ได้จากกระบวนการผสมยางและเคลือบยาง นำมาขึ้นรูปเป็นยางรถยนต์ ซึ่งกระบวนการผลิตส่วนหลังนี้จะแบ่งออกเป็นกระบวนการผลิตอีก 4 กระบวนการ ตามรูปที่ 6

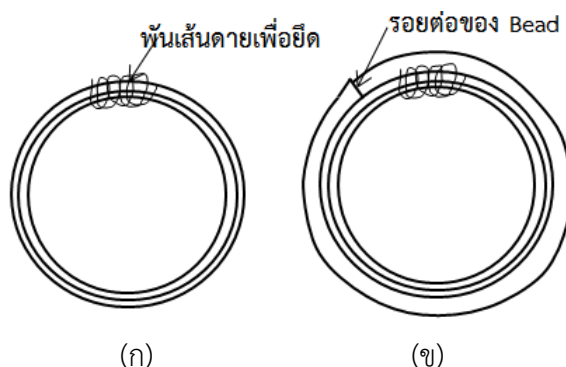


รูปที่ 6 แผนผังในกระบวนการผลิตยางส่วนหลังของโรงงานกรณีศึกษา

กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ (Material process) เป็นกระบวนการแรกสำหรับกระบวนการส่วนหลัง โดยรับวัตถุดิบมาจากกระบวนการส่วนหน้า จากนั้นก็นำมาจัดเตรียมเพื่อส่งต่อไปให้กับกระบวนการต่อไปคือกระบวนการขึ้นรูปยาง การจัดเตรียมวัตถุดิบในกระบวนการนี้มีขั้นตอนดังนี้

(1) โครงสร้างผ้าใบ (Ply) และโครงสร้างเหล็ก (Breaker) ที่ได้มาจากกระบวนการส่วนหน้า จะได้ออกมาเป็นม้วนที่ใหญ่มาก จากนั้นจะทำการตัดให้ได้ขนาดตามมาตรฐานของยางรถยนต์แต่ละรุ่น

(2) ขอบยาง (Bead) จะเตรียมโดยการนำเส้นลวดไปเคลือบด้วยยาง แล้วม้วนเป็นวงกลมให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามมาตรฐานยางรถยนต์แต่ละขนาด ซึ่งเมื่อม้วนเส้นลวดได้ขนาดแล้วก็จะถูกพันทับด้วยเส้นด้ายเพื่อยึดเส้นลวดทั้งหมดไว้ แสดงได้ตามรูปที่ 7 (ก) จากนั้นก็จะนำเส้นลวดที่ได้ไปเคลือบยางให้อยู่บนขอบลวดจะเรียกว่า Bead ซึ่งก็จะมีรอยต่อกันของ Bead ตามรูปที่ 7 (ข)



(ก)

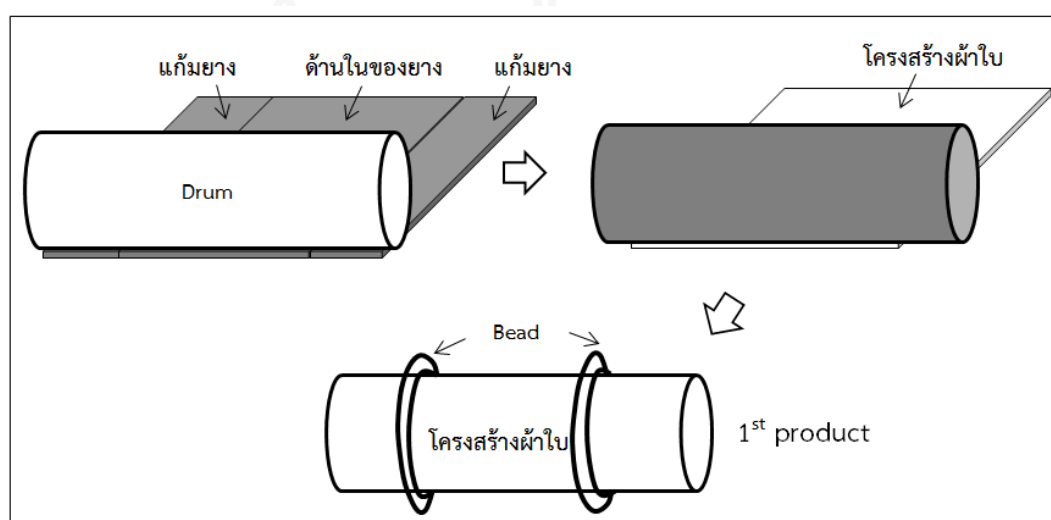
(ข)

รูปที่ 7 ขอบยาง (Bead)

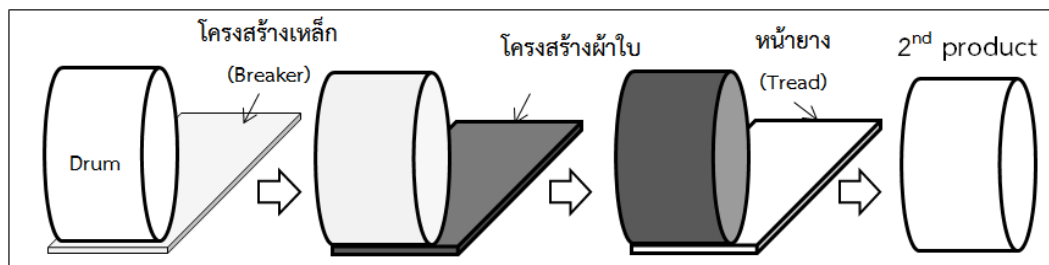
(3) ยางที่เป็นส่วนประกอบต่างๆได้แก่ ยางแทนยางใน (Inner liner), แก้มยาง (Side wall), Chafer และหน้ายาง (Tread) ที่ได้มาจากกระบวนการผสมยางมาเป็นพลาเทท เรียกว่า Rubber sheet ซึ่งการเตรียมวัตถุดิบในขั้นตอนนี้จะทำการม้วนแบ่ง Rubber sheet ออกมาเป็น reel เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานในกระบวนการขึ้นรูปยางต่อไป

กระบวนการขึ้นรูปยาง (Building process) กระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์เป็นกระบวนการที่สำคัญมาก เป็นการนำส่วนประกอบต่างๆของยางมาประกอบเข้าด้วยกัน จะได้เป็นยางดิบออกมา กระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 เป็นการประกอบชิ้นส่วนที่ 1 เรียกว่า 1st product เริ่มจากการพันยางแทนยางใน (Inner liner) Chafer และแก้มยาง (Side wall) ลงไปบน Drum ของเครื่องจักร ต่อจากนั้นทำการพันโครงสร้างผ้าใบทับ สุดท้ายก็ใส่ส่วนที่ติดกับกระทะล้อที่เรียกว่า Bead เข้าไปประกอบ แสดงดังรูปที่ 8

รูปที่ 8 การประกอบชิ้นส่วนที่ 1 (1st product)

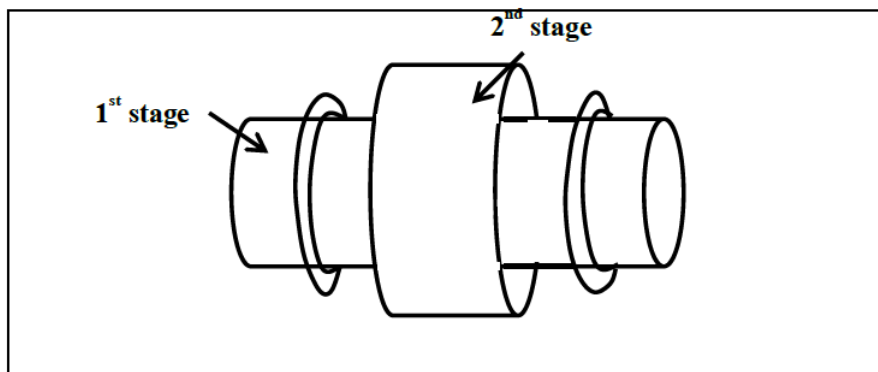
ชิ้นส่วนที่ 2 เรียกว่า 2nd product โดยจะเริ่มพันโครงสร้างเหล็กลงไปบน Drum ของเครื่องจักร และพันหน้ายางทับ แสดงดังรูปที่ 9



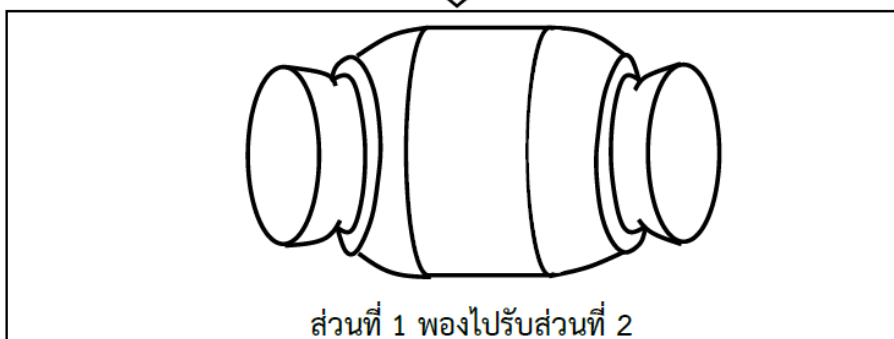
รูปที่ 9 การประกอบชิ้นส่วนที่ 2 (2nd product)

ส่วนที่ 3 คือการนำส่วนที่ 1 และ 2 มาประกอบกัน เรียกว่า Shaping โดยเริ่มจากการนำส่วน 1st product และ 2nd product มาประกอบกัน โดยจะมีแรงดันใส่เข้าไปเพื่อให้ส่วนที่ 1 พองไปรับส่วนที่ 2 และเพื่อให้ทั้ง 2 ส่วนติดกัน จึงมีการรีดให้ส่วนที่ 2 ติดกับส่วนที่ 1 เรียกว่า Stitcher จากนั้นก็ทำการ turn up คือการประกบส่วนของแก้มยางเข้าไป จะได้เป็นยางดิบออกมา เรียกว่า Green tire แสดงดังรูปที่ 10

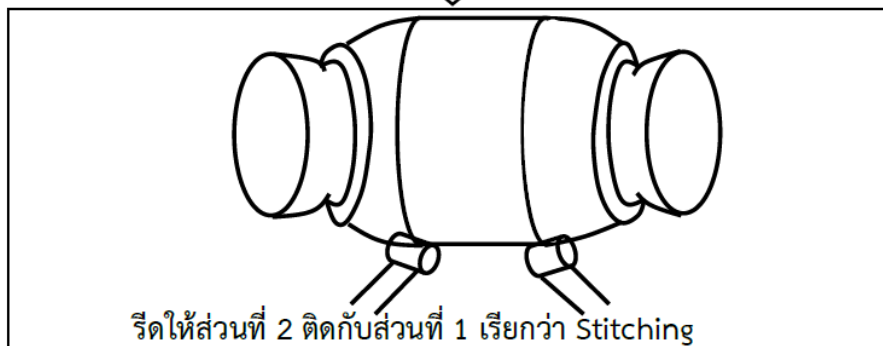
กระบวนการอบยาง (Curing process) เป็นการนำยางดิบจากกระบวนการขึ้นรูปมาอบ โดยใช้แรงดัน ความร้อน และเวลา ตามมาตรฐานการผลิตของยางแต่ละประเภท ขั้นตอนแรกพนักงานจะยกยางดิบขึ้นไปวางบนถาดรับ เรียกว่า Raw cover stand ขั้นตอนที่ 2 เครื่องจักรจะทำงานอัตโนมัติ โดยจะยกยางดิบไปวางไว้ในเครื่องอบ ขั้นตอนที่ 3 แม่พิมพ์จะถูกครอบลงที่ยางดิบ โดยมี bladder เป็นตัวที่ช่วยดันภายในของยางดิบให้ติดกับแม่พิมพ์ จากนั้นก็มีการให้ความร้อน และแรงดันเข้าไป เพื่อให้ยางสุก และเมื่อครบเวลาอบที่กำหนดไว้ แม่พิมพ์ก็ถูกเปิด ยางที่อบเสร็จแล้วจะถูกปล่อยออกจาก bladder แล้วส่งไปด้านหลังของเครื่องจักร ซึ่งจะต้องส่งไปทำ PCI (Post Cure Inflator) ก่อน กระบวนการทำ PCI เป็นการให้ก๊าซไนโตรเจนเข้าไปในยาง เพื่อให้ยางไม่เสียรูปเมื่อยางเย็นตัวลง



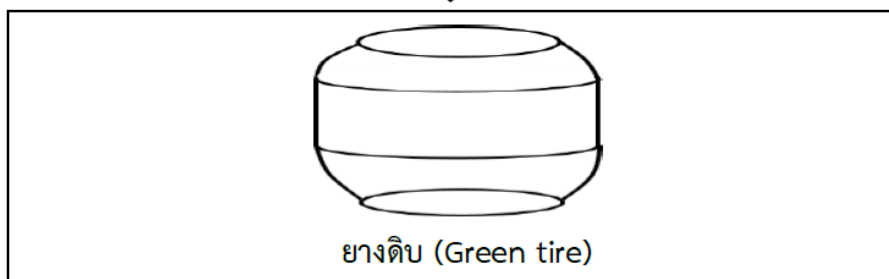
การนำส่วนที่ 1 และ 2 มาประกอบกัน เรียกว่า Shaping



ส่วนที่ 1 พองไปรับส่วนที่ 2



รีดให้ส่วนที่ 2 ติดกับส่วนที่ 1 เรียกว่า Stitching



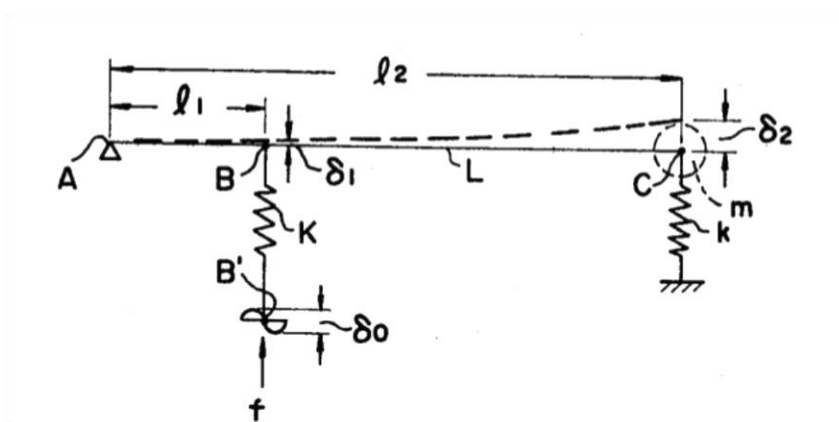
ยางดิบ (Green tire)

รูปที่ 10 ขั้นตอนการประกอบทั้ง 2 ชิ้นส่วน (Shaping)

กระบวนการตรวจสอบ (Inspection process) หลังจากการอบยางเสร็จแล้ว ยางจะถูกลำเลียงไปตามสายพานไปสู่กระบวนการตรวจสอบยางขั้นต้น เรียกว่า 1st inspection โดยจะเริ่มจากการตัดขมหน้ายางออกก่อน จากนั้นจะเป็นการตรวจสอบลักษณะภายนอกของยางด้วยสายตาและการสัมผัส เพื่อหาข้อบกพร่องซึ่งแบ่งออกได้หลายประเภท การเรียกชื่อข้อบกพร่องจะเรียกข้อบกพร่องนั้นตามด้วยตำแหน่งการเกิด เช่น เกิดโพรงอากาศที่บริเวณด้านในของยาง จะเรียกว่า Air at inner liner เมื่อทำการตรวจสอบขั้นต้นผ่านแล้วยางจะถูกส่งไปตามสายพานลำเลียงเข้าไปที่เครื่องตรวจวัดค่า uniformity ของยางด้วยเครื่อง Force variation (FV) ซึ่งค่า uniformity เป็นค่าความแตกต่างระหว่างจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดของการเปลี่ยนแปลงของแรงที่เกิดขึ้นกับยาง เมื่อยางหมุนภายใต้การรับน้ำหนักและความดันลมภายในตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งแสดงถึงความสม่ำเสมอของยางรถยนต์ ซึ่งค่าหลักๆที่ใช้ในการหาค่า uniformity คือค่า RFV (Radial Force Variation) คือค่าการเปลี่ยนแปลงของแรงที่เกิดขึ้นในแนวรัศมี แสดงถึงความกลมของยาง ซึ่งมีผลต่อแรงสั่นในตัวรถ ทำให้เมื่อขับขึ้นบนถนนจะรู้สึกว่ายางกระแทกกับถนน นอกจากนี้ยังตรวจสอบความสมดุลน้ำหนักของยาง ด้วยเครื่องที่มีชื่อเรียกว่า DB (Dynamic Balance Machine) เมื่อยางไม่มีความสมดุลจะทำให้ยางเกิดแรงหนีศูนย์กลางได้ เมื่อครบกระบวนการตรวจสอบภายในของยางแล้ว ยางก็จะถูกส่งไปตรวจสอบด้วยสายตาครั้งที่ 2 อีกครั้งและส่งเข้าคลังสินค้าต่อไป ซึ่งการตรวจสอบด้วยสายตานี้จะต้องใช้ทักษะในการตรวจสอบ พนักงานต้องได้รับการฝึกอบรมมาก่อน เพราะถ้ามีงานที่มีข้อบกพร่องหลุดไปถึงลูกค้า ก็อาจจะส่งผลกระทบต่อบริษัทได้

2.3 หลักการของ RFV (Radial force variation)

หลักการของ RFV (Radial force variation) จากงานวิจัยของ Doi et al. [1] เป็นงานวิจัยที่ประดิษฐ์เครื่องจักรในการวัด uniformity ของยาง ทางที่มวิจัยของ Doi et al. ได้กล่าวถึงการออกแบบของเครื่อง FV และเกิดเป็นสมการของแรง ตามรูปที่ 11 ดังนี้



รูปที่ 11 การสมดุลของยางในขณะหมุน

โดยที่ A คือจุดศูนย์กลาง

B คือจุดที่แรง F กระทำกับยาง (ค่าคงที่ของ spring : K)

C คือจุดที่วัดการเคลื่อนที่

L1 คือระยะห่างจากจุด B ถึงจุดศูนย์กลาง (A)

L2 คือระยะห่างจากจุด C ถึงจุดศูนย์กลาง (A)

δ_1 คือระดับของ L ที่จุด B

δ_2 คือระดับของ L ที่จุด C

δ_0 คือการเคลื่อนที่ของแกน drum และยางภายใต้ load ที่จุด B'

ที่จุด A มี Load กระทำระหว่าง drum และยางที่สมดุลกัน โดยมีมวล (m) เป็นตัวกำหนด ความสมดุลกันที่ระดับ L ที่จุด C และค่าคงที่ของสปริง (k) ของ load กำหนดการวัดการเคลื่อนที่ไว้ ที่จุด C ทำให้แรงที่มีความสอดคล้องกับ RFV ที่กระทำกับยางสามารถอธิบายได้ด้วยสมการดังนี้

$$f = K(\delta_0 - \delta_1)$$

เมื่อกำหนดให้อยู่ในสภาวะสมดุล จะได้สมการดังนี้

$$l_1 \delta_2 = l_2 \delta_1$$

$$l_1 K(\delta_0 - \delta_1) = l_2 k \delta_2$$

จากสมการทั้ง 2 สมการด้านบน การเคลื่อนที่ δ_0 ที่จุด B' สามารถสร้างเป็นสมการใหม่ได้ เนื่องจากที่ระดับ L ถูกแทนที่ด้วย δ_2 ที่จุด C ซึ่งจะได้สมการดังนี้

$$\delta_0 = \frac{Kl_1^2 + kl_2^2}{Kl_1l_2} \cdot \delta_2$$

ที่ระดับการเคลื่อนที่ δ_2 ที่จุด C และระดับการเคลื่อนที่ δ_1 ที่จุด B จะได้

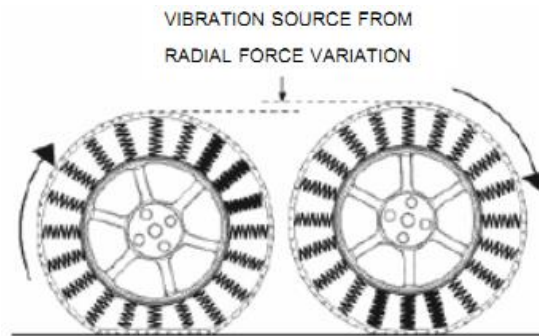
$$\delta_1 = (l_1/l_2)\delta_2$$

เมื่อแทนที่เข้าไปในสมการที่ 1 แรง f จะสามารถวัดได้จาก

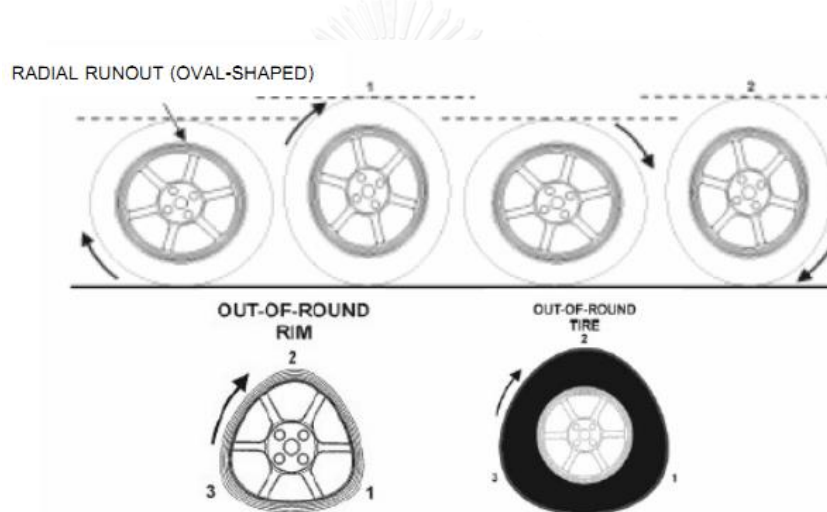
$$f = k(l_1/l_2)\delta_2$$

นอกจากนี้ได้ศึกษางานวิจัยของ วีระชัย เก้าเอี้ยน และคณะ ได้วิจัยเรื่อง การทดสอบความ แข็งตั้งของล้อยางตันสองชั้น ซึ่งเป็นยางสำหรับรถ forklift ได้กล่าวไว้ว่า ในขณะที่ยางหมุนลงบน drum เพื่อวัดแรงกระทำนั้น ยางจะเกิดการสั่นสะเทือนขณะหมุนอยู่บน drum ซึ่งเกิดการ เปลี่ยนแปลงแรงอัดในยางขณะหมุน เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของความแข็งตั้ง (Stiffness) ของยาง รอบแกนหมุน ที่เกิดจากความไม่สมดุลของยาง ตามรูปที่ 12 และความไม่กลมหรือการเอียงศูนย์กลาง ของยาง ตามรูปที่ 13 สาเหตุดังกล่าวอาจเกิดจากกระบวนการผลิตยางในปัจจุบันที่ไม่สามารถควบคุม

รูปร่างของยางให้คงรูปตลอดทั้งเส้นได้หลังจากการอบ ทำให้ยางที่ผลิตได้มีการกระจายมวลไม่สม่ำเสมอ หน้าตัดของยางไม่คงที่ ยางเกิดความไม่กลม [2]



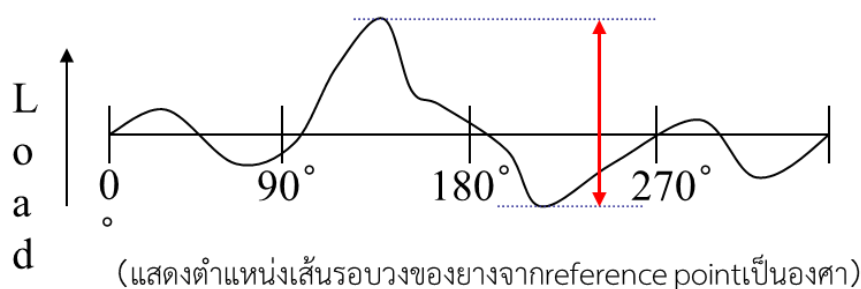
รูปที่ 12 ความแข็งตึงของยางรถยนต์



รูปที่ 13 ความไม่กลมของยางรถยนต์

สำหรับโรงงานตัวอย่างนี้ได้กล่าวถึงแรงกระทำภายในของยางในแนวรัศมีในที่นี้หมายถึงความผันแปรแรงรัศมี (Radial Force Variation : RFV) คือการทดสอบยางรถยนต์เพื่อวัดแรงกระทำในแนวรัศมี ยางรถยนต์จะวัดค่าโดยเครื่อง Force Variation โดยจะใส่ load ตามที่กำหนดไว้ และยางจะหมุนลงบน roller ภายในเครื่องจะมี load cell เพื่อวัดค่าแรงกระทำของยาง และส่งผ่านไปยังโปรแกรมประมวลผล แสดงค่าออกมาในรูปแบบของกราฟ wave form เนื่องจากยางจะไม่กลม 100% ดังนั้น load ก็จะทำให้ความผันแปรไปตามแต่ละส่วนเนื่องจากการหมุน โดยที่ wave form เป็นการให้นิยามของ RFV ไว้ว่าเป็นความต่างของ load ระหว่างจุดที่สูงที่สุดกับจุดที่ต่ำที่สุด (RF) ดังแสดงให้เห็นตามลูกศรสีแดง ตามรูปที่ 14 และแสดงตามสมการด้านล่าง ซึ่งค่ามาตรฐานของ RFV \leq 80N

$$RFV = RF_{max} - RF_{min}$$



รูปที่ 14 Wave form ในการให้นิยามของ RFV

2.4 ประวัติของซิกซ์ ซิกมา

เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1990 บริษัท Motorola คิดเทคนิคการบริหารกระบวนการขึ้นมาชนิดหนึ่งเรียกว่า Six sigma โดยตั้งชื่อตามตัวอักษรกรีกที่มีความหมายในทางสถิติคือระดับของความผันแปรของกระบวนการ บริษัท Motorola ได้รับผลสำเร็จที่วัดออกมาเป็นตัวเงินมหาศาลจากการดำเนินงานตามแนวทางของ Six sigma

ต่อมาบริษัท GE โดย Jack Welch ปรับเปลี่ยนรูปแบบดั้งเดิมของซิกซ์ ซิกมา ให้เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้มากขึ้น โดยปรับแก้รูปแบบซิกซ์ ซิกมา ของ Motorola ให้เป็นลักษณะของ Project based approach คือ เน้นทำเป็นเรื่องๆ ในระยะเวลาที่กำหนดไว้ประมาณ 6 เดือน นอกจากนี้ยังเพิ่มเติมในส่วนของการบริหารโครงการ และแนวทางในการจูงใจให้ผู้บริหารทุกระดับเล็งเห็นความสำคัญของการดำเนินงาน และยังเพิ่มในส่วนของการประเมินผลสำเร็จที่สามารถวัดผลออกมาได้ในรูปของเงินที่เพิ่มขึ้นของบริษัท ด้วยรูปแบบใหม่ของซิกซ์ ซิกมา จึงเป็นที่นิยมมากในบรรดาบริษัททั่วไป

ปัจจุบันเทคนิคของ Six sigma ไม่ได้จำกัดการประยุกต์ใช้เฉพาะกับบริษัทขนาดใหญ่อย่าง Motorola และ GE เท่านั้น แต่นำไปประยุกต์ใช้กับภาคธุรกิจต่างๆมากมาย ไม่ว่าจะเป็น SMEs องค์กรขนาดใหญ่ กระบวนการผลิต ตลอดจนงานบริการ โดยมีลักษณะการประยุกต์ใช้ที่แตกต่างกันตามรูปแบบของธุรกิจ

2.4.1 ความหมายของซิกซ์ ซิกมา

ซิกซ์ ซิกมา มีความหมายในหลายนัย กล่าวได้ว่า ซิกซ์ ซิกมา เป็นวิสัยทัศน์ คือการทำให้ลูกค้าพึงพอใจ โดยการส่งมอบสินค้าที่มีคุณภาพระดับโลกหรือระดับซิกซ์ ซิกมา ความหมายอีกนัยหนึ่งคือซิกซ์ ซิกมา เป็นปรัชญา โดยเป็นการประยุกต์แนวทางที่มีโครงสร้างที่เป็นระบบในการปรับปรุงคุณภาพอย่างก้าวกระโดดในทุกๆส่วนของธุรกิจ สำหรับซิกซ์ ซิกมา ในแง่ของระบบบริหารคุณภาพ เป็นระบบที่มีการจัดการในเรื่องการบริหารทรัพยากรบุคคล เครื่องมือ และเงิน เพื่อ

สนับสนุนให้เกิดการปรับปรุงงานได้ และสุดท้ายซีทซ์ ชิโกมา เป็นขั้นตอนและเครื่องมือในการปรับปรุงคุณภาพ หรือระดับคุณภาพของกระบวนการ ซึ่งได้กำหนดขั้นตอนในการปรับปรุงคุณภาพไว้ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ในแต่ละขั้นตอนก็ได้รวบรวมเครื่องมือหลักๆที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนไว้อย่างชัดเจน ซึ่งจะกล่าวไว้ในหัวข้อถัดไป

2.4.2 แนวคิดของซีทซ์ ชิโกมา

จุดประสงค์หลักของซีทซ์ ชิโกมา คือการลดความผันแปรที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์และกระบวนการ เมื่อลดความผันแปรได้แล้ว ความสูญเสียเปล่าก็จะลดลงด้วย ทำให้สามารถลดต้นทุนที่เกิดจากความสูญเสียเปล่าลงได้เช่นกัน ซึ่งแนวคิดหลักของซีทซ์ ชิโกมา คือ มุ่งเน้นที่จะปรับปรุงในสิ่งที่ลูกค้าต้องการ ปรับปรุงคุณภาพอย่างเป็นระบบ โดยมีขั้นตอนและเครื่องมือทางสถิติ และเครื่องมือทางคุณภาพสนับสนุน รวมทั้งเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนอง และปัจจัยนำเข้า

2.4.3 ขั้นตอนของการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางซีทซ์ ชิโกมา

ขั้นตอนของกระบวนการซีทซ์ ชิโกมา ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ D : Define, M : Measure, A : Analyze, I : Improve และ C : Control หรือเรียกย่อๆว่า DMAIC ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีแนวทางในการดำเนินงานแตกต่างกันไป ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define Phase) เป็นการระบุสภาพปัญหา ขอบเขตวัตถุประสงค์ เงื่อนไข และสมมติฐานของหัวข้อในการดำเนินโครงการปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งจะต้องเป็นเรื่องที่ทำแล้วเห็นผลเร็ว สามารถลดต้นทุนการดำเนินงานได้ และเป็นเรื่องที่ต้องพิจารณาแล้วเห็นว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความอยู่รอดขององค์กร

2. ขั้นตอนการวัดสภาพปัญหา (Measure Phase) ในขั้นตอนการวัดนี้เป็นการวัดความสามารถของกระบวนการที่เป็นจริงอยู่ในปัจจุบัน โดยจะมีการเก็บข้อมูลเพื่ออธิบายปัญหา และเป็นข้อมูลสนับสนุนในการกำหนดสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาซึ่งจะแบ่งการดำเนินงานเป็น 5 ขั้นตอนย่อย

2.1 การวางแผนและดำเนินการคัดเลือกตัวชี้วัดที่เหมาะสมในการดำเนินโครงการ โดยเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์หรือการบริการ จากนั้นกำหนดกลยุทธ์ในการสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า แล้วนำกลยุทธ์ไปกำหนดตัวชี้วัดของโครงการต่อไป สุดท้ายคือการสร้างแผนการดำเนินงาน

2.2 การวัดความสามารถของกระบวนการที่เป็นจริงอยู่ในปัจจุบัน โดยเริ่มจากการจัดทำแผนภูมิควบคุม (Control chart) ต่อไปคือการระบุปัญหาหลักโดยใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto chart) เพื่อเป็นการแจกแจงความถี่ของปัญหาต่างๆจากมากไปหาน้อย ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต

2.3 วิธีการปรับปรุงกระบวนการด้วยการใช้เทคนิคต่างๆของวิศวกรรมอุตสาหการ เพื่อเป็นการปรับปรุงกระบวนการ

2.4 Measurement system analysis (MSA) เป็นตัวชี้วัดความเที่ยงตรงของกระบวนการผลิตหรือกระบวนการทำงานที่มีลักษณะการทำงานซ้ำกันหลายครั้ง เช่น การตรวจวัดชิ้นงานตามคาบเวลาต่างๆ เป็นต้น

2.5 การนำประสบการณ์มาปรับปรุงงาน

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา (Analyze Phase) ในขั้นตอนนี้จะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าที่มีนัยสำคัญต่อปัญหา หลังจากที่ได้กำหนดสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาแล้ว หากจำนวนสาเหตุที่เป็นไปได้มีมาก จะต้องมีการกรองจำนวนสาเหตุหรือปัจจัยลงก่อนที่จะนำไปทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าสาเหตุหรือปัจจัยใดมีนัยสำคัญต่อปัญหา จะได้นำไปสู่การปรับปรุงที่ตรงจุดในขั้นตอนต่อไป โดยในขั้นตอนนี้จะมีการออกแบบการทดลอง เก็บผลการทดลองและนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถิติเพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยใดมีนัยสำคัญหรือเป็นสาเหตุรากเหง้าของปัญหา เครื่องมือทางสถิติที่นำมาประยุกต์ใช้มีดังนี้

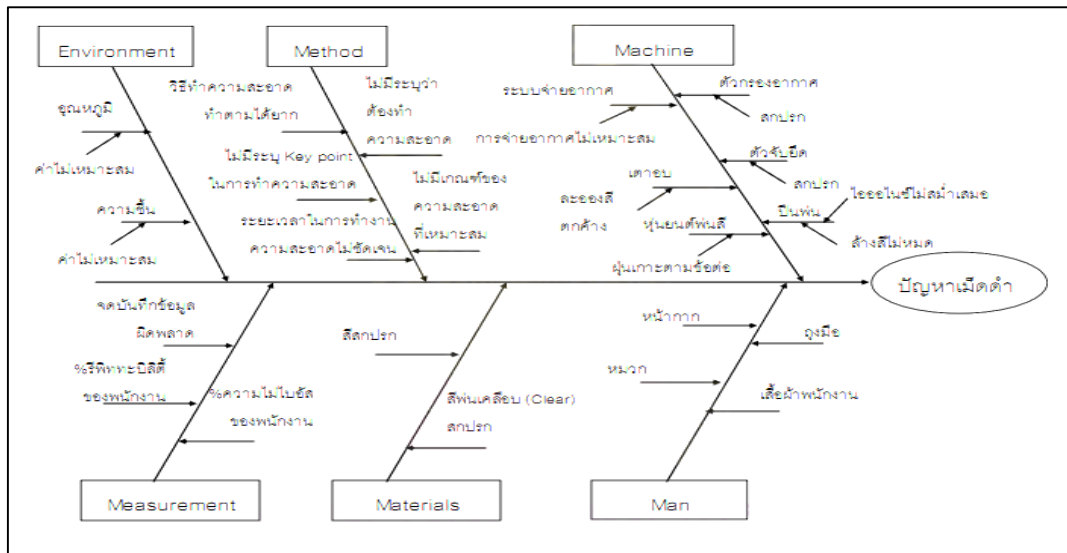
3.1 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram)

จากงานวิจัยของพรเทพ เหลือทรัพย์สุข (2549) ได้กล่าวถึงแผนผังแสดงเหตุและผล หรือแผนภูมิก้างปลา (Fish bone diagram) หรือแผนภาพอิชิคาว่า (Ishikawa diagram) เป็นแผนภาพที่แสดงสาเหตุและผล ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปัญหาและสาเหตุของปัญหานั้น โดยการวิเคราะห์สาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดมาเรียบเรียง โดยเป็นการเรียบเรียงสาเหตุที่เป็นปัญหาต่อคุณภาพ หรือปัญหาที่เกิดขึ้น สาเหตุแต่ละสาเหตุนั้นต่างก็มีรายละเอียดของมันและซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ถึงรากเหง้าของปัญหา แผนภูมิก้างปลาเป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆได้เป็นอย่างดี และมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ด้วย สำหรับการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนภูมิก้างปลา จะทำการพิจารณาสาเหตุของปัญหา โดยแยกเป็น 6 กลุ่ม คือ สาเหตุที่เกิดจากคน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) วิธีการ (Method) ระบบการวัด (Measurement) และสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิต (Environment) โดยรูปที่ 15 จะแสดงตัวอย่างของแผนภูมิก้างปลา หรือแผนผังแสดงเหตุและผล

3.2 ตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and effect diagram)

จากงานวิจัยของพรเทพ เหลือทรัพย์สุข (2549) ได้กล่าวเกี่ยวกับตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนองที่สนใจ กับปัจจัยนำเข้าที่สำคัญต่างๆ ที่ได้มาจากการวิเคราะห์ผ่านแผนภูมิก้างปลา มา โดยตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลนี้จะวิเคราะห์ถึงระดับความสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนอง โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ในการให้คะแนนความสำคัญของปัจจัยต่างๆ เพื่อจัดทำตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล จากนั้น

ต้องสร้างแผนภูมิพาเรโตขึ้นมาเพื่อเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหานั้นๆ จากมากไปน้อย และเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญอันดับแรกๆมาทำการแก้ไขก่อน ซึ่งตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลจะมีการกำหนดคะแนนตามความสำคัญของผลกระทบต่างๆ ไม่ว่าจะ เป็นต่อลูกค้า หรือคุณภาพของสินค้า คะแนนที่มีค่าสูงนั้นจะแสดงถึงความสำคัญที่มาก



รูปที่ 15 ตัวอย่างแผนผังแสดงเหตุและผล

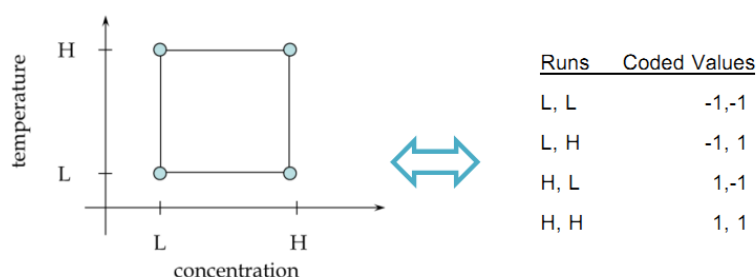
4. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) ในขั้นตอนการปรับปรุงนี้ หลังจากทราบ ว่าปัจจัยใดมีนัยสำคัญหรือเป็นสาเหตุรากเหง้าของปัญหา แล้วก็ทำการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุนั้น หาก เป็นสาเหตุหรือปัจจัยที่เป็นค่าปรับตั้งเครื่องจักร ก็จะทำการออกแบบและทำการทดลองเพื่อให้ได้ ข้อมูลมาตัดสินใจว่าจะตั้งค่าปรับตั้งของพารามิเตอร์บนเครื่องจักรที่มีนัยสำคัญต่อปัญหานั้นไว้ที่ค่าใด ที่จะให้ผลดีที่สุด หากเป็นปัจจัยที่ปรับปรุงได้โดยการจัดการ ก็จะกำหนดทางเลือกในการปรับปรุงและ เลือกทางเลือกที่เหมาะสมโดยพิจารณาข้อมูลประกอบการตัดสินใจ จากนั้นก็จะทำการเก็บผลลัพธ์ หลังการปรับปรุงเพื่อยืนยันว่าได้ผลการปรับปรุงที่ดีขึ้นจริงตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งการ ปรับปรุงกระบวนการของงานวิจัยนี้ เป็นการนำเทคนิคการออกแบบการทดลองมาใช้ ซึ่งมี รายละเอียดดังนี้

การออกแบบการทดลอง (Design of experiment) เป็นกระบวนการวางแผนการ ทดลองและนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์หลักการทางสถิติ และหาข้อสรุปของปัจจัย นำเข้าใดมีผลต่อปัญหาที่เกิดขึ้น วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบผลกระทบ หลักของปัจจัยที่มีต่อตัวแปรตอบสนอง (Main effect) และผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction effect) พร้อมทั้งหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและตัวแปรตอบสนอง เพื่อใช้ใน

การหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ตัวแปรตอบสนองมีค่าที่ต้องการ โดยที่ประโยชน์ของการออกแบบการทดลองนั้น คือช่วยประหยัดจำนวนการทดลองให้มีเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

ประเภทของการออกแบบการทดลอง แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง ได้แก่ ประเภทที่ 1 เป็นการทดลองเพื่อหาว่าปัจจัยใดมีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นแบบการทดลองที่มีการทดสอบแต่ละปัจจัยที่ 2 ระดับเท่านั้นเพื่อประหยัดจำนวนการทดลอง แบบการทดลองประเภทนี้ได้แก่ แบบการทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูป (Full Factorial design) และแบบการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial design) สำหรับประเภทที่ 2 เป็นแบบการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ตัวแปรตอบสนองมีค่าที่ต้องการ ซึ่งแบบการทดลองที่ใช้มีวัตถุประสงค์ในการหาค่าที่เหมาะสม แต่ละปัจจัยจะต้องถูกทดสอบที่มากกว่า 2 ระดับ แบบการทดลองประเภทนี้ได้แก่ แบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) และแบบการทดลองแบบ Box-Behnken

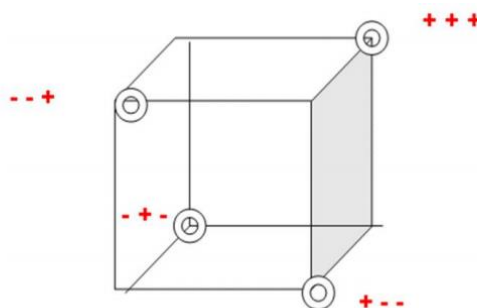
(1) การออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูป (Full Factorial design) กรณีปัจจัยที่ 2 ระดับ คือแบบการทดลองที่ประกอบไปด้วยทุก combination ของระดับของปัจจัย โดยแต่ละปัจจัยจะถูกทดลองที่ 2 ระดับ ที่ค่าที่ระดับสูง (+1 หรือ high: H) และระดับต่ำ (-1 หรือ low: L) รูปที่ 16 แสดงตัวอย่างแบบการทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูปกรณี 2 ปัจจัย โดยแต่ละปัจจัยถูกทดสอบที่ 2 ระดับ



รูปที่ 16 ตัวอย่างแบบการทดลองแฟคทอเรียลกรณี 2 ปัจจัย 2 ระดับ

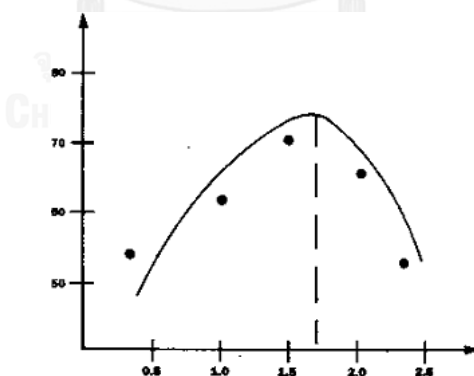
(2) การออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial design) คือเมื่อจำนวนของปัจจัยที่นำมาศึกษาในรูปแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^k เพิ่มขึ้น จำนวนการทดลองที่ต้องใช้ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย หากทำการทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูปจะสามารถหาค่าผลกระทบร่วมได้ในทุกลำดับ เป็นจำนวน $2^k \times 1$ ผลกระทบ และอีกหนึ่งส่วนคือจุดตัดแกน เช่น ผลกระทบหลัก ผลกระทบร่วมของ 2 ปัจจัย ผลกระทบร่วมของ 3 ปัจจัย ผลกระทบร่วมของ 4 ปัจจัย จนกระทั่งถึงผลกระทบร่วมของ k ปัจจัย จากงานวิจัยที่ผ่านมาที่มีการศึกษาพบว่า ผลกระทบร่วมตั้งแต่ 3 ปัจจัยขึ้นไปจะมีค่าน้อยมากเข้าใกล้ 0 จนไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถละทิ้งการประมาณค่าของผลกระทบร่วมตั้งแต่ 3 ปัจจัยขึ้นไปได้ หากละทิ้งการประมาณค่าเทอมเหล่านี้ได้ ก็สามารถทำการทดลองที่จำนวน

สภาวะเพียงบางส่วนได้ จึงเรียกประเภทการทดลองนี้ว่าการออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial design) ซึ่งรูปที่ 17 แสดงตัวอย่างสภาวะการทดลองแบบการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน



รูปที่ 17 รูปเรขาคณิตของแบบการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน

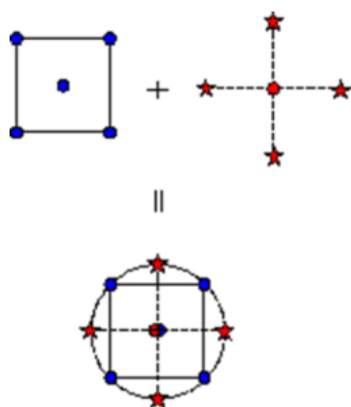
(3) การออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Design) ใช้สำหรับวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ตัวแปรตอบสนองมีค่าที่ต้องการ ซึ่งแบบการทดลองนี้ แต่ละปัจจัยต้องถูกทดสอบที่มากกว่า 2 ระดับ แบบการทดลองประเภทนี้ได้แก่ แบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) และแบบการทดลองแบบ Box-Behnken รูปที่ 18 แสดงให้เห็นว่าหากมีการทดลองที่มากกว่า 2 ระดับ จะสามารถเห็นจุดที่ตัวแปรตอบสนองมีค่าสูงที่สุดหรือต่ำที่สุดได้ หรือที่ค่าตัวแปรตอบสนองที่ระดับที่ต้องการได้



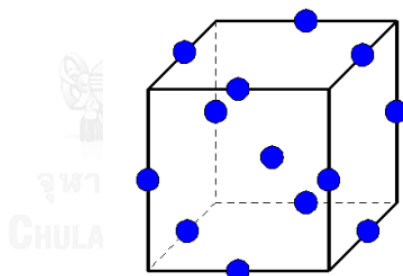
รูปที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรงระหว่างปัจจัยและตัวแปรตอบสนอง

(3.1) การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) การออกแบบนี้เหมาะกับการสร้างตัวแปรที่มีลักษณะเป็นโพลีโนเมียลกำลังสอง ซึ่งจะประกอบไปด้วยการทดลอง 3 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนการทดลองแฟคทอเรียล 2^k ส่วนของจุดแกน (Axial runs) และส่วนของจุดศูนย์กลาง (Center runs) แสดงได้ตามรูปที่ 19

(3.2) การออกแบบการทดลองแบบ Box-Behnken เป็นการออกแบบการทดลองสำหรับจำนวนปัจจัย 3 ปัจจัยขึ้นไป โดยปัจจัยใดๆ จะถูกทดลองที่ 3 ระดับ โดยจะสร้างตัวแบบที่มีลักษณะเป็นพหุนามกำลังสอง ซึ่ง combination ของการทดลองจะประกอบด้วย การทดลองที่จุดกึ่งกลางของแต่ละด้านและที่จุดศูนย์กลางของตัวแบบ แสดงในรูปที่ 20 นอกจากนี้การทดลองแบบ Box-Behnken ยังใช้จำนวนการทดลองที่น้อยกว่าแบบส่วนประสมกลาง



รูปที่ 19 ส่วนของการทดลองแบบส่วนประสมกลาง



รูปที่ 20 รูปเรขาคณิตของแบบการทดลองแบบ Box-Behnken กรณี 3 ปัจจัย

5. ขั้นตอนการควบคุมหลังการปรับปรุง (Control Phase) ในขั้นตอนการควบคุมนี้ หลังจากได้วิธีการปรับปรุงแล้ว ก็จะจัดทำมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานที่ได้ปรับปรุงขึ้นมา รวบรวมแผนควบคุม ซึ่งจะระบุถึงสิ่งที่ต้องควบคุม และเครื่องมือวิธีการในการควบคุมกระบวนการ เพื่อให้มั่นใจว่าผลลัพธ์ที่ดีขึ้นหลังการปรับปรุงนั้นจะอยู่อย่างยั่งยืนต่อไป

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รณชัย ไม้สนธิ (2553) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA มาทำการลดเสียจากการอบยางในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ โดยมีการวิเคราะห์เพื่อประเมินความรุนแรง ค่าโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง และค่าความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง เพื่อนำไปคำนวณค่าความเสี่ยง (RPN)

และได้แก้ไขข้อบกพร่องที่มีค่า RPN มากกว่า 100 คะแนน ซึ่งผลของการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงมีของเสียโดยมีค่า RPN มากกว่า 100 อยู่ 12 ข้อบกพร่อง ซึ่งหลังการปรับปรุงแล้วมีของเสียที่มีค่า RPN มากกว่า 100 เหลืออยู่ 5 ข้อบกพร่อง เปอร์เซ็นต์ของเสียก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 2.88% และเมื่อทำการปรับปรุงแล้วของเสียลดลงเหลือ 1.29% [3]

วิทยา เจนจิวัฒน์กุล (2554) ได้นำแนวทาง Six Sigma มาประยุกต์ใช้ในการลดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ซึ่งใช้หลักการของ DMAIC โดยระยะการนิยามปัญหา (Define phase) พบว่ากระบวนการพิมพ์พลาสติกมีของเสีย 11.68% ต่อมาจึงวิเคราะห์ระยะการตรวจวัด (Measurement phase) โดยผลการตรวจสอบระบบการวัดผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แล้วทำการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิแกงปลาได้มา 20 ปัจจัย จากนั้นทำการคัดกรองปัจจัยด้วยเทคนิค Cause & Effect Matrix และ FMEA ทำให้เหลือปัจจัยที่มีผลต่อของเสียอยู่ 3 ปัจจัย หลังจากนั้นจึงเข้าสู่ระยะการวิเคราะห์ปัญหา (Analysis phase) ด้วยวิธีการทางสถิติ และสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยมีผลต่อการเกิดของเสียอย่างแท้จริง จากนั้นเข้าสู่ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement phase) โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลอง ซึ่งจะได้ค่าที่เหมาะสมของกระบวนการออกมาในแต่ละปัจจัย สุดท้ายก็เข้าสู่ระยะการควบคุมกระบวนการ (Control phase) โดยการสร้างแนวทางในการควบคุมปริมาณของเสียให้อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งผลหลังจากการปรับปรุงทำให้ของเสียลดลงเหลือ 1.53% ซึ่งสามารถลดปริมาณของเสียได้ถึง 86.90% [4]

วิชา แสนสม (2551) ได้ประยุกต์แนวทางของ Six Sigma ในการลดของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ ซึ่งมีสัดส่วนของเสียที่เกิดจากเม็ดฝุ่นต่อปริมาณการผลิตอยู่ที่ 151,259 DPPM (Defect part per million) ซึ่งใช้หลัก DMAIC มาปรับปรุงกระบวนการผลิต เริ่มจากหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดปัญหาเม็ดฝุ่น ศึกษาความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัด วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล หาดำแปรที่จะนำมาศึกษาโดยใช้เทคนิค FMEA จากนั้นนำปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดเม็ดฝุ่นมาทดสอบโดยการประยุกต์การออกแบบการทดลอง และทำการควบคุมกระบวนการเพื่อป้องกันปัญหาให้เกิดขึ้น หลังจากการปรับปรุงกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ พบว่าของเสียที่เกิดขึ้นลดลงเหลือ 46,892 DPPM ซึ่งของเสียลดลงไป 69% [5]

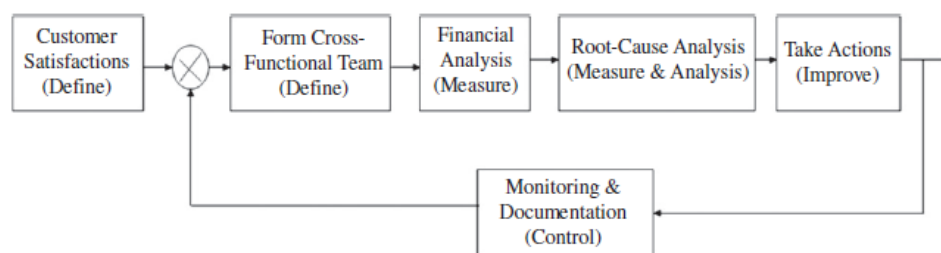
ธีรพร เสนพรหม (2550) ได้ประยุกต์ใช้แนวคิดของ Six Sigma ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติก โดยทำการลดของเสียที่มีข้อบกพร่องประเภทรอยขีดข่วนของแม่แบบแก้วที่ใช้ในการผลิตเลนส์สายตาชนิดบางพิเศษ ซึ่งมีต้นทุนสูงและซ่อมแก้ไขไม่ได้เมื่อเกิดรอยตำหนิ ซึ่งมีการดำเนินงานวิจัย 5 ขั้นตอน ได้แก่ระยะการนิยามปัญหา ระยะการวัด ระยะการวิเคราะห์ปัญหา ระยะการปรับปรุงแก้ไข และระยะการติดตามควบคุม ผลหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกพบว่าสัดส่วนของแม่แบบเสียลดลงจาก 0.25% หรือ 2,512 ppm เหลือ 0.083% หรือ 826

ppm ซึ่งมีค่าลดลง 66.8% และเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของแม่แบบเสียก่อนการปรับปรุง โดยระดับ Sigma ของกระบวนการได้ปรับปรุงจาก 4.31 เป็น 4.65 ซึ่งสามารถลดมูลค่าความสูญเสียรวมได้เท่ากับ 2,398,621 บาทต่อปี [6]

Chao-Ton Su *et al.* (2008) ได้ศึกษากรณีของโรงงานผลิต Semiconductor ซึ่งได้กล่าวถึงวิธีการเพื่อกำหนดวิธีการทำงานของ six sigma ที่เป็นโครงการ การประเมินผล และการวางแผน ซึ่งได้เสนอมา 4 เฟส คือ 1 โครงการมีเป้าหมายที่จะสร้างความเป็นไปได้ของ six sigma ให้เชื่อมโยงโดยตรงต่อลูกค้า และเป้าหมายกลยุทธ์ขององค์กร เฟสที่ 2 คือ การประเมินผลประโยชน์ของโครงการ ซึ่งประโยชน์ของ six sigma สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายขององค์กรได้ เฟสที่ 3 คือ การประเมินความเสี่ยง ซึ่งสามารถใช้วิธีการของ FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) และเฟสที่ 4 คือ การวางแผนโครงการ เมื่อทำการวิเคราะห์และใช้งานโปรแกรม six sigma แล้วพบว่า สามารถพัฒนาวิธีการของงานโครงการที่จะเกิดขึ้นด้วยพื้นฐานของกลยุทธ์และนโยบายขององค์กร สามารถประเมินประโยชน์และความเสี่ยงในแต่ละโครงการได้ [7]

ต่อมา Su *et al.* (2009) ได้ปรับปรุงกระบวนการติดตามกึ่งตัวนำตงบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในขั้นตอนที่เกี่ยวกับการเกิด metallization ชั้นระหว่างชั้นของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์อยู่ในกระบวนการ inter metal dielectric ซึ่งหากชั้นตอนนี้มีปัญหาจะทำให้เกิดการรั่วของกระแสไฟฟ้าได้ และเกิดของเสียจากกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงได้นำวิธีทาง six sigma มาประยุกต์ใช้ ผลพบว่าสามารถลดข้อบกพร่องของชิ้นงานลงได้จาก 0.045 DPU (defect per unit) เหลือ 0.03 DPU [7]

นอกจากนี้ Tongdan *et al.* (2011) ได้ศึกษากรณีของวงจรปิดของ Six sigma ตามรูปที่ 21 ที่มีความน่าเชื่อถือสูงกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความซับซ้อน อย่างเช่น semiconductor ในสภาพแวดล้อมที่ supply chain เป็นแบบ time to market เพื่อให้มีบทบาทในตลาด ซึ่งโปรแกรม six sigma เป็นตัวผลักดันทำให้ลูกค้าพึงพอใจและประหยัดค่าใช้จ่ายต่างๆ ขั้นตอนของ DMAIC ถูกใส่เข้าไปในโมเดลวงจรปิด เพื่อสร้างวงจรให้ดำเนินต่อไป โดยมีแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้อง ทำให้อัตราการเกิดปัญหาของสินค้าลดลงมา 50% และประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึงปีละ \$746,389 [8]



รูปที่ 21 กรอบการปรับใช้ความน่าเชื่อถือผ่านวงจรปิดของ Six Sigma

อุตสาหกรรมประเภทอื่นก็ได้นำหลักการของ six sigma มาใช้ปรับปรุงกระบวนการ อย่างเช่นงานวิจัยของ A.K. Sahoo *et al.* (2008) ได้นำเทคนิค DMAIC บนพื้นฐานของ six sigma มาวิเคราะห์ปัจจัยการดำเนินงานของกระบวนการ radial forging ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการมีอะไรบ้าง และแนวทางในการปรับปรุงปัจจัยนั้นๆก็มีเทคนิคต่างๆที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้เหมาะสม และยังมีเครื่องมือต่างๆที่ใช้วิเคราะห์ เช่น DMAIC, ANOVA, S/N ratio, DOE, Orthogonal array เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาและการปรับปรุงกระบวนการให้มีความเหมาะสมปัจจุบันการแข่งขันของอุตสาหกรรมมีผลมาจากการผลิตที่ได้สินค้าคุณภาพสูงด้วยต้นทุนที่ต่ำ ดังนั้นการแก้ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาของกระบวนการผลิตจึงจำเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นผู้เขียนจึงใช้ทฤษฎีของ six sigma เป็นพื้นฐานที่จะนำไปใช้ให้เหมาะสมกับตัวแปรของการดำเนินงาน ในอุตสาหกรรม radial forging ซึ่งสามารถสรุปผลได้ว่า การที่จะแก้ปัญหา การพัฒนา และการปรับปรุงกระบวนการ radial forging ที่เหมาะสมโดยมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ตัวแปรของการดำเนินงานนั้น เครื่องมือ DMAIC ของ six sigma สามารถวิเคราะห์ได้ประสบผลสำเร็จ สามารถกำหนดตัวแปรได้อย่างเหมาะสมกับกระบวนการ radial forging [9]

นอกจากนี้ทางด้านเครือข่ายเทคโนโลยีก็ยังมีการนำหลักการของ six sigma มาประยุกต์ใช้ ซึ่ง Satya S. Chakravorty (2009) ศึกษาการใช้โปรแกรม six sigma ในบริษัทเครือข่ายเทคโนโลยี ซึ่งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการพัฒนารูปแบบการดำเนินงาน ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือการดำเนินการวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์ที่เป็นลูกค้า หรือตลาดขับเคลื่อน ขั้นตอนที่ 2 คือสร้างทีมงานระดับสูงให้ข้ามสายงานที่จะขับเคลื่อนความคิดริเริ่มในการปรับปรุง ขั้นตอนที่ 3 คือการระบุเครื่องมือการปรับปรุงโดยรวม ขั้นตอนที่ 4 คือการดำเนินการการทำแผนกระบวนการระดับสูง และจัดลำดับความสำคัญโอกาสในการปรับปรุง 4 ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษา การตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับหลักในการตัดสินใจ ขั้นตอนที่ 5 และ 6 มีการพัฒนาแผนรายละเอียดและรูปแบบการปรับปรุงทีมในระดับต่ำและการดำเนินการแก้ไขเอกสารตามความจำเป็น นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญสำหรับผู้ปฏิบัติงานและนักวิชาการหลายของการวิจัยในอนาคตจะยังอธิบายเกี่ยวกับรูปแบบการดำเนินการ สุดท้ายการวิจัยนี้จะให้รูปแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นแนวทางในการดำเนินงานของ six sigma โปรแกรม เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงหรือของเสียจากการดำเนินงานนี้มีความเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพราะปัจจุบันการแข่งขันสภาพแวดล้อมที่เรียกร้องให้ บริษัท ลดการเปลี่ยนแปลง เพื่อตอบสนองหรือเกินความต้องการอย่างมีประสิทธิภาพและการตอบสนองของลูกค้า มีเพิ่มมากขึ้น ความกดดันที่จะไล่ตามวิธีการใหม่ของการคิดที่เป็นแหล่งที่มาเปรียบในการแข่งขัน การวิจัยเพิ่มเติมในบริเวณนี้คือจำเป็นที่จะต้องมีส่วนร่วมในวิทยาศาสตร์และการปฏิบัติการดำเนินงานของ Six Sigma หรือกระบวนการอื่น ๆ รูปแบบการปรับปรุงเพื่อลดของเสียและการสร้างมูลค่า [10]

หลักการของ six sigma ยังได้นำเทคนิคต่างๆเข้ามาผสมผสานกันได้ เพื่อพัฒนาปรับปรุงงานทางด้านต่างๆ ให้ได้ประโยชน์มากที่สุด โดย Gulcin Buyukozkan *et al.* (2010) ได้พัฒนาวิธีการใหม่บนพื้นฐานการรวมกันของ ANP (Analytic Network Process) และ DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) เทคนิค เพื่อช่วยให้องค์กรกำหนดจุดวิกฤตของโครงการ six sigma และกำหนดโครงการที่ได้รับความสนใจมากกว่าในบริษัท logistic ในกรณีศึกษานี้ได้ประเมินผลจาก 3 โครงการของ six sigma โดยโครงการ A เป็นการพัฒนาระบบการทางธุรกิจ โครงการ B เป็นการพัฒนาความสัมพันธ์ของลูกค้า และโครงการ C เป็นการปรับความเหมาะสมของคลังสินค้า เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DEMATEL และเทคนิค ANP พบว่า โครงการ C ในการหาความเหมาะสมของคลังสินค้านั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการใช้ six sigma ทางเลือกที่ 2 คือโครงการ A เป็นโครงการพัฒนาระบบการทางธุรกิจ เทคนิค ANP และ DEMATEL เป็นตัวเชื่อมโยงกันในระบบโครงสร้างการประเมิน model ในการเลือกโครงการของ six sigma ซึ่งเทคนิคหนึ่งควร จะได้รับความพึงพอใจในการเลือกโครงการที่เหมาะสม [11]

ในเชิงของนวัตกรรมก็ได้มีการนำ six sigma มาใช้ ซึ่ง Mahour Mellat Parast (2011) ได้พัฒนาทฤษฎีในการกำหนดผลกระทบของ six sigma ในนวัตกรรมและผลการดำเนินงานของบริษัท ผลพบว่าระบบ six sigma สามารถกลายเป็น 2 มุมมองในเชิงประสิทธิภาพ และนวัตกรรม ซึ่งในผลของการดำเนินงานของบริษัท การที่นำไปโปรแกรม Six sigma มาใช้นั้นจะช่วยกำหนดความต้องการที่ชัดเจนและขจัดปัญหาที่เกิดจากความรู้สึกของลูกค้าได้ เพื่อที่จะได้รับประโยชน์จากโปรแกรม six sigma บริษัทหวังในเรื่องของตลาดใหม่ๆหรือลูกค้าใหม่ๆ เพราะในปัจจุบัน Six sigma ยังไม่สามารถรันตีการแข่งได้ เนื่องจากการขยายตัวที่มีอยู่ในตัวผลิตภัณฑ์ของลูกค้าเอง [12]

หลักการของ six sigma นอกจากจะใช้ในการปรับปรุง พัฒนางานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ยังมีหลักการของ FMEA method (Failure Mode and Effects Analysis) มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน ได้ เพื่อที่จะลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น อย่างเช่นงานวิจัยของ M. Sokovic *et al.* (2005) ได้ศึกษาการนำ Six sigma มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบกระบวนการ โดนได้ศึกษากรณีของกระบวนการทำเครื่องจักร Compressor-housing ผลพบว่า การประยุกต์ใช้เครื่องมือในการกำจัดความเสียหายที่มีจำนวนมาก ดังนั้นความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงมีแนวทางป้องกันด้วยการใช้ FMEA method มากขึ้นกับกระบวนการที่จะเกิดขึ้นใหม่ นอกจากนั้นกระบวนการใหม่ที่ถูกรออกแบบและปรับปรุงมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่า ดังนั้นควรที่จะเตรียมการผลิตที่ดี วัตถุดิบไม่สูญเสียมากนัก จะทำให้การผลิตจะมีการประหยัดค่าใช้จ่ายมากขึ้น [13]

ต่อมา K.G. Johnson *et al.* (2003) ได้ศึกษาความสัมพันธ์และตัวบ่งชี้ PFMEA (Process Failure Mode and Effects Analysis) ที่เกิดขึ้นกับ supplier ของโรงงานผลิตรถจักรยานยนต์ โดยสร้างคำถามต่างๆจากข้อมูลทีวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์สำหรับการปฏิบัติ PFMEA ซึ่งผลการ

วิเคราะห์พบว่า เบื้องต้นในการสร้าง questionnaire ที่ตรงประเด็นควรได้รับการสนับสนุนจาก supplier Team และ Teamwork เป็นหัวข้อที่สำคัญในเทอมของความสำเร็จการปฏิบัติ PFMEA ตามมาด้วยเทคนิค ซึ่งเทคนิคต่างๆที่เกิดขึ้นสร้างด้วยจำนวนความสัมพันธ์กับความเข้าใจพื้นฐานของ PFMEA จึงสามารถสรุปได้ว่า เทคนิคของ PFMEA มีข้อจำกัด เนื่องจากปัญหาต่างๆ เช่น ความเข้าใจของสาเหตุและผลกระทบ และข้อปฏิบัติของการบริหารในการเก็บข้อมูล ซึ่งแสดงให้เห็นว่า supplier พบว่ามันเป็นการยากที่จะแสดงปริมาณของประโยชน์ที่ได้รับจริงๆจากเทคนิค PFMEA ในเทอมของต้นทุน ความน่าเชื่อถือในการปรับปรุง และการป้องกันปัญหา ดังนั้นจึงแนะนำให้ควรพัฒนาเทคนิค PFMEA ต่อไปอีกสำหรับกรณีศึกษา [14]

สำหรับประเภทอุตสาหกรรมอื่นก็มีการนำมาประยุกต์ใช้ เช่น A. Mariajayaprakash *et al.* (2013) ได้ศึกษากรณีโรงงานผลิตน้ำตาลเพื่อที่จะกำหนดความเสียหายที่เกิดขึ้นบ่อยใน boiler และลดความเสียหายเหล่านั้น โดยใช้ 3 เครื่องมือ คือ Ishikawa diagram, Failures Mode and Effect Analysis (FMEA) และ Taguchi method ผลการศึกษาพบว่า 1. คุณภาพของ drum feeder มีการปรับปรุงด้วย Taguchi method ด้วยต้นทุนที่ต่ำลง 2. Ishikawa diagram มีประสิทธิภาพมากในการแยกหรือจัดลำดับสาเหตุคุณภาพของ drum feeder 3. Parameter ที่มีผลกระทบมากที่สุดของคุณภาพของ drum feeder กำหนดได้จากการใช้เครื่องมือ FMEA [15]

บทที่ 3

การนิยามปัญหา (Define Phase)

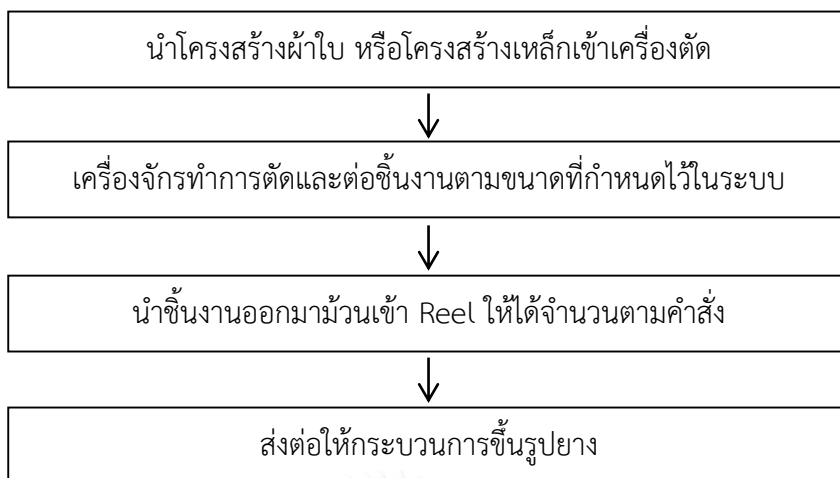
ในบทนี้จะกล่าวถึงระยะการนิยามปัญหาหรือการกำหนดปัญหา ซึ่งถือว่ามีสำคัญเป็นอย่างมากในวิธีซิกซ์ ซิกมา เนื่องจากเป็นขั้นตอนแรกในการกำหนดทิศทางของการปรับปรุงของปัญหาที่เกิดความสูญเสียเป็นอย่างมาก ซึ่งจะเป็นการเลือกหัวข้อการปรับปรุงซึ่งจะเน้นความต้องการของลูกค้าเป็นหลักด้วย โดยจะเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิตยางรถยนต์ของโรงงานตัวอย่าง จากนั้นก็จะทำการศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานตัวอย่าง ข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ ส่วนที่มีผลกระทบต่อยอดการผลิต ส่วนที่มีผลต่อข้อร้องเรียนจากลูกค้า และส่วนที่มีผลกระทบต่อด้านความปลอดภัยของลูกค้า เมื่อได้ข้อมูลเกี่ยวกับของเสียในการผลิตยางรถยนต์แล้วก็จะทำการดำเนินการกำหนดปัญหา ขอบเขต วัตถุประสงค์ เงื่อนไข เป้าหมาย ตัวชี้วัด โดยจะใช้เทคนิคต่างๆเข้ามาประกอบการนิยามปัญหา

3.1 การศึกษากระบวนการผลิตยางรถยนต์

3.1.1 กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ (Material process)

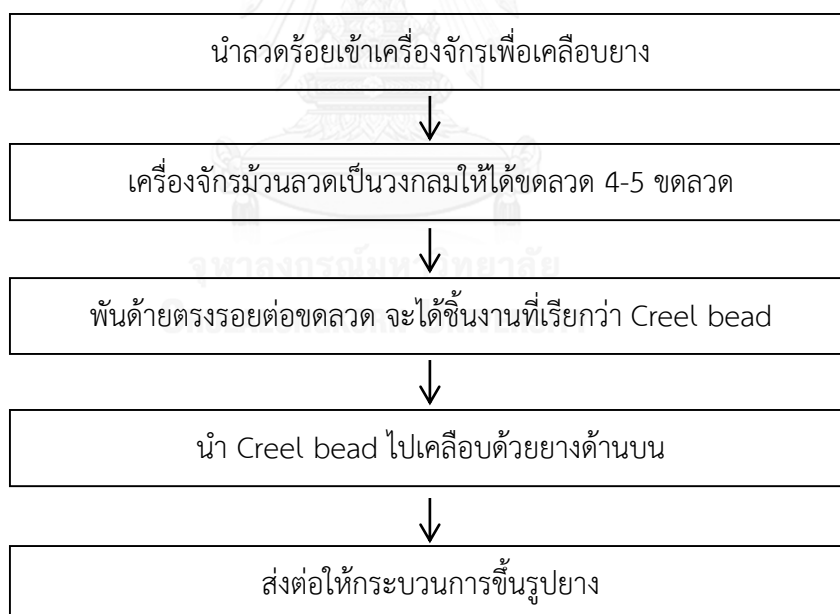
โดยรับวัตถุดิบมาจากกระบวนการส่วนหน้า คือจากกระบวนการผสมยางและเคลือบยางนั้น นำมาจัดเตรียมเพื่อส่งต่อไปกับกระบวนการต่อไปคือกระบวนการขึ้นรูปยาง การจัดเตรียมวัตถุดิบในกระบวนการนี้ได้แก่

- (1) การตัดโครงสร้างผ้าใบและเหล็กให้ได้ขนาดตามมาตรฐานของยางรถยนต์แต่ละรุ่น



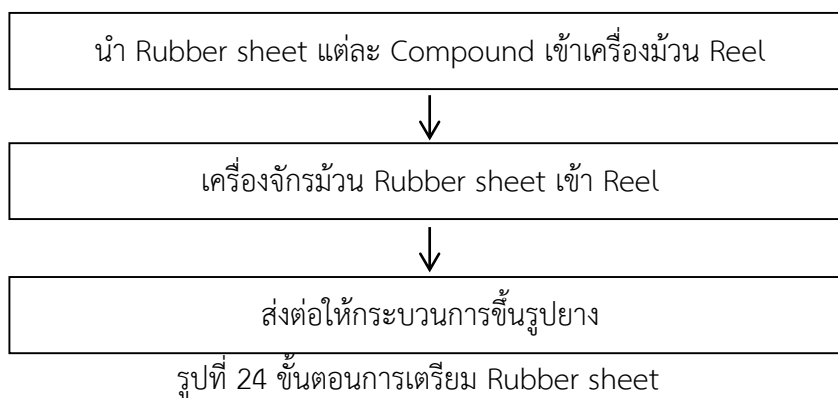
รูปที่ 22 ขั้นตอนการเตรียมโครงสร้างผ้าใบ และโครงสร้างเหล็ก

- (2) การเตรียมขอบยางให้ได้ขนาดตามมาตรฐานของยางรถยนต์แต่ละขนาด



รูปที่ 23 ขั้นตอนการเตรียมขอบยาง (Bead)

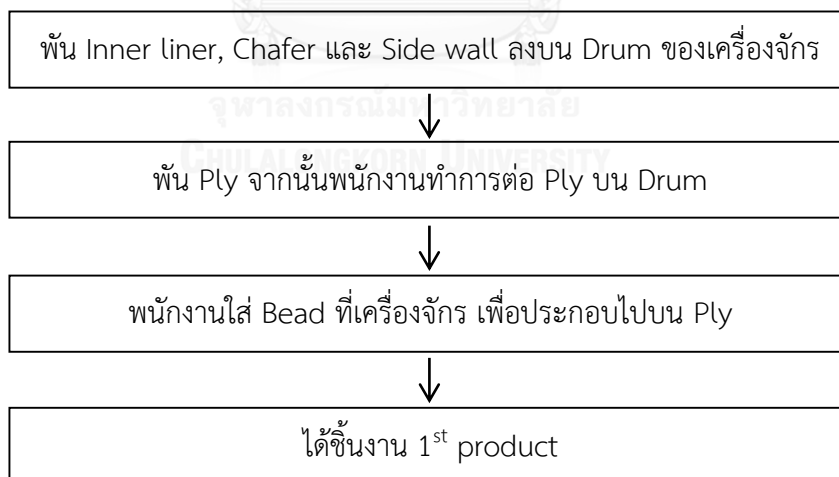
(3) การเตรียม Rubber sheet ตามคำสั่งจากระบวนการขึ้นรูปยาง



3.1.2 กระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ (Building process)

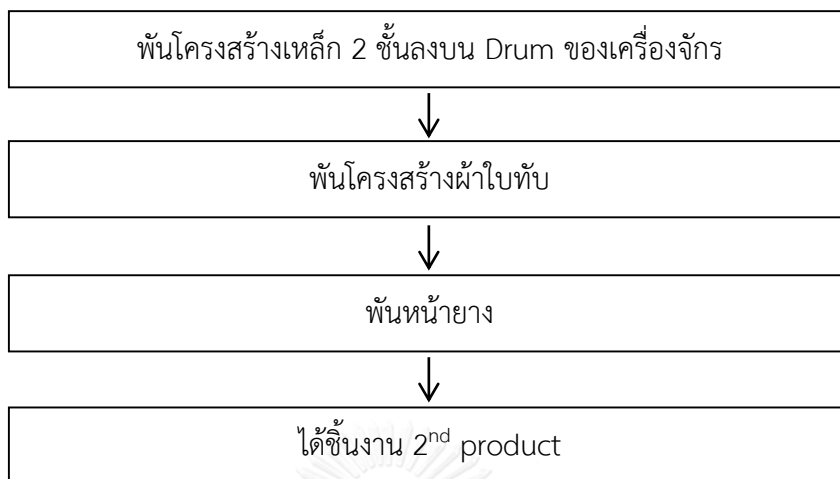
กระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์เป็นกระบวนการที่สำคัญมาก เป็นการนำส่วนประกอบต่างๆ ของยางมาประกอบเข้าด้วยกัน จะได้เป็นยางดิบออกมา กระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 จะทำการประกอบขึ้นส่วนที่เรียกว่า 1st product เริ่มจากการพันยางแทนยางใน (Inner liner) Chafer และแก้มยาง (Side wall) ลงไปบน Drum ของเครื่องจักร ต่อจากนั้นทำการพันโครงสร้างผ้าใบทับ สุดท้ายก็ใส่ส่วนที่ติดกับกระทะล้อที่เรียกว่า Bead เข้าไปประกอบ



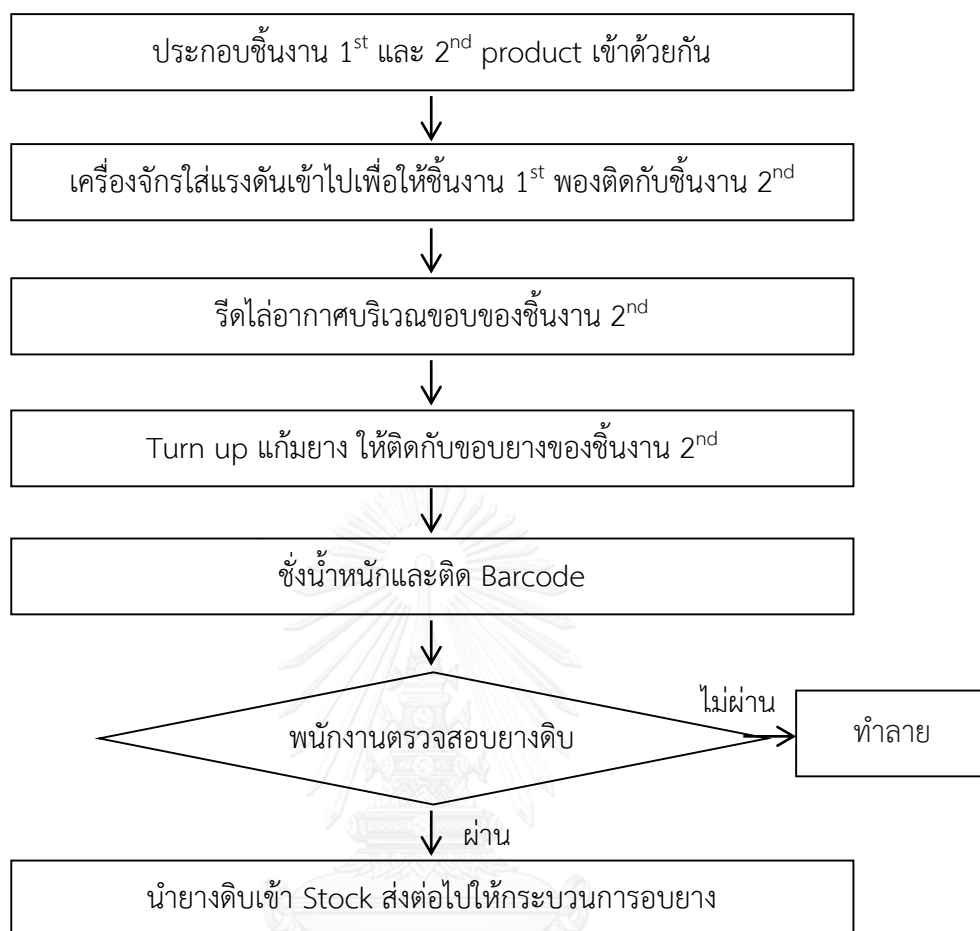
รูปที่ 25 ขั้นตอนการประกอบชิ้นงานส่วนที่ 1

ส่วนที่ 2 เรียกว่า 2nd product โดยจะเริ่มพันโครงสร้างเหล็กลงไปบน Drum ของเครื่องจักร และพันหน้ายางทับ



รูปที่ 26 ขั้นตอนการประกอบชิ้นงานส่วนที่ 2

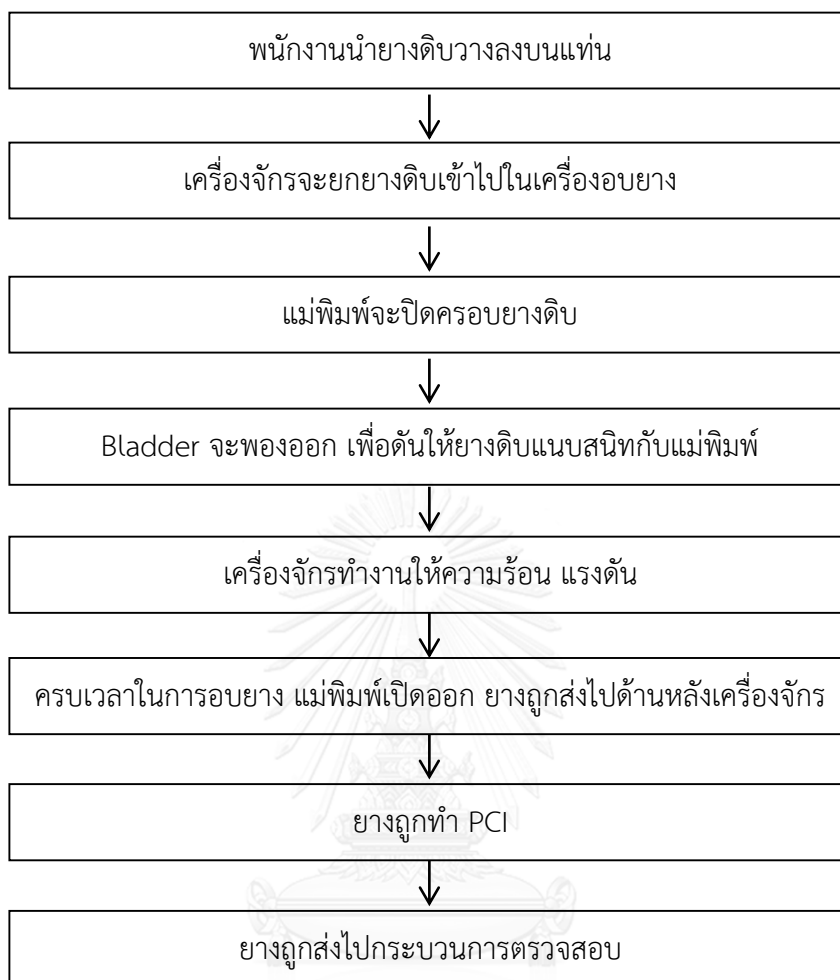
ส่วนที่ 3 คือการนำส่วนที่ 1 และ 2 มาประกอบกัน เรียกว่า Shaping โดยเริ่มจากการนำ ส่วน 1st product และ 2nd product มาประกอบกัน โดยจะมีแรงดันใส่เข้าไปเพื่อให้ส่วนที่ 1 พองไปรับส่วนที่ 2 และเพื่อให้ทั้ง 2 ส่วนติดกัน จึงมีการรีดให้ส่วนที่ 2 ติดกับส่วนที่ 1 เรียกว่า Sticher จากนั้นก็ทำการ turn up คือการประกบส่วนของแก้มยางเข้าไป จะได้เป็นยางดิบออกมา เรียกว่า Green tire



รูปที่ 27 ขั้นตอนการประกอบชิ้นงานส่วนที่ 1 และ 2

3.1.3 กระบวนการอบยาง (Curing process)

กระบวนการอบยางเป็นการนำยางดิบจากกระบวนการขึ้นรูปมาอบโดยใช้แรงดัน ความร้อน และเวลา ตามมาตรฐานการผลิตของยางแต่ละประเภท โดยกระบวนการนี้จะเริ่มจากพนักงานยกยางดิบขึ้นไปวางบนถาดรับ เรียกว่า Raw cover stand จากนั้นเครื่องจักรจะทำงานอัตโนมัติ โดยจะยกยางดิบไปวางไว้ในเครื่องอบ แม่พิมพ์จะถูกครอบลงที่ยางดิบ โดยจะมี bladder เป็นตัวที่ช่วยดันภายในของยางดิบให้ติดกับแม่พิมพ์ แล้วให้ความร้อน และแรงดันเข้าไป เพื่อให้ยางสุก และเมื่อครบเวลาอบที่กำหนดไว้ แม่พิมพ์ก็ถูกเปิด ยางที่อบเสร็จแล้วจะถูกปล่อยออกจาก bladder แล้วส่งไปด้านหลังของเครื่องจักร ซึ่งจะต้องส่งไปทำ PCI (Post Cure Inflator) ก่อน กระบวนการ PCI เป็นการให้ก๊าซไนโตรเจนเข้าไปในยาง เพื่อทำให้ยางไม่เสียรูปเมื่อยางเย็นตัวลง

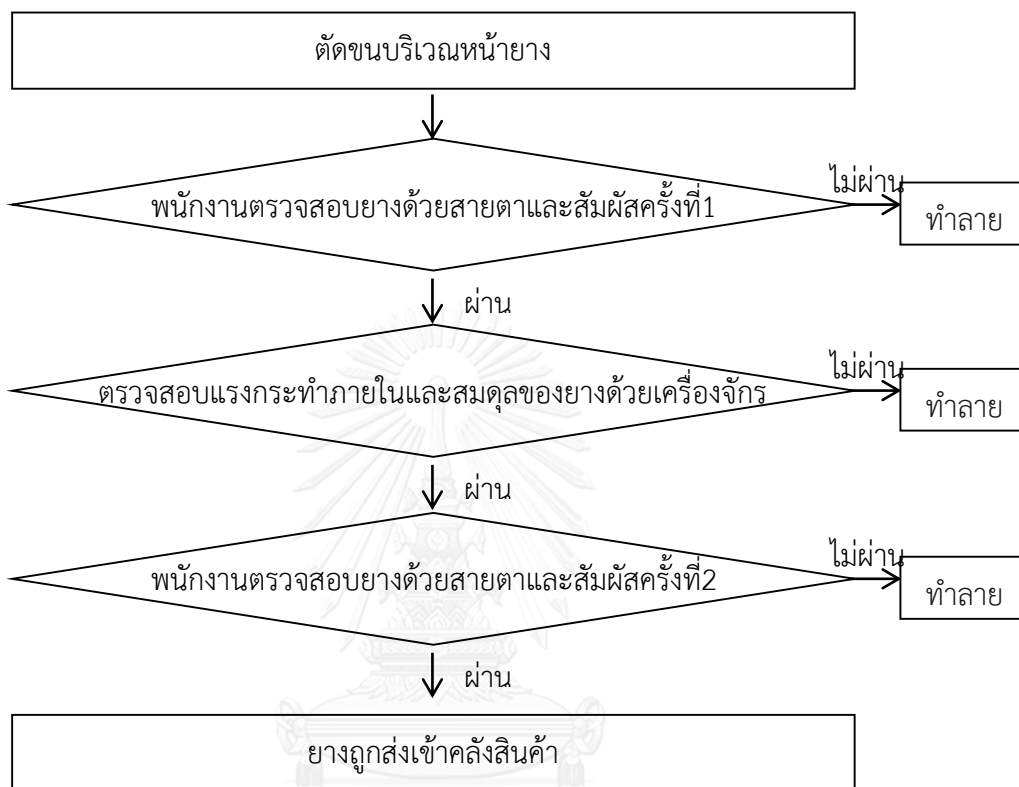


รูปที่ 28 ขั้นตอนการอบยาง

3.1.4 กระบวนการตรวจสอบ (Inspection process)

หลังจากการอบยางเสร็จแล้ว ยางจะถูกลำเลียงไปตามสายพานไปสู่กระบวนการตรวจสอบยางขั้นต้น เรียกว่า 1st inspection โดยจะเริ่มจากการตัดขนหน้ายางออกก่อน จากนั้นจะเป็นการตรวจสอบลักษณะภายนอกของยางด้วยสายตาและการสัมผัส เพื่อหาข้อบกพร่องซึ่งแบ่งออกได้หลายประเภท การเรียกชื่อข้อบกพร่องจะเรียกข้อบกพร่องนั้นตามด้วยตำแหน่งการเกิด เช่น เกิดโพรงอากาศที่บริเวณด้านในของยาง จะเรียกว่า Air at inner liner เมื่อทำการตรวจสอบขั้นต้นผ่านแล้ว ยางจะถูกส่งไปตามสายพานลำเลียงเข้าไปที่เครื่องตรวจวัดค่า uniformity ของยางด้วยเครื่อง Force vibration (FV) ซึ่งค่า uniformity เป็นค่าความแตกต่างระหว่างจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดของการเปลี่ยนแปลงของแรงที่เกิดขึ้นกับยาง เมื่อยางหมุนภายใต้การรับน้ำหนักและความดันลมภายในตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งแสดงถึงความสม่ำเสมอของยางรถยนต์ ซึ่งค่าหลักๆที่ใช้ในการหาค่า

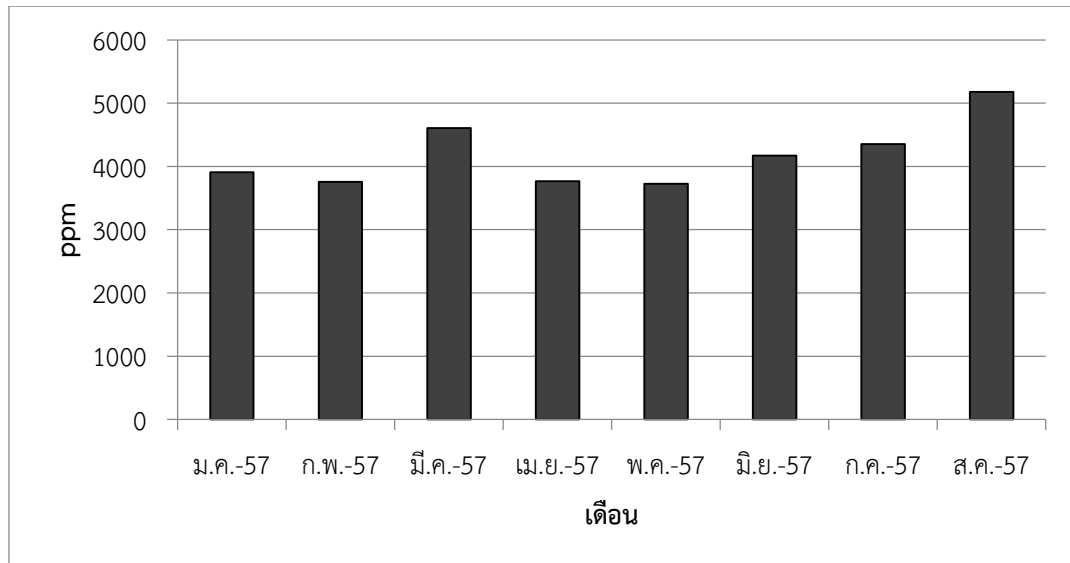
uniformity คือค่า RFV (Radial Force Variation) คือค่าการเปลี่ยนแปลงของแรงที่เกิดขึ้นในแนวรัศมี แสดงถึงความกลมของยาง ซึ่งมีผลต่อแรงสั่นในตัวรถ ทำให้เมื่อขับขึ้นบนถนนจะรู้สึกว่ายางกระแทกกับถนน สำหรับรายละเอียดของแรงที่เกิดขึ้นในแนวรัศมีนี้จะอธิบายในหัวข้อทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องถัดไป



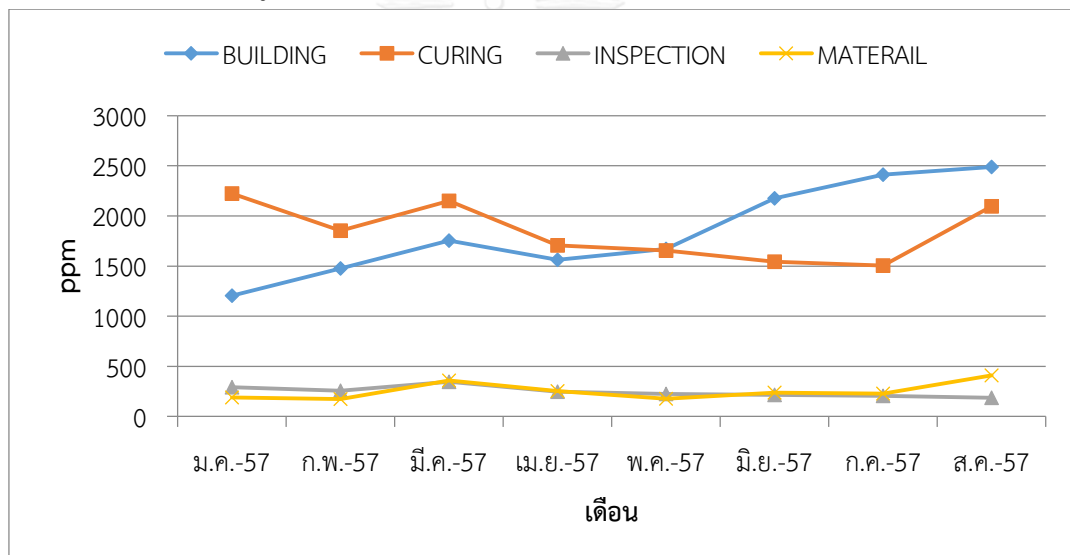
รูปที่ 29 ขั้นตอนการตรวจสอบยางรถยนต์

3.2 สภาพปัญหาในปัจจุบัน

เนื่องจากยางรถยนต์ถือได้ว่าเป็นชิ้นส่วนที่เกี่ยวกับความปลอดภัยของรถยนต์ (Safety Part) ชิ้นหนึ่ง จึงต้องการคุณภาพของงานที่สูง ซึ่งแต่ละกระบวนการสามารถทำให้เกิดข้อบกพร่องได้ จนกลายมาเป็นของเสียเกิดขึ้น โรงงานตัวอย่างที่ทำการศึกษา พบว่ามีปริมาณของเสียเป็นจำนวนมาก โดยของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ได้รวบรวมไว้ตั้งแต่เดือน มกราคม - สิงหาคม พ.ศ. 2557 พบว่ามีอัตราการเกิดของเสียรวม 8 เดือนอยู่ที่ 33,470 ppm คิดเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 4,184 ppm และเมื่อพิจารณาตามกราฟรูปที่ 30 พบว่าอัตราการเกิดของเสียในการผลิตยางรถยนต์มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ

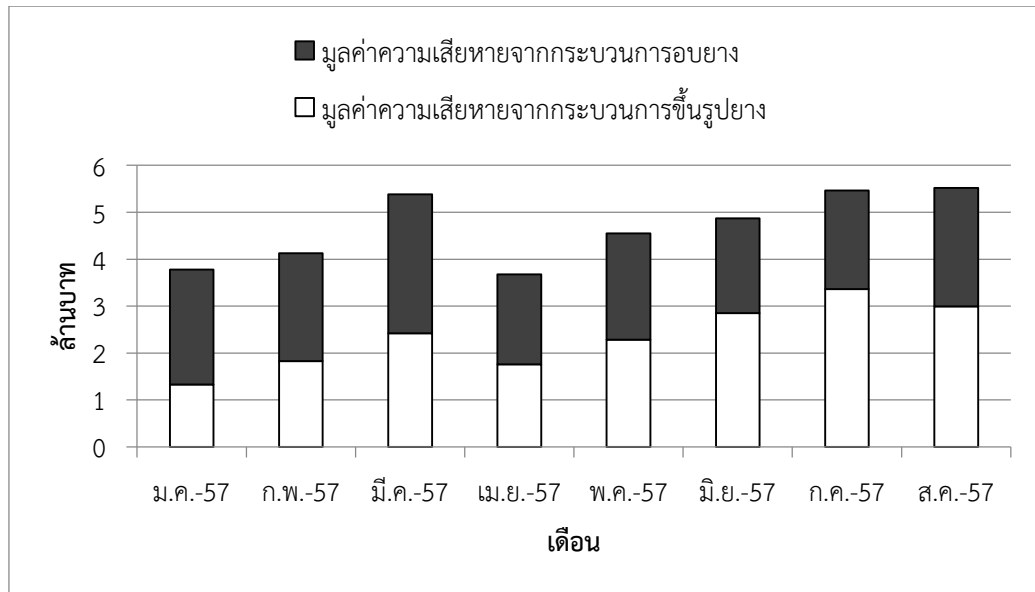


รูปที่ 30 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษา

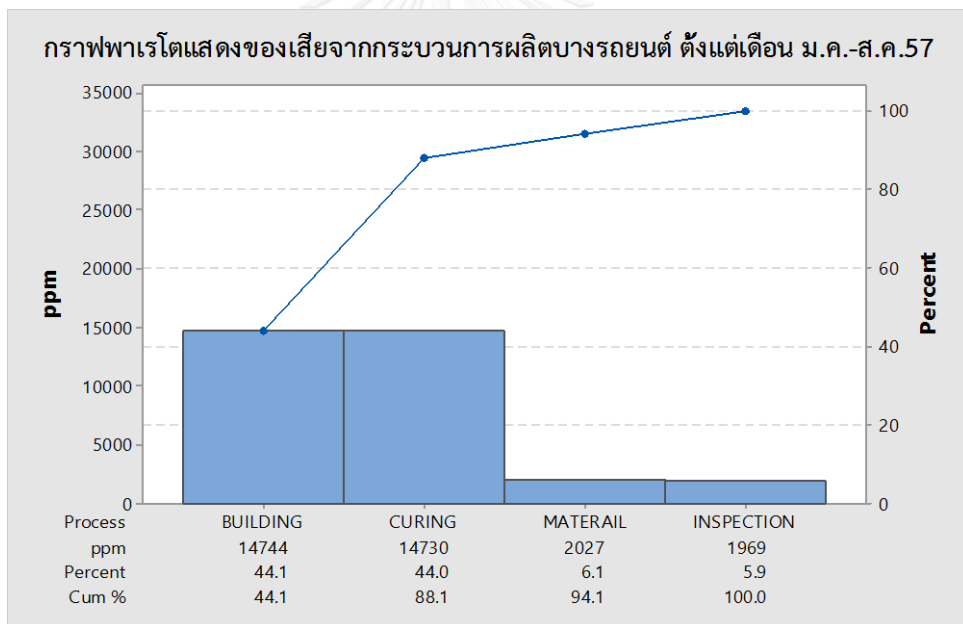


รูปที่ 31 อัตราการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาแยกตามกระบวนการผลิต

เมื่อวิเคราะห์จากกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน พบว่ากระบวนการขึ้นรูปยาง หรือ Building process มีแนวโน้มในการเกิดของเสียมากที่สุดแสดงได้ดังรูปที่ 31 ซึ่งมีอัตราการเกิดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปยางรวม 8 เดือน เท่ากับ 14,744 ppm หรือเฉลี่ยอยู่ที่ 1,843 ppm มูลค่าความเสียหายรวม 8 เดือนเท่ากับ 18.83 ล้านบาท รองมาเป็นกระบวนการอบยางซึ่งมีอัตราการเกิดของเสียรวม 8 เดือน เท่ากับ 14,730 ppm หรือเฉลี่ยอยู่ที่ 1,841 ppm มีมูลค่าความเสียหายรวม 8 เดือนเท่ากับ 2.32 ล้านบาท ซึ่งเมื่อรวมมูลค่าความเสียหายที่เกิดของเสียจากกระบวนการทั้ง 2 กระบวนการนี้มีมูลค่าความเสียหายสูงถึง 4.67 ล้านบาท แสดงในรูปที่ 32



รูปที่ 32 มูลค่าความเสียหายจากของเสียที่เกิดในกระบวนการขึ้นรูปยางและอบยาง



รูปที่ 33 กราฟพารेटโตแสดงการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาแยกตามกระบวนการผลิต

3.3 เป้าหมาย และตัวชี้วัด

จากการศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานตัวอย่างในปัจจุบัน พบว่ากระบวนการขึ้นรูปยางและการอบยางมีของเสียเกิดขึ้นมากที่สุด ซึ่งพิจารณาได้จากกราฟพารेटโตรูปที่ 33 ดังนั้นจึงพิจารณาแก้ไขปัญหามีของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการขึ้นรูปยางและกระบวนการอบยาง ซึ่งรายละเอียดของเป้าหมายและตัวชี้วัดได้แสดงตามตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าปริมาณของเสียเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 3,684

ppm ดังนั้นกำหนดเป้าหมายคือการลดของเสียจากทั้ง 2 กระบวนการนี้ลง โดยให้ได้ปริมาณของเสียที่เคยทำได้ที่สุดนั่นคือ 1,200 ppm ของกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ในเดือนมกราคม ซึ่งตัวเลขที่จะนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดเพื่อแสดงปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิตยางรถยนต์ของโรงงานตัวอย่างนี้ จะคิดปริมาณของเสียเป็นหน่วย ppm (Part per million) เทียบระหว่างปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนกับปริมาณที่ผลิตยางรถยนต์ได้ในแต่ละเดือน มาใช้ในการวัดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 2 เป้าหมายและตัวชี้วัด

กระบวนการ	ตัวชี้วัด	หน่วย/เดือน	ก่อนปรับปรุง	เป้าหมายหลังปรับปรุง
การขึ้นรูปยาง	ปริมาณของเสีย	ppm	1,843	$\leq 1,200$
	มูลค่าความเสียหาย	ล้านบาท	2.81	≤ 1.83
ทั้งหมด	ปริมาณของเสีย	ppm	4,184	$\leq 3,727$
	มูลค่าความเสียหาย	ล้านบาท	6.38	≤ 5.68

บทที่ 4

การศึกษาการวัดสภาพปัญหา (Measurement Phase)

หลังจากได้ทำการนิยามปัญหาแล้วจากบทที่ 3 นั้น พบว่ามีปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการขึ้นรูปยางและการอบยางรวมเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 3,684 ppm ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาสภาพปัญหาของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ จากกระบวนการหลักๆ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการขึ้นรูปยางและกระบวนการอบยาง โดยจะเริ่มจากการศึกษาข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 และจำแนกประเภทของเสียจากกระบวนการผลิต ซึ่งการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดนี้จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือคุณภาพเข้ามาช่วยในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาต่อไป

ปัญหาของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตยางรถยนต์มีผลกระทบในส่วนต่างๆ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่มีผลกระทบต่ออัตราการผลิต และส่วนที่มีผลกระทบต่อลูกค้า ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลการเกิดของเสียทั้ง 2 ส่วนนี้ เพื่อให้ครอบคลุมถึงปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้อีกในอนาคต และพัฒนากระบวนการผลิตยางรถยนต์ให้ได้คุณภาพที่สูงขึ้น

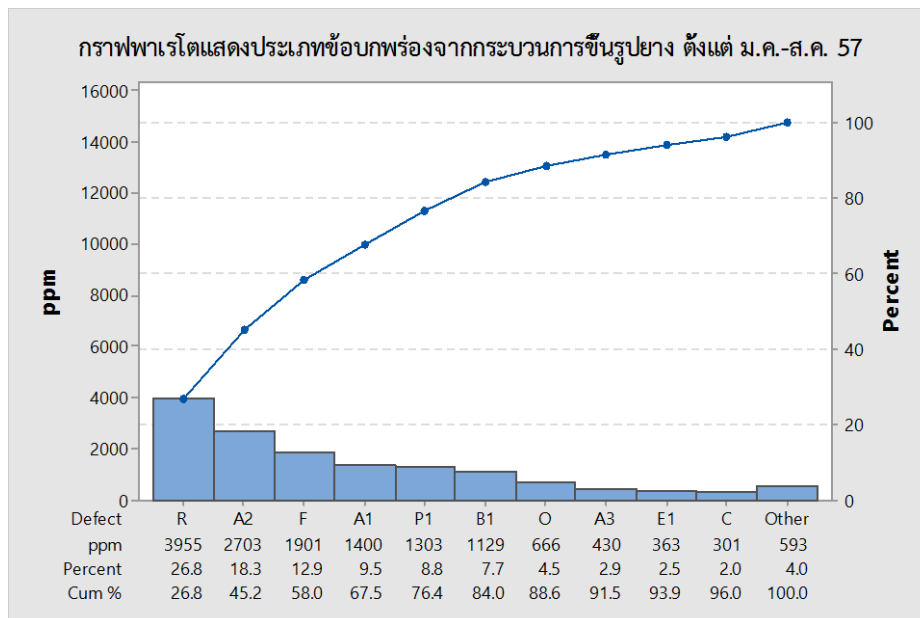
หลังจากนั้นเมื่อสามารถสรุปปัญหาจากข้อมูลที่ทำให้เกิดของเสียในการผลิตยางรถยนต์ได้แล้ว ขั้นตอนถัดไปก็จะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหาของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น เพื่อหาแนวทางและสาเหตุในการแก้ไขปัญหาต่อไป

4.1 การศึกษาปัญหาการเกิดของเสียที่มีผลกระทบต่ออัตราการผลิต

สภาพการผลิตยางรถยนต์ในปัจจุบันของโรงงานตัวอย่างมีการผลิตที่สูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีอัตราการผลิตที่สูงขึ้น แน่แน่นอนว่าปัญหาที่ตามมาคือด้านคุณภาพที่อาจจะลดลงได้ และทำให้เกิดของเสียขึ้น ซึ่งมีผลกระทบต่ออัตราการผลิตอย่างแน่นอน เนื่องจากผลิตชิ้นงานออกมาแล้วไม่ได้ตามมาตรฐาน ทำให้ต้องสูญเสียชิ้นงานนั้นไป รวมไปถึงต้นทุนการผลิตก็สูญเสียไปด้วย ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตยางรถยนต์เพื่อลดของเสียที่อาจจะเกิดขึ้นได้ จากบทที่ 3 ได้กำหนดถึงปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งแนวโน้มการเกิดของเสียที่เพิ่มขึ้นเกิดจากกระบวนการหลักๆ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการขึ้นรูปยางและกระบวนการอบยาง และเมื่อจำแนกประเภทข้อบกพร่องจากทั้ง 2 กระบวนการ ก็จะได้ประเภทข้อบกพร่องตามกราฟพาราเรโตรูปที่ 34 และ 35

4.1.1 การศึกษาโดยพิจารณาของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุด

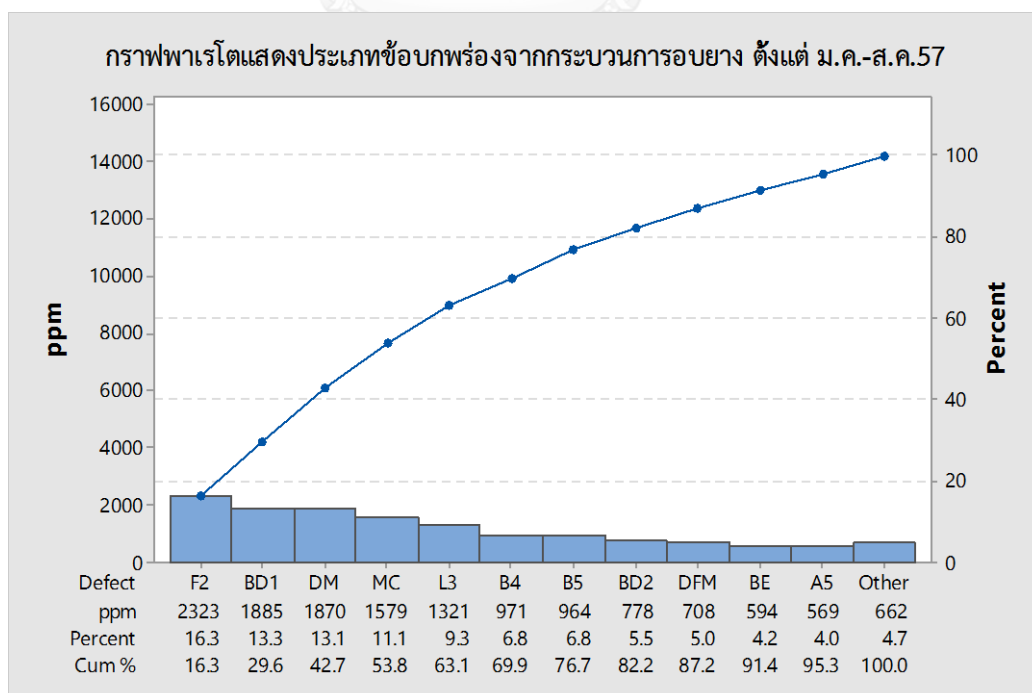
จากข้อบกพร่องที่เกิดจากระบวนการขึ้นรูปยางและการอบยางพบว่ามีข้อบกพร่องเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก และปริมาณที่เกิดของเสียในแต่ละข้อบกพร่องก็มีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมาก จากกฎของกราฟพาเรโตคือต้องปรับปรุงกระบวนการที่เกิดปัญหาสะสมมากกว่า 80% ดังนั้นจึงมีข้อบกพร่องที่เกิดในกระบวนการขึ้นรูปยางจำนวน 6 ข้อบกพร่อง และกระบวนการอบยางจำนวน 8 ข้อบกพร่อง ที่มีปริมาณของเสียสะสม 80% ซึ่งจำเป็นต้องหาแนวทางการปรับปรุงต่อไป โดยแสดงได้ตามกราฟพาเรโตรูปที่ 34 และ 35 สำหรับตารางที่ 3 และ 4 จะเป็นการอธิบายรายละเอียดของข้อบกพร่องแต่ละประเภท



รูปที่ 34 กราฟพาเรโตแสดงประเภทข้อบกพร่องของกระบวนการขึ้นรูปยาง (Building process)

ตารางที่ 3 รายละเอียดประเภทข้อบกพร่องของกระบวนการขึ้นรูปยาง (Building process)

สัญลักษณ์	ความหมาย	จำนวนของเสีย (ppm)
R	แรงกระทำภายในของยางต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้	3,955
A2	มีอากาศตกค้างอยู่บริเวณผิวด้านนอกของแก้มยางหรือไหล่ยาง	2,703
F	เศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ยาง	1,901
A1	มีอากาศตกค้างอยู่บริเวณผิวด้านในของยาง	1,400
P1	การเรียงตัวของเส้นด้ายของผ้าใบชั้นในผิดปกติ	1,303
B1	แก้มยางเป็นรอย	1,129
O	เนื้อยางด้านในบริเวณไหล่ยางน้อยไป	664
A3	มีอากาศตกค้างอยู่ผิวด้านนอกบริเวณหน้ายาง	430
E1	เนื้อยางบริเวณหน้ายางน้อยไป ทำให้เห็นเส้นด้ายของผ้าใบชั้นนอก	363
C	เนื้อยางด้านในมีความหนาที่จุดใดจุดหนึ่ง	301
Other	อื่นๆ	593



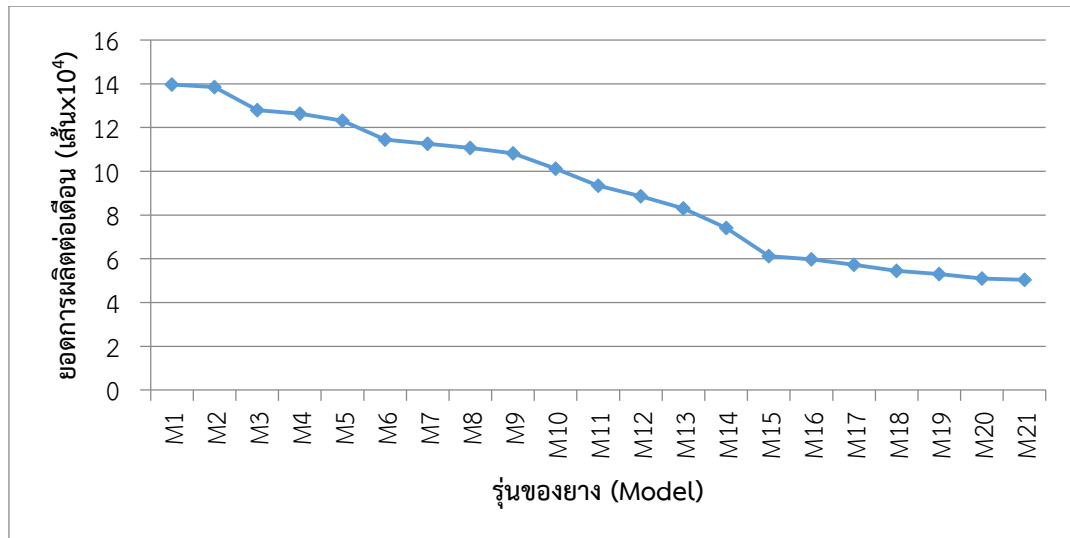
รูปที่ 35 กราฟพาเรโตแสดงประเภทข้อบกพร่องของกระบวนการอบยาง (Curing process)

ตารางที่ 4 รายละเอียดประเภทข้อบกพร่องของกระบวนการอบยาง (Curing process)

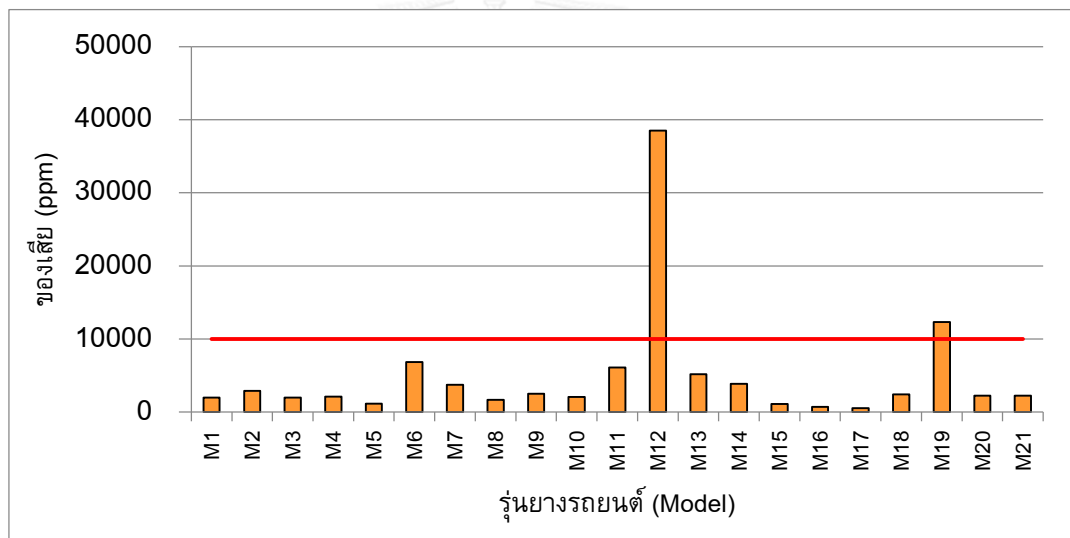
สัญลักษณ์	ความหมาย	จำนวนของเสีย (ppm)
F2	เศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ยาง	2,323
BD1	Bladder รั่วหรือแตก	1,885
DM	ยางเสียรูปทรงจากการโดนกระแทก	1,870
MC	ยางอบไม่สมบูรณ์	1,579
L3	ขอบยางด้านในยื่นออกมา	1,321
B4	แก้มยางเป็นรอยจากรูระบายอากาศของแม่พิมพ์ตัน	971
B5	ด้านในยางเป็นรอย	964
BD2	Bladder ยับหรือพับ	778
DFM	ยางเสียรูป	708
BE	ขอบกระหะลื้อเบี้ยว	594
A5	มีอากาศตกค้างอยู่บริเวณผิวด้านในของยาง	569
Other	อื่นๆ	662

4.1.2 การศึกษาโดยพิจารณารุ่นของยางรถยนต์ที่เกิดของเสียมากที่สุด

เนื่องจากโรงงานตัวอย่างมีการผลิตยางรถยนต์มากกว่า 1,000 รุ่น จากกราฟรูปที่ 36 แสดงอัตราการผลิตยางรถยนต์รุ่นที่มีอัตราการผลิตมากกว่า 5,000 เส้นต่อเดือน ซึ่งมีทั้งหมด 21 รุ่น และเมื่อพิจารณาของเสียที่เกิดขึ้นกับยางรถยนต์ทั้ง 21 รุ่นนี้ แสดงได้ตามกราฟรูปที่ 37 พบว่ายางรถยนต์ที่มีของเสียมากกว่า 10,000 ppm คือยางรถยนต์รุ่น M12 ที่มีอัตราการเกิดของเสียมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ถึง 38,522 ppm รองลงมาคือรุ่น M19 มีปริมาณของเสีย 12,317 ppm



รูปที่ 36 อัตราการผลิตยางรถยนต์รุ่นที่มียอดการผลิต $\geq 5,000$ เส้น/เดือน



รูปที่ 37 อัตราการเกิดของเสียของยางรถยนต์ทั้ง 21 รุ่น

เมื่อพิจารณาถึงรุ่นของยางรถยนต์ที่มีจำนวนการเกิดของเสียมากที่สุดแล้ว จะได้ยางรถยนต์ที่มีปริมาณการเกิดของเสียต่อปริมาณการผลิตมากกว่า 5,000 เส้นต่อเดือน มากที่สุดมา 2 รุ่น ซึ่งเป็น 2 อันดับแรกที่เกิดของเสียมากที่สุด จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ประเภทข้อบกพร่องที่เกิดในยางแต่ละรุ่นได้ตามตารางที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงรายละเอียดข้อบกพร่องของยางรถยนต์ 2 รุ่นที่มีปริมาณของเสียมากที่สุด

รุ่น ยาง รถยนต์	กราฟพารेटโตแสดงประเภทข้อบกพร่องยาง รถยนต์แต่ละรุ่น	รายละเอียด																																																																																																								
M12	<table border="1"> <thead> <tr> <th>defect</th> <th>R</th> <th>F</th> <th>A3</th> <th>A2</th> <th>B1</th> <th>A1</th> <th>Other</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ppm</td> <td>5151</td> <td>475</td> <td>203</td> <td>186</td> <td>117</td> <td>103</td> <td>229</td> </tr> <tr> <td>Percent</td> <td>79.7</td> <td>7.4</td> <td>3.1</td> <td>2.9</td> <td>1.8</td> <td>1.6</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td>Cum %</td> <td>79.7</td> <td>87.0</td> <td>90.2</td> <td>93.1</td> <td>94.9</td> <td>96.5</td> <td>100.0</td> </tr> </tbody> </table>	defect	R	F	A3	A2	B1	A1	Other	ppm	5151	475	203	186	117	103	229	Percent	79.7	7.4	3.1	2.9	1.8	1.6	3.5	Cum %	79.7	87.0	90.2	93.1	94.9	96.5	100.0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ประเภท ข้อบกพร่อง</th> <th>ของเสีย (ppm)</th> <th>%ของ ข้อบกพร่อง</th> <th>%สะสม</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R</td> <td>5,151</td> <td>79.7</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>475</td> <td>7.4</td> <td>87</td> </tr> <tr> <td>A3</td> <td>203</td> <td>3.1</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>131</td> <td>2.0</td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>B1</td> <td>114</td> <td>1.8</td> <td>94</td> </tr> <tr> <td>A1</td> <td>103</td> <td>1.6</td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>อื่นๆ</td> <td>287</td> <td>4.4</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>รวม</td> <td>6,464</td> <td>100</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภท ข้อบกพร่อง	ของเสีย (ppm)	%ของ ข้อบกพร่อง	%สะสม	R	5,151	79.7	80	F	475	7.4	87	A3	203	3.1	90	A2	131	2.0	92	B1	114	1.8	94	A1	103	1.6	96	อื่นๆ	287	4.4	100	รวม	6,464	100	-																																				
defect	R	F	A3	A2	B1	A1	Other																																																																																																			
ppm	5151	475	203	186	117	103	229																																																																																																			
Percent	79.7	7.4	3.1	2.9	1.8	1.6	3.5																																																																																																			
Cum %	79.7	87.0	90.2	93.1	94.9	96.5	100.0																																																																																																			
ประเภท ข้อบกพร่อง	ของเสีย (ppm)	%ของ ข้อบกพร่อง	%สะสม																																																																																																							
R	5,151	79.7	80																																																																																																							
F	475	7.4	87																																																																																																							
A3	203	3.1	90																																																																																																							
A2	131	2.0	92																																																																																																							
B1	114	1.8	94																																																																																																							
A1	103	1.6	96																																																																																																							
อื่นๆ	287	4.4	100																																																																																																							
รวม	6,464	100	-																																																																																																							
M19	<table border="1"> <thead> <tr> <th>defect</th> <th>R</th> <th>P1</th> <th>A2</th> <th>F2</th> <th>MC</th> <th>BD2</th> <th>B1</th> <th>A3</th> <th>O</th> <th>B5</th> <th>A1</th> <th>DM</th> <th>A4</th> <th>Other</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ppm</td> <td>127.4</td> <td>100.1</td> <td>80.1</td> <td>74.8</td> <td>49.9</td> <td>34.6</td> <td>29.1</td> <td>23.6</td> <td>23.1</td> <td>22.4</td> <td>15.2</td> <td>14.0</td> <td>11.7</td> <td>20.5</td> </tr> <tr> <td>Percent</td> <td>20</td> <td>16</td> <td>13</td> <td>12</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Cum %</td> <td>20</td> <td>36</td> <td>49</td> <td>61</td> <td>69</td> <td>75</td> <td>79</td> <td>83</td> <td>87</td> <td>90</td> <td>93</td> <td>95</td> <td>97</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	defect	R	P1	A2	F2	MC	BD2	B1	A3	O	B5	A1	DM	A4	Other	ppm	127.4	100.1	80.1	74.8	49.9	34.6	29.1	23.6	23.1	22.4	15.2	14.0	11.7	20.5	Percent	20	16	13	12	8	6	5	4	4	4	2	2	2	3	Cum %	20	36	49	61	69	75	79	83	87	90	93	95	97	100	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ประเภท ข้อบกพร่อง</th> <th>ของเสีย (ppm)</th> <th>%ของ ข้อบกพร่อง</th> <th>%สะสม</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R</td> <td>127</td> <td>20.3</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>P1</td> <td>100</td> <td>16.0</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>80</td> <td>12.8</td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>F2</td> <td>75</td> <td>11.9</td> <td>61</td> </tr> <tr> <td>MC</td> <td>50</td> <td>8.0</td> <td>69</td> </tr> <tr> <td>BD2</td> <td>35</td> <td>5.5</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>B1</td> <td>29</td> <td>4.6</td> <td>79</td> </tr> <tr> <td>A3</td> <td>24</td> <td>3.8</td> <td>83</td> </tr> <tr> <td>O</td> <td>23</td> <td>3.7</td> <td>87</td> </tr> <tr> <td>B5</td> <td>22</td> <td>3.6</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภท ข้อบกพร่อง	ของเสีย (ppm)	%ของ ข้อบกพร่อง	%สะสม	R	127	20.3	20	P1	100	16.0	36	A2	80	12.8	49	F2	75	11.9	61	MC	50	8.0	69	BD2	35	5.5	75	B1	29	4.6	79	A3	24	3.8	83	O	23	3.7	87	B5	22	3.6	90
defect	R	P1	A2	F2	MC	BD2	B1	A3	O	B5	A1	DM	A4	Other																																																																																												
ppm	127.4	100.1	80.1	74.8	49.9	34.6	29.1	23.6	23.1	22.4	15.2	14.0	11.7	20.5																																																																																												
Percent	20	16	13	12	8	6	5	4	4	4	2	2	2	3																																																																																												
Cum %	20	36	49	61	69	75	79	83	87	90	93	95	97	100																																																																																												
ประเภท ข้อบกพร่อง	ของเสีย (ppm)	%ของ ข้อบกพร่อง	%สะสม																																																																																																							
R	127	20.3	20																																																																																																							
P1	100	16.0	36																																																																																																							
A2	80	12.8	49																																																																																																							
F2	75	11.9	61																																																																																																							
MC	50	8.0	69																																																																																																							
BD2	35	5.5	75																																																																																																							
B1	29	4.6	79																																																																																																							
A3	24	3.8	83																																																																																																							
O	23	3.7	87																																																																																																							
B5	22	3.6	90																																																																																																							

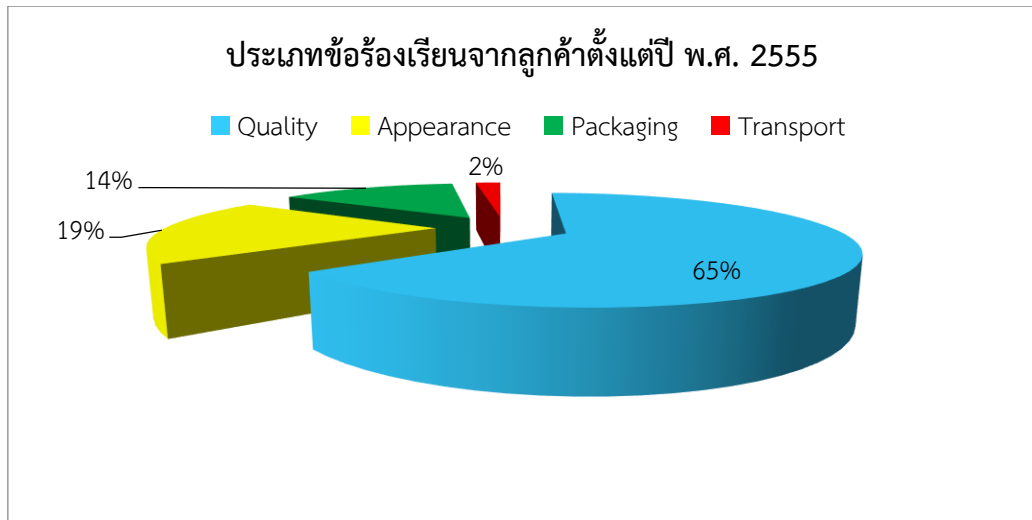
รุ่น ยาง รถยนต์	กราฟพารेटโตแสดงประเภทข้อบกพร่องของ รถยนต์แต่ละรุ่น	รายละเอียด			
M19 (ต่อ)		ประเภท ข้อบกพร่อง	ของเสีย (ppm)	%ของ ข้อบกพร่อง	%สะสม
		A1	15	2.4	93
		DM	14	2.2	95
		A4	12	1.9	97
		อื่นๆ	21	3.3	100
		รวม	627	100	-

เมื่อพิจารณาของเสียที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการผลิตที่มากกว่า 5,000 เส้นต่อเดือน พบว่ามียางรถยนต์ 2 รุ่น แต่ละรุ่นก็มีปัญหาการเกิดข้อบกพร่องที่แตกต่างกัน ได้แก่ ยางรถยนต์รุ่น M12 มีปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภท R คือ แรงกระทำภายในของยางต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ มากที่สุด และยางรถยนต์รุ่น M19 มีปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภท R คือ แรงกระทำภายในของยางต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ มากที่สุด รองลงมาคือ P1 คือการเรียงตัวของเส้นด้ายของผ้าใบชั้นในผิดปกติ และ A2 คือมีอากาศตกค้างอยู่บริเวณแก้มยางหรือไหล่ยาง เป็นต้น โดยจะทำการเลือกข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับยางแต่ละรุ่นนี้มาทำการวิเคราะห์ปัญหา และแนวทางการปรับปรุงต่อไป

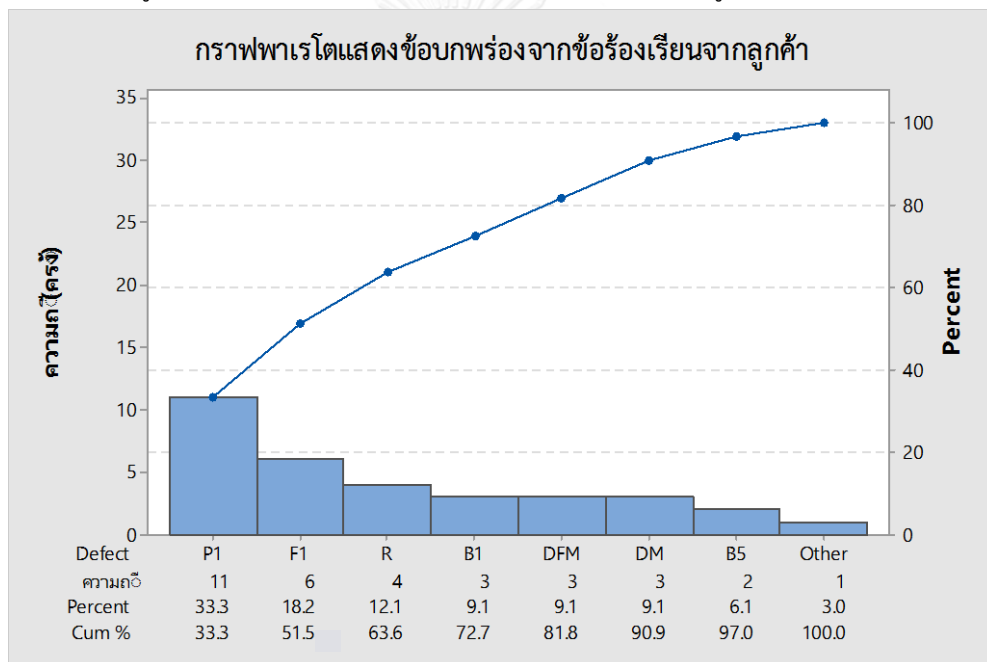
4.2 การศึกษาปัญหาจากของเสียที่เกิดขึ้นซึ่งมีผลกระทบต่อลูกค้า

4.2.1 การศึกษาโดยพิจารณาของเสียจากข้อร้องเรียนจากลูกค้า

จากข้อร้องเรียนของลูกค้าที่ผู้วิจัยได้รวบรวมมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 จนถึงปัจจุบัน พบว่าข้อร้องเรียนจากลูกค้ามีทั้งหมด 51 ข้อร้องเรียน โดยแบ่งประเภทข้อร้องเรียนตามรูปที่ 38



รูปที่ 38 กราฟวงกลมแสดงประเภทข้อร้องเรียนจากลูกค้าที่ผ่านมา



รูปที่ 39 กราฟพาร์โตแสดงประเภทข้อบกพร่องจากข้อร้องเรียนจากลูกค้าที่ผ่านมา

จากรูปที่ 39 พบว่าข้อร้องเรียนเกี่ยวกับด้านคุณภาพมีจำนวนมากที่สุด ซึ่งมีจำนวน 33 ข้อร้องเรียน คิดเป็น 65% และเมื่อแยกประเภทข้อร้องเรียนในด้านคุณภาพพบว่าข้อบกพร่องประเภท P1 คือการเรียงตัวของเส้นด้ายของผ้าใบชั้นในผิดปกติ ที่มีจำนวนมากที่สุดเป็นอันดับ 1 อันดับ 2 เป็นข้อบกพร่องประเภท F คือมีเศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ยางรถยนต์ และอันดับ 3 เป็นข้อบกพร่องประเภท R แรงกระทำในแนวรัศมีของยางรถยนต์ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

4.2.2 การศึกษาโดยพิจารณาของเสียจากการความปลอดภัยในการใช้งานของลูกค้า

สำหรับเรื่องความปลอดภัยในการใช้ยางรถยนต์นั้น ยางรถยนต์ถือว่าเป็นชิ้นส่วนของรถยนต์ ชิ้นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญในด้านความปลอดภัยสูงชิ้นหนึ่ง ซึ่งกระบวนการผลิตยางรถยนต์นี้ก็มีของเสียเกิดขึ้น โดยของเสียก็จะมีประเภทข้อบกพร่องที่แตกต่างกันออกไป ในแต่ละข้อบกพร่องก็จะมีความเสี่ยงด้านความปลอดภัยนั้นที่แตกต่างเช่นกัน ซึ่งความว่าถ้าเกิดข้อบกพร่องประเภทหนึ่งขึ้นเราก็คต้องมาพิจารณาว่ามีความเสี่ยงต่อด้านความปลอดภัยมากน้อยแค่ไหน โดยจะทำการประเมินความเสี่ยงของแต่ละข้อบกพร่องโดยใช้เทคนิคของ FMEA จากกราฟพาเรโตรูปที่ 34 และ 35 ที่เรียงอันดับการเกิดของเสียจากกระบวนการขึ้นรูปยางและอบยางมาทำการประเมิน

จากการประเมินความเสี่ยงตามหลักของ FMEA พบว่าประเภทข้อบกพร่อง A2 คือ มีอากาศตกค้างอยู่บริเวณผิวของแก้มยางหรือไหล่ยาง จากกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ มีค่า RPN มากที่สุด ซึ่งมีความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของลูกค้าสูง จึงจำเป็นต้องนำข้อบกพร่องประเภทนี้เข้ามาพิจารณาวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางการปรับปรุงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับของเสียที่เกิดขึ้นในหัวข้อ 4.1 และ 4.2 ที่จะนำมาวิเคราะห์เช่นกัน

4.3 สรุปผลจากการศึกษาสภาพปัญหาจากของเสียที่เกิดขึ้น

จากการวิเคราะห์ในระยะเวลาการศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานตัวอย่างทั้ง 2 ส่วน คือ ส่วนที่มีผลกระทบต่ออัตราการผลิต และส่วนที่มีผลกระทบต่อลูกค้า พบว่า เมื่อพิจารณาถึงรุ่นของยางรถยนต์ ได้นำอัตราการผลิตที่มีจำนวนมากกว่า 5,000 เส้นต่อเดือนมาพิจารณา โดยคิดจากของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละรุ่นเทียบกับปริมาณการผลิต พบว่ามียางรถยนต์ 2 รุ่นด้วยกันที่มีอัตราการเกิดของเสียมากที่สุด และในแต่ละรุ่นก็มีประเภทข้อบกพร่องแตกต่างกันออกไป ตัวอย่างเช่น ยางรถยนต์รุ่น M12 มีประเภทข้อบกพร่องประเภท R คือ แรงกระทำภายในของยางต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ มากที่สุด ยางรถยนต์รุ่น M19 มีปัญหาการเกิดข้อบกพร่องประเภท R คือ แรงกระทำในแนวรัศมีต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ มากที่สุด รองลงมาคือ P1 คือการเรียงตัวของเส้นด้ายของผ้าใบชั้นในผิดปกติ และ A2 คือมีอากาศตกค้างอยู่บริเวณผิวของแก้มยางหรือไหล่ยาง เป็นต้น

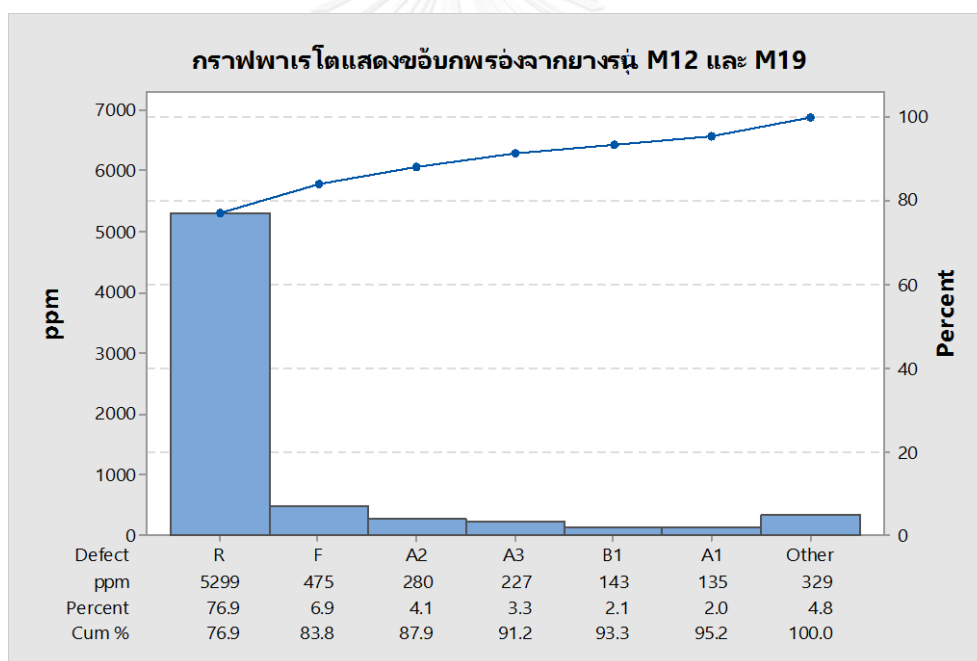
ตารางที่ 6 การประเมินความเสี่ยง FMEA ของข้อบกพร่องที่เกิดในกระบวนการขึ้นรูปและอบยาง

กระบวนการ	สัญลักษณ์	ความหมาย	จำนวน ของเสีย (ppm)	Severity	Occurrence	Detection	RPN
กระบวนการขึ้นรูปยาง	R	แรงกระทำภายในของยางต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้	3,955	7	10	4	280
	A2	มีอากาศตกค้างอยู่ที่ผิวด้านนอกบริเวณแก้มยางหรือไหล่ยาง	2,703	8	8	8	512
	F	เศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ยาง	1,901	2	6	8	96
	A1	มีอากาศตกค้างอยู่ที่ผิวบริเวณด้านในยาง	1,400	7	6	8	336
	P1	การเรียงตัวของเส้นด้ายของผ้าใบชั้นในผิดปกติ	1,303	8	6	8	384
	B1	แก้มยางเป็นรอย	1,129	2	6	8	96
	O	เนื้อยางด้านในบริเวณไหล่ยางน้อยไป	664	7	5	8	280
	A3	มีอากาศตกค้างอยู่ที่ผิวบริเวณหน้ายาง	430	8	5	8	320
	E1	เนื้อยางบริเวณหน้ายางน้อยไป ทำให้เห็นเส้นด้ายของผ้าใบชั้นนอก	363	8	5	8	320
	C	เนื้อยางด้านในมีความหนาที่จุดใดจุดหนึ่ง	301	7	5	8	280
กระบวนการอบยาง	F2	เศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ยาง	2,323	2	6	8	96
	BD1	Bladder รั่วหรือแตก	1,885	8	6	8	384
	DM	ยางเสียรูปทรงจากการโดนกระแสแตก	1,870	8	6	8	384
	MC	ยางอบไม่สมบูรณ์	1,579	8	6	8	384
	L3	ขอบยางด้านในยื่นออกมา	1,321	8	6	8	384
	B4	แก้มยางเป็นรอยจากรูระบายอากาศของแม่พิมพ์ต้น	971	2	5	8	80
	B5	ด้านในยางเป็นรอย	964	8	5	8	320
	BD2	Bladder ยับหรือพับ	778	8	5	8	320
	DFM	ยางเสียรูป	708	8	5	8	320
	BE	ขอบกระทะล้อเบี้ยว	594	8	5	8	320
	A5	มีอากาศตกค้างอยู่ที่ผิวบริเวณด้านในยาง	569	8	5	8	320

เมื่อพิจารณาถึงข้อร้องเรียนจากลูกค้าที่ผ่านมา พบว่ามีข้อบกพร่องที่ลูกค้าร้องเรียน ได้แก่ ข้อบกพร่องประเภท P1 คือการเรียงตัวของเส้นด้ายของผ้าใบชั้นในผิดปกติมีความถี่ในการร้องเรียนมากที่สุด ข้อบกพร่องประเภท F คือมีเศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ยาง และข้อบกพร่องประเภท R แรงกระทำภายในของยางต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ เป็นต้น

สำหรับปัญหาของเสียที่มีผลกระทบต่อด้านความปลอดภัยของลูกค้า โดยนำหลักการของ FMEA เข้ามาประเมินความเสี่ยง ก็พบว่าข้อบกพร่อง A2 คือมีอากาศตกค้างอยู่ที่ผิวด้านนอกบริเวณแก้มยางหรือไหล่ยาง มีคะแนน RPN มากที่สุด หรือมีความเสี่ยงต่อด้านความปลอดภัยของลูกค้ามากที่สุด

จากการวิเคราะห์ในระยะเวลาการศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานตัวอย่าง สามารถสรุปถึงของเสียจากข้อบกพร่องหลักๆ เพื่อลดปริมาณของเสียลง จึงทำเป็นตารางเมทริกซ์โดยการนำข้อมูลของเสียและยางรถยนต์รุ่น M12 และ M19 มาพิจารณา เพื่อศึกษาถึงสาเหตุและนำไปวิเคราะห์แก้ไขปรับปรุงต่อไป แสดงได้ตามตารางที่ 7



รูปที่ 40 กราฟพาร์โตแสดงประเภทข้อบกพร่องจากยางรถยนต์รุ่น M12 และ M19

ตารางที่ 7 ตารางเมทริกซ์แสดงข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดปริมาณของเสียมากที่สุด

		รุ่นยางรถยนต์		ปริมาณของเสียรวม (ppm)
		M12	M19	
จำนวนของเสียต่ออัตราการผลิตต่อรุ่นยางรถยนต์ (ppm)		6,177	594	6,771
จำนวนข้อบกพร่องจากกระบวนการขึ้นรูปยาง (ppm)	R	5,151	127	5,299
	A2	131	80	280
	F	475	0	475
	A1	103	15	135
	P1	0	100	100
	B1	114	29	143
	O	0	23	33
	A3	203	24	227
	รวม	6,177	398	6,575
จำนวนข้อบกพร่องจากกระบวนการอบยาง (ppm)	F2	0	75	75
	DM	0	14	14
	MC	0	50	50
	B5	0	22	22
	BD2	0	35	35
	รวม	0	196	196

ดังนั้นข้อบกพร่องที่เกิดจากยางรถยนต์ทั้ง 2 รุ่น เมื่อนำมาพิจารณารวมกัน โดยใช้ตาราง เมทริกซ์ เพื่อหาข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดปริมาณของเสียมากที่สุด จากนั้นวิเคราะห์ด้วยกราฟพาเรโตตามรูปที่ 40 พบว่าการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่อง ควรจะเริ่มแก้ไขที่ข้อบกพร่องประเภท R และ F ซึ่งมีปริมาณของเสียเกิดขึ้นมากถึง 5,299 ppm และ 475 ppm ตามลำดับ มีของเสียสะสมอยู่ที่ 83.8% โดยเฉพาะรุ่น M12 มีของเสียจากข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภท รวมกันสูงถึง 5,282 ppm จึงสรุปได้ว่าประเภทของข้อบกพร่องที่จะนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุ และแนวทางในการปรับปรุงต่อไป คือยางรถยนต์รุ่น M12 ได้แก่ ข้อบกพร่องประเภท R และ F

บทที่ 5

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

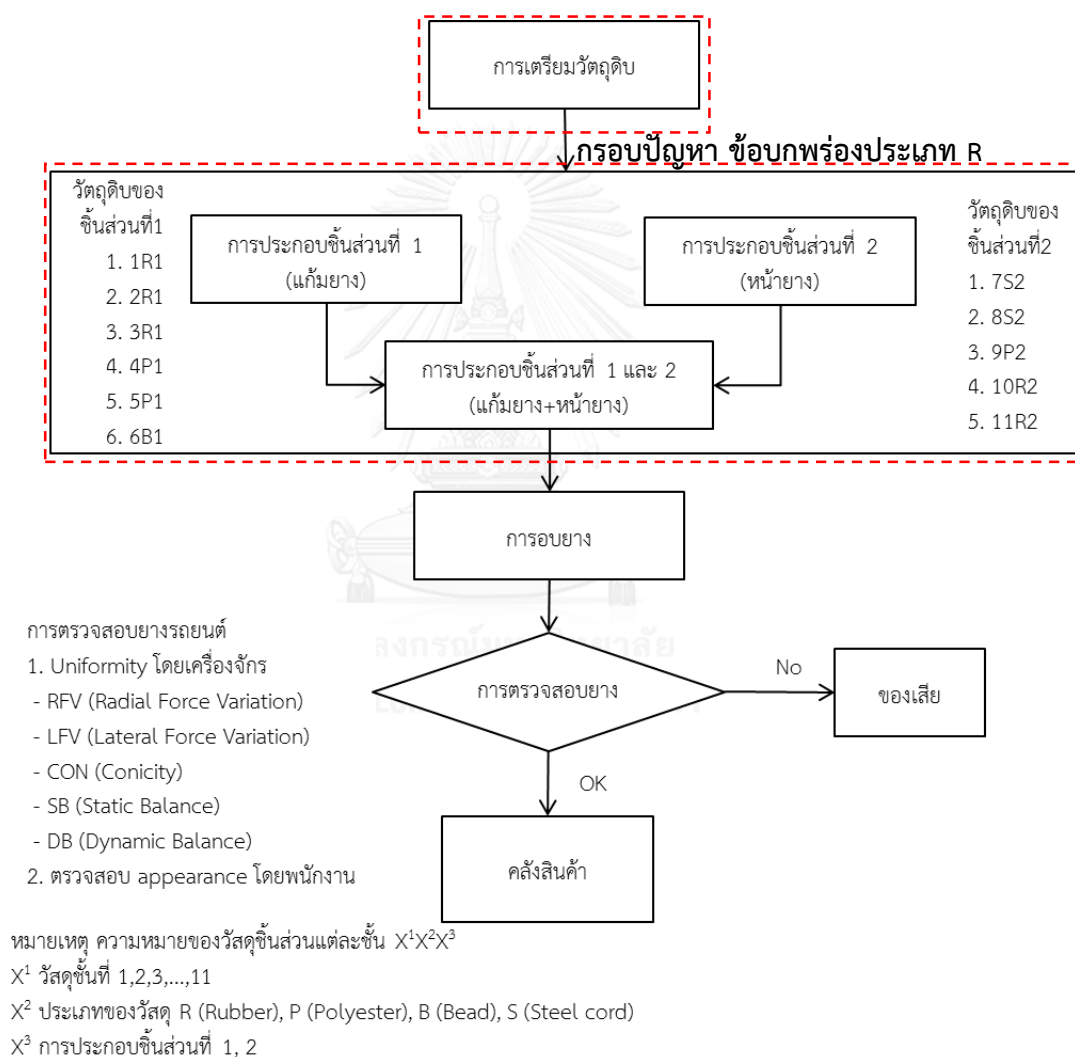
จากการศึกษาสภาพของปัญหาในบทที่ 4 ได้พิจารณาเลือกยารยนต์รุ่น M12 มาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและแก้ไขปรับปรุงต่อไป ซึ่งประเภทข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดของเสียมากที่สุด คือ ข้อบกพร่องประเภท R และ F ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภทนี้ กับยารยนต์รุ่น M12 โดยที่การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหามีขั้นตอนดังนี้

- (1) การวิเคราะห์ปัญหาจากกระบวนการผลิต มีวัตถุประสงค์เพื่อทำความเข้าใจและสามารถมองเห็นภาพของปัญหาที่เกิดขึ้นได้ในแต่ละขั้นตอนการผลิตได้อย่างละเอียด
- (2) การวิเคราะห์ปัญหาจากแผนภาพสาเหตุและเหตุผลหรือแผนภาพก้างปลา (Cause and Effect Diagram) เนื่องจากแผนภาพก้างปลาเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการหาปัจจัยต่างๆได้ง่ายขึ้น และสามารถแยกแยะปัจจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- (3) การวิเคราะห์ปัญหาจากความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) จะเป็นเครื่องมือการวิเคราะห์โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์สาเหตุและผล ซึ่งเป็นการนำสาเหตุของปัญหามาให้คะแนนความสัมพันธ์ การสร้างตารางแสดงความสัมพันธ์สาเหตุและผล มีขั้นตอนดังนี้
 - (3.1) ระบุตัวแปรตอบสนองของสาเหตุหลักที่เป็นไปได้ทั้งหมดออกมา
 - (3.2) กำหนดการประเมินคะแนนกับตัวแปรตอบสนองตามความสำคัญของแต่ละตัวที่มีผลต่อการเกิดของเสีย
 - (3.3) ระบุตัวแปรปัจจัยนำเข้าของสาเหตุหลัก
 - (3.4) ประเมินคะแนนผลกระทบของตัวแปรนำเข้าที่มีต่อตัวแปรตอบสนอง
- (4) การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า
- (5) การสรุปปัจจัยนำเข้าที่มีผลกระทบต่อปัญหา

5.1 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องประเภทแรงกระทำแนวรัศมีต่ำกว่ามาตรฐาน (R)

5.1.1 การวิเคราะห์ปัญหาจากกระบวนการ

การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาของข้อบกพร่องประเภท R ผ่านแผนผังการผลิตตามรูปที่ 41 พบว่ากรอบปัญหาของข้อบกพร่องประเภท R คือขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและการขึ้นรูปยางรถยนต์ ซึ่งเป็นการนำเอาวัสดุทั้งหมดนำมาประกอบรวมกัน ดังนั้นในขั้นตอนถัดไป จะวิเคราะห์ปัญหาผ่านแผนภาพก้างปลาซึ่งเป็นการศึกษาวิเคราะห์หาสาเหตุหลัก และรากเหง้าของปัญหา

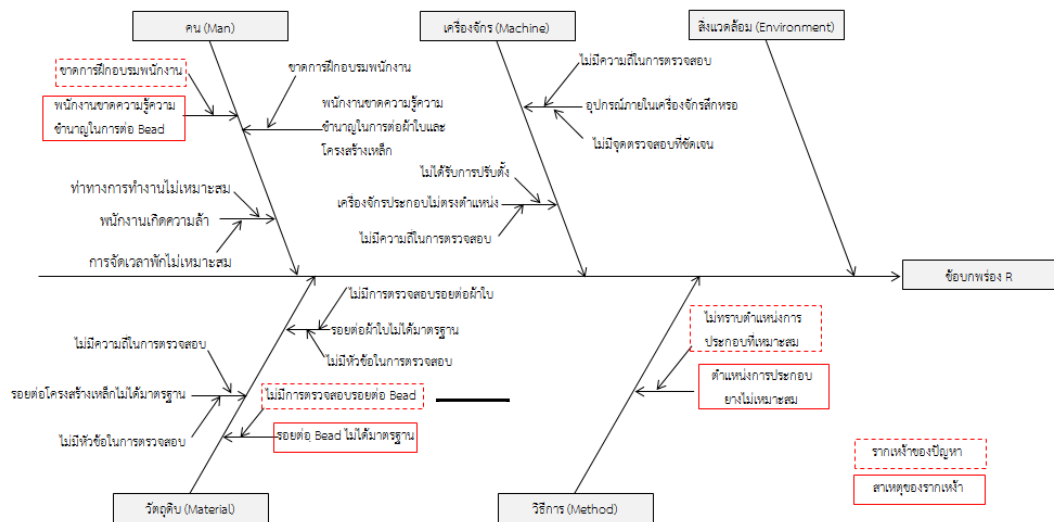


รูปที่ 41 แผนผังการผลิตยางรถยนต์และกรอบปัญหาของข้อบกพร่องประเภท R

5.1.2 การวิเคราะห์ปัญหาจากแผนภาพก้างปลา และความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล

5.1.2.1 การวิเคราะห์ปัญหาจากแผนภาพก้างปลา

การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาของข้อบกพร่องประเภท R ผ่านแผนภาพก้างปลาตามรูปที่ 42 พบว่าสาเหตุหลักของปัญหามีถึง 9 ปัจจัย และรากเหง้าของปัญหามีถึง 14 ปัจจัย



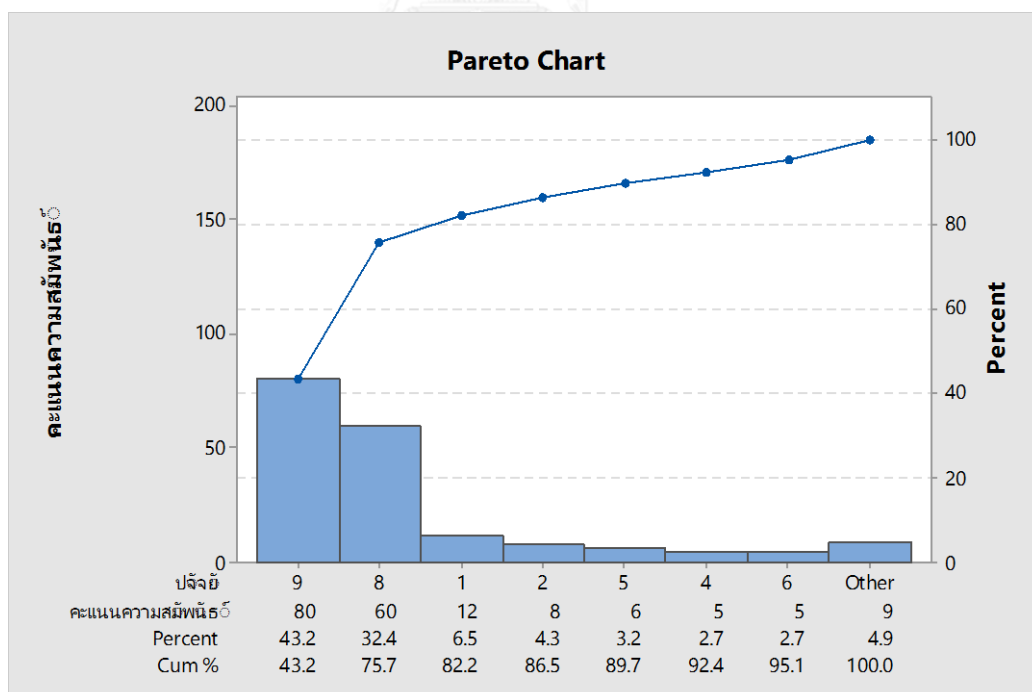
รูปที่ 42 แผนภาพก้างปลาของข้อบกพร่องประเภท R

5.1.2.2 การวิเคราะห์ปัญหาจากความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องประเภท R โดยใช้แผนภาพก้างปลา นั้น พบว่ามีสาเหตุของรากเหง้าจำนวน 9 ปัจจัย และรากเหง้าของปัญหาจำนวน 14 ปัจจัย ดังนั้นขั้นตอนนี้จะวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์สาเหตุและผล โดยเริ่มจากการกำหนด ตัวแปรตอบสนอง คือ ความถี่ในการเกิดปัญหา ความรุนแรงเมื่อเกิดปัญหาขึ้น และความเป็นไปได้ในการเกิดปัญหา จากนั้นทำการประเมินคะแนนของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง จะได้ตามตารางที่ 8 หลังจากทำการประเมินแล้ว ก็จะทำการวิเคราะห์ด้วยกราฟพาเรโต ดังรูปที่ 43 เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่ทำให้เกิดของเสียมากที่สุด

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของข้อบกพร่องประเภท R

ลำดับ	สาเหตุหลัก	ปัจจัยนำเข้า	คะแนนความสัมพันธ์
1	คน	พนักงานขาดความรู้ความชำนาญในการใส่ Bead (6B1)	12
2		พนักงานเกิดความล่า	8
3		พนักงานขาดความรู้ความชำนาญในการต่อผ้าใบและโครงสร้างเหล็ก	4
4	เครื่องจักร	เครื่องจักรประกอบไม่ตรงตำแหน่ง	5
5		อุปกรณ์ภายในเครื่องจักรสึกหรอ	6
6	วัตถุดิบ	รอยต่อโครงสร้างเหล็กไม่ได้มาตรฐาน	5
7		รอยต่อผ้าใบไม่ได้มาตรฐาน	5
8		รอยต่อ Bead (6B1) ไม่ได้มาตรฐาน	60
9	วิธีการ	ตำแหน่งการประกอบอย่างไม่เหมาะสม	80



รูปที่ 43 กราฟพาเรโตแสดงปัจจัยนำเข้าจากสาเหตุหลักของข้อบกพร่องประเภท R

เมื่อพิจารณาจากกราฟพาเรโตตามรูปที่ 43 พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภท R มีทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือตำแหน่งการประกอบอย่างไม่เหมาะสม

โดยที่รากเหง้าของปัญหา คือ ไม่ทราบตำแหน่งการประกอบที่เหมาะสม ปัจจัยที่ 2 คือรอยต่อ Bead (6B1) ไม่ได้มาตรฐาน โดยที่รากเหง้าของปัญหาคือ ไม่มีการตรวจสอบรอยต่อของ Bead (6B1) และ ปัจจัยที่ 3 คือพนักงานขาดความรู้ความชำนาญในการใส่ประกอบ Bead (6B1) โดยที่รากเหง้าของ ปัญหา คือ ขาดการฝึกอบรมพนักงาน

5.1.3 การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า

ข้อบกพร่องประเภท R หมายถึง แรงกระทำภายในของยางต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ แรงกระทำในที่นี้หมายถึง ความผันแปรแรงรัศมี (Radial Force Variation : RFV) คือการทดสอบยางรถยนต์เพื่อวัดแรงกระทำในแนวรัศมี ยางรถยนต์จะวัดค่าโดยเครื่อง Force Variation โดยจะใส่ load ตามที่กำหนดไว้ และยางจะหมุนลงบน roller ภายในเครื่องจะมี load cell เพื่อวัดค่าแรงกระทำของยางรถยนต์ และส่งผ่านไปยังโปรแกรมประมวลผล แสดงค่าออกมาในรูปแบบของกราฟ wave form เนื่องจากยางจะไม่กลม 100% ดังนั้น load ก็จะทำให้เกิดความผันแปรไปตามแต่ละส่วน เนื่องจากการหมุน โดยที่ wave form เป็นการให้นิยามของ RFV ว่าเป็นความต่างของ load ระหว่าง จุดที่สูงที่สุดกับจุดที่ต่ำที่สุด (RF) จะได้ตามสมการด้านล่าง ซึ่งค่ามาตรฐานของ $RFV \leq 80N$

$$RFV = RF_{max} - RF_{min}$$

การประกอบวัสดุต่างๆที่ได้มาจากกระบวนการเตรียมวัสดุนั้น จะมีตำแหน่งรอยบรรจบของแต่ละวัสดุ ซึ่งรอยบรรจบแต่ละตำแหน่งจะมีผลต่อแรงกระทำของยางซึ่งส่งผลให้ค่า RFV มีค่าสูงหากตำแหน่งรอยบรรจบนั้นไม่เหมาะสม โดยจะขออธิบายโครงสร้างยางรถยนต์อย่างละเอียดเพื่อให้เข้าใจได้มากขึ้น จากรูปที่ 44 กล่าวถึงรายละเอียดของโครงสร้างและชั้นของวัสดุต่างๆ พร้อมทั้งประเภทและหน้าที่ของวัสดุชั้นๆ ซึ่งโครงสร้างของยางรถยนต์แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ แก้มยางและหน้ายาง โดยที่ จะเรียกการประกอบบริเวณแก้มยางว่า ชั้นส่วนที่ 1 และเรียกการประกอบหน้ายางว่าชั้นส่วนที่ 2 และมีวัสดุที่ซ้อนทับกันระหว่างแก้มยางและหน้ายาง คือ 1R1, 4P1 และ 5P1 สามารถดูได้ตามรูปที่ 45 (ก) เป็นลักษณะภาพตัดขวางของยางรถยนต์รุ่น M12 และรูปที่ 45 (ข) เป็นส่วนขยายของชั้นวัสดุบริเวณหน้ายาง เมื่อทำการประกอบวัสดุทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้ว พบว่าจะมีรอยบรรจบของชั้นวัสดุกระจายตำแหน่งตามองศาของยางรถยนต์ ซึ่งสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 46 ตำแหน่งรอยบรรจบของวัสดุนี้เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เป็นสาเหตุของการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภท R ที่จะนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าของข้อบกพร่องประเภท R ซึ่งมีปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดของเสีย 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ตำแหน่งการประกอบยางไม่เหมาะสม 2) รอยต่อของ Bead (6B1) ไม่ได้มาตรฐาน และ 3) พนักงานขาดความรู้ความชำนาญในการใส่ประกอบ Bead ซึ่งปัจจัยพนักงานขาดความรู้ความชำนาญในการใส่ประกอบ Bead (6B1) เป็นสาเหตุหนึ่งของปัจจัยตำแหน่งการประกอบยางไม่

เหมาะสม ที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภท R ดังนั้นจะทำการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญเพียงแค่ 2 ปัจจัยเท่านั้น คือ ตำแหน่งการประกอบยางไม่เหมาะสม และรอยต่อของ Bead ไม่ได้มาตรฐาน

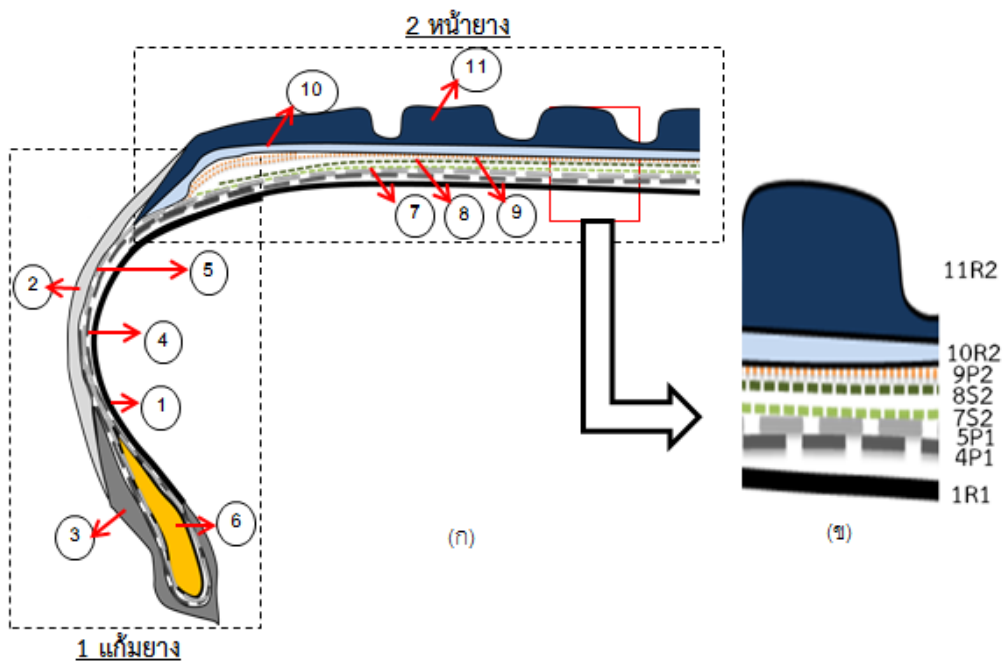
5.1.3.1 ปัจจัยตำแหน่งการประกอบยางไม่เหมาะสม

การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าของตำแหน่งการประกอบยางไม่เหมาะสมจะมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

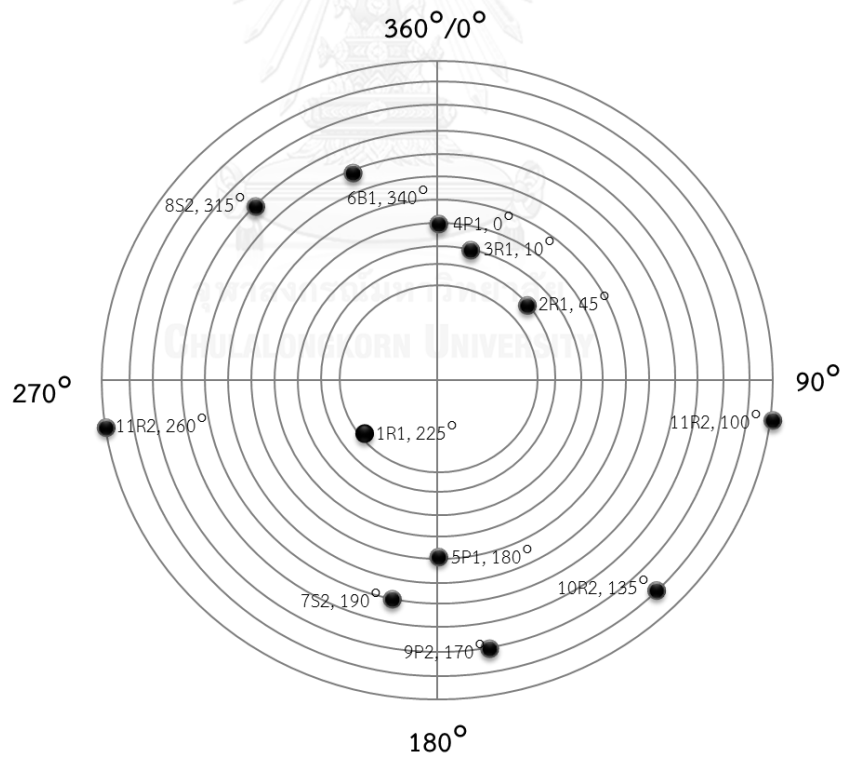
- 1) พิจารณาและเปรียบเทียบกราฟ wave form ของยางดีและยางเสีย โดยการสุ่มตัวอย่าง
- 2) พิจารณาและเปรียบเทียบตำแหน่งรอยบรรจบของวัสดุแต่ละชิ้นส่วน
- 3) ทำการออกแบบการทดลอง
- 4) สรุปผลการออกแบบการทดลอง

ขั้นตอนการประกอบ	ชั้นที่	สัญลักษณ์	ตำแหน่งรอยต่อ (°)	บริเวณของชั้นยาง		ชื่อวัสดุ	ประเภทของวัสดุ	หน้าที่
				แก้มยาง	หน้ายาง			
ชิ้นส่วนที่ 1 (แก้มยาง)	①	1R1	225	○	○*	ด้านในของยาง (Inner liner)	ยาง	กักเก็บลม
	②	2R1	45	○		แก้มยาง (Sidewall)	ยาง	ยืดหยุ่นเวลาเข้าโค้ง
	③	3R1	10	○		Chaffer	ยาง	รับแรงในการบรรทุกอง
	④	4P1	0	○	○*	ผ้าใบชั้นที่ 1 (Ply1)	Polyester+ยาง	รักษาโครงสร้างยางให้ทนทานต่อแรงดันอากาศที่อัดเข้าไป
	⑤	5P1	180	○	○*	ผ้าใบชั้นที่ 2 (Ply2)	Polyester+ยาง	
	⑥	6B1	340	○		Bead	ลวดค+ยาง	รักษายางให้อยู่ในกระทะล้อ
ชิ้นส่วนที่ 2 (หน้ายาง)	⑦	7S2	190		○	โครงสร้างเหล็กชั้นที่ 1 (Steel cord 1)	เหล็ก+ยาง	เพิ่มความแข็งแรงของหน้ายาง
	⑧	8S2	315		○	โครงสร้างเหล็กชั้นที่ 2 (Steel cord 2)	เหล็ก+ยาง	
	⑨	9P2	170		○	ผ้าใบชั้นที่ 3 (Joint less band; JLB)	Polyester+ยาง	เสริมโครงสร้างเหล็กให้แข็งแรง
	⑩	10R2	135		○	หน้ายางชั้นที่ 1 (Base)	ยาง	ทนต่อแรงกระแทก ยึดเกาะถนนได้ดี ป้องกันการสลับไหลเนื่องจากกรเบรก
	⑪	11R2	100,260		○	หน้ายางชั้นที่ 2 (Cap)	ยาง	

รูปที่ 44 รายละเอียดวัตถุดิบส่วนประกอบแต่ละตำแหน่งของยางรถยนต์รุ่น M12



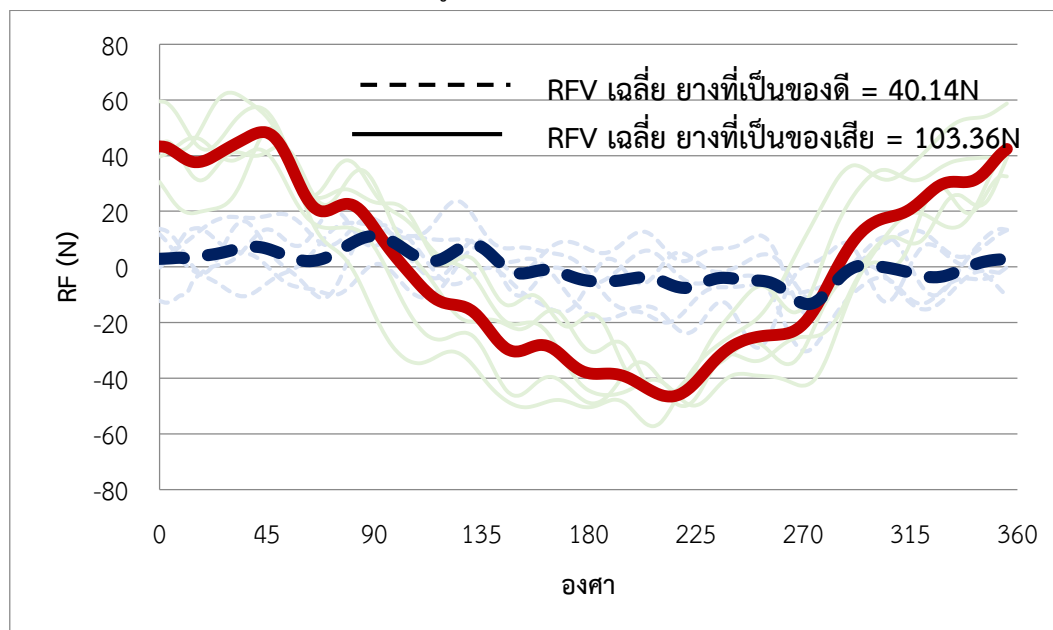
รูปที่ 45 โครงสร้างของยางรถยนต์รุ่น M12 (ก) และส่วนขยายบริเวณหน้ายาง (ข)



● รอยบรรจบของวัตถุชิ้นส่วนแต่

รูปที่ 46 รอยบรรจบของยางรถยนต์รุ่น M12

1) พิจารณาและเปรียบเทียบกราฟ wave form ของยางที่เป็นของดีและของเสีย การวิเคราะห์การประกอบยางไม่ตรงตำแหน่งนั้น เริ่มจากการสุ่มยางดีและยางเสียมาอย่างละ 5 เส้น เพื่อนำมาพิจารณาดูกราฟ wave form เปรียบเทียบจุดที่มีความผิดปกติ โดยกราฟ wave form ของยางดีและยางเสีย แสดงได้ตามรูปที่ 47



รูปที่ 47 กราฟ wave form ของยางรถยนต์เปรียบเทียบระหว่างของดีและของเสีย

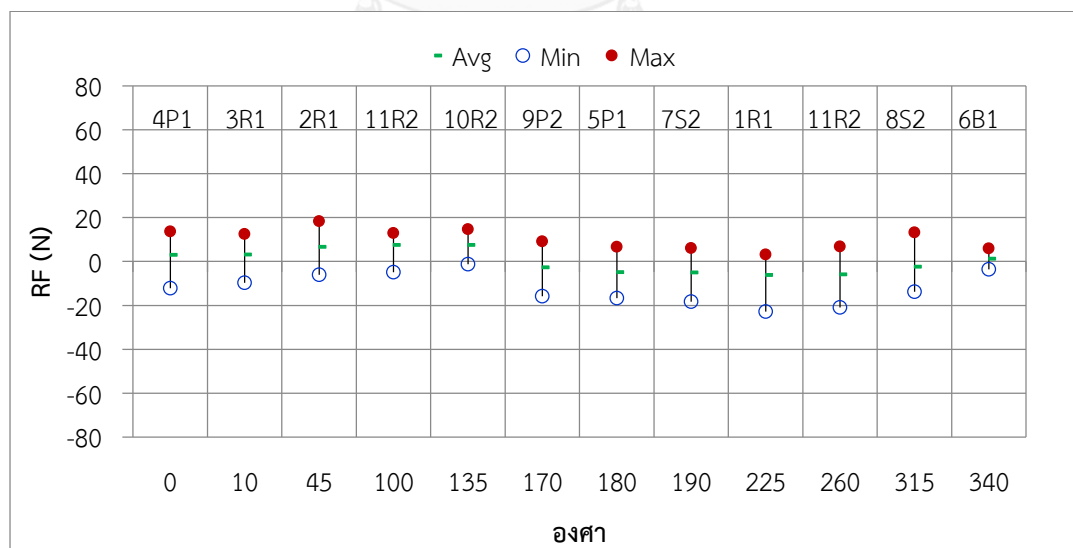
จากกราฟรูปที่ 47 พบว่ายางดีจำนวน 5 เส้น มีค่า RFV เฉลี่ยอยู่ที่ 40.14N และยางเสีย 5 เส้น มีค่า RFV เฉลี่ยอยู่ที่ 103.36N ซึ่งค่ามาตรฐานของค่า RFV คือ ≤ 80 N จากกราฟ wave form นี้จะสังเกตเห็นได้ว่ากราฟเส้นปะซึ่งเป็นยางดีนั้น กราฟจะเกาะกลุ่มกันอยู่ที่ค่า RF = -20 ถึง 20 N ส่วนกราฟเส้นทึบที่เป็นยางเสีย กราฟจะเกาะกลุ่มกันอยู่ที่ค่า RF = 60 ถึง -60 N ซึ่งความแตกต่างจากกราฟ wave form นี้ทำให้เราสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ตำแหน่งรอยบรรจบของวัสดุแต่ละชั้นนั้น อยู่ที่ตำแหน่งองศาใดบ้าง แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 9 และ 10

2) พิจารณาและเปรียบเทียบตำแหน่งรอยบรรจบของวัสดุ

จากการวิเคราะห์ด้วยกราฟ wave form สามารถระบุตำแหน่งรอยบรรจบและค่า RF ของยางดีและยางเสียได้ตามตารางที่ 9 และ 10 ตามลำดับ และพล็อตกราฟของค่า RF เรียงตามตำแหน่งรอยต่อของยางที่เป็นของดีและของเสียได้ตามรูปที่ 48 และ 49 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ตำแหน่งรอยบรรจบและค่า RF ของวัสดุแต่ละชั้นของยางที่เป็นของดี

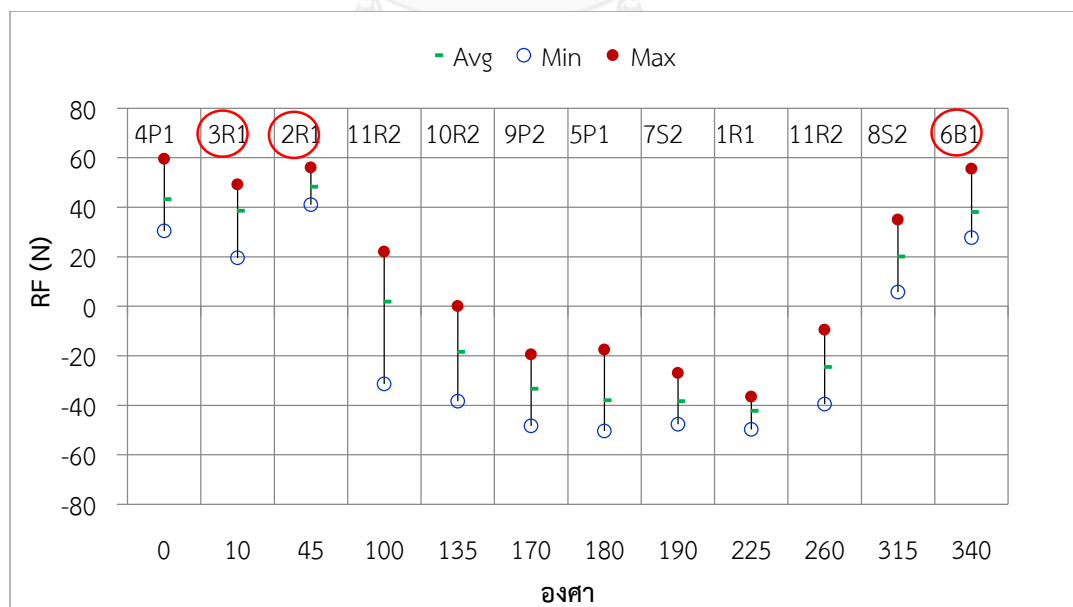
ส่วนประกอบ ของยาง	ตำแหน่งรอยต่อ (°)	ค่า RF สำหรับยางที่เป็นของดี (N)							
		ยางเส้นที่ 1	ยางเส้นที่ 2	ยางเส้นที่ 3	ยางเส้นที่ 4	ยางเส้นที่ 5	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
4P1	0	-12.2	11.7	13.7	-0.2	1.8	13.7	-12.2	2.47
3R1	10	-9.7	0.5	3.6	12.5	9.1	12.5	-9.7	4.33
2R1	45	13.5	-6	7.1	0.5	18.3	18.3	-6	13.07
11R2	100	11.2	12.9	10.8	-4.9	7.8	12.9	-4.9	22.97
10R2	135	14.6	-1.2	7.4	7.3	9.5	14.6	-1.2	28.77
9P2	170	3.8	-15.9	-9.3	9.1	-1.5	9.1	-15.9	26.03
5P1	180	-1.6	-7.1	-16.7	6.7	-5.5	6.7	-16.7	25.97
7S2	190	-13.1	2.6	-18.3	6.1	-2.5	6.1	-18.3	27.47
1R1	225	-22.9	2.8	-8.4	3.2	-5.8	3.2	-22.9	32.32
11R2	260	-21	3.7	-8	6.8	-11.4	6.8	-21	38.35
8S2	315	3	-2	13.2	-13.8	-12.3	13.2	-13.8	50.52
6B1	350±4	-8.1	11.1	12	-1.5	-1.8	12	-8.1	2.34
ค่า RFV	-	52.3	31.9	36.2	31	49.3	52.3	31	40.14



รูปที่ 48 ค่า RF เรียงตามลำดับตำแหน่งรอยต่อของยางที่เป็นของดี

ตารางที่ 10 ตำแหน่งรอยบรรจบและค่า RF ของวัสดุแต่ละชั้นของยางที่เป็นของเสีย

ส่วนประกอบ ของยาง	ตำแหน่งรอยต่อ (°)	ค่า RF สำหรับยางที่เป็นของเสีย (N)							
		ยางเส้นที่	ยางเส้นที่	ยางเส้นที่	ยางเส้นที่	ยางเส้นที่	ค่าสูง สุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
4P1	0	59.5	43.4	43.5	39.6	30.5	59.5	30.5	36.08
3R1	10	49.2	42.6	35.9	45.7	19.6	49.2	19.6	33.83
2R1	45	56	54	41.2	41.1	49.2	56	41.1	47.75
11R2	100	-31.4	18.5	10.3	-10.4	22	22	-31.4	18.17
10R2	135	-38.4	-6.7	-19.3	-27.7	0	0	-38.4	7.15
9P2	170	-48.3	-35	-19.5	-42.7	-21.4	-19.5	-48.3	0.52
5P1	180	-50.4	-43.9	-29.6	-48.5	-17.5	-17.5	-50.4	-1.65
7S2	190	-47.7	-45.9	-27	-44	-27.3	-27	-47.7	-0.32
1R1	225	-36.6	-49.8	-38.5	-38	-48.1	-36.6	-49.8	2.33
11R2	260	-10.9	-39.5	-31.8	-9.5	-30.7	-9.5	-39.5	22.93
8S2	315	35	18.7	9	31.7	5.8	35	5.8	69.20
6B1	338±13	54.3	30.2	25.7	39.3	29	54.3	25.7	35.70
ค่า RFV	-	116.7	112.3	92.7	95.4	99.7	116.7	92.7	103.36



รูปที่ 49 ค่า RF เรียงตามลำดับตำแหน่งรอยต่อของยางที่เป็นของเสีย

เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างค่า RF ของตำแหน่งรอยต่อของยางดีและยางเสีย ตามรูปที่ 48 และ 49 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า RF ช่วงแรงดึง (Tensile) พบว่าค่า RF ของยางที่เป็นของเสีย ที่ตำแหน่งรอยบรรจบของวัสดุ 4P1, 3R1, 2R1, 8S2 และ 6B1 มากกว่า 40 N โดยที่ตำแหน่งของ 4P1 และ 8S2 เป็นตำแหน่งรอยบรรจบของโครงสร้างผ้าใบและโครงสร้างเหล็ก ตามลำดับ ซึ่งมีขนาดรอยบรรจบที่เล็ก และเป็นตำแหน่งที่ถูกกำหนดไว้เป็นมาตรฐานแล้ว ดังนั้นจึงพิจารณาและวิเคราะห์ตำแหน่งรอยบรรจบของ 2R1, 3R1 และ 6B1 ต่อไป

3) การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟกทอเรียล โดยมีปัจจัย 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยประกอบไปด้วย 4 ระดับ และระดับทั้ง 4 ของแต่ละปัจจัย จะมีค่าเพิ่มขึ้นทุกๆ 90 องศา จากค่าเดิม แสดงตามตารางที่ 11 เนื่องจากการทดลองปรับตำแหน่งองศาของรอยบรรจบของวัสดุตามมาตรฐานที่โรงงานกำหนด คือการเปลี่ยนตำแหน่งรอยบรรจบทีละ 90 องศาจากตำแหน่งรอยบรรจบเดิม ดังนั้นการทดลองนี้จะมีจำนวนการทดลองเท่ากับ 4^3 นั่นคือ 64 การทดลอง ในแต่ละการทดลองจะกำหนดปัจจัยภายนอกอื่นๆให้อยู่ในเงื่อนไขที่เหมือนกัน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความคาดเคลื่อนในการทดลอง ดังนี้

- ปฏิบัติงานโดยพนักงานคนเดียวกันตลอดการทดลอง
- เครื่องจักรในการผลิตยางรถยนต์เป็นเครื่องจักรเดียวกัน
- วัสดุที่ใช้ประกอบเป็นยางรถยนต์เป็น lot เดียวกัน
- การตรวจสอบค่า RFV ใช้เครื่องจักรในการตรวจสอบเครื่องเดียวกัน

ตารางที่ 11 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง

ปัจจัย	จำนวนตัวอย่าง	ระดับ (องศา)			
รอยบรรจบ 2R1 (A)	3	45	135	225	315
รอยบรรจบ 3R1 (B)	3	10	100	190	280
รอยบรรจบ 6B1 (C)	3	340	70	160	250

ผลการออกแบบการทดลอง

ผลจากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลทั้งหมด 64 การทดลอง แสดงได้ตามตารางที่ 12 พบว่าค่า RFV มีค่าไม่เกิน 80 N และไม่มีของเสียเกิดขึ้น ก่อนจะทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง ต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบการออกแบบการทดลอง เพื่อเป็นการยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลมีการแจก

แจกปกติ ข้อมูลมีความเป็นอิสระ และข้อมูลมีความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน โดยการทดสอบเหล่านี้จะทดสอบโดยใช้โปรแกรม Minitab

ตารางที่ 12 ผลการออกแบบการทดลอง

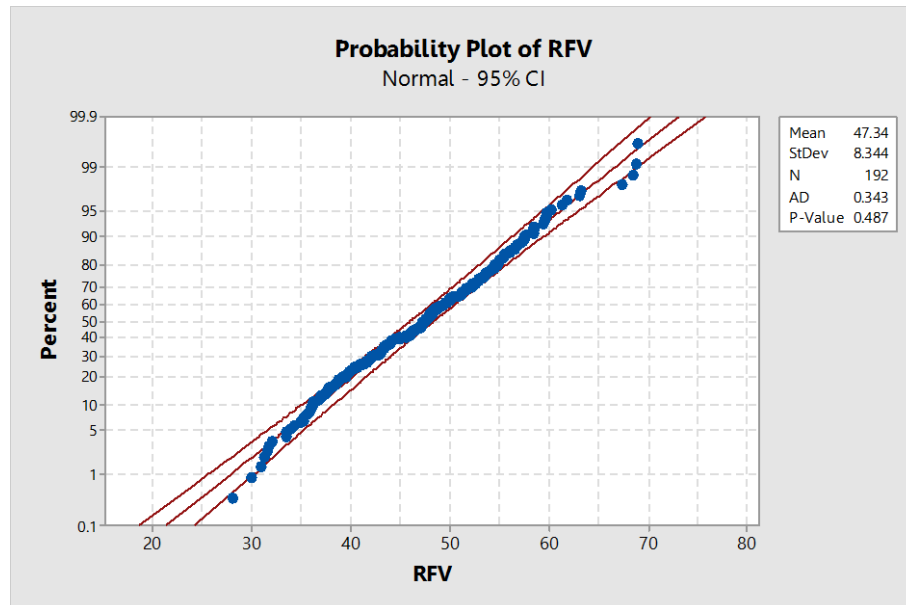
ปัจจัย/ระดับ			ค่า RFV (N)		ปัจจัย/ระดับ			ค่า RFV (N)	
6B1	2R1	3R1	เฉลี่ย	SD.	6B1	2R1	3R1	เฉลี่ย	SD.
340*	45*	10*	38.83	9.43	160	45*	10*	49.20	3.20
		100	51.47	7.54			100	39.03	6.21
		190	47.93	9.05			190	35.03	4.81
		280	42.77	7.07			280	39.73	3.95
	135	10*	43.37	5.49		135	10*	41.53	3.95
		100	38.81	8.00			100	56.73	5.78
		190	36.69	6.32			190	42.47	4.29
		280	54.80	4.70			280	44.30	2.88
	225	10*	48.30	1.20		225	10*	35.03	3.12
		100	49.23	7.09			100	36.57	3.11
		190	51.30	2.50			190	40.87	6.19
		280	60.20	8.75			280	52.60	5.20
	315	10*	49.20	7.35		315	10*	54.40	1.05
		100	52.80	5.21			100	50.17	2.57
		190	52.70	7.84			190	45.07	4.44
		280	39.83	3.20			280	46.53	4.80

ปัจจัย/ระดับ			ค่า RFV (N)		ปัจจัย/ระดับ			ค่า RFV (N)	
6B1	2R1	3R1	เฉลี่ย	SD.	6B1	2R1	3R1	เฉลี่ย	SD.
70	45*	10*	34.03	5.38	250	45	10*	49.57	6.49
		100	40.17	3.01			100	56.93	2.80
		190	41.43	5.63			190	45.90	2.14
		280	61.27	6.41			280	53.73	3.96
	135	10*	55.17	4.96		135	10*	44.60	2.69
		100	42.80	1.57			100	46.73	1.48
		190	43.07	4.52			190	55.53	6.11
		280	51.07	3.50			280	46.10	7.65
	225	10*	52.93	4.42		225	10*	53.83	2.05
		100	61.57	1.72			100	44.77	6.33
		190	59.17	8.69			190	58.73	7.63
		280	38.00	2.75			280	44.50	8.25
	315	10*	38.00	2.44		315	10*	56.47	1.00
		100	51.13	1.96			100	39.73	5.40
		190	51.27	3.40			190	50.77	6.15
		280	50.47	4.64			280	42.93	5.40

* ตำแหน่งรอยบรรจบเดิมของวัสดุ (6B1=340°, 2R1=45°, 3R1=10°)

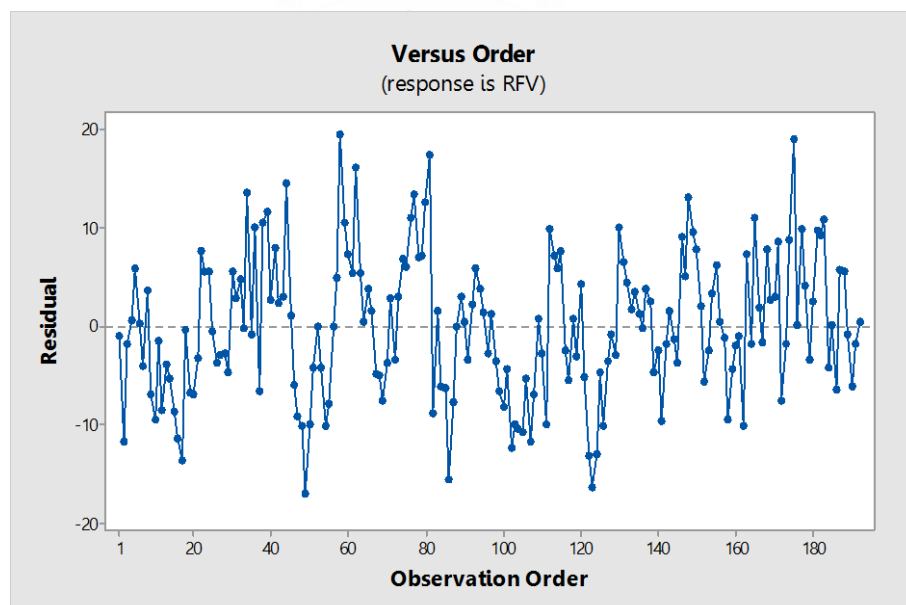
การตรวจสอบความถูกต้องของแบบการออกแบบการทดลอง

การทดสอบการแจกแจงปกติ (Normal Test) ทำโดยการนำ residual ของค่าตัวแปรตอบสนอง นั่นคือ ค่า RFV มาพิจารณาว่ามีการแจกแจงปกติหรือไม่ โดยการพล็อตกราฟ ถ้าหากข้อมูลมีการแจกแจงปกติ กราฟจะมีลักษณะกระจายตัวเป็นแนวเส้นตรงแล้วมีค่า P-value มากกว่า 0.05 ผลการทดสอบ ได้กราฟตามรูปที่ 50 ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแนวเส้นตรง มีค่า P-value เท่ากับ 0.487 ซึ่งมากกว่า 0.05 ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลจากการทดลองนี้มีการแจกแจงปกติ



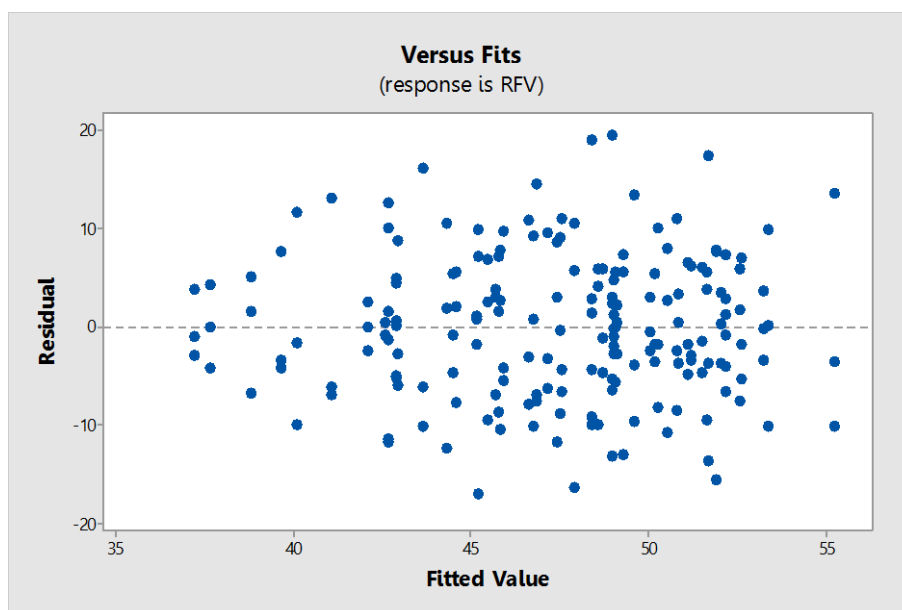
รูปที่ 50 ผลการทดสอบข้อมูลของการแจกแจงปกติ (Normal Test)

การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล โดยจะพิจารณาความสัมพันธ์แผนภาพการกระจายตัวระหว่าง Residual และลำดับของการเก็บข้อมูล (Observation order) ซึ่งลักษณะของข้อมูลที่พล็อตออกมาเป็นกราฟนั้น ไม่ควรจะมีแนวโน้มหรือรูปแบบที่ชัดเจน กราฟควรจะมีลักษณะการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบ ซึ่งจะสามารถบอกได้ว่าข้อมูลจากการทดลองเป็นอิสระต่อกัน ผลการทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูลนี้แสดงได้ตามรูปที่ 51 ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน จึงสรุปได้ว่าข้อมูลจากการทดลองนี้เป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 51 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Residual และลำดับของการเก็บข้อมูล

การทดสอบความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนของข้อมูล ทำได้โดยสร้างแผนภาพการกระจายข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Residual กับค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย (Fitted value) ซึ่งลักษณะของข้อมูลที่พล็อตออกมาเป็นกราฟนั้น ไม่ควรมีแนวโน้มหรือรูปแบบที่ชัดเจน กราฟควรจะมีลักษณะการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบ ผลการทดสอบการกระจายตัวของ Residual แสดงได้ตามรูปที่ 52 ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน จึงสรุปได้ว่าข้อมูลจากการทดลองนี้มีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน



รูปที่ 52 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Residual และ Fitted value

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

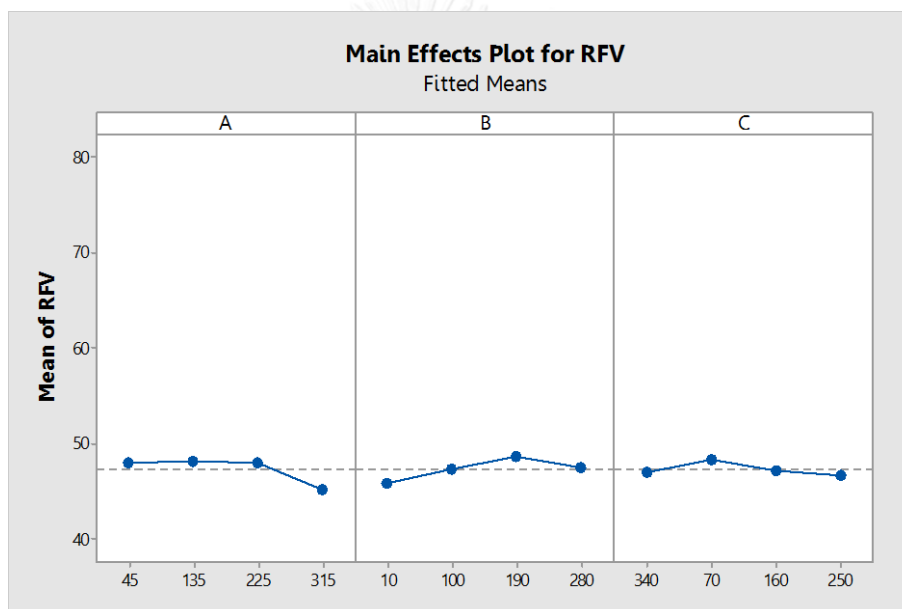
จากผลการทดลองตามตารางที่ 12 ได้นำมาทำการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Minitab แสดงได้ตามรูปที่ 53 โดยที่ A, B และ C คือ ตำแหน่งรอยบรรจบของ 2R1, 3R1 และ 6B1 ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลตามรูปที่ 53 เมื่อพิจารณาว่า P-value ของปัจจัยหลัก (Main effect) และอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย (Interaction factor) พบว่าปัจจัยทั้งหมดมีค่า P-value มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า ปัจจัยตำแหน่งรอยบรรจบทั้ง 3 ปัจจัยนี้ไม่มีผลต่อค่า RFV อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ผ่านแผนภาพที่แสดงปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง เพื่อยืนยันผลการทดลองถึงปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า RFV หรือไม่ ซึ่งจากกราฟรูปที่ 54 พบว่าปัจจัยตำแหน่งรอยบรรจบของวัสดุทั้ง 3 ปัจจัย ให้ค่า RFV ไม่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยหลักทั้ง 3 ปัจจัยไม่มีผลต่อค่า RFV

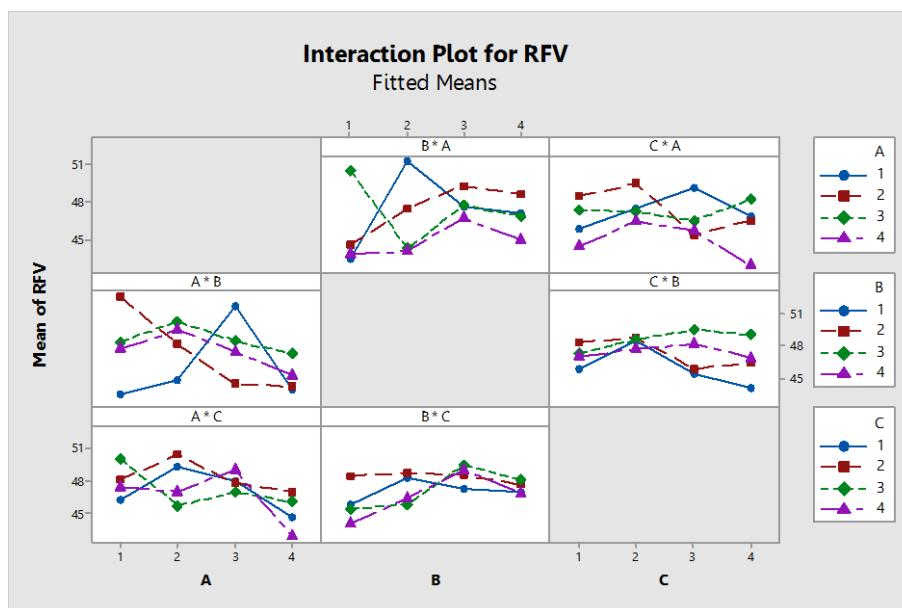
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	63	3260.6	51.76	0.66	0.966
Linear	9	554.5	61.61	0.79	0.630
A	3	304.2	101.39	1.29	0.280
B	3	169.8	56.59	0.72	0.541
C	3	80.6	26.86	0.34	0.795
2-Way Interactions	27	1421.5	52.65	0.67	0.885
A*B	9	939.2	104.36	1.33	0.227
A*C	9	322.3	35.82	0.46	0.901
B*C	9	159.9	17.77	0.23	0.990
3-Way Interactions	27	1284.6	47.58	0.61	0.934
A*B*C	27	1284.6	47.58	0.61	0.934
Error	128	10035.7	78.40		
Total	191	13296.3			

รูปที่ 53 การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยวิธี ANOVA



รูปที่ 54 แผนภาพแสดงปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

เมื่อพิจารณาถึงอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง ตามกราฟรูปที่ 55 พบว่า อันตรกิริยาระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย และ 3 ปัจจัย ไม่ส่งผลอันตรกิริยาต่อกัน



รูปที่ 55 แผนภาพแสดงอันตรกิริยาของปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

4) สรุปผลการออกแบบการทดลอง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของปัจจัยตำแหน่งการประกอบอย่างไม่เหมาะสม หรือตำแหน่งรอยบรรจบของวัสดุไม่เหมาะสม สามารถวิเคราะห์ห่อออกมาได้ 3 ปัจจัย คือ ตำแหน่งรอยบรรจบของวัสดุ 2R1, 3R1 และ 6B1 จากกันนั้นได้ทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยมีปัจจัย 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 4 ระดับ ดังนั้นจะได้การทดลองทั้งหมด 64 การทดลอง เมื่อทำการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง จากที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงสรุปได้ว่า ปัจจัยตำแหน่งการประกอบอย่างไม่เหมาะสม หรือตำแหน่งรอยบรรจบของวัสดุไม่เหมาะสม ไม่มีผลต่อ ค่า RFV และการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภท R

5.1.3.2 ปัจจัยรอยบรรจบ Bead ไม่ได้มาตรฐาน

อีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภท R คือ รอยบรรจบของ Bead (6B1) ผิดปกติ หรือไม่ได้มาตรฐาน แสดงได้ตามรูปที่ 56 ซึ่งรอยบรรจบมีลักษณะไม่สมบูรณ์ คือหน้าตัดของ Bead ไม่ติดกันทั้งหมด มีการเว้าของรอยบรรจบเกิดขึ้น หรือรอยบรรจบเกยกันขึ้นมาด้านใดด้านหนึ่ง ตามรูปที่ 56 (ก) และ (ข) ตามลำดับ โดยที่รอยบรรจบของ Bead ไม่ได้มาตรฐานนี้เกิดจากปัจจัยของวัตถุดิบ คือขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบตามรูปที่ 41 การวิเคราะห์ปัญหาจากกระบวนการผลิต ดังนั้นการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหานี้ มีขั้นตอนดังนี้

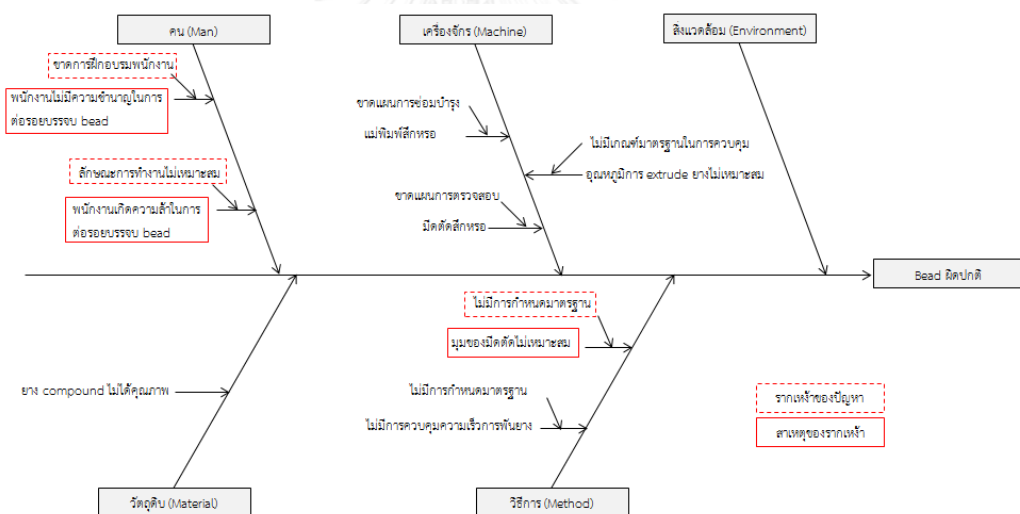
- 1) การวิเคราะห์ปัญหาจากแผนภาพก้างปลา และความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล
- 2) การทดสอบสมมติฐาน
- 3) สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน



(ก)

(ข)

รูปที่ 56 รอยบรจของ Bead (6B1) ที่ผิดปกติ



รูปที่ 57 แผนภาพก้างปลาของปัญหา รอยบรจ Bead (6B1) ไม่ได้มาตรฐาน

1) การวิเคราะห์ปัญหาจากแผนภาพก้างปลา และความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล

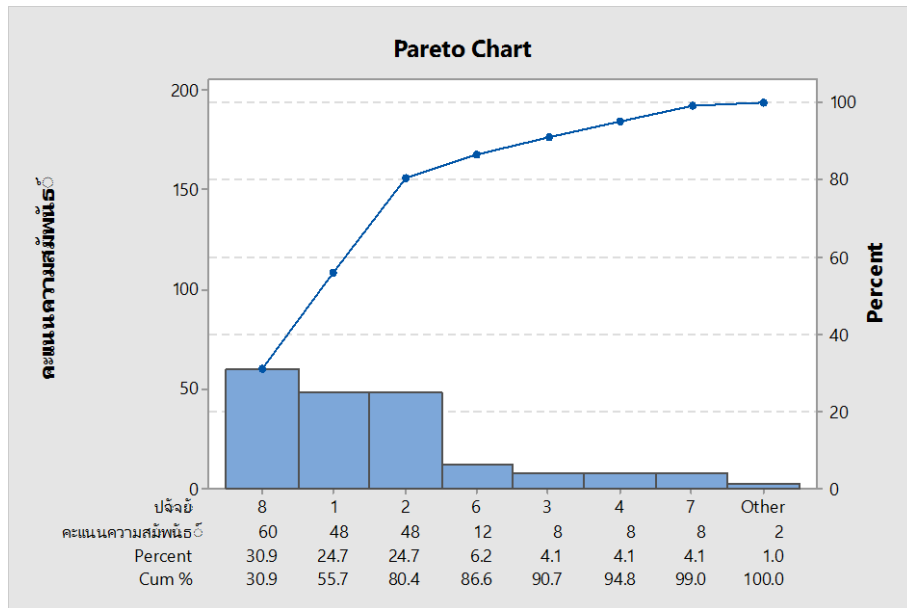
จากการวิเคราะห์สาเหตุของการผลิต Bead ที่ไม่ได้มาตรฐาน โดยใช้แผนภาพก้างปลาตามรูปที่ 57 พบว่ามีปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักของปัญหาจำนวน 8 ปัจจัย และสาเหตุของรากเหง้าจำนวน 7 ปัจจัย ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์สาเหตุและผล ซึ่งเริ่มจากการกำหนด ตัวแปรตอบสนอง คือ ความถี่ในการเกิดปัญหา

ความรุนแรงเมื่อเกิดปัญหาขึ้น และความเป็นไปได้ในการเกิดปัญหา จากนั้นทำการประเมินคะแนนของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง จะได้ตามตารางที่ 13 หลังจากทำการประเมินแล้ว ก็จะทำกรวิเคราะห์ด้วยกราฟพาราเรโตดังรูปที่ 58 เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่ทำให้เกิดของเสียมากที่สุด

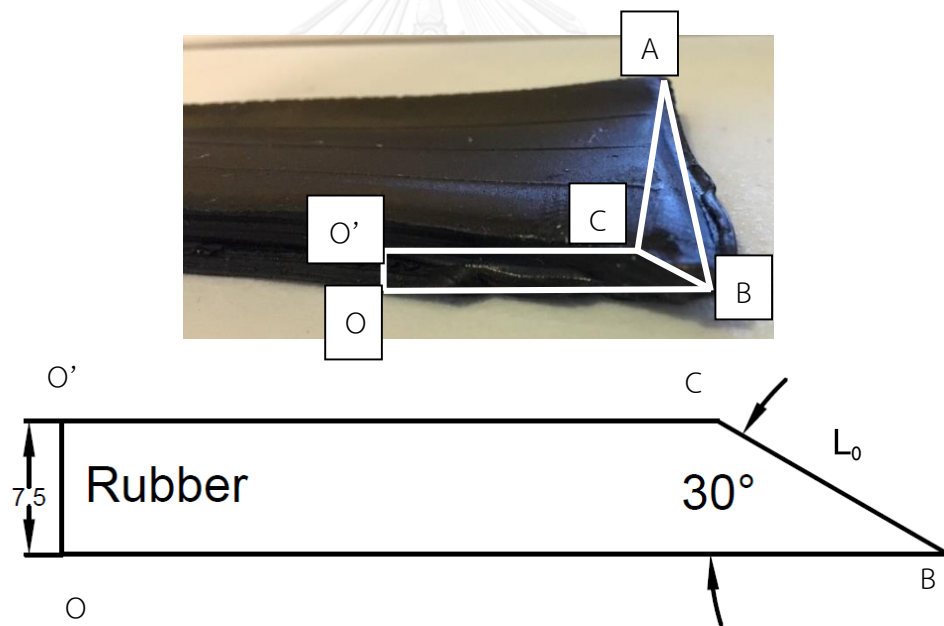
ตารางที่ 13 ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของการผลิต Bead ไม่ได้มาตรฐาน

ลำดับ	สาเหตุหลัก	ปัจจัยนำเข้า	คะแนนความสัมพันธ์
1	คน	พนักงานไม่มีความชำนาญ	48
2		พนักงานมีความล่า	48
3	เครื่องจักร	Die plate สึกหรือ	8
4		มีดตัดสึกหรือ	8
5	วัตถุดิบ	คุณสมบัติของยางไม่ได้ตามมาตรฐาน	2
6		ลักษณะ Creel bead ไม่ได้ตามมาตรฐาน	12
7	วิธีการ	ความเร็วในการผลิตไม่เหมาะสม	8
8		การตั้งค่ามีดตัดไม่เหมาะสม	60

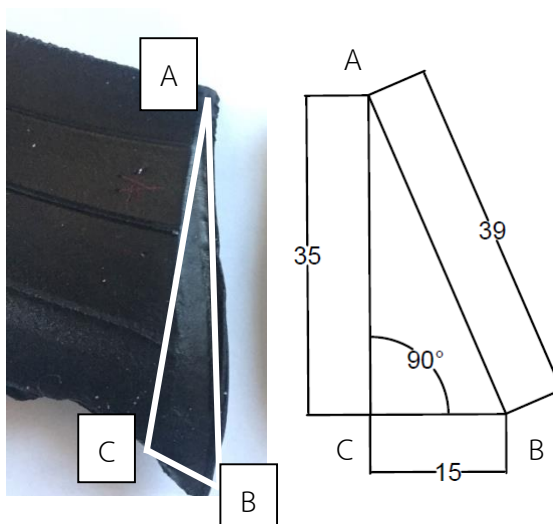
เมื่อพิจารณาจากแผนภาพพาราเรโตตามรูปที่ 58 พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อการเกิดปัญหา bead ผิดปกติ มีทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือการตั้งค่ามมตัดไม่เหมาะสม โดยที่รากเหง้าของปัญหา คือ ไม่มีการควบคุมมมตัด ปัจจัยที่ 2 คือพนักงานไม่มีความชำนาญในการต่อรอยบรรจบของ bead โดยที่รากเหง้าของปัญหา คือ ขาดการฝึกอบรมพนักงาน และปัจจัยที่ 3 คือพนักงานมีความล่าในการทำงาน โดยที่รากเหง้าของปัญหา คือ ลักษณะการปฏิบัติงานไม่เหมาะสม ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัยนี้มีความเกี่ยวข้องกัน คือขั้นตอนการตัด Bead ในปัจจุบันใช้มมตัด Bead ที่ 30 องศา โดยที่รอยบรรจบของ Bead เกิดจากพนักงานนำหน้าตัดของ Bead ที่ถูกตัดที่มม 30 องศา มาบรรจบกัน ซึ่งหน้าตัดของ Bead นี้เองที่ทำให้พนักงานต่อรอยบรรจบ Bead ยากและอาจจะทำให้เกิดความล่าในขณะปฏิบัติงานได้ จนทำให้เกิดรอยบรรจบของ Bead ไม่ได้ตามมาตรฐาน โดยที่หน้าตัดของ Bead ด้านหน้า และด้านหลัง มีลักษณะตามรูปที่ 59 และ 60 ตามลำดับ ลักษณะหน้าตัดของ Bead ที่มีมมตัด 30 องศา โดยที่ความสูงของ Bead เท่ากับ 35 มิลลิเมตร สามารถคำนวณความชันของ Bead (L_0) ได้เท่ากับ 15 มิลลิเมตร



รูปที่ 58 กราฟพารेटแสดงปัจจัยนำเข้าจากสาเหตุหลักของปัญหา Bead ไม่ได้มาตรฐาน



รูปที่ 59 ลักษณะหน้าตัดของ Bead ด้านหน้าที่มุมตัด 30 องศา



รูปที่ 60 ลักษณะหน้าตัดของ Bead ด้านข้าง

2) การทดสอบสมมติฐาน

ลักษณะของรอยบรรจบของ Bead ที่ผิดปกติหรือไม่ได้มาตรฐานนั้น มีสาเหตุมาจากการมุมตัดที่ไม่เหมาะสม ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งส่งผลทำให้พนักงานต่อรอยบรรจบของ Bead ยากขึ้น โดยที่มุมตัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ 30 องศา ดังนั้นทำการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหานั้นคือ มุมตัด Bead ไม่เหมาะสม

ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน

- 1) ทำการผลิต Bead โดยตั้งค่ามุมตัดที่ 30 และ 10 องศา เงื่อนไข 100 คู่ เพื่อใช้ผลิตยางรถยนต์ 100 เส้นต่อเงื่อนไข
- 3) ทำการผลิตยางรถยนต์โดยใช้ Bead ที่เตรียมไว้
- 4) ตรวจสอบค่า RFV ของยางที่ทดลองผลิต และทำการบันทึกข้อมูล

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของมุมตัด Bead

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของมุมตัด Bead

เมื่อ

$P_1 =$ สัดส่วนของเสียเนื่องจากการใช้มุมตัด Bead ที่ 30 องศา

$P_2 =$ สัดส่วนของเสียเนื่องจากการใช้มุมตัด Bead ที่ 10 องศา

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการทดลองเบื้องต้น พบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้มุมตัด Bead ที่ 30 องศา คือ 0.28 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้มุมตัด Bead ที่ 10 องศา คือ 0.05 จึงสามารถนำมา

คำนวณหาจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ทั้งหมด 93 ตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามรูปที่ 61 เนื่องจากการทดลองเบื้องต้นได้ใช้จำนวนตัวอย่างที่ทดลองถึง 100 ตัวอย่าง ซึ่งมากกว่าจำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้ ดังนั้นจึงใช้ผลการทดลองเบื้องต้นนี้นำมาวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนถัดไป

Power and Sample Size			
Test for Two Proportions			
Testing comparison p = baseline p (versus ≠)			
Calculating power for baseline p = 0.08			
$\alpha = 0.05$			
	Sample	Target	
Comparison p	Size	Power	Actual Power
0.28	93	0.95	0.950187
The sample size is for each group.			

รูปที่ 61 การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของมุ่มตัด Bead

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงตามตารางที่ 14 มุ่มตัดที่ 30 องศา ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ใช้ในการผลิต Bead อยู่ในปัจจุบัน เมื่อนำมาผลิตเป็นยางรถยนต์พบว่ามีค่า RFV เฉลี่ยสูงกว่าการใช้มุ่มตัดที่ 10 องศา และมีของเสียเกิดขึ้นถึง 28% ในขณะที่การใช้มุ่มตัดที่ 10 องศา มีของเสียเกิดขึ้นเพียง 5%

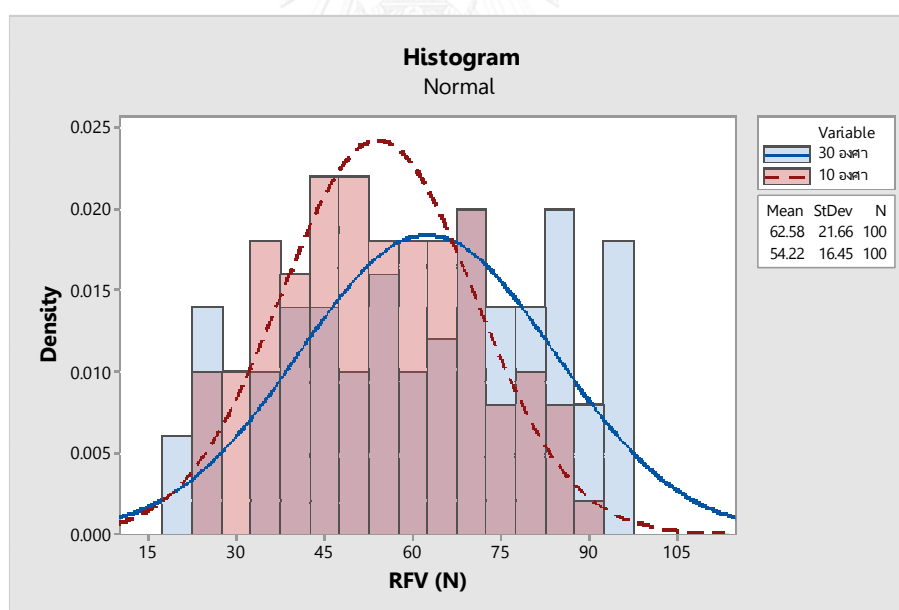
การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐาน

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติผ่านกราฟฮิสโตแกรม ตามรูปที่ 62 พบว่ามุ่มตัดที่ 10 องศา ส่งผลทำให้ค่า RFV เฉลี่ยเท่ากับ 54.22 N ซึ่งน้อยกว่าการใช้มุ่มตัด Bead ที่ 30 องศา ในขณะที่ค่า RFV เฉลี่ยจากการใช้มุ่มตัด Bead ที่ 30 องศา เท่ากับ 62.58 N จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์โดยวิธี ANOVA พบว่า เมื่อพิจารณาค่า P-value ของปัจจัยมุ่มตัด Bead ตามรูปที่ 63 พบว่ามีค่า P-value เท่ากับ 0.002 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า ปฏิเสธ $H_0 : P_1 = P_2$ และยอมรับ $H_1 : P_1 \neq P_2$ โดยมีความแตกต่างกันระหว่างมุ่มตัด Bead ทำให้มีผลต่อค่า RFV อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยมุมตัด Bead

เงื่อนไขของมุมตัด		30 องศา	10 องศา
จำนวนชิ้นงาน (เส้น)		100	100
RFV เฉลี่ย (N)		62.58	54.22
SD (N)		21.66	16.45
ของดี	%ของดี	72%	95%
	RFV เฉลี่ย (N)	52.66	51.62
ของเสีย	%ของเสีย	28%	5%
	RFV เฉลี่ย (N)	88.1	84.08

เมื่อพิจารณาข้อมูลสัดส่วนของเสียจากการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของมุมตัด Bead ตามรูปที่ 64 พบว่าค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.002 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ทำให้สรุปได้ว่า ปฏิเสธ $H_0 : P_1 = P_2$ และยอมรับ $H_1 : P_1 \neq P_2$ โดยมีความแตกต่างกันระหว่างสัดส่วนของเสียเนื่องความแตกต่างกันของมุมตัด Bead อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 62 แผนภาพฮิสโตแกรมแสดงค่า RFV จากการใช้มุมตัด Bead ที่ 30 และ 10 องศา

One-way ANOVA: RFV versus มุมมิดตัด Bead					
Significance level	$\alpha = 0.05$				
Factor	Levels	Values			
Sample	2	1, 2			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	1	3495	3494.7	9.45	0.002
Error	198	73234	369.9		
Total	199	76728			

รูปที่ 63 การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยวิธี ANOVA จากการใช้มุมตัด Bead ที่ 30 และ 10 องศา

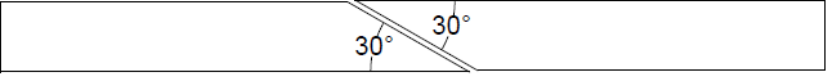
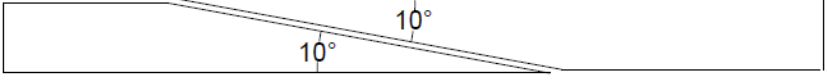
Test and CI for Two Proportions			
Event = 2			
Sample	X	N	Sample p
N	12	40	0.300000
Y	88	160	0.550000
Difference = p (N) - p (Y)			
Estimate for difference: -0.25			
95% CI for difference: (-0.411586, -0.0884144)			
Test for difference = 0 (vs \neq 0): Z = -3.03 P-Value = 0.002			

รูปที่ 64 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยมุมตัด Bead ไม่เหมาะสม

3) สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของปัจจัยมุมตัด Bead ไม่เหมาะสม ทำให้รอยบรรจบของ Bead ผิดปกติ หรือไม่ได้มาตรฐาน โดยการทดสอบกับมุมตัดที่ 30 องศาซึ่งใช้อยู่ในปัจจุบัน และ 10 องศา สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยมุมตัด Bead ไม่เหมาะสม มีผลต่อ ค่า RFV และการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภท R เนื่องจากการตั้งค่ามุมตัด Bead ที่ 30 องศา ทำให้ Bead มีพื้นที่หน้าตัดน้อยกว่าการใช้มุมตัดที่มุม 10 องศา ซึ่งสามารถแสดงได้ตามตารางที่ 15 และ 16 ตามลำดับ

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบลักษณะรอยบรรจบของ Bead

มุมตัด Bead	ลักษณะรอยบรรจบของ Bead
30 องศา	
10 องศา	

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดของ Bead

มุมตัด Bead	ความยาวด้าน BC	พื้นที่หน้าตัด (ตร.มม.)
30 องศา	15 มม.	262.5
10 องศา	43.1 มม.	754.25

5.1.4 สรุปปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อปัญหาข้อบกพร่องประเภทแรงกระทำแนวรัศมีต่ำกว่ามาตรฐาน (R)

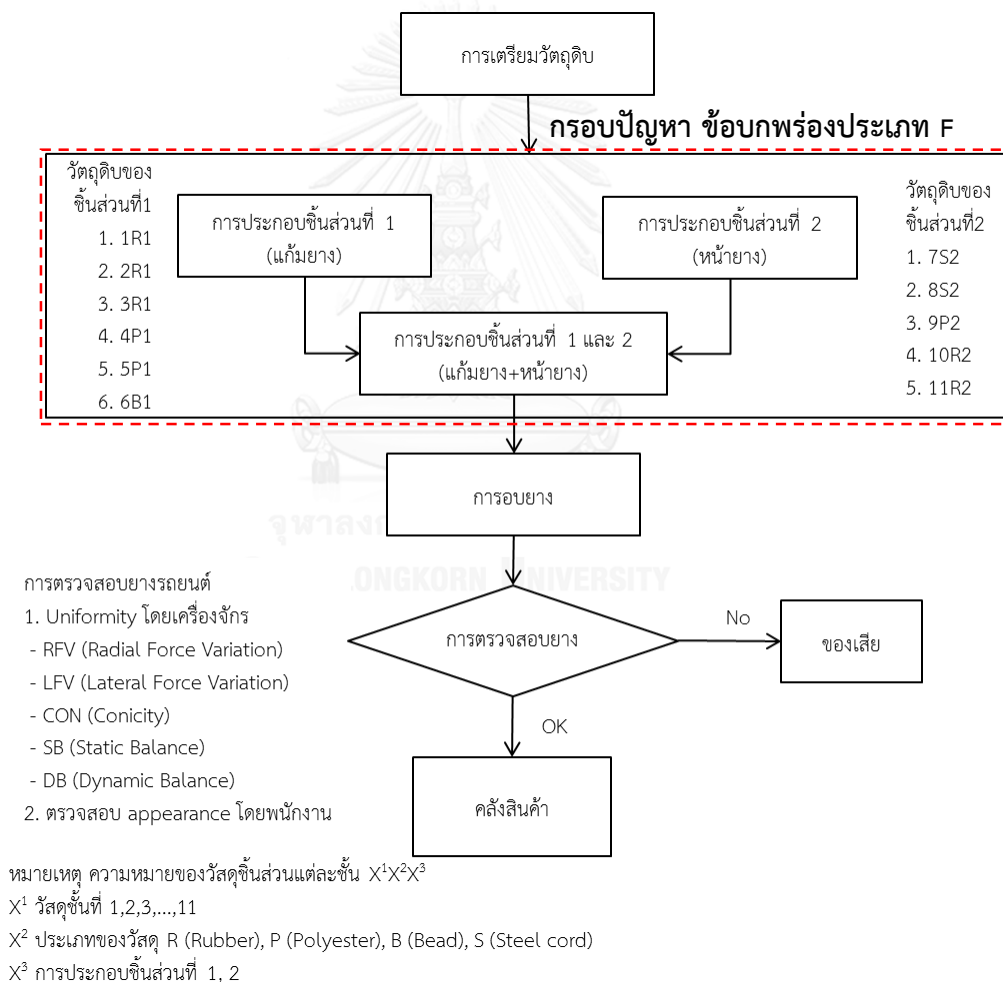
จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาของเสียจากข้อบกพร่องประเภท R พบว่าปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภท R มี 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ตำแหน่งของการประกอบไม่เหมาะสมหรือตำแหน่งรอยบรรจบของวัสดุไม่เหมาะสม เมื่อทำการวิเคราะห์และออกแบบการทดลองแล้วพบว่าปัจจัยนี้ไม่มีผลต่อค่า RFV และของเสียจากข้อบกพร่องประเภท R จึงได้ตัดปัจจัยนี้ออกไป และทำการวิเคราะห์ปัญหาต่อด้วยปัจจัยที่ 2 คือ รอยบรรจบของ Bead ไม่ได้ตามมาตรฐาน โดยการทดสอบสมมติฐานของความแตกต่างกันของมุมตัด Bead พบว่ามุมตัดมีผลต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภท R และค่า RFV ดังนั้น ในบทถัดไปจะเป็นการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยจะ

ทำการปรับปรุงมุมตัด Bead ทำให้มุมตัดมีความเหมาะสมในการตัด Bead และทำให้พนักงานปฏิบัติงานง่ายขึ้นในการต่อรอยบรรจบของ Bead

5.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องประเภทเศษสิ่งสกปรกติดที่ยาง (F)

5.2.1 การวิเคราะห์ปัญหาจากกระบวนการ

จากข้อบกพร่องประเภท F เมื่อทำการวิเคราะห์ผ่านแผนผังการผลิตตามรูปที่ 65 แล้วพบว่า กรอบปัญหาข้อบกพร่องประเภท F คือขั้นตอนการประกอบยางทั้งหมด ซึ่งเป็นการนำเอาวัตถุดิบหรือวัสดุแต่ละอย่างนำมาประกอบรวมกัน ดังนั้นในขั้นตอนถัดไป เป็นการวิเคราะห์ปัญหาผ่านแผนภาพก้างปลาจึงจะเข้าไปทำการศึกษาวิเคราะห์หาสาเหตุหลัก และรากเหง้าของปัญหา เฉพาะขั้นตอนการประกอบยางรถยนต์

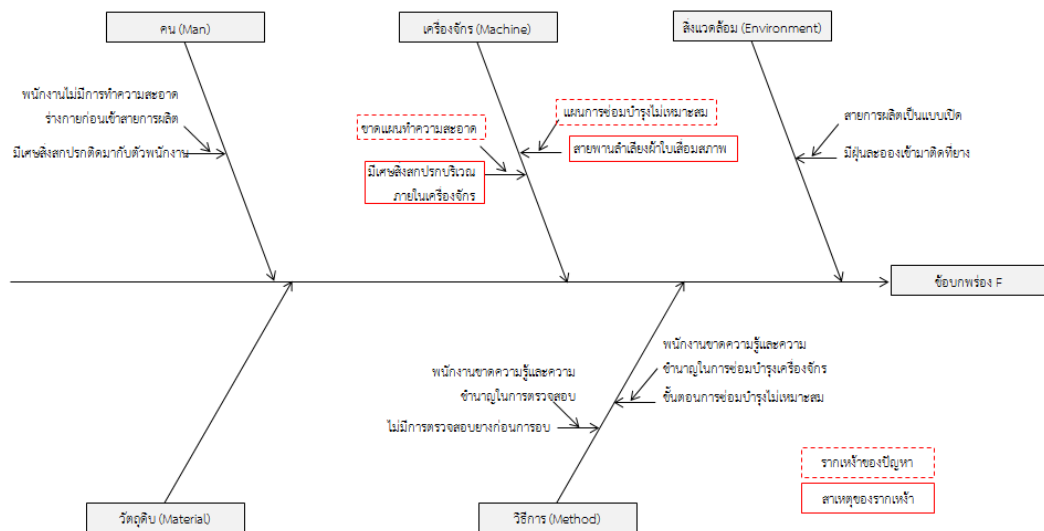


รูปที่ 65 แผนผังการผลิตยางรถยนต์และกรอบปัญหาของข้อบกพร่องประเภท F

5.2.2 การวิเคราะห์ปัญหาแผนภาพก้างปลาและ ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล

5.2.2.1 การวิเคราะห์ปัญหาแผนภาพก้างปลา

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาจากข้อบกพร่องประเภท F โดยใช้แผนภาพก้างปลาตามรูปที่ 66 พบว่าสามารถวิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหาได้ถึง 6 ปัจจัย และเมื่อวิเคราะห์ไปถึงรากเหง้าของปัญหาพบว่ามีปัจจัยที่เป็นรากเหง้าของปัญหาถึง 6 ปัจจัย



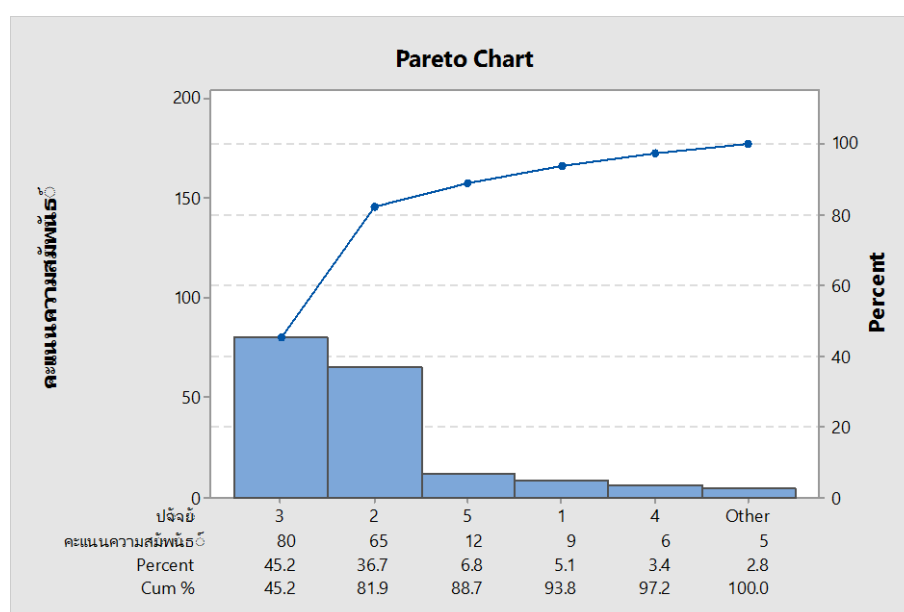
รูปที่ 66 แผนภาพก้างปลาของข้อบกพร่องประเภท F

5.2.2.2 การวิเคราะห์ปัญหาจากความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาข้อบกพร่องประเภท F โดยใช้แผนภาพก้างปลานั้น พบว่ามีปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักหรือสาเหตุของรากเหง้าที่ทำให้เกิดของเสียเกิดขึ้นจำนวน 6 ปัจจัย ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์สาเหตุและผล ซึ่งเริ่มจากการกำหนด ตัวแปรตอบสนอง ความถี่ในการเกิดปัญหา ความรุนแรงเมื่อเกิดปัญหาขึ้น และความเป็นไปได้ในการเกิดปัญหา จากนั้นทำการประเมินคะแนนของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง จะได้ตามตารางที่ 17 หลังจากทำการประเมินแล้ว ก็จะทำการวิเคราะห์ด้วยกราฟพารेटโตดังรูปที่ 67 เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่ทำให้เกิดของเสียมากที่สุด

ตารางที่ 17 ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของข้อบกพร่องประเภท F

ลำดับ	สาเหตุหลัก	ปัจจัยนำเข้า	คะแนนความสัมพันธ์
1	คน	มีเศษสิ่งสกปรกติดมากับตัวพนักงาน	9
2	เครื่องจักร	มีเศษสิ่งสกปรกบริเวณภายในเครื่องจักร	65
3		สายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ	80
4	สิ่งแวดล้อม	มีฝุ่นละอองเข้ามาติดที่ยาง	6
5	วิธีการ	ไม่มีการตรวจสอบยางดิบก่อนอบ	12
6		ขั้นตอนการซ่อมบำรุงไม่เหมาะสม	5



รูปที่ 67 กราฟพาเรโตแสดงปัจจัยนำเข้าจากสาเหตุหลักของข้อบกพร่องประเภท F

เมื่อพิจารณาจากแผนภาพพาเรโตตามรูปที่ 67 พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อการเกิดข้อบกพร่องประเภท F ทั้งหมด 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ สายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ โดยที่รากเหง้าของปัญหา คือ รอบเวลาการตรวจสอบและทำความสะอาดไม่เหมาะสม และปัจจัยที่ 2 คือ มีเศษสิ่งสกปรกบริเวณภายในเครื่องจักร โดยที่รากเหง้าของปัญหา คือ ไม่มีแผนการทำความสะอาด

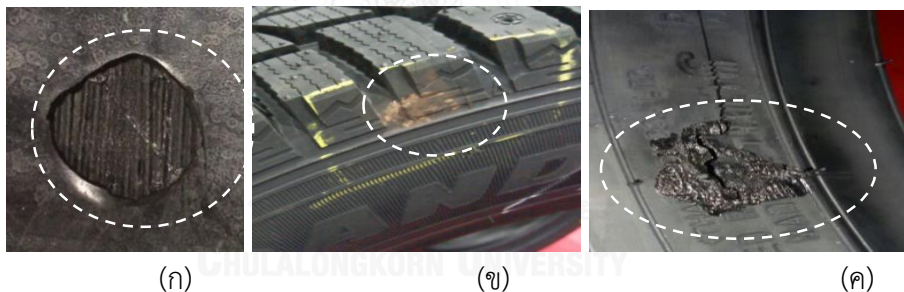
5.2.3 การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า

ข้อบกพร่องประเภท F คือการที่มีเศษสิ่งสกปรกมาติดหรือสัมผัสที่ยางรถยนต์ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ทุกตำแหน่ง ไม่ว่าจะเป็นบริเวณแก้มยาง หน้ายาง ไหล่ยาง หรือด้านในของยาง เป็นต้น ซึ่งข้อบกพร่องประเภทนี้สามารถเกิดขึ้นได้ทุกพื้นที่ที่ทำการผลิตยาง ถ้าหากว่าพื้นที่นั้นไม่สะอาด

จากแผนภาพข้างปลาทพบว่าการจ่ายที่อาจก่อให้เกิดข้อบกพร่องประเภท F นี้ มีปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องหลักๆอยู่ 2 ปัจจัย ได้แก่ สายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ และพื้นที่ภายในเครื่องจักรสกปรก

ข้อบกพร่องประเภท F ที่เกิดขึ้นจะเกิดบริเวณด้านในของยาง และบริเวณด้านนอกของยาง ซึ่งแสดงตามรูปที่ 68 สำหรับเศษสิ่งสกปรกที่ติดอยู่บริเวณผิวด้านในของยางนั้น จะมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ พองขึ้นมาคล้ายๆว่ามีอากาศตกค้างอยู่ด้านในของยาง ซึ่งเมื่อทำการตัดบริเวณนั้นมาดู พบว่ามีเศษคล้ายๆเส้นด้ายติดอยู่ที่ชั้นระหว่าง ผ้าใบ (4P1) และด้านในของยาง (1R1) แล้วทำให้เนื้อยางไม่ติดกันทำให้มีอากาศอยู่บริเวณนั้น จึงเกิดเป็นข้อบกพร่องประเภท F อยู่ในบริเวณผิวด้านในของยางตามรูปที่ 68 (ก) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ว่าผ้าใบก่อนจะมาพั่นนั้นได้สัมผัสอะไรบ้าง จึงพบว่าผ้าใบมีการสัมผัสกับสายพานลำเลียง ตามรูปที่ 69

สำหรับข้อบกพร่องประเภท F ที่เกิดขึ้นบริเวณไหล่ยางนั้น ตามรูปที่ 68 (ข) พบว่าเป็นเศษคล้ายๆ ดิน ทราย และข้อบกพร่องประเภท F ที่เกิดขึ้นบริเวณแก้มยางนั้น ตามรูปที่ 68 (ค) พบว่าเป็นเศษที่มีลักษณะเศษพลาสติกไหม้ เมื่อเข้าไปสำรวจที่บริเวณที่ทำการผลิตยางที่เป็นของเสียนี้ขึ้นมาพบว่าพื้นที่บริเวณพื้นภายในเครื่องจักรมีความสกปรก ตามรูปที่ 70 ทำให้ยางที่เป็นวัตถุดิบหลักสัมผัสกับเศษสิ่งสกปรกเหล่านั้นได้ จึงเกิดเป็นข้อบกพร่องประเภท F ขึ้นมา



(ก)

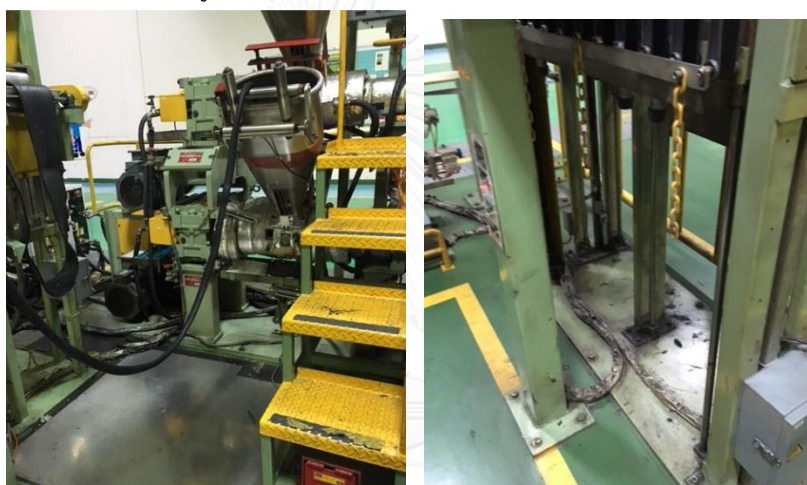
(ข)

(ค)

รูปที่ 68 ข้อบกพร่องประเภท F บริเวณด้านในของยาง (ก), บริเวณไหล่ยาง (ข), บริเวณแก้มยาง (ค)



รูปที่ 69 สายพานลำเลียงผ้าใบ



รูปที่ 70 พื้นที่บริเวณภายในเครื่องจักรประกอบยาง

จากการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าของข้อบกพร่องประเภท F นี้ พบว่าปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F มาจากสาเหตุหลัก 2 สาเหตุ คือ สายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ และพื้นที่ภายในเครื่องจักรสกปรก ขั้นตอนถัดมา จะเป็นการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหา นั่นคือ สายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ และพื้นที่ภายในเครื่องจักรสกปรก

5.2.3.1 สายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ

การทดสอบสมมติฐาน

เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปยางจะมีอุปกรณ์ต่างๆภายในเครื่องจักรที่มีส่วนสัมผัสกับวัสดุ สายพานลำเลียงผ้าใบก็เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สัมผัสกับวัสดุที่นำมาประกอบคือ ผ้าใบ ในการทดสอบสมมติฐานได้เตรียมเครื่องจักรที่ได้ทำความสะอาดสายพานและเครื่องจักรที่มีการใช้สายพานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 เดือน

ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน

1) เตรียมเครื่องจักรไว้ 2 เครื่อง คือเครื่องจักรที่ทำความสะอาดสายพานไว้แล้ว และเครื่องจักรที่มีการใช้สายพานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 เดือน

2) ประกอบวัสดุของยางรถยนต์ โดยการผลิตจะผลิตไปพร้อมๆกันทั้ง 2 เครื่อง

3) ตรวจสอบปัญหาเศษสิ่งสกปรกที่เกิดกับยางที่ผลิตไป และทำการบันทึกข้อมูล

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของความสะอาดของสายพานลำเลียงผ้าใบ

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของความสะอาดของสายพานลำเลียงผ้าใบ

เมื่อ $P_1 =$ สัดส่วนของเสียเนื่องจากสายพานลำเลียงผ้าใบที่ทำความสะอาด

$P_2 =$ สัดส่วนของเสียเนื่องจากสายพานลำเลียงผ้าใบที่ถูกใช้งานมา 1 เดือน

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการทดลองเบื้องต้น พบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้สายพานลำเลียงที่ได้ทำความสะอาด คือ 0.05 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้สายพานลำเลียงที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 เดือน คือ 0.54 จึงสามารถนำมาคำนวณหาจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ทั้งหมด 20 ตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามรูปที่ 71 เนื่องจากการทดลองเบื้องต้นได้ใช้จำนวนตัวอย่างที่ทดลองถึง 100 ตัวอย่าง ซึ่งมากกว่าจำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้ ดังนั้นจึงใช้ผลการทดลองเบื้องต้นนี้นำมาวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนถัดไป

Power and Sample Size			
Test for Two Proportions			
Testing comparison p = baseline p (versus #)			
Calculating power for baseline p = 0.54			
$\alpha = 0.05$			
Comparison p	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.05	20	0.95	0.955872
The sample size is for each group.			

รูปที่ 71 การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของสายพานลำเลียงผ้าใบ

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงตามตารางที่ 18 สายพานที่ผ่านการทำความสะอาดมาแล้ว เมื่อนำมาใช้ทดลองผลิตยางรถยนต์ พบว่ามีของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F เกิดขึ้น 5% แต่เมื่อใช้สายพานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 เดือน พบว่ามีของเสียเกิดขึ้นถึง 54% ซึ่งสูงกว่าถึง 10 เท่า

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยสายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ

ระดับความสะอาดของสายพาน	จำนวนชิ้นงาน ทดสอบ	จำนวนของ เสีย	% ของเสีย
สายพานผ่านการทำความสะอาด	100 เส้น	5 เส้น	5%
สายพานผ่านการใช้งานมา 1 เดือน	100 เส้น	54 เส้น	54%

การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อพิจารณาข้อมูลสัดส่วนของเสียจากการทดสอบสมมติฐาน ตามรูปที่ 72 พบว่าค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ทำให้สรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐาน $H_0: P_1 = P_2$ และยอมรับ $H_1: P_1 \neq P_2$ โดยมีความแตกต่างกันระหว่างสัดส่วนของเสียเนื่องจากความสะอาดที่ต่างกันของสายพานลำเลียงผ้าใบอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Test and CI for Two Proportions			
Event = Y			
Sample	X	N	Sample p
1	5	100	0.050000
2	54	100	0.540000
Difference = p (1) - p (2)			
Estimate for difference: -0.49			
95% CI for difference: (-0.596616, -0.383384)			
Test for difference = 0 (vs ≠ 0): Z = -9.01 P-Value = 0.000			

รูปที่ 72 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยสายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ

สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของปัจจัยสายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ ทำให้เกิดเศษสิ่งสกปรกไปสัมผัสที่บริเวณยางรถยนต์ได้ในขณะทำการผลิต โดยได้ทำการการทดสอบกับสายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพที่ได้ทำความสะอาดมาแล้ว และผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 เดือน สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยสายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ มีผลต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F

5.2.3.2 พื้นที่ภายในเครื่องจักรสกปรก

การทดสอบสมมติฐาน

เนื่องจากสายงานการผลิตยางรถยนต์ของโรงงานตัวอย่างนี้เป็นระบบเปิด ทำให้มีฝุ่นละอองกระจายทั่วพื้นที่ อีกทั้งยังมีพนักงานขับรถ forklift ผ่านบริเวณเครื่องจักรเป็นประจำ ดังนั้นในการทดสอบสมมติฐานได้เตรียมเครื่องจักรที่ได้ทำความสะอาดพื้นที่บริเวณรอบๆ และเครื่องจักรที่ไม่ได้ทำ

ความสะอาดบริเวณรอบๆ มาแล้ว 1 สัปดาห์ แสดงตามรูปที่ 70 ซึ่งในการทดสอบจะทำการกำหนดให้ ความสะอาดบริเวณพื้นที่และตัวของเครื่องจักรเองเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน

1) เตรียมเครื่องจักรไว้ 2 เครื่อง ได้แก่

1.1) พื้นที่และเครื่องจักรที่ทำความสะอาดไว้แล้ว (x_1)

1.2) พื้นที่และเครื่องจักรที่ไม่ได้ทำความสะอาดมาแล้ว 1 สัปดาห์ (x_2)

2) ทำการผลิตประกอบวัสดุของยางรถยนต์ โดยการผลิตจะผลิตไปพร้อมๆกันทั้ง 2 เครื่อง จำนวน 100 ชิ้น/เครื่อง

3) ตรวจสอบปัญหาเศษสิ่งสกปรกที่เกิดกับยางที่ผลิตไป และทำการบันทึกข้อมูล

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

$H_0 : P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของความสะอาดของเครื่องจักรและพื้นที่

$H_1 : P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของความสะอาดของเครื่องจักรและพื้นที่

เมื่อ $P_1 =$ สัดส่วนของเสียเนื่องจากเครื่องจักรและพื้นที่ได้ทำความสะอาด

$P_2 =$ สัดส่วนของเสียเนื่องจากเครื่องจักรและพื้นที่ไม่ได้ทำความสะอาด 1 สัปดาห์

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการทดลองเบื้องต้น พบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้เครื่องจักรและพื้นที่ได้ทำความสะอาด คือ 0.06 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้เครื่องจักรและพื้นที่ไม่ได้ทำความสะอาด 1 สัปดาห์ คือ 0.24 จึงสามารถนำมาคำนวณหาจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ทั้งหมด 100 ตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามรูปที่ 73 เนื่องจากการทดลองเบื้องต้นได้ใช้จำนวนตัวอย่างที่ทดลองถึง 100 ตัวอย่าง ซึ่งเท่ากับจำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้ ดังนั้นจึงใช้ผลการทดลองเบื้องต้นนี้ นำมาวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนถัดไป

Power and Sample Size			
Test for Two Proportions			
Testing comparison p = baseline p (versus ≠)			
Calculating power for baseline p = 0.24			
$\alpha = 0.05$			
	Sample	Target	
Comparison p	Size	Power	Actual Power
0.06	100	0.95	0.951351
The sample size is for each group.			

รูปที่ 73 การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของเครื่องจักรและพื้นที่สกปรก

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงตามตารางที่ 19 เครื่องจักรและพื้นที่ที่ได้ทำความสะอาดแล้ว เมื่อนำมาใช้ทดลองผลิตยางรถยนต์ พบว่ามีของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F เกิดขึ้น 6% แต่เมื่อใช้ เครื่องจักรและพื้นที่ที่ไม่ได้ทำความสะอาดมา 1 สัปดาห์ พบว่ามีของเสียเกิดขึ้นสูงถึง 24% ซึ่งสูงกว่า ถึง 4 เท่า

ตารางที่ 19 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยพื้นที่ภายในเครื่องจักรสกปรก

ระดับความสะอาด	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	% ของเสีย
x_1	100 เส้น	6 เส้น	6%
x_2	100 เส้น	24 เส้น	24%

การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อพิจารณาข้อมูลสัดส่วนของเสียจากการทดสอบสมมติฐาน ตามรูปที่ 74 พบว่าค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ทำให้สรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐาน $H_0: P_1 = P_2$ และยอมรับ $H_1: P_1 \neq P_2$ โดยมีความแตกต่างกันระหว่างสัดส่วนของเสียเนื่องจากความสะอาดที่แตกต่างกันของ เครื่องจักรและพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Test and CI for Two Proportions			
Event = Y			
Sample	X	N	Sample p
1	6	100	0.060000
2	24	100	0.240000
Difference = p (1) - p (2)			
Estimate for difference: -0.18			
95% CI for difference: (-0.275778, -0.0842221)			
Test for difference = 0 (vs \neq 0): Z = -3.68 P-Value = 0.000			

รูปที่ 74 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยความสะอาดของเครื่องจักรและพื้นที่สกปรก

สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของปัจจัยพื้นที่ภายในเครื่องจักรสกปรก ทำให้เกิดเศษสิ่ง สกปรกไปสัมผัสที่บริเวณยางรถยนต์ได้ในขณะทำการผลิต โดยได้ทำการทดสอบกับเครื่องจักรและ พื้นที่ที่ได้ทำความสะอาดแล้ว และผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 สัปดาห์ สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยพื้นที่ ภายในเครื่องจักรสกปรก มีผลต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F

5.2.4 สรุปปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อปัญหาข้อบกพร่องประเภทเศษสิ่งสกปรกติดที่ยาง (F)

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F พบว่าปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภท F มี 2 ปัจจัย คือ สายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ และพื้นที่ภายในเครื่องจักรสกปรก เมื่อทำการวิเคราะห์และทดสอบสมมติฐานแล้ว พบว่าทั้ง 2 ปัจจัย มีผลต่อการเกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F ดังนั้น ในบทถัดไปจะเป็นการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยจะทำการปรับปรุงรอบการใช้งานและการทำความสะอาดของสายพานลำเลียงผ้าใบ และพื้นที่ภายในเครื่องจักร

5.3 สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา คือ ข้อบกพร่องประเภท R และ F ทำให้ทราบถึงสาเหตุที่แท้จริง และปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียในการขึ้นรูปยางรถยนต์ ซึ่งสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 20

ตารางที่ 20 สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของเสียจากข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภท

ประเภทข้อบกพร่อง	สาเหตุของปัญหา	รากเหง้าของปัญหา	ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ
R	รอยต่อ Bead ไม่ได้มาตรฐาน	มุ่มตัด Bead ไม่เหมาะสม	ความแตกต่างของมุ่มตัด Bead
F	สายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ	แผนการซ่อมบำรุงไม่เหมาะสม	ระดับความสมบูรณ์ของสายพานลำเลียงผ้าใบ
	มีเศษสิ่งสกปรกบริเวณภายในเครื่องจักร	ขาดแผนทำความสะอาด	ระดับความสะอาดของพื้นที่ภายในเครื่องจักร

บทที่ 6

การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)

หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาจากบทที่ 5 แล้ว ทำให้ทราบว่าปัจจัยใดที่เป็นสาเหตุสำคัญที่มีผลกระทบต่อ การเกิดของเสียอย่างแท้จริง และในระยะเวลาการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ จะทำการปรับปรุงปัจจัยที่ได้ทำการคัดเลือกและวิเคราะห์มาแล้ว พร้อมทั้งหาความเหมาะสมในการควบคุมปัจจัยเหล่านั้น เพื่อลดของเสียที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ซึ่งมีรายละเอียดของปัจจัยกับข้อบกพร่องตามตารางที่ 21

ตารางที่ 21 สรุปปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของข้อบกพร่องแต่ละประเภท

ข้อบกพร่อง	ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ
ข้อบกพร่องประเภท R	มูมตัด Bead
ข้อบกพร่องประเภท F	ระดับความสมบูรณ์ของสายพานลำเลียง
	ระดับความสะอาดของพื้นที่ภายในเครื่องจักร

6.1 การปรับปรุงกระบวนการของข้อบกพร่องประเภทแรงกระทำแนวรัศมีต่ำกว่ามาตรฐาน (R)

จากผลการวิเคราะห์สาเหตุ และการทดสอบเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของข้อบกพร่องประเภท R เพื่อลดของเสียจากกระบวนการผลิตยางรถยนต์ พบว่าปัจจัยสำคัญที่ต้องควบคุมคือ มูมตัด Bead ดังนั้น จึงได้ทำการทดลองผลิต Bead โดยใช้มูมตัด Bead ที่ 10 องศา เพื่อใช้ทดลองผลิตยางรถยนต์รุ่น M12 เป็นเวลา 3 เดือน เพื่อทำการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้น และค่า RFV เปรียบเทียบกันระหว่างช่วงก่อนปรับปรุง ระหว่างการศึกษา และหลังปรับปรุง

6.1.1 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ

- 1) ตั้งค่ามูมตัด Bead ที่มุม 10 องศา
- 2) ทำการทดลองผลิตเป็นเวลา 3 เดือน
- 3) ตรวจสอบค่า RFV และของเสีย พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง
- 4) ตรวจสอบประสิทธิภาพของยางรถยนต์หลังจากการปรับปรุงมูมตัด Bead

6.1.2 ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองปรับใช้มุมตัด Bead ที่ 10 องศา ผลิต Bead และนำมาประกอบยางรถยนต์รุ่น M12 เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ค่า RFV เฉลี่ยเท่ากับ 53.83 N มีของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภท R เฉลี่ย 99 ppm แสดงตามตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ผลการทดลองสำหรับปัจจัยมุมตัด Bead ที่ 10 องศา

จำนวนชิ้นงานที่ทดสอบ	RFV เฉลี่ย (N)	SD (N)	ของเสียเฉลี่ย
6015 เส้น	53.83	14.40	99 ppm

6.1.3 สรุประยะการปรับปรุงกระบวนการ

สำหรับระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการของข้อบกพร่องประเภท R สามารถสรุปผลการปรับปรุงกระบวนการได้ว่า มีตัด bead ที่มุม 10 องศา มีของเสียจากข้อบกพร่องประเภท R และค่า RFV ลดลง ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงกระบวนการโดยการเปลี่ยนมุมตัดจากเดิมที่ 30 องศา เปลี่ยนเป็น 10 องศา และได้ทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของยางรถยนต์เปรียบเทียบกัน ระหว่างก่อนและหลังจากการปรับมุมตัด Bead พบว่ายางรถยนต์มีประสิทธิภาพมีค่าใกล้เคียงกันและผ่านมาตรฐานการทดสอบ ตามตารางที่ 23

ตารางที่ 23 เงื่อนไขของปัจจัยเดิมและใหม่จากปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภท R

ปัจจัย	เงื่อนไขเดิม	เงื่อนไขใหม่																																																																																										
การใช้มุมตัด Bead	30 องศา	10 องศา																																																																																										
การตรวจสอบประสิทธิภาพของยางรถยนต์	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Rim</th> <th>RoomTemp. 25 °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">L Dimension _____ mm</td> </tr> <tr> <td>Bread</td> <td>Drag</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Width</td> <td>(N)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>S</td> <td>12241</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>S</td> <td>12237</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>S</td> <td>12244</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Y</td> <td>13192</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Min</td> <td>13192</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Average</td> <td>13192</td> </tr> <tr> <td colspan="2">STD</td> <td>11350</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Int. tgt.</td> <td>11650</td> </tr> <tr> <td colspan="2">S. STD</td> <td>11991</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Int. tgt. 5%UP</td> <td>12233 (MIN)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Speed</td> <td>50.1 mm/min</td> </tr> </tbody> </table>	Rim		RoomTemp. 25 °C	L Dimension _____ mm			Bread	Drag		Width	(N)		1	S	12241	2	S	12237	3	S	12244	4	Y	13192	Min		13192	Average		13192	STD		11350	Int. tgt.		11650	S. STD		11991	Int. tgt. 5%UP		12233 (MIN)	Speed		50.1 mm/min	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Rim</th> <th>RoomTemp. 25 °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">L Dimension _____ mm</td> </tr> <tr> <td>Bread</td> <td>Drag</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Width</td> <td>(N)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>S</td> <td>12243</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>S</td> <td>12251</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>S</td> <td>12259</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Y</td> <td>13876</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Min</td> <td>13876</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Average</td> <td>13876</td> </tr> <tr> <td colspan="2">STD</td> <td>11350</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Int. tgt.</td> <td>11650</td> </tr> <tr> <td colspan="2">S. STD</td> <td>11991</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Int. tgt. 5%UP</td> <td>12233 (MIN)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Speed</td> <td>50.1 mm/min</td> </tr> </tbody> </table>	Rim		RoomTemp. 25 °C	L Dimension _____ mm			Bread	Drag		Width	(N)		1	S	12243	2	S	12251	3	S	12259	4	Y	13876	Min		13876	Average		13876	STD		11350	Int. tgt.		11650	S. STD		11991	Int. tgt. 5%UP		12233 (MIN)	Speed		50.1 mm/min
Rim		RoomTemp. 25 °C																																																																																										
L Dimension _____ mm																																																																																												
Bread	Drag																																																																																											
Width	(N)																																																																																											
1	S	12241																																																																																										
2	S	12237																																																																																										
3	S	12244																																																																																										
4	Y	13192																																																																																										
Min		13192																																																																																										
Average		13192																																																																																										
STD		11350																																																																																										
Int. tgt.		11650																																																																																										
S. STD		11991																																																																																										
Int. tgt. 5%UP		12233 (MIN)																																																																																										
Speed		50.1 mm/min																																																																																										
Rim		RoomTemp. 25 °C																																																																																										
L Dimension _____ mm																																																																																												
Bread	Drag																																																																																											
Width	(N)																																																																																											
1	S	12243																																																																																										
2	S	12251																																																																																										
3	S	12259																																																																																										
4	Y	13876																																																																																										
Min		13876																																																																																										
Average		13876																																																																																										
STD		11350																																																																																										
Int. tgt.		11650																																																																																										
S. STD		11991																																																																																										
Int. tgt. 5%UP		12233 (MIN)																																																																																										
Speed		50.1 mm/min																																																																																										

6.1.4 ข้อมูลของเสียหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต

หลังการปรับปรุงกระบวนการเพื่อแก้ไขปัญหาของข้อบกพร่อง R เป็นเวลา 3 เดือน เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติของค่า RFV ก่อนการปรับปรุง ระหว่างการศึกษา และหลังการปรับปรุง พบว่าค่าเฉลี่ยและ SD มีค่าต่ำลง ตามตารางที่ 24

ตารางที่ 24 การเปรียบเทียบค่าทางสถิติของค่า RFV

ค่าสถิติ	ค่า RFV (N)		
	ก่อนปรับปรุงกระบวนการ	ระหว่างการศึกษา	หลังปรับปรุงกระบวนการ
ค่าเฉลี่ย	63.15	57.73	53.83
SD	19.60	15.75	14.40

เมื่อพิจารณาในส่วนของการสูญเสียที่เกิดขึ้นและมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบกัน ระหว่างก่อนปรับปรุง ระหว่างการศึกษา และหลังจากปรับปรุงแล้ว พบว่าอัตราของเสียที่เกิดจาก ข้อบกพร่องประเภท R โดยเฉลี่ยต่อเดือนลดลงถึง รวมถึงมูลค่าของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภท R นี้ลดลงเช่นกัน แสดงได้ตามตารางที่ 25

ตารางที่ 25 จำนวนของเสียจากข้อบกพร่องประเภท R ก่อนปรับปรุง ระหว่างการศึกษา และหลังการปรับปรุง

ประเภทของเสีย	ของเสียก่อนปรับปรุงเฉลี่ย	ของเสียระหว่างการปรับปรุงเฉลี่ย	ของเสียหลังปรับปรุงเฉลี่ย	ของเสียลดลงจากเดิม
ข้อบกพร่อง R	495 ppm	214 ppm	99 ppm	80.0%

6.2 การปรับปรุงกระบวนการของข้อบกพร่องประเภทเศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ยาง (F)

จากผลการวิเคราะห์เพื่อกรองปัจจัยต่างๆ และทำการทดสอบเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของข้อบกพร่องประเภท F เพื่อลดของเสียจากกระบวนการผลิตยางรถยนต์ พบว่าปัจจัยที่ต้องควบคุมมีอยู่ 2 ปัจจัย คือ ความสมบูรณ์ของสายพานลำเลียงผ้าใบ และความสะอาดของพื้นที่ภายในเครื่องจักรที่ทำการขึ้นรูปยางรถยนต์ สำหรับการทดลองนี้จะพิจารณาของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ โดยที่ตัวแปรตอบสนองจะเป็นค่า ppm ของของเสียจากกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์

6.2.1 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ

6.2.1.1 ปัจจัยสายพานลำเลียงผ้าใบ

สภาพปัจจุบันของการใช้งานของสายพานลำเลียงผ้าใบ คือจะมีการทำความสะอาดและตรวจสอบสภาพทุกๆ 1 เดือน ซึ่งทำให้มีการใช้งานของสายพานนี้ติดต่อกันนานเกินไป อาจจะมีรอบเวลาของการทำความสะอาดและตรวจสอบสภาพสายพานนี้ไม่เหมาะสม ดังนั้น แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข คือ การคำนวณรอบเวลาในการทำความสะอาดและตรวจสอบสภาพของสายพานลำเลียงผ้าใบ โดยวิธีการทดสอบมีดังนี้

1) เตรียมสายพานลำเลียงผ้าใบไว้ 4 แบบ คือ สายพานที่ถูกใช้งานมาแล้ว 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์, 3 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์

2) ทำการผลิตยางรถยนต์โดยใช้สายพานลำเลียงผ้าใบที่ถูกใช้งานมาแล้ว 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์, 3 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ ทำการบันทึกผลการทดลอง

6.2.1.2 ปัจจัยความสะอาดของเครื่องจักรและพื้นที่

สภาพปัจจุบันของการทำความสะอาดพื้นที่ภายในเครื่องจักรที่ใช้ขึ้นรูปยางรถยนต์นี้ คือยังไม่มีการกำหนดรอบเวลาการทำความสะอาดเครื่องจักร ซึ่งทำให้พื้นที่ภายในเครื่องจักรนั้นมีความสกปรก มีเศษสิ่งสกปรกต่างๆ รอบพื้นที่ ทำให้เป็นสาเหตุของของเสียที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้น แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข คือ การกำหนดรอบเวลาในการทำความสะอาดพื้นที่ภายในเครื่องจักร โดยวิธีการทดสอบมีดังนี้

1) เตรียมเครื่องจักรไว้ 4 แบบ คือ เครื่องจักรที่มีการทำความสะอาดทุกๆ 1 วัน, 2 วัน, 4 วัน และ 7 วัน

2) ทำการผลิตยางรถยนต์โดยใช้เครื่องจักรที่มีการทำความสะอาดทุกๆ 1 วัน, 2 วัน, 4 วัน และ 7 วัน เป็นระยะเวลา 1 เดือน ทำการบันทึกผลการทดลอง

6.2.2 ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

6.2.2.1 ปัจจัยสายพานลำเลียงผ้าใบ

จากตารางที่ 26 พบว่าสายพานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 สัปดาห์ มีของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F เป็นจำนวน 267 ppm ซึ่งสายพานที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 2 สัปดาห์ มีของเสียเกิดขึ้นถึง 1,067 ppm ดังนั้นจึงกำหนดให้มีการตรวจสอบและทำความสะอาดสายพานลำเลียงผ้าใบทุกๆ 1 สัปดาห์

ตารางที่ 26 ผลการทดลองสำหรับปัจจัยสายพานลำเลียงผ้าใบ

ระดับความสมบูรณ์ของสายพาน	จำนวนชิ้นงาน ที่ทดสอบ	จำนวนของ เสีย	ppm
1. สายพานที่ถูกใช้งานมาแล้ว 1 สัปดาห์	22,500 เส้น	6 เส้น	267
2. สายพานที่ถูกใช้งานมาแล้ว 2 สัปดาห์	22,500 เส้น	24 เส้น	1,067
3. สายพานที่ถูกใช้งานมาแล้ว 3 สัปดาห์	22,500 เส้น	81 เส้น	3,600
4. สายพานที่ถูกใช้งานมาแล้ว 4 สัปดาห์	22,500 เส้น	126 เส้น	5,600

6.2.2.2 ปัจจัยความสะอาดของเครื่องจักรและพื้นที่ภายในเครื่องจักร

จากตารางที่ 27 พบว่าพื้นที่ภายในเครื่องจักรที่มีการทำความสะอาดทุกวันนั้น มีของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F เป็นจำนวน 44 ppm ซึ่งพื้นที่ที่มีการทำความสะอาดทุกๆ 2 วัน มีของเสียเกิดขึ้นถึง 1,244 ppm ดังนั้นจึงกำหนดให้มีการทำความสะอาดพื้นที่ภายในเครื่องจักรทุกวัน ตารางที่ 27 ผลการทดลองสำหรับปัจจัยพื้นที่ภายในเครื่องจักร

ระดับความสะอาดของ เครื่องจักรและพื้นที่	จำนวนชิ้นงานที่ ทดสอบ	จำนวนของ เสีย	ppm
1. ความสะอาดทุกๆ 1 วัน	22,500 เส้น	1 เส้น	44
2. ความสะอาดทุกๆ 2 วัน	22,500 เส้น	28 เส้น	1,244
3. ความสะอาดทุกๆ 4 วัน	22,500 เส้น	55 เส้น	2,444
4. ความสะอาดทุกๆ 6 วัน	22,500 เส้น	108 เส้น	4,800

6.2.3 สรุปการปรับปรุงกระบวนการ

สำหรับระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการของข้อบกพร่องประเภท F สามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า ปัจจัยของสายพานลำเลียงผ้าใบที่มีการตรวจสอบสภาพและทำความสะอาดทุกๆ 1 สัปดาห์ และพื้นที่ภายในเครื่องจักรที่มีการทำความสะอาดทุกวัน มีของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F เกิดขึ้นน้อยที่สุด ดังนั้นจึงกำหนดให้สายพานลำเลียงผ้าใบจะต้องมีการตรวจสอบสภาพและทำความสะอาดทุกๆ 1 สัปดาห์ และพื้นที่ภายในเครื่องจักรนั้นจะต้องมีการทำความสะอาดทุกวัน แสดงตามตารางที่ 28

ตารางที่ 28 เงื่อนไขปัจจัยเดิมและใหม่จากปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภท F

ปัจจัย	เงื่อนไขเดิม	เงื่อนไขใหม่
การตรวจสอบและทำความสะอาดสายพาน	ไม่มีการกำหนด	ทุกๆ 1 สัปดาห์
การทำความสะอาดพื้นที่ภายในเครื่องจักร	ไม่มีการกำหนด	ทุกวัน

6.2.4 ข้อมูลของเสียหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

หลังการปรับปรุงกระบวนการเพื่อแก้ไขปัญหาของข้อบกพร่องประเภท F เมื่อพิจารณาในส่วนของของเสียที่เกิดขึ้นและมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบกันระหว่างก่อนปรับปรุงระหว่างการศึกษา และหลังจากปรับปรุงแล้ว พบว่าอัตราของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภท F โดยเฉลี่ยต่อเดือนลดลงถึง 81.34% แสดงได้ตามตารางที่ 29

ตารางที่ 29 จำนวนของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F ก่อนปรับปรุง ระหว่างการศึกษา และหลังการปรับปรุง

ประเภทของเสีย	ของเสียก่อนปรับปรุงเฉลี่ย	ของเสียระหว่างการปรับปรุงเฉลี่ย	ของเสียหลังปรับปรุงเฉลี่ย	ของเสียลดลงจากเดิม
ข้อบกพร่อง F	238 ppm	71 ppm	43 ppm	81.9%

6.3 สรุปผลการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ

จากการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ จากข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภทนั้น สามารถสรุปออกมาได้ตามตารางที่ 30 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบของค่าควบคุมเดิมและค่าควบคุมใหม่ที่ได้จากการวิเคราะห์ และการทดลอง จากนั้นได้ทำการเก็บข้อมูลของเสียหลังการปรับปรุงเป็นระยะเวลา 3 เดือน ซึ่งสามารถสรุปผลของของเสียเฉลี่ยได้ตามตารางที่ 31 พบว่า ของเสียจากข้อบกพร่องประเภท R และ F ลดลง 72.71% และ 81.34% ตามลำดับ ทำให้ของเสียจากกระบวนการขึ้นรูปยางลดลงถึง 76.51% ส่งผลให้ภาพรวมของเสียที่เกิดขึ้นลดลง 64.19%

ตารางที่ 30 เปรียบเทียบค่าควบคุมก่อนและหลังการปรับปรุงในกระบวนการผลิตยางรถยนต์

ประเภท ข้อบกพร่อง	ปัจจัย	ค่าควบคุมเดิม	ค่าควบคุมใหม่
R	มุมตัด Bead	30 องศา	10 องศา
F	การตรวจสอบและทำความสะอาด สายพาน	ไม่มีการกำหนด	ทุกๆ 1 สัปดาห์
	การทำความสะอาดพื้นที่ภายใน เครื่องจักร	ไม่มีการกำหนด	ทุกวัน

ตารางที่ 31 สรุปของเสียก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงต่อเดือน

ประเภทของเสีย	ของเสียก่อน ปรับปรุงเฉลี่ย	ของเสียหลัง ปรับปรุงเฉลี่ย	ของเสียลดลง จากเดิม
ข้อบกพร่อง R	495 ppm	99 ppm	80%
ข้อบกพร่อง F	238 ppm	43 ppm	81.9%
ของเสียจากกระบวนการขึ้นรูปยาง	1,843 ppm	436 ppm	76.3%
ของเสียจากกระบวนการผลิตยาง	4,184 ppm	2,687 ppm	35.8%

บทที่ 7

การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

จากการวิเคราะห์และทดลองในขั้นตอนต่างๆที่ได้ทำการดำเนินการมาแล้วนั้น โดยเริ่มตั้งแต่ ระยะเวลา नियามปัญหา ระยะเวลาการวัดสภาพปัญหา ระยะเวลาหาสาเหตุของปัญหา และระยะเวลาปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ จนกระทั่งมาถึงขั้นตอนสุดท้ายของแนวทางซิกซ์ ซิกมา ที่จะกล่าวถึงในบทนี้คือ ระยะเวลาควบคุมกระบวนการ (Control phase) ซึ่งจะเป็นการนำแนวทางที่ได้วิเคราะห์มาใช้แก้ไขปัญหา นำไปปฏิบัติใช้จริงในกระบวนการผลิต พร้อมทั้งมีแนวทางในการควบคุมให้กระบวนการผลิตสามารถดำเนินต่อไปตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดของเสียจากกระบวนการผลิตที่อาจเพิ่มขึ้น

7.1 แนวทางการควบคุมกระบวนการผลิต

แนวทางการควบคุมกระบวนการผลิตที่อาจเพิ่มขึ้น เป็นการกำหนดแนวทางวิธีการเพื่อให้กระบวนการผลิตเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ ตามที่ได้ศึกษาทดลองและวิเคราะห์มาแล้วนั้น และเพื่อไม่ให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องที่ได้ทำการศึกษา คือ ข้อบกพร่องประเภท R และ F

7.1.1 แนวทางการควบคุมกระบวนการผลิตของข้อบกพร่องประเภทแรงกระทำแนวรัศมีต่ำกว่ามาตรฐาน (R)

ปัจจัยที่ต้องควบคุมสำหรับของเสียจากข้อบกพร่องประเภท R ได้แก่ การกำหนดมาตรฐานของมุ่มตัด Bead ที่ 10 องศา ซึ่งจากเดิมใช้มุ่มตัดที่ 30 องศา

ดังนั้นแนวทางในการควบคุมปัจจัยของข้อบกพร่องประเภท R นี้ ได้แก่

1. กำหนดมุ่มตัด Bead จากค่า 30 องศาเปลี่ยนเป็น 10 องศา ให้เป็นค่าพารามิเตอร์ที่จะต้องควบคุม โดยระบุลงในแผนการควบคุมกระบวนการผลิตหรือ Control plan ในหัวข้อการตั้งค่าเครื่องจักร ตามรูปที่ 75

CONTROL PLAN (QUALITY CONTROL PROCESS CHART)															
<input type="checkbox"/> Prototype <input type="checkbox"/> Pre-Launch <input checked="" type="checkbox"/> Production			Organization/Plant XXX			Organization Code		Date (Orig) 25-Apr-2018		Date (Revise) 22-Nov-2018		Page 3 of 33			
Control Plan Number THQACP0026			Key Contact/Phone XXX			Customer Approval/Date (if Req'd)			Revision 03						
Part Number/Latest Change Level			Core Team			Organization/Plant Approval/Date			Prepared by Sirapatsorn		Prof. Dept.				
Part Name/Description						Quality Dept.			Eng. Dept.						
No.	Process Description	Machine Device, Jig, Tools for MFG.	Characteristics				Special Char. Class	Specification Tolerance	Evaluation Measurement Technique	Sample		Control Method	Record	Reaction Plan	Responsibility
			Product	Process						Size	Freq.				
125	Bead joint	Bead joint MC		MC condition	-	Per MC daily check sheet	Visual	1 time	Each set up	Work instruction	MC daily check sheet	Stop & inform leader	Prod. Operator		
					-	Per PM check sheet	Visual	Refer to PM Plan	PM Plan	PM check sheet	Maintenance & inform leader	Maintenance			
					-	Set-up parameters	Visual	1 time	Each set up	Work instruction	Inprocess inspection sheet	Stop & inform leader	Prod. Operator		
			Appearance	-	Appearance of joint	Visual	2 pcs	1st & last off		Inprocess inspection sheet	Stop & inform leader	Prod. Operator			

รูปที่ 75 ตัวอย่างแผนการควบคุม (Control plan)

- จัดทำวิธีการตรวจสอบเพื่อควบคุมรอยบรจของ Bead ก่อนนำไปผลิตเป็นยางรถยนต์ตามรูปที่ 76

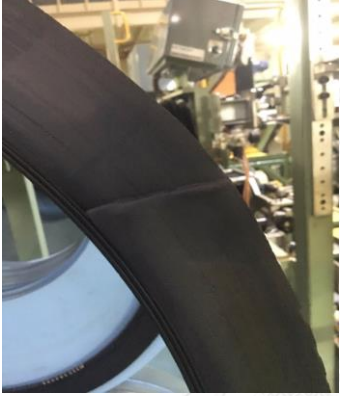

7.1.2 แนวทางการควบคุมกระบวนการผลิตของข้อบกพร่องประเภทเศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ยาง (F)

ปัจจัยที่ต้องควบคุมสำหรับของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F ได้แก่ ความสมบูรณ์ของสายพานลำเลียงผ้าใบ และความสะอาดของพื้นที่ภายในเครื่องจักร ซึ่งจากเดิมไม่มีการกำหนดรอบเวลาการตรวจสอบและการทำความสะอาด ดังนั้นแนวทางในการควบคุมปัจจัยของข้อบกพร่องประเภท F นี้ ได้แก่

- จัดทำแผนการตรวจสอบสภาพสายพานและทำความสะอาดสายพานลำเลียง โดยรอบเวลาการตรวจสอบและทำความสะอาดคือทุกๆ 1 สัปดาห์ ตามรูปที่ 77
- จัดทำแผนการตรวจสอบและทำความสะอาดพื้นที่ภายในเครื่องจักรทุกวัน โดยให้ทำความสะอาดพื้นที่ภายในเครื่องจักรก่อนเริ่มทำการผลิตในแต่ละวัน ตามรูปที่ 78
- ตรวจสอบแผนการตรวจสอบและการทำความสะอาด โดยลงบันทึกผู้ตรวจสอบจากหัวหน้างาน เป็น 2 ช่วงเวลา คือเวลา 8:00 น. และ 16:00 น. ตามรูปที่ 79


KEY PROCESS CONTROL ITEM						
Process name		Bead Joint			Document Number	THENKPCI 0201
Process No. :		125	Model :	All	Rev.	1
No.	จุดควบคุม (CONTROL ITEMS)	มาตรฐาน (STANDARD)	วิธีการควบคุม (CONTROL METHOD)			ผู้ตรวจสอบ (CHECKER)
			ความถี่ (FREQ'CY)	อุปกรณ์ (TOOL)	บันทึก (RECORD)	
1	รอยบรรจบ Bead (Bead joint)	ตามรูปที่ 1 (As per Fig. 1)	5 ชิ้นแรกและ 5 ชิ้นสุดท้ายของแต่ละรุ่น (5 pcs First and 5 pcs Last of each model)	สายตา (Visual)	เช็คชื่อ THENFM0209 (Check Sheet THENFM0209)	ฝ่ายผลิต (Production Operator)
2	ความหนาของรอยบรรจบ Bead (Thickness of joint)	ตามรูปที่ 2 (As per Fig. 10)	5 ชิ้นแรกและ 5 ชิ้นสุดท้ายของแต่ละรุ่น (5 pcs First and 5 pcs Last of each model)	ไม้บรรทัด (Ruler)	เช็คชื่อ THENFM0209 (Check Sheet THENFM0209)	

FIG 1

รอยบรรจบ Bead OK **รอยบรรจบ Bead NG**

FIG 2



ความหนาบริเวณรอยบรรจบ Bead ไม่เกิน 3 mm.

Rev	Reason for change	Date Issued	Prepared	Approved
1	Initial release	31-Oct-16	Sirapatsorn	

รูปที่ 76 เอกสารการควบคุมรอยบรรจบของ Bead

PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET				Document NO.	ISSUED	CHECKED	APPROVED	PAGE.
DATE :		Machine :	Building MC	THMTFM0115				1/1
FREQUENCY : ...Weekly.....		Model :	All	Rev.001				
Item Check	CONDITION OF CHECK	Check method	RESULT OF CHECK		REMARK			
1.สายพานลำเลียงผ้าใบ ที่เครื่องจักร	1. ต้องไม่มีเศษด้ายหลุดออกจากสายพาน 2. ต้องไม่มีสิ่งสกปรกติดอยู่ที่สายพาน	สายตา Visual	<input type="checkbox"/> ปกติ	<input type="checkbox"/> ผิดปกติ				
2.สายพานลำเลียงผ้าใบ (spare)	1. ต้องไม่มีเศษด้ายหลุดออกจากสายพาน 2. ต้องไม่มีสิ่งสกปรกติดอยู่ที่สายพาน	สายตา Visual	<input type="checkbox"/> ปกติ	<input type="checkbox"/> ผิดปกติ				
3.สายพานลำเลียงผ้าใบ (repair)	1. ต้องไม่มีเศษด้ายหลุดออกจากสายพาน 2. ต้องไม่มีสิ่งสกปรกติดอยู่ที่สายพาน	สายตา Visual	<input type="checkbox"/> ปกติ	<input type="checkbox"/> ผิดปกติ				
Remark : ถ้าตรวจสอบพบความผิดปกติให้ทำการวางแผนการแก้ไข			Preventive By :	Date :	Verified By:			

รูปที่ 77 แผนการตรวจสอบสภาพสายพานและการทำความสะอาดสายพานลำเลียง

PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET				Document NO.	ISSUED	CHECKED	APPROVED	PAGE.
DATE :		Machine :	Building MC	THMTFM0115				1/1
FREQUENCY : ...Daily.....		Model :	All	Rev.001				
Item Check	CONDITION OF CHECK	Check method	RESULT OF CHECK		REMARK			
1.บริเวณพื้น	1.ต้องไม่มีเศษสิ่งสกปรก 2.ต้องสะอาด	สายตา Visual	<input type="checkbox"/> ปกติ	<input type="checkbox"/> ผิดปกติ				
2.บริเวณเครื่องจักรฝั่ง 1st	1.ต้องไม่มีเศษสิ่งสกปรก 2.ต้องสะอาด	สายตา Visual	<input type="checkbox"/> ปกติ	<input type="checkbox"/> ผิดปกติ				
3.บริเวณเครื่องจักรฝั่ง 2nd	1.ต้องไม่มีเศษสิ่งสกปรก 2.ต้องสะอาด	สายตา Visual	<input type="checkbox"/> ปกติ	<input type="checkbox"/> ผิดปกติ				
4.บริเวณเครื่องจักรฝั่ง shaping	1.ต้องไม่มีเศษสิ่งสกปรก 2.ต้องสะอาด	สายตา Visual	<input type="checkbox"/> ปกติ	<input type="checkbox"/> ผิดปกติ				
Remark : ถ้าตรวจสอบพบความผิดปกติให้ทำการวางแผนการแก้ไข			Preventive By :	Date :	Verified By:			

รูปที่ 78 แผนการตรวจสอบและการทำความสะอาดพื้นที่ภายในเครื่องจักร

Machine Daily Check Sheet(ในตรวจเช็คเครื่องจักรประจำวัน)																																				
Process : Building		Machine Name : Building										Machine Number:										Month / Year :														
No	Item Check	Spec	Method	Frequency	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	comment
Daily PM/DC	1	ตรวจสอบบริเวณคันชัก	สะอาด ไม่มีเศษสิ่งสกปรก	สายตา (Visual check)	8.00 a.m.																															
	2	ตรวจสอบบริเวณเครื่องจักรฝั่ง 1st	สะอาด ไม่มีเศษสิ่งสกปรก	สายตา (Visual check)	8.00 a.m.																															
	3	ตรวจสอบบริเวณเครื่องจักรฝั่ง 2nd	สะอาด ไม่มีเศษสิ่งสกปรก	สายตา (Visual check)	8.00 a.m.																															
	4	ตรวจสอบบริเวณเครื่องจักรฝั่ง shaping	สะอาด ไม่มีเศษสิ่งสกปรก	สายตา (Visual check)	8.00 a.m.																															
	5	ตรวจสอบบริเวณสายพานผ้าใบ	สะอาด ไม่มีเศษสิ่งสกปรก	สายตา (Visual check)	8.00 a.m.																															
ผู้ตรวจสอบ			ผู้ตรวจเช็ค :																																	
			Checker :																																	
			ผู้ตรวจติดตาม :																																	
			Inspector:																																	
หมายเหตุ ข้อ 1. ถ้าพบว่ามีบริเวณใดที่สะอาดให้ทำการแจ้ง Group leader เพื่อวางแผนทำความสะอาดต่อไป Prepare : Ms. Sirapattorn M. Checker : <input type="radio"/> Normal <input checked="" type="radio"/> Repair <input type="radio"/> Abnormal Document No. : THPTFM0097 Rev :001 Approval: Issue Date : 02/10/2016 Page 1 of 1																																				

รูปที่ 79 แผนการลงบันทึกการตรวจสอบและการทำความสะอาด

บทที่ 8

บทสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดอัตราการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตยางรถยนต์ โดยประยุกต์ใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกมา เข้ามาดำเนินงานในการแก้ไขปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน คือ การนิยามปัญหา การวัดสภาพปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการผลิต จากการดำเนินงานทั้ง 5 ขั้นตอนของซิกซ์ ซิกมา พบว่าปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุดเกิดจากกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ โดยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมากที่สุด 2 อันดับแรกคือ ข้อบกพร่องประเภท R และ F ตามลำดับ จากนั้นจึงเข้าไปวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา พบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียของข้อบกพร่องประเภท R คือ มุมตัด Bead ไม่เหมาะสม และข้อบกพร่องประเภท F คือ สายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ และพื้นที่ภายในเครื่องจักรสกปรก เมื่อทราบถึงสาเหตุของปัญหาแล้ว ก็เข้าไปทำการทดลองและปรับปรุงแก้ไขกระบวนการของแต่ละปัจจัย และกำหนดเป็นมาตรฐานการควบคุม หลังจากการดำเนินงานทั้ง 5 ขั้นตอนนี้แล้ว พบว่า ของเสียจากกระบวนการขึ้นรูปยางลดลงถึง 76.3% โดยรายละเอียดมีดังนี้

8.1 สรุปผลการศึกษา

8.1.1 สรุปผลการนิยามปัญหา

จากของเสียที่เกิดขึ้นของโรงงานตัวอย่าง ตั้งแต่เดือนมกราคม-สิงหาคม พ.ศ. 2557 นั้น เมื่อวิเคราะห์ผ่านกราฟพาเรโต พบว่ามีอัตราการเกิดของเสียเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 4,184 ppm ซึ่งกระบวนการขึ้นรูปยางและการอบยางมีของเสียเกิดขึ้นมากที่สุด

8.1.2 สรุปผลการวัดสภาพปัญหา

การวัดสภาพปัญหาของโรงงานตัวอย่างนี้ได้ทำการศึกษาปัญหาการเกิดของเสียที่มีผลกระทบต่ออัตราการผลิตและส่วนที่มีผลต่อลูกค้า พบว่าของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุดเมื่อพิจารณาตามกฎของพาเรโตคือข้อบกพร่องประเภท R และ F ซึ่งเกิดของเสียสะสมมากกว่า 80% โดยยางรถยนต์รุ่นที่จะนำมาวิเคราะห์คือ ยางรถยนต์รุ่น M12 เนื่องจากมีอัตราการเกิดของเสียมากที่สุด

8.1.3 สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นจากยางรถยนต์รุ่น M12 โดยมีประเภทข้อบกพร่อง คือ R และ F จะใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ เริ่มจากการวิเคราะห์กระบวนการ จากนั้น

วิเคราะห์ผ่านแผนภาพก้างปลาและความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล เพื่อหาสาเหตุของปัญหา เมื่อทราบสาเหตุของปัญหาแล้วก็จะเข้ามาวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าของสาเหตุนั้น และทำการสรุปการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในแต่ละประเภทข้อบกพร่อง ได้ตามตารางที่ 32

ตารางที่ 32 สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของเสียจากข้อบกพร่อง 2 ประเภท

ประเภทข้อบกพร่อง	สาเหตุของปัญหา	รากเหง้าของปัญหา	ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ
R	การตั้งค่ามุ่มตัด Bead ไม่เหมาะสม	ไม่มีการควบคุมมุ่มตัด Bead	มุ่มตัด Bead ไม่เหมาะสม
F	สายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ	แผนการซ่อมบำรุงไม่เหมาะสม	ระดับความสมบูรณ์ของสายพานลำเลียง
	มีเศษสิ่งสกปรกบริเวณภายในเครื่องจักร	ขาดแผนทำความสะอาด	ระดับความสะอาดของพื้นที่ภายในเครื่องจักร

ข้อบกพร่องประเภท R มีสาเหตุของการเกิดปัญหา 2 ปัจจัยจากการวิเคราะห์ผ่านแผนภาพก้างปลาและตารางความสัมพันธ์เหตุและผล คือ ปัจจัยตำแหน่งการประกอบหรือตำแหน่งรอยบรรจบไม่เหมาะสม ปัจจัยที่ 2 คือการตั้งค่ามุ่มตัด Bead ไม่เหมาะสม เมื่อทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ 1 โดยการพิจารณากราฟ wave form ช่วง tensile พบว่ามีตำแหน่งของวัสดุที่มีค่า RF สูง คือ 2R1, 3R1 และ 6B1 จากนั้นได้ทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยกำหนดปัจจัย 3 ปัจจัย 4 ระดับ จะได้การทดลองทั้งหมด $4^3 = 64$ การทดลอง เมื่อทำการทดลองแล้วพบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลกระทบต่อค่า RFV และจำนวนของเสียอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จึงสามารถตัดปัจจัยนี้ทิ้งไป จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ 2 คือ การตั้งค่ามุ่มตัด Bead ไม่เหมาะสม โดยปัจจุบันใช้อยู่ที่ 30 องศา จึงได้ทำการทดลองเปลี่ยนมุ่มตัด Bead เป็นที่ 10 องศา และทดลองผลิต Bead เพื่อนำมาประกอบเป็นยางรถยนต์ ซึ่งได้ทดสอบสมมติฐาน พบว่ามุ่มตัด Bead มีผลต่อค่า RFV และจำนวนของเสีย อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และผลจากการใช้มุ่มตัด bead ที่ 10 องศา นั้นเป็นไปในทางที่ดีขึ้น คือค่า RFV มีแนวโน้มลดต่ำลง และอัตราการเกิดของเสียน้อยลง จึงสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาข้อบกพร่องประเภท R คือ มุ่มตัด Bead ไม่เหมาะสม

สำหรับข้อบกพร่องประเภท F มีสาเหตุของการเกิดปัญหา 2 ปัจจัย จากการวิเคราะห์ผ่านแผนภาพก้างปลาและตารางความสัมพันธ์เหตุและผล คือ ปัจจัยพื้นที่บริเวณภายในเครื่องจักรสกปรก ปัจจัยที่ 2 คือสายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ โดยที่รากเหง้าของปัญหาเกิดจากไม่มีรอบความถี่ในการตรวจสอบและทำความสะอาดพื้นที่บริเวณเครื่องจักร และสายพานลำเลียงผ้าใบ จึงทำให้เกิดของ

เสียขึ้น ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ทั้ง 2 ปัจจัย โดยการทดสอบสมมติฐาน พบว่าทั้ง 2 ปัจจัย มีผลต่อจำนวนของเสีย อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

8.1.4 สรุปผลการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ

การแก้ไขปรับปรุงกระบวนการของข้อบกพร่องประเภท R ได้ทำการควบคุมมุดัด Bead โดยทดลองใช้มุดัดที่ 10 องศา ทำการทดลองผลิตยารถยนต์เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าของเสียหลังจากการปรับปรุงกระบวนการลดลงถึง 80%

สำหรับข้อบกพร่องประเภท F ได้ทำการทดลองโดยกำหนดค่าควบคุมปัจจัยละ 4 ระดับ และทำการทดลองผลิต พบว่าปัจจัยของสายพานลำเลียงผ้าใบที่มีการตรวจสอบสภาพและทำความสะอาดทุกๆ 1 สัปดาห์ และพื้นที่ภายในเครื่องจักรที่มีการทำความสะอาดทุกวัน มีของเสียจากข้อบกพร่องประเภท F เกิดขึ้นน้อยที่สุด ดังนั้น จึงกำหนดให้สายพานลำเลียงผ้าใบจะต้องมีการตรวจสอบสภาพและทำความสะอาดทุกๆ 1 สัปดาห์ และพื้นที่ภายในเครื่องจักรนั้นจะต้องมีการทำความสะอาดทุกวัน ผลของของเสียหลังจากการปรับปรุงลดลง 81.9%

8.1.5 สรุปผลการควบคุมกระบวนการผลิต

การควบคุมกระบวนการผลิตจะทำโดยกำหนดวิธีการควบคุมจากผลการทดลอง ซึ่งได้กำหนดเป็นคู่มือการปฏิบัติงาน และแบบแผนการตรวจสอบ ซึ่งสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 33

ตารางที่ 33 สรุปแนวทางการควบคุมกระบวนการผลิต

ประเภท ข้อบกพร่อง	แนวทางการควบคุม	ค่าควบคุม เดิม	ค่าควบคุม ใหม่
R	กำหนดมุดัด Bead จากค่า 30 องศาเปลี่ยนเป็น 10 องศา ให้เป็นค่าพารามิเตอร์ที่จะต้องควบคุม โดยระบุลงไปแผนการควบคุมกระบวนการผลิต หรือ Control plan	30 องศา	10 องศา
	จัดทำวิธีการตรวจสอบเพื่อควบคุมรอยบรรจุของ Bead ก่อนนำไปผลิตเป็นยางรถยนต์	ไม่มีการกำหนด	WI
F	จัดทำแผนการตรวจสอบสภาพสายพานและแผนทำความสะอาดสายพานลำเลียง โดยรอบเวลาการตรวจสอบและทำความสะอาดคือทุกๆ 1 สัปดาห์	ไม่มีการกำหนด	ทุกๆ 1 สัปดาห์
	จัดทำแผนการตรวจสอบและทำความสะอาดพื้นที่ภายในเครื่องจักรทุกวัน โดยให้ทำความสะอาดพื้นที่ภายในเครื่องจักรก่อนเริ่มทำการผลิตในแต่ละวัน คือเวลา 8:00 น. และ 16:00 น.	ไม่มีการกำหนด	ทุกวัน

8.1.6 สรุปผลของเสียหลังการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานเพื่อลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ โดยประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา ซึ่งเป็นการดำเนินงาน 5 ขั้นตอน ได้แก่ การนิยามปัญหา (Define phase) การวัดสภาพปัญหา (Measurement phase) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis phase) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve phase) และการควบคุมกระบวนการ (Control phase) ดังนั้นเมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการดำเนินงานทั้ง 5 ขั้นตอนนี้แล้ว และได้ทำการปฏิบัติงานภายใต้แผนการควบคุมกระบวนการผลิตที่ได้กำหนดขึ้นมา เพื่อช่วยควบคุมและป้องกันไม่ให้เกิดของเสียจากกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 34 พบว่าของเสียจากข้อบกพร่องประเภท R และ F ลดลง 80% และ 81.9% ตามลำดับ ทำให้ของเสียจากกระบวนการขึ้นรูปยางลดลงถึง 76.3% ส่งผลให้ภาพรวมของเสียที่เกิดขึ้นลดลงมาได้ 35.8% เมื่อคิดเป็นมูลค่าความเสียหายเฉลี่ยต่อเดือน สามารถลดต้นทุนได้ถึง 1.71

ล้านบาท จากกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์ และ 1.79 ล้านบาท จากกระบวนการผลิตยางรถยนต์
ของโรงงาน แสดงตามตารางที่ 36

จากเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ว่าของเสียที่เกิดหลังจากการปรับปรุงกระบวนการนั้น จะต้อง
น้อยกว่า 1,200 ppm ซึ่งเป็นปริมาณของเสียที่เคยเกิดขึ้นน้อยที่สุดของปี พ.ศ. 2557 ผลหลังจากการ
ปรับปรุงแสดงได้ตามกราฟรูปที่ 80 พบว่า ของเสียหลังจากการปรับปรุงของกระบวนการขึ้นรูปยางได้
ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

ตารางที่ 34 สรุปของเสียเฉลี่ยก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

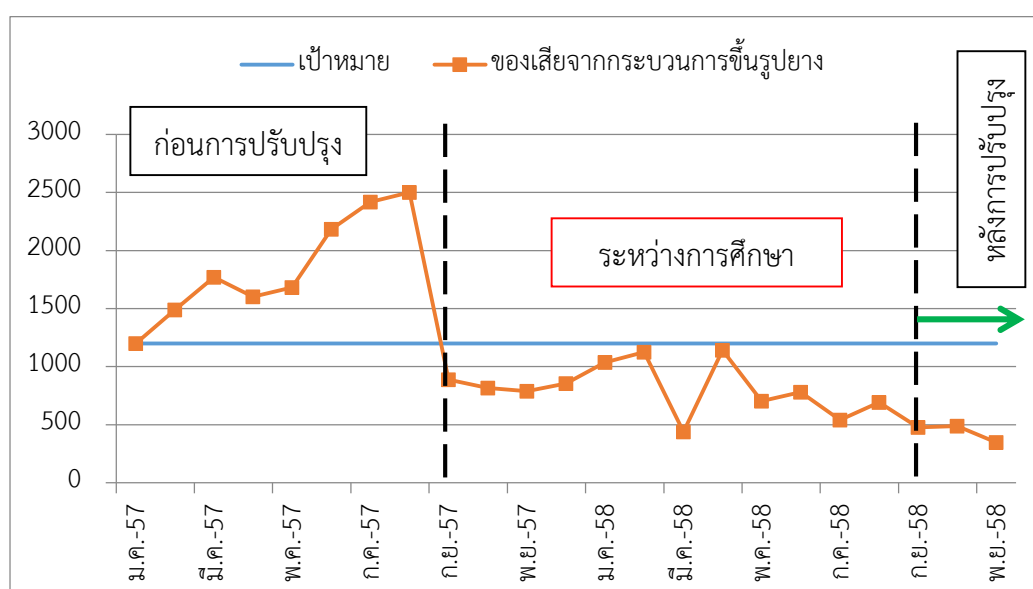
ประเภทของเสีย	ของเสียเฉลี่ยก่อน ปรับปรุง	ของเสียเฉลี่ยหลัง ปรับปรุง	ของเสียลดลง จากเดิม
ข้อบกพร่อง R	495 ppm	99 ppm	80.0%
ข้อบกพร่อง F	238 ppm	43 ppm	81.9%
ของเสียจากกระบวนการขึ้นรูปยาง	1,843 ppm	436 ppm	76.3%
ของเสียจากกระบวนการผลิตยาง	4,184 ppm	2,687 ppm	35.8%

ตารางที่ 35 ของเสียเฉลี่ยก่อนปรับปรุง ระหว่างการศึกษา และหลังปรับปรุง

ประเภทของเสีย	กราฟแสดงจำนวนของเสียเฉลี่ย								
ข้อบกพร่อง R	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ช่วงเวลา</th> <th>ของเสียเฉลี่ย ppm/เดือน</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ก่อนปรับปรุง</td> <td>~480</td> </tr> <tr> <td>ระหว่างการศึกษา</td> <td>~200</td> </tr> <tr> <td>หลังการปรับปรุง</td> <td>~100</td> </tr> </tbody> </table>	ช่วงเวลา	ของเสียเฉลี่ย ppm/เดือน	ก่อนปรับปรุง	~480	ระหว่างการศึกษา	~200	หลังการปรับปรุง	~100
ช่วงเวลา	ของเสียเฉลี่ย ppm/เดือน								
ก่อนปรับปรุง	~480								
ระหว่างการศึกษา	~200								
หลังการปรับปรุง	~100								
ข้อบกพร่อง F	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ช่วงเวลา</th> <th>ของเสียเฉลี่ย ppm/เดือน</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ก่อนปรับปรุง</td> <td>~230</td> </tr> <tr> <td>ระหว่างการศึกษา</td> <td>~70</td> </tr> <tr> <td>หลังการปรับปรุง</td> <td>~40</td> </tr> </tbody> </table>	ช่วงเวลา	ของเสียเฉลี่ย ppm/เดือน	ก่อนปรับปรุง	~230	ระหว่างการศึกษา	~70	หลังการปรับปรุง	~40
ช่วงเวลา	ของเสียเฉลี่ย ppm/เดือน								
ก่อนปรับปรุง	~230								
ระหว่างการศึกษา	~70								
หลังการปรับปรุง	~40								
ของเสียจากกระบวนการ ขึ้นรูปยาง	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ช่วงเวลา</th> <th>ของเสียเฉลี่ย ppm/เดือน</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ก่อนปรับปรุง</td> <td>~1800</td> </tr> <tr> <td>ระหว่างการศึกษา</td> <td>~800</td> </tr> <tr> <td>หลังการปรับปรุง</td> <td>~400</td> </tr> </tbody> </table>	ช่วงเวลา	ของเสียเฉลี่ย ppm/เดือน	ก่อนปรับปรุง	~1800	ระหว่างการศึกษา	~800	หลังการปรับปรุง	~400
ช่วงเวลา	ของเสียเฉลี่ย ppm/เดือน								
ก่อนปรับปรุง	~1800								
ระหว่างการศึกษา	~800								
หลังการปรับปรุง	~400								
ของเสียจากกระบวนการ ผลิตยาง	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ช่วงเวลา</th> <th>ของเสียเฉลี่ย ppm/เดือน</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ก่อนปรับปรุง</td> <td>~4100</td> </tr> <tr> <td>ระหว่างการศึกษา</td> <td>~3200</td> </tr> <tr> <td>หลังการปรับปรุง</td> <td>~2600</td> </tr> </tbody> </table>	ช่วงเวลา	ของเสียเฉลี่ย ppm/เดือน	ก่อนปรับปรุง	~4100	ระหว่างการศึกษา	~3200	หลังการปรับปรุง	~2600
ช่วงเวลา	ของเสียเฉลี่ย ppm/เดือน								
ก่อนปรับปรุง	~4100								
ระหว่างการศึกษา	~3200								
หลังการปรับปรุง	~2600								

ตารางที่ 36 สรุปมูลค่าความเสียหายเฉลี่ยก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

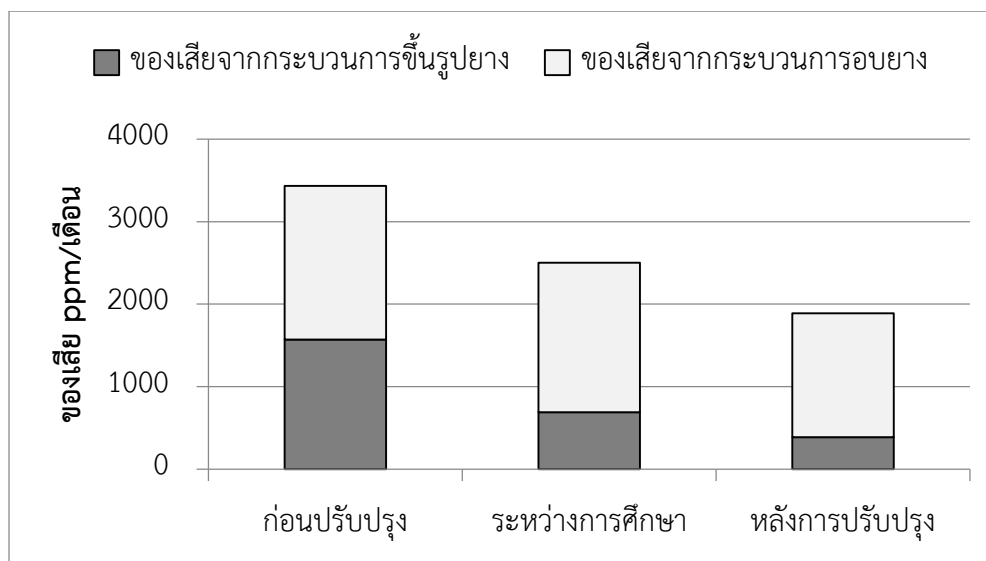
ประเภทของเสีย	มูลค่าความเสียหายเฉลี่ย (ล้านบาท)		
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	มูลค่าความเสียหายลดลง
ข้อบกพร่อง R	0.39	0.11	0.28
ข้อบกพร่อง F	0.30	0.06	0.24
ของเสียจากกระบวนการขึ้นรูปยาง	2.37	0.58	1.79
ของเสียจากกระบวนการผลิตยาง	5.30	3.59	1.71



รูปที่ 80 ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

8.2 งานวิจัยในอนาคต

สำหรับงานวิจัยในอนาคตที่ควรจะไปปรับปรุงต่อ คือการลดของเสียจากกระบวนการอบยาง เนื่องจากปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการอบยางนั้นมีปริมาณมากเป็น 4 เท่าของกระบวนการขึ้นรูปยาง ตามรูปที่ 81 ซึ่งในอนาคตก็จะนำวิธีการจากงานวิจัยนี้เข้ามาประยุกต์ใช้และปรับปรุงกระบวนการอบยางของโรงงานต่อไป เพื่อที่จะลดปริมาณของเสียของโรงงาน พร้อมทั้งลดต้นทุนของโรงงานอีกด้วย



รูปที่ 81 การเปรียบเทียบปริมาณของเสียจากกระบวนการขึ้นรูปยางและอบยาง



รายการอ้างอิง

1. al., D.e., *Apparatus for measuring tire uniformity*. 1984, Kabushiki Kaisha Toyota Chuo Kenkyusho Aichi Japan: United State.
2. แก้วเอี่ยม, ว., การสั่นสะเทือนของล้อยางตันสองชั้น, in ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2552, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
3. ไม่นสนธิ, ร., การลดของเสียจากการอบยางในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ โดยใช้เทคนิค FMEA, in ภาควิชาอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2553, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
4. เจนจิวัฒน์กุล, ว., การลดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติกโดยแนวทางซิกซ์ ซิกมา, in ภาควิชาอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2554, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
5. แสนสม, ท., การลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์ โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา, in ภาควิชาอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ 2551, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
6. เสนพรหม, ธ., การลดแม่แบบแก้วเสียในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา, in ภาควิชาอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ 2550, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
7. Su, C.-T. and C.-J. Chou, *A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects. A case study of semiconductor foundry*. Expert Systems with Applications, 2008. **34**: p. 2693–2703.
8. Jin, T., BalajiJanamanchi, and QianmeiFeng, *Reliability deployment indistributed manufacturing chains via closed-loopSix Sigma methodology*. Int. J. Production Economics, 2011. **130**: p. 96-103.
9. Sahoo, A.K., M.K. Tiwari, and A.R. Mileham, *Six sigma based approach to optimize radial forging operation variable*. Journal of Materials Process Technology 2008. **202**: p. 125-136.
10. Chakravorty, S.S., *Six Sigma programs: An implementation model*. Int. J. Production Economics, 2009. **119**: p. 1-16.
11. Buyukozkan, G. and D. Ozturkcan, *An integrated analytic approach for Six Sigma project selection*. Expert Systems with Applications, 2010. **37**: p. 5835–5847.

12. Parast, M.M., *The effect of Six Sigma projects on innovation and firm performance*. International Journal of Project Management 2011. **29**: p. 45–55.
13. Sokovic, M., D. Pavletic, and S. Fakin, *Application of Six Sigma methodology for process design*. Journal of Materials Processing Technology, 2005. **162-163**: p. 777-783.
14. Johnson, K.G. and M.K. Khan, *A study into the use of the process failure mode and effects analysis (PFMEA) in the automotive industry in the UK*. Journal of Materials Processing Technology, 2003. **139**: p. 348–356.
15. Mariajayaprakash, A. and T. Senthilvelan, *Failure detection and optimization of sugar mill boiler using FMEA and Taguchi method*. Engineering Failure Analysis, 2013. **30**: p. 17-26.





APPENDIX A

อัตราการผลิตยารถยนต์และของเสียที่เกิดขึ้น

ตารางที่ A.1 ข้อมูลการผลิตและของเสียของยารถยนต์ของโรงงานตัวอย่าง

Model	อัตราการผลิต (เส้นต่อเดือน)	ของเสีย (ppm)	Model	อัตราการผลิต (เส้นต่อเดือน)	ของเสีย (ppm)
M1	13,963	1,996	M12	8,865	38,522
M2	13,850	2,888	M13	8,304	5,178
M3	12,788	1,965	M14	7,411	3,846
M4	12,629	2,098	M15	6,122	1,082
M5	12,305	1,128	M16	5,974	711
M6	11,446	6,859	M17	5,726	524
M7	11,256	3,731	M18	5,451	2,408
M8	11,065	1,683	M19	5,298	12,317
M9	10,825	2,506	M20	5,102	2,229
M10	10,119	2,051	M21	5,041	2,232
M11	9,339	6,090			

APPENDIX B

คำหมายของข้อบกพร่องประเภทต่างๆ

ตารางที่ B.1 คำหมายของข้อบกพร่องจากกระบวนการขึ้นรูป

สัญลักษณ์ ข้อบกพร่อง	ความหมายข้อบกพร่องจากกระบวนการขึ้นรูป ยางรถยนต์
A1	มีอากาศอยู่ที่ผิวบริเวณด้านในยาง
A2	มีอากาศอยู่ที่ผิวบริเวณแก้มยาง
A3	มีอากาศอยู่ที่ผิวบริเวณหน้ายาง
A4	มีอากาศอยู่ที่ผิวบริเวณขอบกระทะล้อ
B	ติด barcode ผิด
B1	แก้มยางเป็นรอย
B2	ไหล่ยางเป็นรอย
B3	ขอบยางเป็นรอย
C	เนื้อยางด้านในมากเกินไป
E1	เนื้อยางบริเวณหน้ายางน้อยไป
E2	Creel bead ทะลุออกมา
F	เศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ยาง
L1	ขอบยางด้านในยาวเกินไป
L2	ขอบยางมีเนื้อยางน้อยเกินไป
L3	รอยแตกบนขอบลวด
O	เนื้อยางด้านในบริเวณไหล่ยางน้อยไป
P1	การเรียงตัวของผ้าใบผิดปกติ
R	แรงกระทำภายในของยางต่ำกว่ามาตรฐาน
S1	การเรียงตัวของเหล็กผิดปกติ

ตารางที่ B.2 คำหมายของข้อบกพร่องจากกระบวนการอบยางรถยนต์

สัญลักษณ์ ข้อบกพร่อง	ความหมายข้อบกพร่องจาก กระบวนการอบยางรถยนต์
A5	มีอากาศอยู่ที่ผิวบริเวณด้านในยาง
B4	แก้มยางเป็นรอย
B5	ด้านในยางเป็นรอย
B5	ด้านในยางเป็นรอย
B6	ขอบยางเป็นรอย
BD1	Bladder รั่ว
BD2	Bladder มียับหรือพับ
BD3	ด้านในยางเป็นรอยจาก bladder
BE	ขอบยางเบี้ยว
DFM	ยางเสียรูป
DM	หน้ายางแตก
F2	เศษสิ่งสกปรกติดอยู่ที่ยาง
L3	ขอบยางด้านในยาวเกินไป
L4	ขอบยางด้านในมีเนื้อยางน้อยเกินไป
L5	ขอบยางแตก
M	แม่พิมพ์มีปัญหา
MC	เครื่องจักรมีปัญหา
UC	ยางอบไม่สุก

APPENDIX C

การประเมินคะแนนจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล

ตารางที่ C.1 การประเมินคะแนนความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของข้อบกพร่องประเภทแรงกระทำ
แนวรัศมีต่ำกว่ามาตรฐาน (R)

ลำดับ	สาเหตุหลัก	ปัจจัยนำเข้า	คะแนนความสัมพันธ์			
			ความถี่	ความรุนแรง	ความเป็นไปได้	รวม
1	คน	พนักงานขาดความรู้ความชำนาญในการใส่ Bead (6B1)	3	2	2	12
2	คน	พนักงานเกิดความล้า	2	2	2	8
3	คน	พนักงานขาดความรู้ความชำนาญในการต่อผ้าใบและโครงสร้างเหล็ก	1	2	2	4
4	เครื่องจักร	เครื่องจักรประกอบไม่ตรงตำแหน่ง	1	5	1	5
5	เครื่องจักร	อุปกรณ์ภายในเครื่องจักรสึกหรอ	1	3	2	6
6	วัตถุดิบ	รอยต่อโครงสร้างเหล็กไม่ได้มาตรฐาน	1	5	1	5
7	วัตถุดิบ	รอยต่อผ้าใบไม่ได้มาตรฐาน	1	5	1	5
8	วัตถุดิบ	รอยต่อ Bead (6B1) ไม่ได้มาตรฐาน	4	5	3	60
9	วิธีการ	ตำแหน่งการประกอบอย่างไม่เหมาะสม	4	5	4	80

ตารางที่ C.2 การประเมินคะแนนความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของการผลิต Bead ไม่ได้มาตรฐาน

ลำดับ	สาเหตุหลัก	ปัจจัยนำเข้า	คะแนนความสัมพันธ์			
			ความถี่	ความ	ความเป็นไปได้	รวม
1	คน	พนักงานไม่มีความชำนาญ	3	4	4	48
2	คน	พนักงานมีความล่าช้า	3	4	4	48
3	เครื่องจักร	Die plate สึกหรือ	2	2	2	8
4	เครื่องจักร	มีดตัดสึกหรือ	2	2	2	8
5	วัตถุดิบ	คุณสมบัติยางไม่ได้ตามมาตรฐาน	1	2	1	2
6	วัตถุดิบ	ลักษณะCreel bead ไม่ได้มาตรฐาน	2	3	2	12
7	วิธีการ	ความเร็วในการผลิตไม่เหมาะสม	2	2	2	8
8	วิธีการ	การตั้งค่ามีดตัดไม่เหมาะสม	3	4	5	60

ตารางที่ C.3 การประเมินคะแนนความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของข้อบกพร่องประเภทเศษสิ่งสกปรกติดที่ยางรถยนต์ (F)

ลำดับ	สาเหตุหลัก	ปัจจัยนำเข้า	คะแนนความสัมพันธ์			
			ความถี่	ความ	ความเป็นไปได้	รวม
1	คน	มีเศษสิ่งสกปรกติดมากับพนักงาน	1	3	3	9
2	เครื่องจักร	มีเศษสิ่งสกปรกบริเวณเครื่องจักร	3	4	5	65
3	เครื่องจักร	สายพานลำเลียงผ้าใบเสื่อมสภาพ	4	4	5	80
4	สิ่งแวดล้อม	มีฝุ่นละอองเข้ามาติดที่ยาง	2	1	3	6
5	วิธีการ	ไม่มีการตรวจสอบยางดิบก่อนอบ	2	2	3	12
6	วิธีการ	ขั้นตอนการซ่อมบำรุงไม่เหมาะสม	1	5	1	5

APPENDIX D

การวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อมูลแบบหน่วยนับ

ระบบการวัดข้อมูลแบบหน่วยนับเป็นระบบการตรวจสอบที่มีการแยกข้อมูลเป็นประเภท เช่น การแยกข้อมูลของดีและของเสีย ซึ่งผลจากการตรวจสอบมีทั้งความถูกต้องและความเที่ยง โดยที่ความแม่นยำจะพิจารณาการบอกประเภทได้อย่างถูกต้อง และความเที่ยงจะพิจารณาว่าพนักงานมีความสามารถในการตรวจสอบงานเดิมซ้ำแล้วได้ผลเหมือนกัน สำหรับการประเมินระบบการวัดมีขั้นตอนดังนี้

- 1) กำหนดจำนวนพนักงานที่จะทำการทดสอบ
- 2) กำหนดจำนวนชิ้นงานและการทดลองซ้ำ โดยอ้างอิงเกณฑ์ของ Fasser and Brettner

ตามตารางที่ D.1

ตารางที่ D.1 ขนาดสิ่งตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ระบบการวัดแบบหน่วยนับ

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

- 3) ออกแบบตารางการเก็บข้อมูลและดำเนินการเก็บข้อมูล
- 4) นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีชี้วัด
- 5) พิจารณาค่าดัชนีชี้วัดเทียบกับเกณฑ์การตัดสินใจของ AIAG ตามตารางที่ D.2

ตารางที่ D.2 เกณฑ์การตัดสินใจในการยอมรับของค่าดัชนีชี้วัด (AIAG)

ผลการตัดสินใจ	O_E	I_{FA}	I_{MISS}
ยอมรับพนักงานทดสอบได้	$\geq 90\%$	$\leq 5\%$	$\leq 2\%$
ยอมรับแบบกำกวม (อาจจำเป็นต้องการปรับปรุง)	$\geq 80\%$	$\leq 10\%$	$\leq 5\%$
ไม่สามารถให้การยอมรับได้ (ต้องการการปรับปรุง)	$< 80\%$	$> 10\%$	$> 5\%$

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะทำการตรวจสอบระบบการวัดของข้อมูลแบบหน่วยนับ โดยกำหนดพนักงานที่จะทำการทดสอบจำนวน 3 คน ขึ้นงานตัวอย่างที่จะทำการทดสอบ คือ ยางรถยนต์จำนวน 12 เส้น และมีการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นทำการเก็บข้อมูลการทดสอบ จะได้ตารางที่ D.3

ตารางที่ D.3 ผลการทดสอบระบบการวัดแบบหน่วยนับจากพนักงาน 3 คน

สิ่ง ตัวอย่าง ที่	พนักงาน ตรวจสอบคนที่ 1			พนักงาน ตรวจสอบคนที่ 2			พนักงาน ตรวจสอบคนที่ 3			คุณภาพ งานจริง
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
2	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
3	G	G	G	G	G	NG	G	G	G	G
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
6	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
7	G	G	G	G	G	G	G	G	NG	G
8	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
11	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG

จากผลการทดสอบการวัดข้อมูลโดยพนักงาน 3 คน สามารถนำมาวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดได้ ดังนี้ และสรุปได้ตารางที่ D.4

1. การวิเคราะห์พนักงานแต่ละคน

1.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำหรือ รีพิทเทบิลิตี ของพนักงานแต่ละคน

% รีพิทเทบิลิตีของพนักงานแต่ละคน = % คะแนนของพนักงานวัดแต่ละคน (% appraiser score)

$$= \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}}$$

$$\% \text{ รีพิทเทบิลิตีของพนักงานคนที่ 1} = \frac{12}{12} = 1 = 100\%$$

$$\% \text{ รัฟฟหะบิลิตี๊ของพนักงำนคนทึ่ 2} = \frac{11}{12} = 0.9167 = 91.67\%$$

$$\% \text{ รัฟฟหะบิลิตี๊ของพนักงำนคนทึ่ 3} = \frac{11}{12} = 0.9167 = 91.67\%$$

1.2 การวิเคราะห้ความถูกต้อง (ประสิทธิผล, ความไม่ไบ้อัสของการตรวจสอบ) ของการรั้วดของพนักงำนแต่ละคน

1) % คะแนนของค่าแอดทริบิวต์ = % attribute score

$$= \frac{\text{จำนวนครั้งทึ่ผลการตรวจสอบเหมือกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานทึ่หมดทึ่ตรวจสอบ}}$$

$$\% \text{ คะแนนของค่าแอดทริบิวต์คนทึ่ 1} = \frac{12}{12} = 1 = 100\%$$

$$\% \text{ คะแนนของค่าแอดทริบิวต์คนทึ่ 2} = \frac{11}{12} = 0.9167 = 91.67\%$$

$$\% \text{ รัฟฟหะบิลิตี๊ของพนักงำนคนทึ่ 3} = \frac{11}{12} = 0.9167 = 91.67\%$$

2) ดัชนีความมีประสิทธิผลของพนักงำน (operator effectiveness index: O_E)

$$= \frac{\text{จำนวนครั้งทึ่ตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง}}{\text{โอกาส ทึ่หมดของการตัดสินใจ}}$$

$$O_E \text{ ของพนักงำนคนทึ่ 1} = \frac{36}{12 \times 3} = 1 = 100\%$$

$$O_E \text{ ของพนักงำนคนทึ่ 2} = \frac{34}{12 \times 3} = 0.9444 = 94.44\%$$

$$O_E \text{ ของพนักงำนคนทึ่ 3} = \frac{34}{12 \times 3} = 0.9444 = 94.44\%$$

3) ดัชนีการตรวจสอบทึ่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด (false alarm index: I_{FA})

$$= \frac{\text{จำนวนครั้งทึ่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด}}{\text{โอกาส ทึ่หมดทึ่จะปฏิเสธอย่างผิดพลาด}}$$

$$I_{FA} \text{ ของพนักงำนคนทึ่ 1} = \frac{0}{6 \times 3} = 0 = 0\%$$

$$I_{FA} \text{ ของพนักงำนคนทึ่ 2} = \frac{1}{6 \times 3} = 0.0556 = 5.56\%$$

$$I_{FA} \text{ ของพนักงำนคนทึ่ 3} = \frac{1}{6 \times 3} = 0.0556 = 5.56\%$$

4) ดัชนีการตรวจสอบทึ่ยอมรั้วอย่างผิดพลาด (index of a miss: I_{MISS})

$$= \frac{\text{จำนวนครั้งที่ยอมรับอย่างผิดพลาด}}{\text{โอกาส ทั้งหมดที่จะยอมรับอย่างผิดพลาด}}$$

$$I_{\text{MISS}} \text{ ของพนักงานคนที่ 1} = \frac{0}{6 \times 3} = 0 = 0\%$$

$$I_{\text{MISS}} \text{ ของพนักงานคนที่ 2} = \frac{0}{6 \times 3} = 0 = 0\%$$

$$I_{\text{MISS}} \text{ ของพนักงานคนที่ 3} = \frac{0}{6 \times 3} = 0 = 0\%$$

2. การวิเคราะห์ระหว่างพนักงาน

2.1 การวิเคราะห์ความพ้องกันของค่าวัดระหว่างพนักงาน

% ประสิทธิภาพด้านรีพีทะบิลิตี้ = % screen effective score (reproducibility)

$$= \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}}$$

$$= \frac{10}{12} = 0.8333 = 83.33\%$$

2.2 การวิเคราะห์ความพ้องกันและถูกต้องของค่าวัดระหว่างพนักงาน

% คะแนนของประสิทธิภาพของค่าแตรีบิวต์ = % attribute screen effective score =
% accuracy

$$= \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ถูกต้องเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}}$$

$$= \frac{10}{12} = 0.8333 = 83.33\%$$

ตารางที่ D.4 ดัชนีชี้วัดจากผลการทดสอบการวัดข้อมูลโดยพนักงาน 3 คน

ดัชนีชี้วัด	พนักงานตรวจสอบ คนที่ 1	พนักงานตรวจสอบ คนที่ 2	พนักงานตรวจสอบ คนที่ 3
% appraiser score	100%	91.67%	91.67%
% attribute score	100%	91.67%	91.67%
O _E	100%	94.44%	94.44%
I _{FA}	0%	5.56%	5.56%
I _{MISS}	0%	0%	0%
% reproducibility	83.33%		
% accuracy	83.33%		

จากตารางสรุปผลการคำนวณข้อมูลตัวอย่างข้างต้น พบว่าเมื่อทำการพิจารณาค่าดัชนีชี้วัดเทียบกับเกณฑ์การตัดสินใจของ AIAG พบว่า พนักงานตรวจสอบทั้ง 3 คน มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถให้การยอมรับได้ แต่สำหรับพนักงานคนที่ 2 และ 3 การทดสอบมีค่า IFA 5.56% ซึ่งเป็นค่าที่มากกว่าค่าที่ยอมรับได้ไม่มากนัก แต่ทั้งนี้อาจจะต้องมีการปรับปรุงในส่วนการปฏิเสธอย่างผิดพลาดของพนักงาน หรือการปฏิเสธของดี ซึ่งสาเหตุของการที่มีค่า IFA สูง เนื่องจากพนักงานอาจเข้าใจเกณฑ์ในการตรวจสอบผิดพลาด ซึ่งอาจจะมีการอบรมเพิ่มเติมเพื่อช่วยให้ประสิทธิภาพของพนักงานในส่วนของการยอมรับอย่างผิดพลาดให้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากพนักงานจะเข้าใจเกณฑ์ในการตัดสินใจได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

ส่วนของการวิเคราะห์ระหว่างพนักงานโดยเป็นการมองทั้งระบบการวัด พบว่าค่า % ประสิทธิภาพด้านรีพีทอะบิลิตี้ และ % คะแนนของประสิทธิภาพของค่าแอดทริบิวต์มีค่าเท่ากันซึ่งเท่ากับ 83.33% ถือว่าระบบการวัดโดยรวมมีความแม่นยำและเที่ยงดีเพียงพอ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศิริภัสสร มีครุฑ เกิดเมื่อวันที่ 11 สิงหาคม พ.ศ. 2531 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนราชวินิตบางเขน จังหวัดกรุงเทพมหานคร และเข้าศึกษาต่อจนสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิต จากภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2554 หลังจากจบการศึกษาได้เข้าทำงานที่บริษัทบางกอกแคน แมนูแฟคเจอร์ริง จำกัด ในตำแหน่งวิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ เป็นเวลา 2 ปี หลังจากนั้นจึงได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2556 และได้ย้ายเข้าทำงานที่บริษัทซูมิโตโม รีบเบอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ในปี พ.ศ. 2557

