สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตแก้มยาง

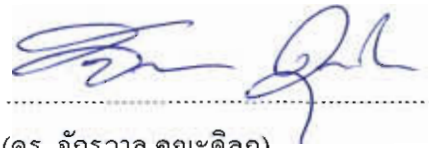
สิทธินันท์ แก้วเจริญ

31 ส.ค. 2559
365505
TH 002453 1

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ตุลาคม 2555
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ สิทธินันท์ แก้วเจริญ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

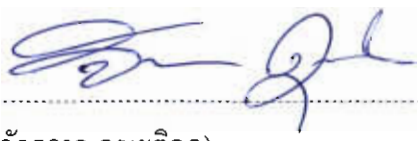
อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์



.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร. จักรวาล คุณะดิลก)

คณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์



.....ประธาน

(ดร. จักรวาล คุณะดิลก)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีรวัฒน์ สมสิริกาญจนคุณ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่ 11 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ 2555

ประกาศคุณูปการ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร. จักรวาล คุณะดิลก อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา และผู้ช่วยศาตราจารย์ธีรวัฒน์ สมสิริกาญจนคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจแก้ไขและวิจารณ์ผลงาน ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ ยังได้รับความอนุเคราะห์จาก คุณชาญชัย พรหมจรรย์ ผู้จัดการแผนก ตลอดจนเพื่อนร่วมงาน บริษัท ซูมิโตโม่ รับเบอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ทำให้งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อชินกร คุณแม่รัตนาภรณ์ แก้วเจริญ และน้อง ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของงานนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

สิทธินันท์ แก้วเจริญ

53920850: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: ปรับปรุงคุณภาพ/ กระบวนการผลิตแก้มยาง/ ดีเอ็มเอไอซี

สิทธินันท์ แก้วเจริญ: การปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตแก้มยาง (A QUALITY IMPROVEMENT IN TIRE'S SIDE WALL PROCESS). อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์: ดร. จักรวาล คุณะดิลก, Ph.D., 95 หน้า ปี พ.ศ. 2555.

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิตแก้มยางในการผลิตยางรถยนต์ การศึกษาข้อมูลการผลิตบ่งชี้ว่า**ปริมาณของเสียที่**เกิดขึ้นในกระบวนการสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพที่กำหนด งานวิจัยนี้ได้นำหลัก**การดีเอ็มเอไอซีมา**ประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาคุณภาพประกอบด้วยการนิยามปัญหา (Define) การวัด (Measure) การวิเคราะห์ (Analyze) การปรับปรุง (Improve) และการควบคุม (Control) ขั้นตอน Define พบว่าลักษณะของเสียที่มีการเกิดมากที่สุดมีอยู่ 3 ปัญหาด้วยกัน คือ งานเหลือจากการผลิต, ขนาดแก้มยาง และขอบแก้มยางแหว่ง ต่อมาการใช้การวิเคราะห์ระบบการวัดและประเมินสถานะปัจจุบันของปัญหาในขั้นตอน Measure พบว่าระบบการวัดมีความสามารถในระดับที่ยอมรับได้โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนยินยอมของข้อกำหนดเฉพาะ (Precision-to-Tolerance Ratio) เท่ากับ 11.83% และระดับคุณภาพซิกมาของปัญหาของเสียจากงานเหลือจากการผลิตเท่ากับ 3.37 ปัญหาขนาดแก้มยางเท่ากับ 3.59 และปัญหาขอบแก้มยางแหว่งเท่ากับ 3.67 จากนั้นแผนผังแสดงเหตุและผล (Causes and Effect Diagram) กับการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) ถูกนำมาใช้ในขั้นตอน Analyze ทำให้สามารถหาสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยางได้ 9 สาเหตุ จึงทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตแก้มยางในขั้นตอน Improve การปรับปรุงกระบวนการใช้การเพิ่มเครื่องมือที่ช่วยในการตรวจจับความผิดปกติในกระบวนการ และการอบรมพนักงานเพื่อชี้แจงให้เห็นถึงผลกระทบจากการผลิตของเสีย และขั้นตอน Control การควบคุมจะอาศัยเอกสารการปฏิบัติงาน และเอกสารแนะนำการปฏิบัติงานตามขั้นตอนการทำงานใหม่ถูกนำไปใช้ที่สถานีงานที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ช่วยให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่กำหนด

ผลจากการวิจัยพบว่าปัญหาด้านคุณภาพของกระบวนการผลิตแก้มยางลดลง ปริมาณของเสียลดลงจากเดิม 6.62 ppm เหลือ 3.97 ppm และระดับคุณภาพซิกมาของปัญหาคุณภาพงานเหลือจากการผลิต ขนาดแก้มยาง และขอบแก้มยางแหว่ง สูงขึ้นเป็น 3.45, 3.78 และ 3.96 ตามลำดับ

53920850: MAJOR: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng.
(INDUSTRIAL ENGINEERING)
KEYWORDS: QUALITY IMPROVEMENT/ SIDE WALL PROCESS/ DMAIC

SITTINAN KAEWCHAROEN: A QUALITY IMPROVEMENT IN TIRE'S SIDE WALL PROCESS. ADVISOR: JAKRAWARN KUNADILOK, Ph.D., 95 P. 2012.

This research aims to improve the quality of a side wall manufacturing process in automobile tire production. According to the production data, the number of nonconforming product in the side wall process was exceeded the company quality standard. The DMAIC concept was applied to solve the quality problems. It consists of five phases; Define, Measure, Analysis, Improve, and Control. In Define phase, three quality problems including over production, side wall dimension and indented edge were chosen based on their frequencies of occurrence. Measurement system analysis and process capability study were applied in Measure phase to determine the current quality levels of the problems. The result from Measurement system analysis showed that the measurement system has been acceptable to evaluate quality of the side wall since the Precision-to-Tolerance Ratio was 11.83%. The sigma quality levels of current production were 3.37, 3.59 and 3.67 for over production, side wall dimension and indented edge, respectively. The Causes and Effect diagram and the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) were used in Analyze phase to determine possible causes of the quality problems. The results from this phase revealed that there were nine major causes resulting in the quality problems of the side wall process. In Improve phase, an assignable monitoring tool was designed and used for defect detection and operator training programs corresponding to the effects of producing nonconforming product were performed. In Control phase, work instruction and guideline documents were developed and placed in their corresponding workstation to help operators to perform their jobs appropriately.

The result of this research revealed that quality problems in side wall manufacturing process were reduced. The defect rate in Parts per Million (PPM) was reduced from 6.62 PPM to 3.97 PPM. The sigma quality levels for over production, side wall dimension, and indented edge were increased to 3.45, 3.78, and 3.96, respectively.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ในการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 3

แผนการดำเนินงาน 3

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34

3 วิธีการดำเนินการวิจัย 37

วิธีการดำเนินงาน 37

ศึกษาการทำงานของกระบวนการผลิตแก้มยาง (Side Wall) 39

การดำเนินงาน 42

4 ผลการศึกษาวิจัย 64

ผลการวิจัย 64

5 อภิปรายและสรุปผล 81

อภิปรายผลการวิจัย 81

สรุปผลการวิจัย 81

ข้อเสนอแนะ 83

บรรณานุกรม 84

ภาคผนวก 86

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ก	87
ภาคผนวก ข	90
ประวัติย่อของผู้วิจัย	95

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	แผนการดำเนินงาน	4
2-1	ของเสียที่เกิดขึ้นของแต่ละขอบเขตคุณสมบัติ	8
2-2	ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ	19
2-3	ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง	22
2-4	ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม	23
2-5	สาเหตุของความผันแปรในการวัดด้วยเครื่องมือเชิงกล	28
3-1	การวิเคราะห์กระบวนการผลิตแก้มยาง	44
3-2	ตัวชี้วัดและเครื่องมือวัดของแต่ละสาเหตุ	51
3-3	เปรียบเทียบความสามารถของพนักงานในการวัดความกว้างของแก้มยาง	52
3-4	ค่าพิสัยที่เกิดจากการวัดของพนักงาน	53
3-5	การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ	54
3-6	สภาพปัจจุบันของของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ	55
3-7	วิเคราะห์สาเหตุงานเหลือจากการผลิต	57
3-8	วิเคราะห์สาเหตุแก้มยางไม่ได้ Spec	58
3-9	วิเคราะห์สาเหตุของแก้มยางแหว่ง	59
3-10	ค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ในกรณีงานเหลือจากการผลิต	60
3-11	ค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ในกรณีแก้มยางไม่ได้ Spec	61
3-12	ค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ในกรณีขอบแก้มยางแหว่ง	63
4-1	กรณีที่ภายในหน่วยงานสามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้เอง	65
4-2	กรณีอยู่นอกเหนือการควบคุมของกระบวนการผลิตแก้มยาง	66
4-3	แนวทางการแก้ไขสาเหตุที่ก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง	67
4-4	ข้อมูลลักษณะของเสียหลังการแก้ไข	70
4-5	การเปรียบเทียบปริมาณของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง	70
4-6	การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ (FMEA) และดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ก่อนและหลังการปรับปรุง	72
5-1	สาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง (Side Wall)	82
5-2	การเปลี่ยนแปลงของของเสียหลังการปรับปรุง	83

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 จำนวนเปอร์เซ็นต์ของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยางตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม 2

2-1 การกระจายตัวที่มีการแปรผันของกระบวนการ ±1.5σ 8

2-2 แผนผังก้างปลา 13

2-3 ระบบการวัดในรูปของกระบวนการ 25

2-4 ตัวแบบของความผันแปรจากระบบการวัด 27

2-5 รูปดัดของเครื่องเอ็กซทรูดเดอร์ 31

2-6 ช่องใส่ยางแบบต่าง ๆ 31

3-1 แผนการดำเนินการ 37

3-2 กระบวนการผลิตแก้มยางสีดำ 40

3-3 กระบวนการผลิตแก้มยางสีขาว 41

3-4 กระบวนการผลิตแก้มยาง 43

3-5 กล้องตรวจสอบความกว้างและแผ่นตรวจสอบความกว้าง 45

3-6 ตั๋วที่แนบมากับคอมปาวด์ 46

3-7 การ Free Extrude ยาง 47

3-8 การเตรียม Preformer และ Die Plate 47

3-9 การฝน Die Plate ลงในใบ Lot Assurance 48

3-10 การตรวจสอบชิ้นงาน 49

3-11 แผนภูมิพาเรโต้แสดงสาเหตุของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแก้มยาง 49

3-12 งานเหลือจากกระบวนการผลิต 50

3-13 แก้มยางไม่ได้ Spec 50

3-14 ขอบแก้มยางแหว่ง 51

3-15 แผนผังเหตุและผลของปัญหางานเหลือจากการผลิต 56

3-16 แผนผังเหตุและผลของปัญหางานแก้มยางไม่ได้ Spec 58

3-17 แผนผังเหตุและผลของปัญหาขอบแก้มยางแหว่ง 59

3-18 แผนภูมิพาเรโต้แสดงข้อบกพร่องในกรณีงานเหลือจากการผลิต 61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3-19 แผนภูมิพาเรโต้แสดงค่าดัชนีชี้นำความเสี่ยงของกรณีแก้มยางไม่ได้ Spec 62

3-20 แผนภูมิพาเรโต้แสดงข้อบกพร่องในกรณีขอบแก้มยางแหว่ง 63

4-1 เครื่องยิงบาร์โค้ดอัตโนมัติ 68

4-2 การอ่านบาร์โค้ด NG และ OK ของเครื่องอ่านบาร์โค้ดอัตโนมัติ 69

4-3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบซิกมาของกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุง 71

4-4 เอกสารการปฏิบัติงานก่อนการติดตั้งเครื่องอ่านบาร์โค้ดแบบอัตโนมัติ 74

4-5 เอกสารการปฏิบัติงานหลังการติดตั้งเครื่องอ่านบาร์โค้ดแบบอัตโนมัติ 75

4-6 เอกสารแนะนำการปฏิบัติงานกรณีการป้องกันยางขาวโผล่ 77

4-7 วิธีการใช้เอกสารบันทึก Lot Assurance ของการฝน Die Plate และ Preformer 78

4-8 เอกสารแนะนำการปฏิบัติงานกรณีการป้องกันขอบแก้มยางแหว่ง 79

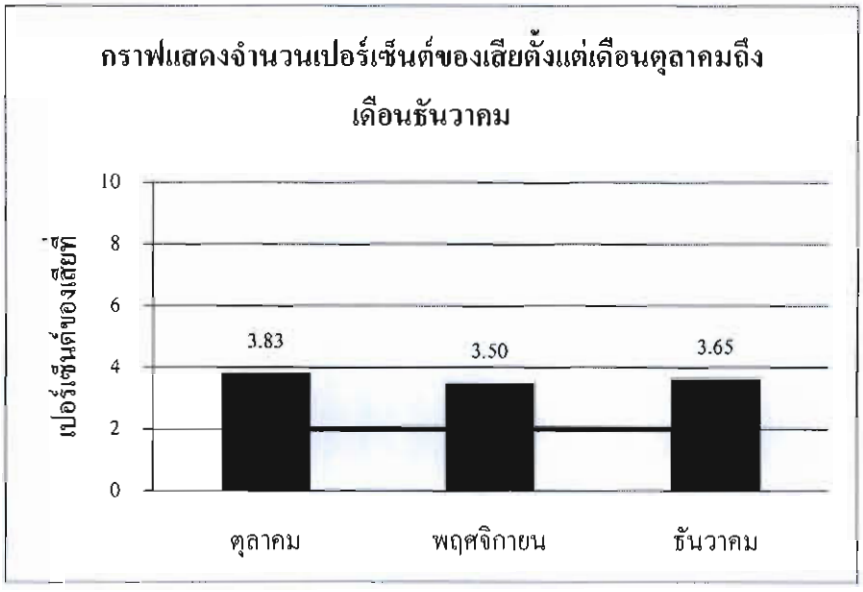
บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ เป็นสิ่งที่สำคัญของทุกสถานประกอบการ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่สามารถชี้บ่งถึง ต้นทุนในการผลิต ราคาขาย ความปลอดภัย อาจรวมไปถึงภาพลักษณ์ขององค์กรด้วย การได้มาซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นอาจต้องเริ่มต้นตั้งแต่ การจัดหาและจัดซื้อวัตถุดิบ ความทันสมัยของเครื่องมือเครื่องจักรในการออกแบบและการผลิต หรือกรรมวิธีในการผลิต ก็มีส่วนสำคัญเช่นกัน ในกรณีศึกษานี้ได้ให้ความสนใจในการศึกษา และหาแนวทางการแก้ไขเพื่อลดของเสียซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งผลต่อปัญหาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ให้มีโอกาสเกิดขึ้นน้อยที่สุดหรือไม่เกิดขึ้นเลย

จากการศึกษาข้อมูลด้านกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่าง พบว่าปัญหาด้านคุณภาพที่ทำให้เกิดเป็นของเสีย และเกิดการนำกลับมาผลิตใหม่ ในกระบวนการผลิตแก้มยางหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Side Wall ประกอบกับยอดการผลิตในปัจจุบันมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เป็นเหตุที่ส่งผลให้ของเสียเกิดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นส่งผลให้ทางโรงงานต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการนำกลับมาใช้ใหม่จำนวนมาก เป็นการสร้างภาระให้ทั้งทางโรงงานและผู้ปฏิบัติงาน

การลดของเสียในกระบวนการผลิตและจากลูกค้าร้องเรียนต้องทำการตรวจสอบและประเมินผลการผลิตสินค้าว่ามีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้าหรือไม่ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตที่ไม่ดี หรือไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า จากนั้นทำการแก้ไขข้อบกพร่องหรือสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการผลิตให้ดีขึ้นก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะส่งถึงมือลูกค้า ช่วยให้จำนวนของเสียที่ลูกค้าตรวจพบและส่งคืนมายังกระบวนการผลิตลดลง ทำให้สามารถลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตและช่วยให้สามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือและความไว้วางใจให้กับลูกค้ามากขึ้นด้วย ซึ่งงานวิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือที่มีชื่อว่า ซิกซ์ ซิกมา ตามวิธีการของดีเอ็มเอไอซีเป็นเครื่องมือที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ ประกอบกับการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA) สถานะปริมาณการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยางในปัจจุบันแสดงได้ดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 จำนวนเปอร์เซ็นต์ของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยางตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม

จากงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตพบว่ามีการประยุกต์ใช้ดีเอ็มเอไอซีในกระบวนการผลิต Fused Biconic Taper Coupler พบว่าของเสียก่อนการปรับปรุงกระบวนการเกิดจากการใช้วัตถุดิบมากเกินความจำเป็นส่งผลให้ของเสียเพิ่มสูงขึ้น หลังจากใช้วิธีการดีเอ็มเอไอซีโดยการติดตั้งเครื่องป้อนวัตถุดิบแบบอัตโนมัติ ทำให้ปริมาณการป้อนคงที่และแม่นยำมากขึ้น เป็นผลให้ของเสียในกระบวนการผลิตลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ หรือการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA) ในกระบวนการหล่อโลหะ พบว่าของเสียก่อนการปรับปรุงกระบวนการเกิดจากอุณหภูมิของทรายที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการหล่อโลหะมีอุณหภูมิสูงเกินเกณฑ์ของบริษัทที่กำหนดไว้ อันเป็นผลมาจากวิธีการผลิตที่ไม่เหมาะสมนั่นเอง วิธีการแก้ไขคือการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ ทำให้ของเสียหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตลดลง 3.82 เปอร์เซ็นต์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสาเหตุที่มีผลต่อการเกิดของเสียของแก้มยางในกระบวนการผลิต
2. เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิดแก้มยางให้มีอัตราของเสียลดลง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบถึงสาเหตุที่มีผลกระทบต่อปัญหาของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยางและหาแนวทางการแก้ไขได้

2. ลดต้นทุนในการผลิตและเพิ่ม Productivity

3. สามารถนำแนวทางในการศึกษา ไปประยุกต์ใช้กับการผลิตชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่มีกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกัน

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษากระบวนการผลิตแก้มยาง และวิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติ

แผนการดำเนินงาน

1. ศึกษาสภาพทั่วไปและเก็บข้อมูลเบื้องต้นเพื่อกำหนดปัญหาของกระบวนการผลิตแก้มยาง

2. ศึกษาค้นคว้า ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3. นำวิธีการดีเอ็มเอไอซีมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งเริ่มจากการ Define – การเลือกและกำหนดปัญหา, Measure – การวัดและการตรวจสอบ, Analyze – วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน, Improve – ปรับปรุงผลการดำเนินงาน และControl – ควบคุมกระบวนการ

4. กำหนดแนวทางการแก้ไข และควบคุมปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา

5. วิเคราะห์และประเมินผล โดยเปรียบเทียบผลระหว่างก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

6. สรุปผลการวิจัย

7. จัดทำรายงาน และนำเสนอรายงานการวิจัย

แผนการดำเนินงานทั้ง 7 ขั้นตอน สามารถเขียนเป็นตารางแผนดำเนินงานดังตารางที่ 1-1 โดยแสดงระยะเวลาของการดำเนินงานตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2555

ตารางที่ 1-1 แผนการดำเนินงาน

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ. 2554			พ.ศ. 2555					ผู้รับผิดชอบ
		ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	
1	ศึกษาสภาพทั่วไปและเก็บข้อมูลเบื้องต้นเพื่อกำหนดปัญหาของกระบวนการผลิตแก้มยาง									นายสิทธินันท์ แก้วเจริญ
2	ศึกษาค้นคว้า ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง									นายสิทธินันท์ แก้วเจริญ
3	นำวิธีการดีเอ็มเอไอซีมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา									นายสิทธินันท์ แก้วเจริญ
4	กำหนดแนวทางการแก้ไข และควบคุมปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา									นายสิทธินันท์ แก้วเจริญ
5	วิเคราะห์และประเมินผล โดยเปรียบเทียบผลระหว่างก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง									นายสิทธินันท์ แก้วเจริญ
6	สรุปผลการวิจัย									นายสิทธินันท์ แก้วเจริญ ดร.จักรวาล คุณะดิลก
7	จัดทำรายงาน และนำเสนอรายงานการวิจัย									นายสิทธินันท์ แก้วเจริญ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินการแก้ปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง ข้อมูลของของเสียที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ต้องนำมาใช้ในการตัดสินใจ และการเก็บข้อมูลที่ดีและเพียงพอทำให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือต่อการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังนั้นต้องมีการวางแผนในการเก็บข้อมูล เพื่อบ่งชี้สาเหตุสำคัญที่ส่งผลต่อการเกิดของเสีย โดยในบทนี้ได้แสดงเนื้อหาของทฤษฎีที่จำเป็น ได้แก่ ดีเอ็มเอไอซี การวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) และการวิเคราะห์ระบบการวัด

เนื้อหาในบทนี้ ผู้วิจัยได้แสดงเนื้อหาของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกรณีศึกษานี้เท่านั้น ผู้ที่สนใจสามารถศึกษาเพิ่มเติมดูได้จากบรรณานุกรมท้ายเล่ม โดยเนื้อหาของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยมีดังนี้

1. ดีเอ็มเอไอซี (DMAIC)

ขั้นตอนการดำเนินงานตามวิธีการของดีเอ็มเอไอซีเป็นขั้นตอนการดำเนินงานซึ่งเน้นไปที่การแก้ปัญหาในกระบวนการเป็นหลัก ซึ่งที่มีบทบาทสำคัญในส่วนนี้ ได้แก่ คณะทำงานที่เรียกว่า แบลคเบล (Black Belt) โดยมีหน้าที่ในการเฝ้าพินิจถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการแล้วดำเนินการแก้ไข เพื่อมิให้ปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้นอีก หรือหาทางป้องกันปัญหาที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้น

1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานตามวิธีการของดีเอ็มเอไอซี

ในการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกมาในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการนั้นมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ตามวงจรของดีเอ็มเอไอซี ซึ่งเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของวิธีการทางซิกซ์ ซิกมา รายละเอียดโดยสังเขปเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1.1.1 ขั้นตอนการระบุปัญหา (Define Phase)

ในขั้นตอนการเลือกปัญหาจะเริ่มจากการกำหนดตัวลูกค้า และศึกษาความต้องการของลูกค้า อาจได้จากการทำการสำรวจความต้องการ หรือความพึงพอใจของลูกค้า หรือจากข้อมูลการร้องเรียนของลูกค้า ศึกษากระบวนการทำงานหลักขององค์กร ผู้ที่รับผิดชอบในระดับบริหารของแต่ละกระบวนการนั้น ๆ แบลคเบล (Black Belt) และผู้ที่รับผิดชอบในระดับบริหารของแต่ละกระบวนการซึ่งจะกลายมาเป็นแชมเปี้ยน (Champion) ของโครงการจะร่วมกันนำความต้องการของ

ลูกค้ามากระจายเป็นปัจจัยคุณภาพที่สำคัญของกระบวนการ ปัญหาคุณภาพต่าง ๆ ที่สำคัญและตรงกับความต้องการของลูกค้า รวมถึงปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้ในหน่วยงานปกติ ก็จะถูกจัดเรียงลำดับความสำคัญ และถูกเลือกให้ดำเนินการปรับปรุง เมื่อแบลคเบล (Black Belt) และแชมเปี้ยน (Champion) สามารถกำหนดโครงการที่จะดำเนินการแก้ไขปรับปรุงได้แล้ว ก็จะร่วมกันกำหนดขอบเขตการดำนเนินงานและคณะทำงานต่อไป

1.1.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

ในขั้นตอนนี้แบลคเบล (Black Belt) คณะทำงานจะร่วมกันกำหนดแนวทางในการวัด ประสิทธิภาพของกระบวนการ ทำการศึกษากระบวนการโดยละเอียด กำหนดปัจจัยที่ได้รับจากกระบวนการหรือตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ และปัจจัยนำเข้าต่าง ๆ ของกระบวนการ หรือตัวแปรเข้าของกระบวนการที่ส่งผลต่อ Y_s ตามสมการ $Y = f(x_1,x_2,....x_n)$ กำหนดแนวทางในการวัดปัจจัยต่าง ๆ ทำการวิเคราะห์ระบบการวัด หากผลการวิเคราะห์ระบบการวัดมีความผันแปรมากเกินกว่าที่กำหนด จะต้องทำการปรับปรุงระบบการวัดให้ดีเสียก่อน เมื่อยอมรับได้แล้วจึงทำการศึกษาประสิทธิภาพการดำเนินงานในปัจจุบัน กำหนดปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ ที่น่าจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของปัจจัยนำเข้าของกระบวนการ เพื่อดำเนินการศึกษา และวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป

1.1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

ขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการด่าง ๆ มาทำการวิเคราะห์เพื่อดูว่าปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีผลต่อกระบวนการอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของกระบวนการ หากปัจจัยใดที่ทดสอบแล้วว่ามีผลต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการ ก็จะนำไปดำเนินการในขั้นตอนนี้ จะทำให้เข้าใจกระบวนการมากขึ้น และมาตรฐานการทำงานต่าง ๆ จะถูกทบทวน และปรับปรุงใหม่ ตัวแปรต่าง ๆ จะถูกกำหนดและศึกษา และทำให้ทราบว่าปัจจัยใดมีผลต่อตัวแปรอย่างมาก ซึ่งเป็นปัจจัยที่เหมาะสมในการนำไปแก้ไขต่อไป

1.1.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบ และทำการทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรกับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรนั้น ๆ และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่ทำให้ได้ค่าตัวแปรที่ดีที่สุด จากนั้นจะดำเนินการวิเคราะห์ระบบการวัดของแต่ละปัจจัยเพื่อทำให้การดำเนินการควบคุมในขั้นดอนถัดไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.1.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

เมื่อกระบวนการผลิตได้รับการปรับปรุงแล้ว ขั้นตอนนี้ก็จะเป็นวิธีการออกแบบวิธีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เพื่อให้พนักงานสามารถควบคุมกระบวนการได้ด้วยตนเอง แล้วทำการประเมินความสามารถของกระบวนการผลิตอีกครั้ง เพื่อดูว่าหลังจากทำการปรับปรุงแล้วสามารถทำ

ได้ตามเป้าหมายหรือไม่ หากความสามารถของกระบวนการยังไม่ดี ก็จะต้องย้อนกลับไปทำตามขั้นตอนก่อนหน้านี้อีกครั้ง นอกจากนี้แล้วจะต้องมีการประเมินผลการดำเนินงาน โดยวัดจากระดับคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไป และประเมินความสามารถในการลดต้นทุน หรือความพึงพอใจของลูกค้าที่เปลี่ยนไปหลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการ

1.2 แนวคิดของซิกซ์ ซิกมา

หลักการหรือแนวคิดของ ซิกซ์ ซิกมา มีพื้นฐานมาจากแนวความคิดในเชิงสถิติภายใต้สมมติฐานที่ว่า

1.2.1 ทุกสิ่งทุกอย่าง คือ กระบวนการ

1.2.2 กระบวนการทุกกระบวนการมีการแปรปรวนหลากหลาย (Variation) อยู่ตลอดเวลา

1.2.3 การนำเอาข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความเข้าใจในธรรมชาติของการแปรปรวนแบบหลากหลายจะนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการให้ดียิ่งขึ้น

นอกจากนั้น Mikel Harry ยังกล่าววว่า ซิกซ์ ซิกมา คือ วิถีแห่งคุณภาพแบบหลายมิติ อันประกอบด้วย รูปแบบที่เป็นมาตรฐาน การจัดการที่ลงตัว และการตอบสนองตามหน้าที่ในองค์กร ซึ่งทั้งลูกค้าและผู้ผลิตจะได้ผลตอบแทนร่วมกันทั้งสองฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นอรรถประโยชน์ ทรัพยากรและคุณค่าในตัวผลิตภัณฑ์

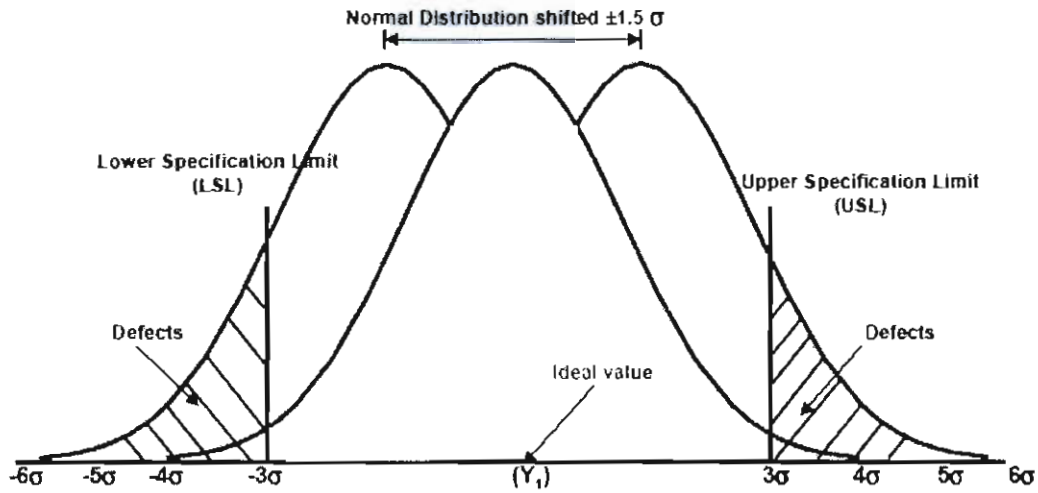
1.3 ความหมายของซิกซ์ ซิกมา

ซิกซ์ ซิกมา เป็นกระบวนการทางธุรกิจที่ให้องค์กรต่าง ๆ ปรับปรุงขีดความสามารถอย่างมหาศาล โดยการออกแบบและตรวจสอบกิจกรรมทางธุรกิจประจำวัน เพื่อลดสิ่งสูญเปล่าและลดการใช้ทรัพยากร แต่ขณะเดียวกันก็เพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า ซิกซ์ ซิกมา เป็นแนวทางชี้แนะให้องค์กรทำให้เกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุด ตั้งแต่การจัดการข้อมูลสั่งซื้อสินค้าไปจนถึงการผลิตเครื่องยนต์เครื่องบิน โดยการลดช่องโหว่ของคุณภาพตั้งแต่ที่ปรากฏครั้งแรก ซิกซ์ ซิกมา ไม่เพียงตรวจจับหรือแก้ไขจุดบกพร่อง แต่ยังนำเสนอวิธีการที่เฉพาะเจาะจง สำหรับการสร้างกระบวนการทำงานใหม่ ให้ไม่มีจุดผิดพลาดเกิดขึ้นตั้งแต่ต้น

ซิกซ์ ซิกมา คือ กระบวนการเพื่อลดความผิดพลาด (Defect) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการต่าง ๆ โดยมุ่งเน้นให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดและมีความสูญเสียได้ไม่เกิน 3.4 หน่วยในล้านหน่วย หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความสูญเสียโอกาสลงให้เหลือเพียงแค่ 3.4 หน่วยนั่นเอง (Defect per Million Opportunities: DPMO)

สัญลักษณ์ที่นิยมใช้กันทางสถิติ คือ Sigma ตามความหมายของ ซิกซ์ ซิกมา ตามสถิติหมายถึงขอบเขตข้อกำหนด (Specification Limit) และการแจงแจกแบบปกติ (Normal Distribution)

ขอบเขตข้อกำหนดบนมีค่าเป็น 6 หมายถึง ที่ระดับ Sigma มีของเสียเพียง 0.002 ชิ้นจากจำนวนทั้งหมด 1,000,000 ชิ้น นอกจากนี้การประยุกต์ใช้ ซิกซ์ ซิกมา ภายในองค์กรยังช่วยให้บริษัทสามารถตรวจสอบปัญหาภายในบริษัทด้วยข้อมูลที่แม่นยำและเชื่อถือได้ (Data-Driven Business) แล้วทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยหลักสถิติ (Statistical Analysis Process) เพื่อการปรับปรุงและควบคุมไม่ให้ปัญหานั้น ๆ เกิดขึ้นซ้ำอีก เนื่องจากในการแก้ไขปรับปรุงใด ๆ นั้นต้องอาศัยข้อมูลที่ถูกต้องเพียงพอและแม่นยำเป็นปัจจัยหลักในการตัดสินใจ และแก้ไขสิ่งที่บกพร่อง



ภาพที่ 2-1 การกระจายตัวที่มีการแปรผันของกระบวนการ ±1.5σ

ตารางที่ 2-1 ของเสียที่เกิดขึ้นของแต่ละขอบเขตคุณสมบัติ

ขอบเขตข้อกำหนด (LSL & USL)	ค่าเฉลี่ย = เป้าหมาย		ค่าเฉลี่ย = เป้าหมาย ±1.5σ		Sigma level
	% ของผลผลิตที่ดี	จำนวนดีเฟคใน 1 ล้านชิ้น	% ของผลผลิตที่ดี (1.5 σ Shift)	จำนวนดีเฟคใน 1 ล้านชิ้น (1.5 σ Shift)	
-1 σ , +1 σ	68.27	317,300	30.23	697,700	1
-2 σ , +2 σ	95.45	45,500	69.13	308,700	2
-3 σ , +3 σ	99.73	2,700	93.32	66,810	3
-4 σ , +4 σ	99.9937	63	99.370	6,210	4
-5 σ , +5 σ	99.999943	0.57	99.97670	233	5
-6 σ , +6 σ	99.9999998	0.002	99.999660	3.4	6

1.4 ข้อดีของซิกซ์ ซิกมา

1.4.1 ช่วยลดข้อบกพร่องหรือของเสีย ให้เกิดน้อยที่สุดจนมุ่งเข้าสู่ศูนย์ (Zero Defect) ทำให้ข้อผิดพลาดที่ลูกค้าจะได้รับเกิดขึ้นน้อยลง โดยเฉพาะข้อผิดพลาดที่มีผลต่อสุขภาพหรือชีวิต เช่น การจ่ายยาผิด เป็นต้น

1.4.2 ช่วยลดต้นทุน ทำให้เกิดผลกำไรอย่างมหาศาล ในขณะที่ความพึงพอใจของลูกค้าก็เพิ่มมากขึ้น

1.4.3 ซิกซ์ ซิกมา เป็นสิ่งที่ผู้บริหารระดับบนสนับสนุน และกำหนดขึ้นเป็นนโยบายหรือเป้าหมาย ซึ่งข้อดีก็คือ ทำให้ทุกคนมีความกระตือรือร้น มีอิสระในความคิด การปฏิบัติมีการพัฒนาความสามัคคีเนื่องจากการทำงานเป็นทีม กระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นผลดีต่อองค์กร และทำให้องค์กรมีการพัฒนาตัวเองอย่างต่อเนื่อง

1.4.4 จุดมุ่งหมายและขอบเขตของเครื่องมือแต่ละตัวนั้นไม่เหมือนกัน ดังนั้นการเลือกเครื่องมือวัดตัวใดเข้าไปใช้จะต้องดูจุดมุ่งหมายขององค์กรด้วย ซึ่งจุดมุ่งหมายที่สำคัญของซิกซ์ ซิกมา นั่นคือ การปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างผลกำไร โดยการกำจัดความแปรปรวน ลดความสูญเสียต่าง ๆ และเป็นการเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพต้นทุนการส่งมอบทั้งในด้านของผลิตภัณฑ์และบริการ

1.4.5 องค์กรที่มีเป้าหมายมุ่งสู่องค์กรระดับโลก ซิกซ์ ซิกมา ก็เป็นเครื่องมือที่สามารถผลักดันให้องค์กรบรรลุวัตถุประสงค์นั้นได้

1.4.6 สำหรับองค์กรที่มีเป้าหมายมุ่งเน้นในเรื่องของการเป็นเลิศในระบบจัดการคุณภาพ เครื่องมือซิกซ์ ซิกมา ก็เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยในการจัดการด้านคุณภาพได้เป็นอย่างดี

1.5 หลักการใช้ซิกซ์ ซิกมา

การประยุกต์ใช้แนวคิดและวิธีการของ ซิกซ์ ซิกมา ประกอบด้วย 6 หลักการ ได้แก่

1.5.1 หลักการการเอาใจใส่ลูกค้า

การเริ่มต้นของแนวคิด ซิกซ์ ซิกมา ต้องเริ่มจากการให้ความสำคัญและเอาใจใส่ต่อลูกค้าเป็นเรื่องแรก ดังที่กล่าวย้ำมาแล้วว่า ลูกค้าเป็นผู้บอกคุณภาพผลผลิตในการบริหาร โดยวัดได้จากความพึงพอใจของลูกค้า ผลของการใช้ซิกซ์ ซิกมา ในการปรับปรุงกระบวนการต่าง ๆ ได้มาจากความประทับใจและคุณค่าที่ลูกค้าได้รับ

1.5.2 หลักการการจัดการข้อมูลและข้อเท็จจริง

แนวคิดจากการจัดการข้อมูลและข้อเท็จจริงของดร.เดมมิง ดังที่กล่าวว่า Management by Fact ถือเป็นเครื่องมือที่สำคัญ ดังที่มักจะได้ยินกันถึงเรื่องระบบสารสนเทศและ

การจัดการความรู้หรือ Knowledge Management: KM ต้องนำมาใช้ในการบริหารจัดการองค์กร องค์กรของเราโดยทั่วไปยังบริหารงานอยู่บนพื้นฐานของความคิดเห็น และการคาดคะเนอยู่มาก แต่ระบบซิกซ์ ซิกมา จะเริ่มต้นจากการค้นหาข้อมูลและข้อเท็จจริงจากผลการปฏิบัติงานหรือสมรรถภาพของการทำงานก่อนอื่นใด จากนั้นนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยสู่การแก้ปัญหา

1.5.3 หลักการการบริหารกระบวนการ

ระบบซิกซ์ ซิกมา ได้เน้นการบริหารกระบวนการตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์และการบริการ การวัดผลประกอบการ การปรับปรุงประสิทธิภาพและความพึงพอใจของลูกค้า กระบวนการเป็นตัวกลางที่จะนำไปสู่ความสำเร็จของงานทั่วทั้งองค์กร และทำให้องค์กรสามารถแข่งขันได้

1.5.4 หลักการการบริหารเชิงรุก

การบริหารต้องไม่ตั้งรับปัญหาไปวัน ๆ หนึ่ง ต้องทำงานเชิงรุกป้องกันสิ่งที่จะเกิดปัญหาแทนการแก้ปัญหารายวัน หรือเรียกว่ามาคอยนั่งดับไฟกัน การทำงานเชิงรุกเป็นการเริ่มต้นของการสร้างสรรค์และทันกับการเปลี่ยนแปลง

1.5.5 หลักการการบริหารข้ามสายงาน

ก่อนที่จะมีการนำเอาซิกซ์ ซิกมาเข้าไปใช้ในบริษัท GE ประธานกรรมการ Jack Welch ได้ทำการปรับการทำงานของฝ่ายต่าง ๆ โดยที่ได้ทำลายกำแพงการทำงานแบบแยกฝ่ายและแผนก เพื่อการสร้างทีมงานให้มีประสิทธิภาพ และบริหารแบบสร้างความร่วมมือระหว่างฝ่ายงาน การทำงานแบบแยกส่วนทำให้เกิดช่องว่างไม่เชื่อมสัมพันธ์กัน และแข่งขันกัน ทำให้การสูญเสียและไม่ทำให้เป็นผลดีต่อลูกค้า

1.5.6 หลักการการมุ่งสู่ความสมบูรณ์

เป้าหมายของการบริหารแบบซิกซ์ ซิกมา คือ การหยุดยั้งการสูญเสียหรือไม่ให้เกิดของเสียและข้อบกพร่องในการผลิตและการบริการ พยายามทำให้เกิดความสมบูรณ์ อันจะส่งผลทำให้ลูกค้าประทับใจและผูกมัดใจลูกค้า

1.6 แนวทางการใช้ซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในองค์กร

ก่อนจะนำซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในองค์กร ผู้บริหารต้องมั่นใจว่าเป็นวิธีการหรือแนวทางการจัดการคุณภาพใหม่ และจะทำให้องค์กรมีอนาคตที่สดใส แนวคิดที่นำมาประยุกต์ใช้อาจแบ่งออกได้เป็น 3 แนวทางได้แก่

1.6.1 การถ่ายเปลี่ยนธุรกิจ

ปัญหาและสิ่งที่ต้องตั้งคำถาม เช่น องค์กรเริ่มตามหลังคนอื่น การสูญเสียทางธุรกิจ ความล้มเหลวในการออกผลผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ การหาลูกค้าใหม่ ๆ บุคลากรมีนิสัยเกียจคร้าน ปัญหาเหล่านี้ชี้ให้ผู้บริหารเห็นว่าต้องทำการผ่าองค์กร ต้องการเปลี่ยนถ่ายจากระบบเดิมมาสู่ระบบใหม่ และต้องการวิสัยทัศน์ในการที่จะผลักดันให้มาใช้แนวคิดการจัดการด้วยซิกซ์ ซิกมาถ้าองค์กรอยู่ในช่วงของการนำซิกซ์ ซิกมา มาใช้ ผู้บริหารจำเป็นต้องการโหมโรงอย่างหนัก ในการที่จะทำการสื่อสารอย่างแรงให้ทั่วถึงทุกคน ปลุกจิตสำนึกและความตระหนักอย่างสม่ำเสมอ รณรงค์ เช่น การสร้างวัฒนธรรมใหม่เป็นวิถีการดำเนินชีวิตใหม่หรือการเดินเข้าสู่อนาคตที่ดี เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงที่น่าทึ่งจะปรากฏเกิดขึ้นมา การจัดการต้องพยายามทำให้การเปลี่ยนแปลงบังเกิดผลและควบคุมผลที่ได้รับจากการเปลี่ยนแปลง บุคลากรที่เป็นส่วนหนึ่งของทีมซิกซ์ ซิกมา อาจจะถูกท้าทายเพื่อที่จะทำการปรับปรุงกระบวนการทางธุรกิจที่เกิดวิกฤตหรือเป็นประเด็นปัญหา

บทบาทของทีม ในช่วงเวลาของการปรับเปลี่ยนหรือ Transform จะต้องถามหากระบวนการหลัก ๆ ของการทำงาน และให้ข้อเสนอแนะสำหรับการเปลี่ยนแปลงเป็นต้นว่าตรวจวินิจฉัยในเรื่องต่อไปนี้

1) การกระจายสินค้า
2) กระบวนการตลาดที่มีประสิทธิภาพ
3) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่
4) จุดที่ลูกค้าร้องเรียนและล่อแหลม
5) สินค้าที่มีข้อบกพร่องและเป็นปัญหาตลอด
6) ระบบสารสนเทศที่ล่อแหลมต่อธุรกิจ
7) การลดต้นทุนในระยะยาว

1.6.2 การปรับกลยุทธ์

ช่วงกลางของหนทางสู่ซิกซ์ ซิกมา คือ ความพยายามในการปรับแผนกลยุทธ์โดยการจำกัดลงไปที่ฝึกอบรมทีมงาน มุ่งไปที่การหาโอกาสและจุดอ่อนหรือข้อจำกัดของตนเองให้พบ โดยการปรับแผนยุทธศาสตร์ลงสู่ทุกระดับทั่วทั้งองค์กร โดยเริ่มต้นจากการเน้นการใช้ยุทธศาสตร์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งก่อน เมื่อได้รับความสำเร็จในจุดหนึ่ง จึงทำการแพร่ขยายออกไปสู่วงกว้างทั่วองค์กร

1.6.3 การแก้ปัญหา

แนวคิดการแก้ปัญหานี้ ต้องการใช้เวลาในการทำ ไม่เร่งด่วนในการปรับเปลี่ยน เป้าหมายอยู่ที่การแก้ปัญหาที่ฝังแน่นมานานและไม่ได้รับการแก้ไข ต้องใช้เวลา และไม่สร้าง

การเปลี่ยนแปลงที่รุ่นแรก จะเป็นการฝึกอบรมการใช้เครื่องมือของซิกซ์ ซิกมา วิเคราะห์ถึงรากเหง้าของปัญหาด้วยการใช้ข้อมูล ข้อเท็จจริงและการวิเคราะห์ทางสถิติเข้ามาช่วยการแก้ปัญหา ดังนั้น สูตรการฝึกอบรมการแก้ปัญหาในองค์กรต้องมีทีมชุดชำนาญการ เช่น ทีมชุดสายดำ Black Belt ในการฝึกอบรมในการแก้ปัญหา โดยใช้โครงการที่จะทำให้เกิดความสำเร็จในระยะสั้น

จากแนวคิดทั้ง 3 วิธีที่เสนอมาข้างต้น แต่ละแนวทางก็มีข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดของมันเอง ถ้าต้องการที่มองไปข้างหน้าที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลง จึงเหมาะที่จะให้แนวคิดแบบวิธีการการปรับเปลี่ยนทางธุรกิจ แนวคิดแบบการปรับปรุงแผนกลยุทธ์นั้น ช่วยให้องค์กรมุ่งเน้นไปที่โอกาสของความเป็นไปได้สูงและจำกัดความท้าทายในการจัดการและการขยายแนวคิดการเปลี่ยนแปลงขององค์กร แต่วิธีการนี้ทำให้เกิดความลังเลและความไม่แน่ใจของบุคลากรขึ้นได้ ในกรณีที่มีหน่วยงานที่ไม่ได้ทำซิกซ์ ซิกมา ส่วนแนวคิดแบบการแก้ปัญหานั้นจะทำให้เกิดการเสียหายหรือความเสี่ยงน้อย เปิดทางให้เห็นหนทางที่จะนำซิกซ์ ซิกมา มาใช้ให้เกิดความสำเร็จและมีความเสี่ยงน้อยกว่าทั้งสองแบบข้างต้น

1.7 เครื่องมือที่ใช้ในวิธีการของซิกซ์ ซิกมา

ซิกซ์ ซิกมา อาศัยการคิดอย่างเป็นระบบ ตัดสินใจบนข้อมูลที่สามารถเชื่อถือได้ โดยที่ข้อมูลเหล่านี้ถูกนำมาเปลี่ยนเป็นสารสนเทศที่มีประโยชน์ต่อการตัดสินใจทั้งด้วยวิธีการตรรกะและทางสถิติที่จะถูกนำมาใช้ในวิธีการทางซิกซ์ ซิกมา นั้นมีอยู่ด้วยกันมากมายแต่เครื่องมือที่จะกล่าวถึงในบทนี้จะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่

1.7.1 ใบตรวจสอบ (Check Sheet)

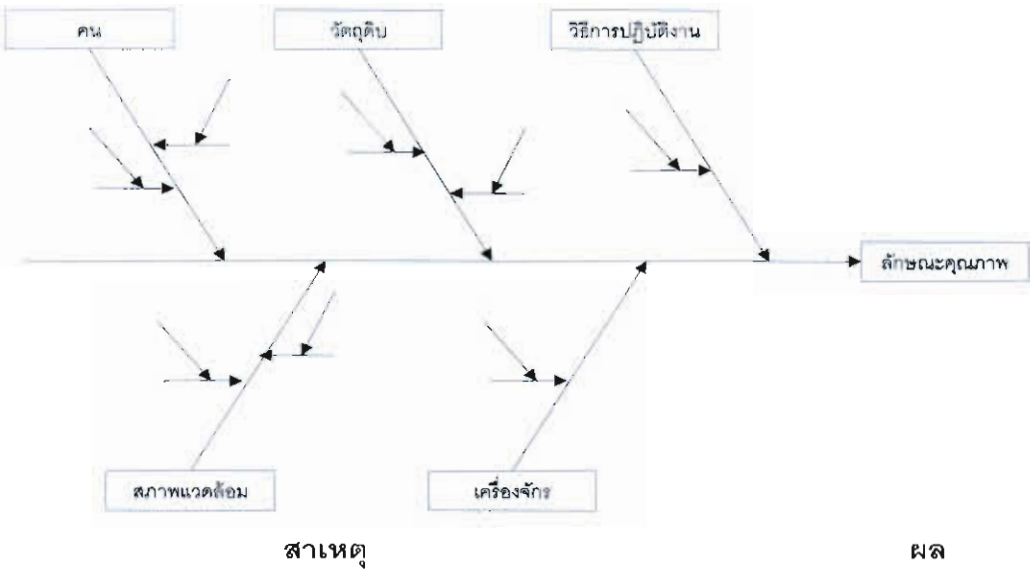
ใบตรวจสอบ (Check Sheet) เป็นเครื่องมือตัวแรกในการแก้ปัญหา ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้น ณ เวลาที่สนใจในสถานที่ที่ต้องการศึกษา โดยผู้ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการผลิตจะเป็นผู้บันทึก ใบตรวจสอบข้อมูลนั้นมีหลายประเภท ทั้งนี้ก็เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน ตั้งแต่การตรวจสอบวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ตลอดจนผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ขั้นตอนเริ่มต้นในการเก็บข้อมูล คือ การออกแบบแผ่นบันทึกข้อมูล (Data Sheet) ไว้ใช้ในการเก็บข้อมูลทั้งที่เป็นตัวเลขและไม่เป็นตัวเลข แผ่นบันทึกข้อมูลที่ได้จะได้จากประสบการณ์จากการทำงานจริง จากนั้นจึงออกแบบเป็นใบตรวจสอบ (Check Sheet) ซึ่งต้องมีองค์ประกอบ คือ รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ ผู้ตรวจสอบ และตารางหรือรูปแสดงข้อมูล เป็นต้น การออกแบบใบตรวจสอบที่เหมาะสมต้องเก็บข้อมูลได้รวดเร็ว ง่าย และไม่ยุ่งยาก ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูล และแสดงผลได้อย่างชัดเจน นอกจากนั้นในการออกแบบยังต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญต่อการควบคุมกระบวนการ เพื่อที่จะสามารถเก็บข้อมูลได้ตรงตามความต้องการจริง

1.7.2 แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram)

แผนภาพพาเรโตเป็นเครื่องมือที่ชี้ให้เห็นว่า ปัญหาสำคัญจริง ๆ นั้นมาจากไม่กี่สาเหตุ และปัญหาที่มีความสำคัญน้อยเกิดจากสาเหตุมากมาย สรุปว่าในการแก้ปัญหาไม่จำเป็นต้องแก้ทุก ๆ สาเหตุให้หมด แต่ให้เลือกแก้ไขเฉพาะสาเหตุหลักสำคัญ กล่าวคือ ปัญหาใดเป็นปัญหาสำคัญมากก็ควรเร่งแก้ไขก่อน และปัญหาใดที่เป็นปัญหาสำคัญน้อยก็ให้แก้ไขทีหลัง โดยใช้หลักการ 80-20 นั่นเอง

1.7.3 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

แผนผังแสดงเหตุและผลเป็นแผนผังที่ถูกพัฒนาเพื่อรับมือกับสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะทางคุณภาพของกระบวนการผลิต แผนผังแสดงเหตุและผล เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล โดยพิจารณาจากสาเหตุ (Cause) และมีผล (Effect) โดยตรงกับลักษณะคุณภาพของปัญหาที่สนใจศึกษา



ภาพที่ 2-2 แผนผังก้างปลา

จากรูปอธิบายแผนผังแสดงเหตุและผล ที่แสดงถึงลักษณะคุณภาพที่ต้องการปรับปรุงอยู่ด้านขวา และสาเหตุที่ก่อให้เกิดลักษณะทางคุณภาพอยู่ทางด้านซ้าย สาเหตุหลักที่นิยมวิเคราะห์ คือ คน (Man), เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ (Machine), วิธีการปฏิบัติงาน (Method), วัตถุดิบ (Material) และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Environment) โดยที่แต่ละสาเหตุหลักยังสามารถแบ่งออกเป็นสาเหตุย่อยได้อีก เนื่องจากผล คือ ลักษณะคุณภาพที่ต้องการปรับปรุง ดังนั้นแผนผังแสดง

เหตุและผล คือ แผนผังที่ใช้สำหรับตรวจสอบว่า ถ้าลักษณะคุณภาพที่ไม่ดีแล้ว สาเหตุใดที่ต้องถูกกำจัด เพื่อให้ลักษณะคุณภาพที่สนใจออกมาดี หรือถ้าลักษณะคุณภาพดีแล้ว สาเหตุใดที่ส่งผลให้ลักษณะคุณภาพที่ดียิ่งขึ้นไปอีก ซึ่งต้องเรียนรู้เพื่อรักษาสาเหตุนั้นไว้ แผนผังแสดงเหตุและผล (เส้นและสัญลักษณ์ซึ่งมีรูปแบบคล้ายก้างปลา) แทนความสัมพันธ์อย่างมีนัยระหว่างสาเหตุและลักษณะคุณภาพ จะประกอบด้วยกระดูกสันหลัง (Back Bone) เป็นเส้นตามแกนนอนที่เชื่อมต่อระหว่างสาเหตุหลักและลักษณะคุณภาพ ก้างปลาหลัก (Big Bone) เป็นเส้นที่มีความชันที่เชื่อมต่อกระดูกสันหลังกับสาเหตุหลัก และก้างปลาย่อย (Small Bone) เป็นเส้นที่เชื่อมต่อสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย

2. การวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) คือ กลุ่มกิจกรรมที่ดำเนินการอย่างเป็นระบบ เพื่อ

2.1 รับรู้และประเมินแนวโน้มที่จะเกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการและผลความบกพร่องเหล่านั้น

2.2 ชี้บ่งกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะสามารถกำจัดหรือลดโอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่อง

2.3 จัดทำเอกสารของกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งระบบ

FMEA เป็นเครื่องมือที่ทำให้การพิจารณา ผลิตภัณฑ์และกระบวนการ สามารถสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้าได้อย่างสมบูรณ์ โดยให้ความสำคัญที่การออกแบบ ทั้งการออกแบบผลิตภัณฑ์ และการออกแบบกระบวนการ เนื่องจากอุตสาหกรรมมุ่งหมายการพัฒนาผลิตภัณฑ์และกระบวนการอย่างต่อเนื่อง การใช้ FMEA เป็นเครื่องมือทางเทคนิคในการชี้บ่งและช่วยลดโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด จึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก หนึ่งในสิ่งที่สำคัญที่สุดเพื่อให้สามารถใช้ FMEA ได้อย่างมีประสิทธิผล คือ จังหวะเวลาที่ถูกต้อง ซึ่งต้องใช้ "ก่อนเหตุการณ์จะเกิดขึ้น" ไม่ใช่ดำเนินการเมื่อ "ข้อเท็จจริงได้เกิดขึ้นแล้ว"

FMEA ที่ป้องกันไม่ให้เกิดเหตุ ย่อมสามารถลดการปฏิบัติการแก้ไขและการปฏิบัติการป้องกันหลังเกิดเหตุซึ่งเป็นภาระอย่างมากได้อย่างสมบูรณ์ ในการดำเนินการทีม FMEA ควรสื่อสารและประสานงานกันตลอดเวลา โดยพื้นฐานแล้ว การทำ FMEA จัดทำได้ 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 สำหรับแบบใหม่ (New Designs) เทคโนโลยีใหม่ หรือกระบวนการใหม่

กรณีที่ 2 สำหรับกรณี Modify แบบ หรือกระบวนการที่มีอยู่

กรณีที่ 3 สำหรับกรณีที่ต้องใช้แบบ หรือกระบวนการที่อยู่ในสภาวะแวดล้อม สถานที่ลักษณะ

การใช้งาน ที่แตกต่างจากเดิมถึงแม้การจัดเตรียม FMEA จะมอบหมายให้แต่ละบุคคลรับผิดชอบ แต่ควรใช้ขีดความสามารถของทีมเพื่อดำเนินการ ทีมซึ่งประกอบด้วยความรู้ต่าง ๆ จากวิศวกรที่ชำนาญด้านการออกแบบ การวิเคราะห์ทดสอบ การผลิต การประกอบ การให้บริการ การนำกลับมาใช้ใหม่ ตลอดจนผู้เชี่ยวชาญด้านคุณภาพ และ Reliability โดย FMEA จะถูกริเริ่มจากวิศวกรผู้รับผิดชอบกิจกรรมนั้น ๆ

โดยทั่วไป FMEA จะจำแนกตามจุดประสงค์ในการใช้งานออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. DFMEA (Design Failure Mode and Effect Analysis) สำหรับกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์

2. PFMEA (Process Failure Mode and Effect Analysis) สำหรับกระบวนการผลิตซึ่งในการทำ PFMEA ควรเริ่มต้นจากการจัดหาเครื่องมือเพื่อทำการผลิต และพิจารณาการผลิตทั้งหมดจากกระบวนการประกอบแต่ละส่วน รวมถึงขั้นตอน การส่งมอบ, การรับวัตถุดิบ, การขนส่ง และการจัดเก็บ ฯลฯ

ในการประยุกต์ใช้ FMEA นี้จะให้ประโยชน์หลายประการด้วยกันดังนี้คือ

1) ช่วยในการประเมินผลของแบบที่ได้จากการออกแบบทั้งความต้องการด้านหน้าที่และทางเลือกในการออกแบบ

2) กาประเมินการออกแบบเพื่อการผลิต (DFM) เบื้องต้น

3) ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพ ความไว้วางใจ ตลอดจนความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์หรือการบริการ

4) ช่วยในการลดต้นทุนที่ซ่อนเร้นของกระบวนการผลิต ทำให้องค์กรสามารถเพิ่มอำนาจในการแข่งขันทางธุรกิจในระยะยาวได้ดี

5) ช่วยเพิ่มความมั่นใจและความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า

6) ช่วยในการลดต้นทุนและเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งมีผลทำให้สามารถวางตลาดผลิตภัณฑ์ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

7) ช่วยในกระบวนการป้องกันข้อบกพร่อง

8) ช่วยเพิ่มศักยภาพด้านเทคโนโลยีเฉพาะด้าน (Intrinsic Technology) ให้แก่คณะทำงาน FMEA ในระหว่างการดำเนินการ ซึ่งจะเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาและวิจัยผลิตภัณฑ์ใหม่ในอนาคต

9) ช่วยในการกำหนดถึงลำดับสำคัญก่อนหลังของกิจกรรมการปรับปรุงคุณภาพโดยผ่านตัวเลขวิเคราะห์ความเสี่ยง

10) ช่วยในการบ่งชี้ถึงความผิดพลาด (Error) ที่อาจจะเกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของการออกแบบและกระบวนการ และกำหนดแนวทางในการป้องกันต่อไป

11) ช่วยในกระบวนการบ่งชี้ปัจจัยที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาเพื่อดำเนินการพิสูจน์และแก้ไขต่อไป โดยลักษณะดังกล่าวนี้จะมีความสำคัญมากในกระบวนการของ Six Sigma

12) ช่วยในการบ่งชี้ถึงวิธีการวินิจฉัยการออกแบบและกระบวนการ (Eiagnostic Procedures)

ลำดับขั้นตอนการสร้าง FMEA สำหรับกระบวนการ

ในการสร้าง FMEA สำหรับกระบวนการควรจะเริ่มต้นจากการสร้างแผนภูมิแสดงการไหลเพื่อแสดงแนวคิดของกระบวนการ โดยแผนภูมิดังกล่าวควรจะบ่งชี้ถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่สอดคล้องกันของแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติการ และแบบฟอร์มของแผนภูมิการไหลนี้ควรจะเป็นเอกสารแนบ FMEA สำหรับกระบวนการที่สร้างขึ้นด้วย ลำดับขั้นตอนการสร้าง FMEA สำหรับกระบวนการจะดำเนินการตามลำดับดังนี้

1) หมายเลข FMEA ให้ใส่หมายเลขเอกสารสำหรับ FMEA ลงไปเพื่อประโยชน์ในการสอบกลับได้

2) ชื่อผลิตภัณฑ์/ กระบวนการ ให้ใส่ชื่อและจำนวนของระบบย่อย หรือชิ้นส่วนประกอบสำหรับกระบวนการที่จะทำการวิเคราะห์

3) ผู้รับผิดชอบกระบวนการ ให้ใส่ชื่อผู้ผลิต (OEM) ฝ่ายงานและกลุ่มงานลงไป ทั้งนี้อาจจะรวมถึงชื่อของผู้ส่งมอบ (ถ้าทราบ)

4) ผู้จัดทำ ให้ใส่ชื่อของผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดเตรียม FMEA พร้อมหมายเลขโทรศัพท์และชื่อของบริษัทที่สังกัด

5) ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ ให้ใส่ชื่อของผลิตภัณฑ์ (ปี พ.ศ. หรือโปรแกรม) ที่จะใช้และ/ หรือได้รับผลกระทบจากการออกแบบและกระบวนการที่ทำการวิเคราะห์ (ถ้าทราบ)

6) วันสำคัญ (Key Date) ให้ใส่วัน เดือน ปีที่ควรกำหนดเสร็จสิ้น ซึ่งไม่ควรจะเกินกำหนดวันเริ่มต้นทำการผลิต แต่ถ้าเป็นกรณีที่มีการจัดทำ FMEA โดยผู้ส่งมอบ วัน เดือน ปีที่เสร็จสิ้นไม่ควรเกินกำหนดวันที่จะต้องจัดส่ง PPAP (Production Part Approval Process)

7) วัน เดือน ปี สำหรับ FMEA ให้ใส่วัน เดือน ปี ที่เริ่มต้นจัดทำ FMEA และวัน เดือน ปีที่ทบทวน FMEA ครั้งล่าสุด

8) คณะทำงาน ให้ใส่ชื่อบุคคลที่รับผิดชอบ รวมถึงฝ่ายงานที่มีอำนาจในการบ่งชี้/ หรือดำเนินงาน (แนะนำให้ใส่ชื่อสมาชิกแต่ละคน ฝ่ายงานต้นสังกัด เบอร์โทรศัพท์ ตลอดจนที่อยู่ของสมาชิกทั้งหมดในคณะทำงาน FMEA ลงในเอกสารแนบ)

9) หน้าที่/ ความต้องการของกระบวนการ ให้ใช้คำอธิบายง่าย ๆ เกี่ยวกับกระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ได้รับการวิเคราะห์ (เป็นต้นว่า การกลึง การเจาะ การเชื่อมประสาน การประกอบ การลงทะเบียน การบันทึก ฯลฯ) และให้ใส่หมายเลขของกระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานลงไปด้วย ในกรณีนี้คณะทำงาน FMEA ควรมีการทบทวนถึงสมรรถนะ วัตถุดิบ กระบวนการ สิ่งแวดล้อม และมาตรฐานด้านความปลอดภัย

10) แนวโน้มของลักษณะและข้อบกพร่อง ลักษณะทางกายภาพที่กระบวนการจะไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามที่ออกแบบไว้หรือกำหนดความต้องการไว้ โดยลักษณะข้อบกพร่องที่พิจารณานี้เป็นสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องของกระบวนการท้ายน้ำ และอาจจะเป็นผลกระทบจากลักษณะข้อบกพร่องของกระบวนการต้นน้ำด้วย ในการวิเคราะห์แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องสำหรับกระบวนการที่พิจารณานี้ ให้กำหนดภายใต้ข้อสมมติที่ว่า ชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบที่นำเข้ามาจากกระบวนการก่อนหน้ามีความถูกต้องเสมอ เพื่อจะได้พิจารณาถึงลักษณะข้อบกพร่องที่แท้จริงของกระบวนการที่พิจารณาได้ ยกเว้นในกรณีที่คณะทำงาน FMEA มีข้อมูลในอดีตที่แสดงถึงความไร้ประสิทธิภาพของวัตถุดิบนำเข้า

11) แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง ในช่องนี้ของแบบฟอร์ม FMEA ให้แสดงแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องที่มีความหมายว่า ผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่องที่กระทบกับลูกค้า โดยผลกระทบดังกล่าวอาจจะอยู่ในรูปของสิ่งที่ลูกค้าสังเกตเห็นหรือสิ่งที่ลูกค้าเคยมีประสบการณ์มาก่อนก็ได้ในกรณีที่เป็นลูกค้าภายใน ผลจากข้อบกพร่องจะอธิบายในเทอมของ สมรรถนะของกระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงาน เช่น ไม่สามารถทำให้แน่นได้ ไม่สามารถสวมได้ ไม่สามารถเจาะได้ ผู้ปฏิบัติงานมีอันตราย ทำให้อุปกรณ์เสียหาย ไม่สามารถวิเคราะห์ผลได้ ฯลฯ ในกรณีที่เป็นลูกค้าภายนอก ผลจากข้อบกพร่องจะอธิบายในเทอมของ สมรรถนะของผลิตภัณฑ์หรือระบบ เช่น เกิดเสียงดัง ผิวหยาบ ไม่สามารถใช้งานได้ มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ รั่ว ไม่มีเสถียรภาพ รีเวิร์ก ซ่อมบำรุงยาก ใช้ความพยายามมากเกินไป ฯลฯ

12) ความรุนแรงของผลกระทบ (Severity-S) ในช่องนี้จะวิเคราะห์ถึงความรุนแรงของแนวโน้มของผลกระทบจากข้อบกพร่องที่กำหนดให้ในช่องที่ 11) โดยความรุนแรงจะหมายถึงขนาดของความรุนแรง (Seriousness) ของผลกระทบและความรุนแรงนี้ จะเป็นลักษณะเชิงสัมพันธ์ภายใต้ขอบเขตของแต่ละ FMEA และในการลดขนาดของความรุนแรงของผลกระทบนี้จะได้มา

จากการออกแบบใหม่สำหรับระบบหรือกระบวนการเท่านั้น (ไม่สามารถดำเนินการโดยการเปลี่ยนแปลงความคาดหวังของลูกค้าได้)

ในกรณีที่จะประเมินความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อโรงงานประกอบหรือผู้ใช้ผลิตภัณฑ์นั้น จะเป็นสิ่งที่ออกนอกขอบเขต หรือประสบการณ์ ความรู้ของวิศวกรประจำกระบวนการ โดยสถานการณ์เช่นนี้คณะทำงานสำหรับกระบวนการ FMEA มีความจำเป็นต้องขอคำปรึกษาจากคณะทำงาน FMEA สำหรับการออกแบบ วิศวกรออกแบบ และ/ หรือวิศวกรประจำกระบวนการผลิตของลูกค้า ฯลฯ

ในการประเมินความรุนแรง คณะทำงาน FMEA ควรจะกำหนดกฎเกณฑ์สำหรับการประเมินผลก่อนเสมอ โดยทั่วไปอาจจะใช้สเกล 1-10 (อาจใช้สเกล 1-4, 1-25 หรือ 1-100 ก็ได้ โดยสนใจถึงความสามารถในการแยกความแตกต่างของสเกลที่ใช้ได้) และควรกำหนดให้ความรุนแรงที่สูงที่สุด (อาจจะหมายถึง ความมีอันตรายของลูกค้า) ได้คะแนนสูงที่สุด ให้ความรุนแรงที่ต่ำที่สุด (อาจจะหมายถึง ผลกระทบที่ลูกค้าไม่ได้ให้ความสนใจหรือไม่สามารถสังเกตได้) ได้คะแนนต่ำที่สุด และถ้าผลกระทบใดได้คะแนนต่ำที่สุดแล้วก็จะทำการตัดผลกระทบดังกล่าวออกจากการพิจารณาต่อไป

ตารางที่ 2-2 แสดงถึงตัวอย่างของการให้คะแนนความรุนแรงของผลกระทบ (จาก AIAG (2001), p.43) โดยเกณฑ์ดังกล่าวจะพิจารณาลูกค้าภายนอกที่เป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ก่อนเป็นลำดับแรก จากนั้นจึงพิจารณาถึงกระบวนการภายใน และกรณีที่ผลกระทบเกิดขึ้นทั้งลูกค้าภายนอกและลูกค้าภายใน ให้ใช้คะแนนจากความรุนแรงที่สูงกว่าจากการประเมินในการวิเคราะห์ FMEA

ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการภายใน	คะแนน
เกิดอันตรายโดยไม่มีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้ หรือขัดต่อกฎหมายโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
เกิดอันตรายโดยมีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือขัดต่อกฎหมายโดยมีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยมีการเตือนล่วงหน้า	9
ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้ (เนื่องจากสูญเสียหน้าที่หลัก)	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจต้องถูกทำลายหรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงโดยใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง	8
ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ระดับสมรรถนะลดลงจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจมาก	อาจจะมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบคัดเลือก (Sorting) และผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจถูกทำลายหรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงระหว่างครึ่งถึงหนึ่งชั่วโมง	7
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้ แต่ขาดความสะดวกสบายและทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจถูกทำลายและไม่ต้องตรวจสอบแบบคัดเลือก (Sorting) หรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงใช้เวลาต่ำกว่าครึ่งชั่วโมง	6
ผลกระทบต่ำ	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้ด้วยความสะดวกสบายแต่ระดับสมรรถนะลดลง	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจต้องได้รับการรีเวิร์ก หรือได้รับการซ่อมแซมนอกสายการผลิตที่ฝ่ายผลิต	5
ผลกระทบต่ำมาก	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์อาจได้รับการตรวจสอบแบบคัดเลือก (Sorting) โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลายแต่บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจได้รับการรีเวิร์ก	4

ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (ต่อ)

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการภายใน	คะแนน
ผลกระทบเล็กน้อย	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้าประมาณครึ่งหนึ่งสามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจต้องได้รับการรีเวิร์กในสายการผลิต แต่นอกจุดปฏิบัติงานที่ต้องถูกทำลาย	3
เกือบไม่มีผลกระทบ	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้าส่วนน้อย (ต่ำกว่า 25%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจต้องได้รับการรีเวิร์กในสายการผลิตที่จุดปฏิบัติงานโดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลาย	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตเห็นได้	อาจมีความไม่สะดวกสบายเล็กน้อยต่อการปฏิบัติงานหรือตัวพนักงาน หรือไม่มีผลกระทบใด ๆ	1

13) ช่องนี้อาจจะได้รับการใช้ในการจำแนก (classify) คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการพิเศษ (เช่น คุณลักษณะวิกฤต สำคัญมาก สำคัญ มีนัยสำคัญ) สำหรับชิ้นส่วนประกอบระบบย่อย หรือระบบที่อาจต้องการควบคุมกระบวนการเพิ่มเติม นอกจากนี้ก็อาจจะใช้ช่องนี้ในการกำหนดถึงลักษณะข้อบกพร่องที่สำคัญมากจากการประเมินผลด้านวิศวกรรมในการกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการพิเศษนี้ จะใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดโดยแต่ละบริษัท และมิได้กำหนดเป็นมาตรฐานทั่วไป

14) แนวโน้มของสาเหตุ/ กลไกข้อบกพร่อง ในช่องนี้ผู้วิเคราะห์ FMEA จะต้องค้นหาสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่องมาใส่ลงไป สาเหตุของข้อบกพร่อง หมายถึง วิธีการที่ข้อบกพร่องจะเกิดขึ้นโดยอธิบายในรูปของสิ่งที่จะได้รับการแก้ไข หรือสามารถได้รับการควบคุมได้ การค้นหาสาเหตุอาจจะดำเนินการผ่านแนวความคิดของกระบวนการ หรือจากสภาวะจริงของกระบวนการ และต้องพยายามหลีกเลี่ยงความเข้าใจผิด ระหว่างสาเหตุ มาตรการตอบโต้ ตลอดจนอาการของปัญหาหรือลักษณะของข้อบกพร่องในการค้นหาสาเหตุของลักษณะของข้อบกพร่องต้องพยายามค้นหาให้ทราบถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดโดยสาเหตุบางสาเหตุจะมีผลกระทบต่อลักษณะข้อบกพร่องโดยตรง (ถ้าหากควบคุมสาเหตุดังกล่าวได้ ก็จะไม่เกิดลักษณะข้อบกพร่องอีก) ก็จะทำให้ FMEA สมบูรณ์มาก อย่างไรก็ตาม สาเหตุจำนวนมากมักจะเป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นพร้อมกันได้

การแก้ไขหรือควบคุมสาเหตุเหล่านี้ มีความจำเป็นต้องใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (DOE) ในการค้นหาสาเหตุรากเหง้าที่มีผลมากที่สุดต่อลักษณะข้อบกพร่องเพื่อดำเนินการควบคุมต่อไป

15) โอกาสเกิดขึ้น (Occurrence-O) โอกาสการเกิดขึ้น หมายถึง ความเป็นไปได้ของสาเหตุหรือกลไกเฉพาะหนึ่งจะเกิดขึ้น ดังนั้นอันดับของความเป็นไปได้ในการเกิด (likelihood of Occurrence) จึงมีความหมายเชิงสัมพัทธ์มากกว่าตัวเลขสัมบูรณ์ และการลดโอกาสการเกิดขึ้นนี้จะต้องได้มาก การป้องกันหรือการควบคุมสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่องที่ผ่านการเปลี่ยนแปลงแบบหรือกระบวนการเท่านั้น

ระบบของการให้คะแนนกับโอกาสการเกิดนี้ ควรได้รับการกำหนดให้มั่นใจถึงความต่อเนื่อง โดยคะแนนแสดงลำดับของโอกาสการเกิดขึ้นจะมีอัตราที่มีความสัมพัทธ์กับขอบเขตของ FMEA และอาจจะไม่สะท้อนถึงความเป็นไปได้จริงของการเกิดขึ้น

การกำหนดคะแนนให้กับโอกาสการเกิด จะอาศัยอัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (Possible Failure Rates) ที่จะขึ้นอยู่กับจำนวนของข้อบกพร่องที่มีการคาดหมายในระหว่างการปฏิบัติกับกระบวนการ หรืออาจจะได้มาจากข้อมูลเชิงสถิติ P_{pk} (ดัชนีความสามารถเชิงสมรรถนะ) สำหรับกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน แสดงได้ดังสมการ

$$P_{pk}=\min\left(\frac{USL-\bar{\bar{X}}}{3\sigma_{lt}},\ \frac{\bar{\bar{X}}-LSL}{3\sigma_{lt}}\right)$$

เมื่อ USL, LSL = พิกัดเฉพาะด้านบนและล่าง โดยลำดับ

$\bar{\bar{X}}$ = ค่ากลางของกระบวนการ

σ_{lt} = ค่าความแปรผันของกระบวนการในระยะยาว

อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะอาศัยข้อมูลใดในการคาดหมายก็ตาม ผู้วิเคราะห์ FMEA จะต้องใช้การตัดสินใจเชิงอัตวิสัยในการช่วยประเมินผลอยู่ดี ดังแสดงตัวอย่างกฎเกณฑ์ในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง

โอกาสในเกิดการเกิดขึ้นของสาเหตุหนึ่ง ๆ	อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (ppm)	P_{pk}	คะแนน
สูงมาก: เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	≥ 100,000 หรือ (10%)	< 0.55	10
	50,000 หรือ (5%)	≥ 0.55	9
สูง: เกิดข้อบกพร่องบ่อย	20,000 หรือ (2%)	≥ 0.78	8
	10,000 หรือ (1%)	≥ 0.86	7
ปานกลาง: เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	5,000 หรือ (0.5%)	≥ 0.94	6
ปานกลาง: เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	2,000 หรือ (0.2%)	≥ 1.00	5
	1,000 หรือ (0.1%)	≥ 1.10	4
ต่ำ: เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	500	≥ 1.20	3
	100	≥ 1.30	2
ห่างไกล: เกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเลย	10	≥ 1.67	1

16) การควบคุมในปัจจุบัน ในช่องนี้จะแสดงถึงระบบการควบคุมกระบวนการในปัจจุบัน การควบคุมกระบวนการ คือ ลักษณะของการควบคุมที่อาจจะอยู่ในรูปการป้องกัน สิ่งที่เป็นไปได้ของลักษณะข้อบกพร่องหรือสาเหตุตลอดกลไกของข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง หรือสาเหตุตลอดจนกลไกของข้อบกพร่องที่อาจจะทำให้เกิดขึ้น

17) การตรวจจับ (Detection-D) ในช่องนี้จะใส่คะแนนที่ประเมินผลถึงความสามารถในการควบคุมของระบบการควบคุมในปัจจุบัน โดยคะแนนการตรวจจับจะเป็นปริมาณเชิงสัมพัทธ์ภายใต้ขอบเขตของ FMEA สำหรับแต่ละกระบวนการที่ทำการศึกษา และการจะให้คะแนนตรวจจับมีค่าต่ำลง (คือ มีความสามารถในการตรวจจับที่ดีขึ้น) จะต้องเกิดมาจากการเปลี่ยนวิธีการควบคุมที่ได้วางแผนไว้เท่านั้น ในการพิจารณาคะแนนประเมินผลการตรวจจับนี้ จะต้องพิจารณาจากความสามารถของระบบการควบคุมในปัจจุบันที่จะป้องกันการส่งมอบข้อบกพร่องถึงลูกค้าเท่านั้น โดยต้องไม่คำนึงถึงความเป็นไปได้ของการเกิดขึ้น (Likelihood of Occurrence) ของลักษณะข้อบกพร่อง นอกจากนี้แล้วจะต้องมีความเข้าใจว่าวิธีการชักสิ่งตัวอย่าง (Sampling Techniques) จะเป็นวิธีการควบคุมกระบวนการเชิงตรวจจับมากกว่าจะเป็นวิธีการควบคุมที่จะป้องกัน

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

ข้อบกพร่องจากการส่งมอบให้กับลูกค้า ดังนั้นการชักสิ่งตัวอย่างจึงไม่ควรจะมีผลใด ๆ ต่ออันดับคะแนนของการตรวจจับ (D)

ตารางที่ 2-4 แสดงถึงตัวอย่างของกฎเกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการตรวจจับของระบบการควบคุมกระบวนการ

ตารางที่ 2-4 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม

ภารตรวจจับ	กฎเกณฑ์	ประเภทการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีภารตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีระบบการตรวจจับใด ๆ			X	ไม่สามารถตรวจจับหรือตรวจสอบได้	10
ห่างไกลมาก	มีระบบควบคุม แต่ไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้			X	การควบคุมกระทำได้โดยทางอ้อมหรือเป็นเพียงการสุ่มตรวจเท่านั้น	9
ห่างไกล	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			X	การควบคุมกระทำได้ด้วยการตรวจสอบด้วยตาเปล่า (visual inspection) เท่านั้น	8
ต่ำมาก	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			X	การควบคุมกระทำได้ด้วยการตรวจสอบด้วยตาเปล่าสองครั้ง (double visual inspection) เท่านั้น	7
ต่ำ	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้		X	X	การควบคุมกระทำได้ด้วยแผนภูมิ SPC	6
ปานกลาง	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้		X		มีการควบคุมโดยใช้เครื่องมือวัด วัดชิ้นงานก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน หรือใช้เกจแบบ Go/No Go กับงานทั้งหมดก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน	5
ค่อนข้างสูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	X	X		มีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปหรือมีการใช้เครื่องมือวัดวัดชิ้นงานชิ้นแรกในขั้นตอนงานการปรับตั้ง (set-up)	4

365505

18) ตัวเลขแสดงลำดับของความเสี่ยง (RPN – Risk Priority Number) ในช่องนี้ให้ใส่ตัวเลขที่แสดงถึงลำดับของความเสี่ยงที่พิจารณาได้จากองค์ประกอบ 3 ประการ คือ ความรุนแรง โอกาสการเกิดขึ้น และการตรวจจับ ดังนั้น RPN = S x O x D

โดยทั่วไปแล้ว ตัวเลข RPN จะไม่มีความหมายใด ๆ นอกจากใช้สื่อลำดับในการกำหนดความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องจากกระบวนการนั้น และเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าผู้วิเคราะห์สามารถให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดจนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แนะนำให้ผู้วิเคราะห์ FMEA ทำการวิเคราะห์คะแนน RPN ที่ได้ด้วยแผนภาพพาเรโต ถ้าหากการให้คะแนนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจริง จะพบว่าลักษณะข้อบกพร่องที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนน้อย และข้อบกพร่องที่มีความสำคัญน้อยจะมีจำนวนมากตามหลักการพาเรโต มิฉะนั้นควรจะทบทวนเกณฑ์การให้คะแนนใหม่

19) วิธีการปฏิบัติการแก้ไข ในช่องนี้ของแบบฟอร์ม FMEA สำหรับกระบวนการให้ทำการระบุวิธีการปฏิบัติเพื่อตอบโต้เชิงป้องกัน/แก้ไขกับลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงมากที่สุดก่อน (ในกรณีที่ S มีคะแนน 9 หรือ 10 ให้กำหนดมาตรการตอบโต้ทันที โดยไม่สนใจว่า RPN จะมีค่าเท่าไร) และจากนั้นให้ทำการพิจารณามาตรการตอบโต้กับลักษณะข้อบกพร่องที่มีคะแนน RPN สูงในลำดับแรก ๆ

แนวทางการกำหนดมาตรการตอบโต้จะต้องอยู่บนพื้นฐานของการป้องกันลักษณะข้อบกพร่องมากกว่าการตรวจจับ ดังนั้น มาตรการลดโอกาสการเกิดขึ้นและการลดความรุนแรงจึงเป็นสิ่งที่ควรได้รับการพิจารณาก่อนมาตรการการปรับปรุงระบบการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง นอกจากนี้แล้วการปรับปรุงระบบการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องนี้จะถือเป็นการปรับปรุงคุณภาพที่ไม่มีประสิทธิผลและใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง

หลังจากที่คณะทำงาน FMEA ดำเนินการกับลักษณะข้อบกพร่องที่มีคะแนนความรุนแรงเท่ากับ 9 หรือ 10 แล้ว คณะทำงานก็ควรจะให้ความสนใจลักษณะข้อบกพร่องอื่น ๆ โดยมีความประสงค์ในการลดความเสี่ยงเนื่องจากความรุนแรง โอกาสที่เกิดขึ้น และการตรวจจับโดยลำดับ

20) ผู้รับผิดชอบในการปฏิบัติการแก้ไขและวันเสร็จสิ้น ในช่องนี้ให้ระบุชื่อบุคคลที่รับผิดชอบต่อการดำเนินการปฏิบัติการแก้ไขนี้ รวมทั้งระบุวันเสร็จสิ้นที่เป็นเป้าหมายด้วย

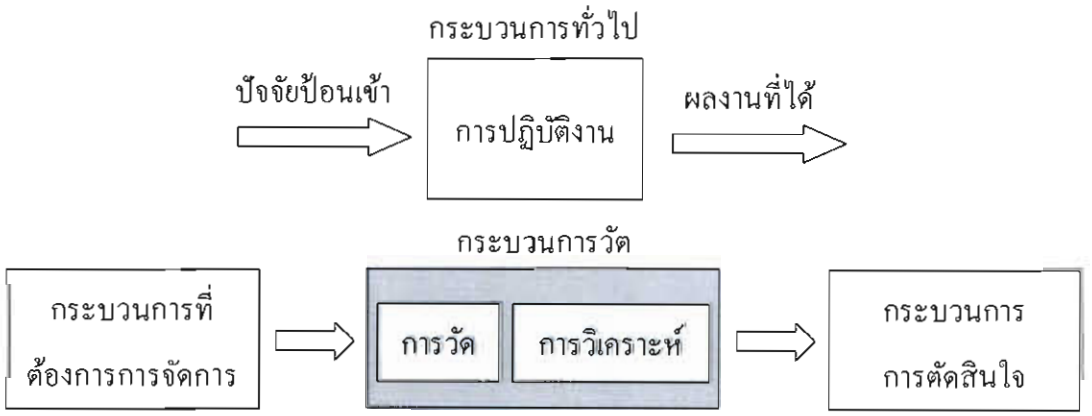
21) การแก้ไข ในช่องนี้ให้ทำการสรุปสั้น ๆ ถึงรายละเอียดของการปฏิบัติการแก้ไขที่ได้กระทำไปรวมถึงวันที่เสร็จสิ้นด้วย

22) ผลการแก้ไข ภายหลังจากมีการบ่งชี้มาตรการแก้ไข/ ป้องกันแล้วให้ทำการประมาณค่าและบันทึกผลการประเมินความรุนแรง โอกาสการเกิดขึ้นและการตรวจจับ พร้อมคำนวณค่า RPN อีกครั้ง แต่ถ้ามิได้มีการกำหนดมาตรการใด ๆ เลย ให้ปล่อยช่องนี้ให้ว่างไว้

นอกจากนี้แล้วควรจะมีการทบทวนคะแนนประเมินเหล่านี้อีกครั้ง และถ้ามีการปฏิบัติการแก้ไขใด ๆ แล้ว ให้ดำเนินการวิเคราะห์ซ้ำอีกครั้งตั้งแต่ขั้นตอน 19 ถึง 22 โดยการดำเนินการควรอยู่บนแนวความคิดของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ FMEA คือเอกสารที่มีชีวิตตลอดไป

3. การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measure System Analysis: MSA)

คำว่า "ระบบ" จะมีความหมายถึง องค์ประกอบ (combination) ดังนั้น ระบบการวัดจึงหมายถึง องค์ประกอบของปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ได้มาซึ่งค่าวัด และโดยทั่วไปจะแสดงในรูปของความต่อเนื่องของกิจกรรมการวัด หรือ "กระบวนการ" เช่นเดียวกับกระบวนการทั่ว ๆ ไป หรือระบบการวัด คือ สิ่งที่รวบรวมไว้ซึ่งอุปกรณ์วัดฤดิบหรืออุปกรณ์การวัด (เกจ) มาตรฐาน ขั้นตอนการปฏิบัติการ วิธี อุปกรณ์จับยึดงาน ซอฟต์แวร์ บุคลากร สิ่งแวดล้อม และข้อสมมติต่าง ๆ ที่ใช้ในการกำหนดปริมาณของหน่วยวัด หรือ ประเมินคุณลักษณะที่ได้รับการวัด ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 ระบบการวัดในรูปของกระบวนการ

ในการออกแบบระบบการวัดให้ตัวของระบบมีคุณสมบัติที่มีความเหมาะสมนั้น โดยทั่วไปแล้วระบบการวัดจะมีคุณสมบัติขั้นพื้นฐาน 4 ประการดังนี้

1. มีความไว (Sensitivity) และสามารถแยกความแตกต่าง (Discrimination) ของค่าที่วัดได้อย่างพอเพียง กล่าวคือ ส่วนเพิ่มของค่าวัดควรจะมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับความผันแปรของกระบวนการ (ในกรณีที่ใช้ระบบการวัดในการควบคุมกระบวนการ) หรือขนาด

ความคลาดเคลื่อนอนุโลมของข้อกำหนดเฉพาะ (ในกรณีที่ใช้ระบบการวัดในการตรวจสอบคุณภาพงาน) ซึ่งโดยทั่วไปมักใช้กฎ "10 ต่อ 1" ที่ระบุไว้ว่า ความสามารถในการแยกความแตกต่างของข้อมูลของระบบการวัดควรจะสามารถแบ่งความผันแปรของกระบวนการหรือช่วงความคลาดเคลื่อนอนุโลมออกได้อย่างน้อย 10 ส่วน

2. ระบบการวัดจะต้องอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ คือ ทำให้ความผันแปรของค่าวัดเป็นไปตามสาเหตุโดยธรรมชาติ ซึ่งจะทำให้ระบบการวัดมีคุณสมบัติที่ดีด้านความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability)

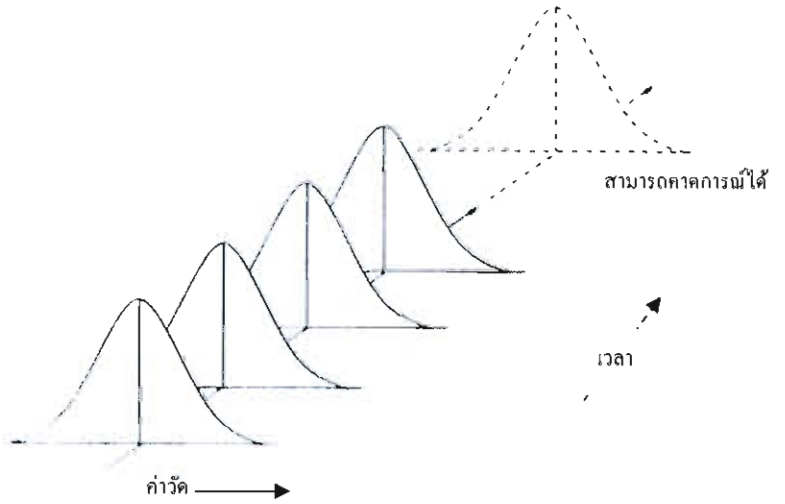
3. ในการควบคุมผลิตภัณฑ์ ความผันแปรของระบบการวัดจะต้องมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความคลาดเคลื่อนยินยอมของข้อกำหนดเฉพาะ

4. ในการควบคุมกระบวนการ ความผันแปรของระบบการวัดจะต้องมีคุณสมบัติที่แยกความแตกต่าง (resolution) ของชิ้นงานได้และต้องมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความผันแปรของกระบวนการผลิต

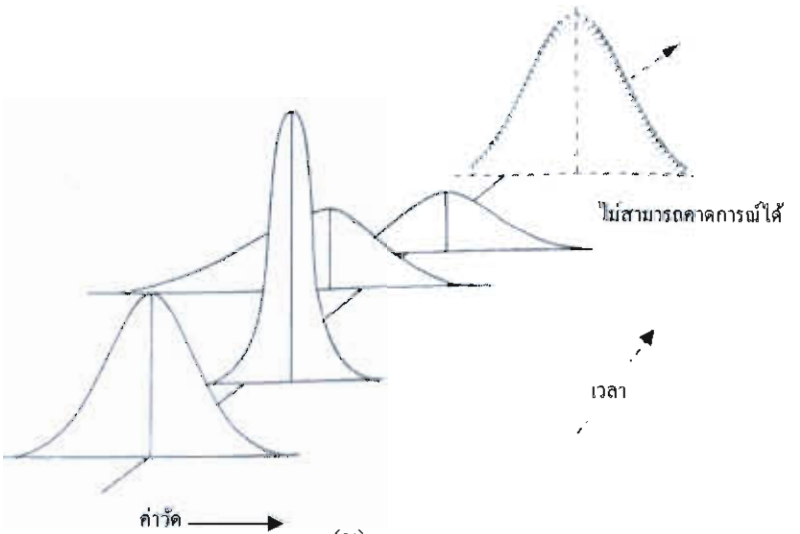
3.1 คุณสมบัติของระบบการวัด

ภายใต้ระบบการวัดที่ดีนั้น ค่าวัดที่ได้จะมีความผันแปรเสมอ โดยค่าความผันแปรเหล่านี้ควรจะมีค่ารอบค่าคงที่ของสิ่งที่ได้รับการวัด ซึ่งเป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่าและมีจุดประสงค์ที่จะกำหนดค่าตัวเลขให้และในทางทฤษฎีจะเรียกค่านี้ว่า ค่าจริง (True Value) แต่นักมาตรวิทยาอาจจะเรียกค่าดังกล่าวนี้ว่า ค่าที่เห็นพ้องกัน (Consensus Value) หรือ ค่าที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไป (Generally Accepted Value) หรือค่าอ้างอิงที่ได้รับการยอมรับ (Accepted Reference Value) หรือค่าอ้างอิง (Reference) หรือค่ามาสเตอร์ (Master Value)

ค่าวัดจากระบบการวัดนี้ ถ้ามีความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติ (Common or Chance Causes) แล้ว ตัวแบบจะสามารถคาดการณ์ได้ ดังภาพที่ 2-4 (ก) แต่ถ้ามีสาเหตุความผันแปรจากความผิดพลาด (Special or Assignable Cause) แล้ว ตัวแบบของความผันแปรที่ได้จะไม่สามารถคาดการณ์ได้ ดังภาพที่ 2-4 (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2-4 ตัวแบบของความผันแปรจากระบบการวัด

ดังนั้น ถ้ามีการพิจารณากระบวนการวัดในรูปของกระบวนการแล้ว จะพบว่าในทุก ๆ กระบวนการจะมีความผันแปรจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น เบงคิจิ โมริยามา ได้ให้ตัวอย่างของแหล่งความผันแปรจากระบบการวัดด้วยเครื่องมือกลดังตารางที่ 2-5

ดารางที่ 2-5 สาเหตุของความผันแปรในการวัดด้วยเครื่องมือเชิงกล

ประเภทความคลาดเคลื่อน	สาเหตุ	ตัวอย่าง
1. ความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัด	โครงสร้างของเครื่องมือวัดหรือวิธีการใช้งาน	สเกลไม่เท่ากัน มีความสึกหรอ แรงกดที่ใช้มีการเปลี่ยนแปลง ช่องกว้างไม่เท่ากัน
2. ความคลาดเคลื่อนจากพนักงานวัด	นิสัยของผู้วัด ระดับของการฝึกฝนและทักษะ	อ่านสเกลผิดพลาด วิธีการใช้เครื่องมือวัดมีความผิดพลาด
3. ความคลาดเคลื่อนจากปัจจัยภายนอก	ปัจจัยภายนอกต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ แสงสว่าง	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ วิธีการให้แสงสว่าง
4. ความคลาดเคลื่อนจากสาเหตุโดยธรรมชาติ	ปัจจัยต่าง ๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้และระบุได้	สภาวะแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย หรือสภาวะจิตใจของผู้วัด

3.2 ความคลาดเคลื่อนของค่าวัด

จากสาเหตุด้านความผันแปรในระบบการวัดที่ได้กล่าวถึง มีผลทำให้ค่าวัดที่ได้มีความเบี่ยงเบนไปจากค่าจริงของสิ่งที่ได้รับการวัดเสมอ กล่าวถือถ้าให้ X_i หมายถึง ค่าวัดที่ได้จากระบบการวัด และ X_i หมายถึง ค่าจริงของสิ่งที่ได้มีการวัดแล้ว ได้ผลว่า

$$X_i = \mu + \varepsilon_i$$

ค่า ε_i จะหมายถึง ค่าความเบี่ยงเบนไปจากค่าจริงของค่าวัดที่ได้จากระบบการวัด เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของค่าวัด (Measurement Error) ที่ถือเป็นสาเหตุโดยธรรมชาติของระบบการวัด (ในบางตำราจะเรียกค่านี้ "ความผิดพลาดของค่าวัด" ซึ่งไม่น่าจะให้ความหมายที่ถูกต้องนัก เพราะ ค่าความเบี่ยงเบนดังกล่าวมาจากสาเหตุโดยธรรมชาติ มิใช่สาเหตุจากความผิดพลาด)

ดังนั้น ในการตัดสินใจเพื่อการประกันคุณภาพที่ดี มีความจำเป็นต้องพยายามทำให้ความคลาดเคลื่อนจากค่าวัดมีค่าต่ำสุดเพื่อจะให้ได้ค่าที่ใกล้กับค่าจริงของสิ่งที่ได้รับการวัดมากที่สุด และโดยทั่วไปแล้วอาจจะจำแนกความคลาดเคลื่อนนี้ออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

- ความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาด (Gross Error)
- ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (Systematic Error)

- ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (Random Error)

ความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาด หมายถึง ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากสาเหตุผิดพลาด (Special Causes) ของระบบการวัด ส่วนมากเกิดจากการขาดความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับเครื่องมือวัด และวิธีการวัดของพนักงานที่ทำหน้าที่วัด โดยลักษณะความคลาดเคลื่อนอาจจะมาจากการเลือกใช้เครื่องมือวัดที่ผิดพลาด หรือมาจากการอ่านค่าที่ผิดพลาด โดยความคลาดเคลื่อนในลักษณะเช่นนี้ไม่สามารถคาดการณ์ได้แต่สามารถกำจัดได้ในเบื้องต้นด้วย การทำระบบการวัดให้เป็นมาตรฐาน คือ การกำหนดขั้นตอนและวิธีการวัดที่แน่นอน การฝึกอบรมพนักงานวัด การทำมาตรฐานของสิ่งที่ได้รับการวัด และการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดอย่างถูกต้อง แล้วดำเนินการทวนสอบโดยอาศัยแผนภูมิควบคุม (Control Chart)

ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ หมายถึง ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าไบอัส (Bias) โดยที่นิยามค่าไบอัสว่าความคลาดเคลื่อนที่ค่าที่ควรจะเป็น (Expected Value) จากค่าวัดเบี่ยงเบนไปจากค่าจริงของสิ่งที่ได้รับการวัด หรือค่าอ้างอิงที่ได้รับการยอมรับ (Accepted Reference Value) โดยค่าที่ควรจะเป็นนี้ได้มาจากการเฉลี่ยออกความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของค่าวัด กล่าวคือ

ค่าไบอัส = $\overline{X}$ – ค่าจริง

ในบางตำราอาจจะเรียกค่า ไบอัสว่า ความแม่น (Accuracy) ที่ไม่น่าจะถูกต้องนัก เพราะว่าความแม่นจะหมายถึง “การเข้าใกล้ (Closeness)” ของค่าที่วัดกับค่าจริงหรือค่าอ้างอิงที่ได้รับการยอมรับ ในขณะที่ค่าไบอัสจะหมายถึง “ความเบี่ยงเบนออกจาก” ค่าที่ควรจะเป็นของค่าวัด ซึ่งโดยปกติแล้วในบริบทของคุณสมบัติของระบบการวัด มักจะกล่าวถึงความแม่นของระบบการวัด แต่สำหรับบริบทของการประเมินระบบการวัดนั้น จะกล่าวถึงค่าของไบอัส และนอกจากคำทั้งสองนี้แล้ว ยังมีค่าที่ใกล้เคียงกันอีกคำหนึ่ง คือ ค่าความจริง (Trueness) ที่หมายถึง การเข้าใกล้ของค่าควรจะเป็นที่ได้จากการเฉลี่ยออกความผันแปรของค่าวัดจำนวนมาก ๆ กับค่าอ้างอิงที่ได้รับการยอมรับ

ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบนี้จะมีสาเหตุโดยส่วนใหญ่จากโครงสร้างของเครื่องมือวัด นอกจากนี้อาจจะมีผลมาจากปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อค่าวัดหรือปริมาณที่มีผลต่อการวัด (Influence Quantity) ซึ่งหมายความถึงปริมาณที่มิใช่ปริมาณของสิ่งที่ได้รับการวัดแต่มีผลต่อค่าวัด เช่น กรณีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสำหรับการใช้ไมโคมิเตอร์วัดความยาว หรือความถี่ในการวัดขนาดความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าสลับ เป็นต้น

ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบนี้มักจะได้รับการกำหนดค่าด้วยผู้ผลิตหรือห้องปฏิบัติการสอบเทียบและสามารถกำจัดได้ด้วยการสอบเทียบ (Calibration) สำหรับกรณีของโครงสร้าง

ของเครื่องมือวัด และสามารถกำจัดได้ด้วยการควบคุมปริมาณที่มีอิทธิพลต่อค่าวัดด้วยการควบคุมสภาพแวดล้อมของระบบการวัด เช่น การใช้ตัวปรับเสถียรแรงดันไฟฟ้า (stabilizer) เป็นต้น

ความคลาดเคลื่อนประเภทสุดท้าย คือ ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม ซึ่งมีความหมายถึงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าวัดรอบค่าที่ควรจะเป็นของค่าวัดโดยมีลักษณะเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ โดยความคลาดเคลื่อนประเภทนี้มีสาเหตุมาจากธรรมชาติของระบบการวัด เช่น ค่าความล้าของพนักงาน การสึกหรอของเครื่องมือวัด ความคลาดเคลื่อนในการจับวางชิ้นงาน ฯลฯ โดยสาเหตุเหล่านี้ไม่สามารถกำจัดออกไปให้หมดได้ แต่สามารถทำให้ปริมาณลดลงได้ด้วยการใช้เครื่องมือจับยึดประเภทจิ๊ก (Jig) ฟิกเจอร์ (Fixture) เข้าช่วยได้

ดังนั้น อาจนิยามค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มได้จากสมการ

$$\varepsilon_i = X_i + \bar{X}$$

เมื่อกำหนดให้ ε_i เป็นค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของค่าวัดที่ได้ และโดยทั่วไปจะเรียกคุณสมบัติของค่าวัดที่แสดงถึงค่าการกระจายตัวของค่าวัดรอบค่าที่ควรจะเป็นของค่าวัดนี้ว่าค่าความเที่ยง (precision)

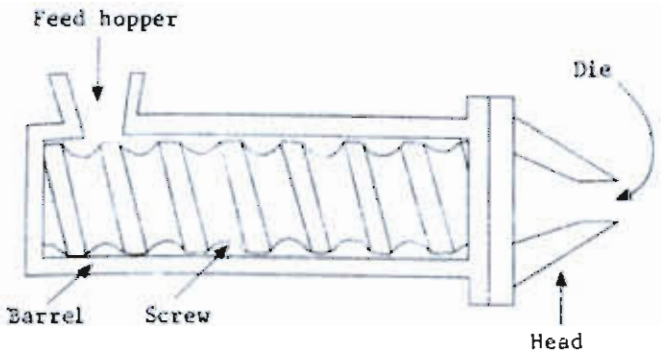
4. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางโดยเครื่องเอ็กซทรูดเดอร์ (Manufacture of Extruded Product)

เอ็กซทรูดเดอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ยางรูปแบบต่าง ๆ เช่น รูปร่างเป็นแท่งตัน (Rods) ท่อยางเสริมแรง (Hose) แผ่นหรือ Profiles ต่าง ๆ สำหรับงานผลิตดอกยางล้อ (Tread) และใช้สำหรับงานการผลิตยางเคลือบหรือหุ้มสายไฟและสายเคเบิ้ล เป็นต้น เทคโนโลยีการขึ้นรูปด้วยเครื่องเอ็กซทรูดเดอร์จึงค่อนข้างเป็นเทคโนโลยีที่ใช้อย่างกว้างขวางสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง เช่น การผลิตยางในรถต่าง ๆ ยางรัดของและใช้ในงานเอกสารยางขอบกระจก เป็นต้น

เครื่องเอ็กซทรูดเตอร์ใช้เพื่อดันยางผ่านดาย (Die) เป็นเครื่องที่ทำงานโดยการดันยางคอมปาวด์ (ที่ถูกหลอมให้อ่อนก่อน) ไปยังส่วนหัวของเครื่องซึ่งมีดายรูปร่างต่าง ๆ ตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ ยางจะออกจากดายเป็นชิ้นยาวและมีรูปลักษณะตามรูปของดาย ชนิดของเครื่องอาจแบ่งตามลักษณะการดันยางได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดหนึ่งเป็นเครื่องที่อาศัยแรงดันจากแรม (Ram) และอีกชนิดหนึ่งเป็นการอาศัยแรงดันยางจากการหมุนของรอบสกรู ชนิดหลังนี้เป็นชนิดที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและเรียกกันว่าเอกซทรูดเดอร์ (Extruder) หรือ Forcing Machine หรือ Tuber

เครื่องเอ็กซทรูดเดอร์ชนิดสกรู (Screw Extruder)

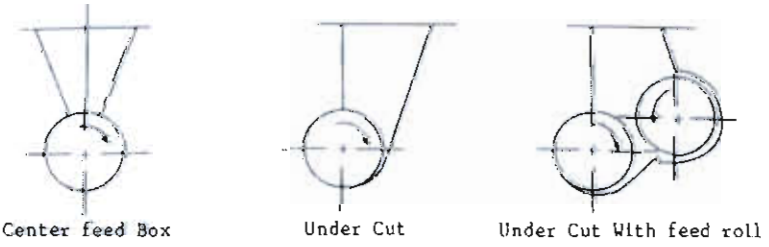
เครื่องเอ็กซทรูดเดอร์ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ ช่องสำหรับใส่ยาง (Feed Hopper) สกรูหมุนอยู่ภายในกระบอกเครื่อง (Barrel or Cylinder) ส่วนหัวของเครื่อง Head และส่วนของดาย แสดงได้ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 รูปตัดของเครื่องเอ็กซทรูดเดอร์

1) Feed Hopper

ช่องใส่ยางมีไว้เพื่อรับยางผ่านเข้าไปที่สกรู ยางที่จะป้อนเข้าเครื่องอาจอยู่ในสถานะร้อนหรือเป็นริ้ว หรือ เป็นชิ้น ตามที่เพิ่งถูกบดออกมาจากเครื่องบดผสมระบบปิดและป้อนแบบเป็นช่วง ๆ หรือป้อนติดต่อกันอย่างต่อเนื่อง หรืออาจป้อนยางในสถานะเย็นเป็นริ้ว ๆ หรือเป็นเม็ดช่องใส่ยางอาจมีลักษณะ Undercut หรือมีลูกกลิ้งช่วยป้อนยาง โดยลูกกลิ้งนี้จะอยู่ในตำแหน่งข้างและขนานกับสกรู แสดงได้ดังภาพที่ 2-6 ลูกกลิ้งช่วยป้อนยางจะช่วยส่งยางไปที่สกรูอย่างสม่ำเสมอ



ภาพที่ 2-6 ช่องใส่ยางแบบต่าง ๆ

2) Screw

สกรูของเครื่องหมุนโดยมอเตอร์ไฟฟ้าและควบคุมความเร็วของการหมุนด้วยเกียร์ทดกำลัง (Reduction Gear) ปกติสกรูจะหมุนในกระบอกของเครื่องด้วยความเร็วประมาณ 50 รอบต่อนาที และสกรูจะห่างกับผิวกระบอกของเครื่องประมาณ 0.4 มิลลิเมตร สำหรับการป้อนยางในสถานะร้อนจะใช้สกรูขนาดความยาว : เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 : 1 หรือ 5 : 1 และการป้อนยางในสถานะเย็นสัดส่วนดังกล่าวจะเพิ่มเป็น 15 : 1 หรือ 20 : 1 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของยางที่จะดันออกจากดาย

3) Head

ที่ส่วนหัวของเครื่องเป็นแรงดัน ซึ่งยางถูกดันขณะสกรูหมุนและเป็นที่ที่ยางผ่านทางดาย การควบคุมอุณหภูมิที่ส่วนหัวของเครื่องเป็นเรื่องจำเป็นมาก อนึ่งในบรรดาส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องเอ็กซทรูดเดอร์นั้น การออกแบบส่วนหัวของเครื่องเป็นเรื่องสำคัญมาก แต่มักขาดความสนใจกัน ที่ส่วนหัวนี้ยางจะต้องเคลื่อนออกอย่างสม่ำเสมอไปที่ดาย และควรเคลื่อนด้วยแรงดันและความเร็วที่สม่ำเสมอด้วย จุดหนึ่งจุดใดที่เกิดการหยุดชะงักของยาง เรียกว่า Dead Spots ซึ่งการเกิดจุดหยุดชะงักของยางขึ้น ยางจะเกิดการคงรูป เป็นผลให้ปรากฏรอยตำหนิในยางที่ออกจากดาย

4) Die

ส่วนสุดท้ายของเครื่องเป็นที่ปรับแรงดัน ซึ่งยางถูกดันขณะสกรูหมุนและเป็นที่ที่ยางผ่านออกทางดาย การควบคุมอุณหภูมิที่ส่วนหัวของเครื่องเป็นเรื่องจำเป็นมาก อนึ่งในการออกแบบดายต้องเผื่อการขยายตัว หรือการบวม (Expansion หรือ Swell) ที่จะเกิดกับยางที่ถูกดันผ่านดายออกมา (Extruder) เนื่องด้วยยางเกิดการหดตัวตามความยาว และเกิดการบวมมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับ 1) รูปร่างของส่วนหัวของเครื่องและรูปร่างของยางที่ถูกดันออกจากดาย 2) แรงอัดที่ส่วนหัวของเครื่อง 3) อุณหภูมิของส่วนหัวของเครื่องและของยาง และ 4) ลักษณะการไหลของยางคอมปาวด์

การทำงานของเครื่อง

ผลิตภัณฑ์ยางหลายชนิดที่ผลิตโดยการใช้เครื่องเอ็กซทรูดเดอร์แบบสกรู เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทท่อต่าง ๆ (เช่น ท่อยางฉีดน้ำ ยางวงรัดของ ยางในรถ ฯลฯ) ส่วนที่จำเป็นดอกยางรถ (Tread) ยางหุ้มสายเคเบิ้ลหรือหุ้มเส้นลวดที่ใช้แประกอบทำยางล้อรถยนต์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นเครื่องเอ็กซทรูดเดอร์เพื่อแยกหรือกรองสิ่งสกปรก (เช่น เศษไม้ เศษโลหะ) ออกจากยางโดยการยึดในลวด (Wire Gauze) ที่ส่วนหัวของเครื่อง การแยกหรือกรองยางดังกล่าวนี้เป็นการช่วยทำให้ยางอ่อนตัวและช่วยให้ยางมีความสม่ำเสมออย่างทั่วถึงอีกด้วย อนึ่ง เนื่องด้วยขณะที่แยกหรือกรองยางนี้ต้องใช้ความร้อน ดังนั้นจึงไม่แนะนำให้ผสมกำมะถันหรือสารทำให้ยางคงรูป

ชนิดอื่น ๆ กับยางที่จะนำไปกรองเมื่อป้อนยางลงในช่องสำหรับใส่ยาง ยางจะถูกดึงเป็นเกลียวระหว่างร่องของเกลียวสกรูกับผนังของกระบอกเครื่อง จนมีลักษณะคล้ายก้อนยางกลิ้งอยู่ที่เกลียวสกรู การหมุนของสกรูจะผลักดันให้ก้อนยางที่อ่อนตัวแล้วเคลื่อนตามกันไปข้างหน้า เมื่อก้อนยางเคลื่อนไปเรื่อย ๆ ก้อนยางก็จะอัดแน่นไม่มีที่ว่างและไม่สามารถหมุนรอบสกรู ยางที่อัดกันนี้ก็จะเริ่มไหลและถูกดันไปยังส่วนหัวและตายต่อไปยางคอมปาวด์ที่จะนำมาขึ้นรูปด้วยการอัดรีดควรปราศจากสิ่งปลอมปนต่าง ๆ เพราะสิ่งปลอมปนเหล่านี้อาจไปติดอยู่ที่บริเวณหัวตาย และทำให้เกิดเป็นร่องยาวอยู่บนพื้นผิวของชิ้นงานได้ นอกจากสิ่งปลอมปนจากภายนอกแล้ว ควรต้องระวังการเกาะกลุ่มกันเป็นก้อนของสารตัวเติมหรือสารเคมีบางประเภทในระหว่างการเตรียมยางคอมปาวด์อีกด้วย นอกจากปัญหาเรื่องสิ่งปลอมปนแล้ว สภาวะของการขึ้นรูปก็มีผลต่อรูปร่างของชิ้นงานด้วยเช่นกัน กล่าวคือ หากผู้ผลิตทำการขึ้นรูปโดยใช้อัตราเร็วในการผลิต ที่สูงเกินไป คือ หากยางถูกดันให้ไหลผ่านหัวตายด้วยความเร็วที่สูงมากเกินไป ชิ้นงานที่ได้อาจเกิดการบิดเบี้ยว (Distortion) ของรูปร่างหรืออาจเกิดรอยตำหนิที่บริเวณพื้นผิวได้ เรียกปรากฏการณ์การบิดเบี้ยวของรูปร่างของชิ้นงานดังกล่าวว่า Melt Fracture

นอกจากปัญหาต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังมีปัญหาอื่น ๆ ที่อาจพบได้ในการขึ้นรูปยางด้วยเครื่องเอ็กซทรูดเดอร์ซึ่งปัญหาเหล่านี้ ได้แก่

1) ปัญหายางเหนียวติดเกลียวหนอน ปัญหานี้เกิดจากยางนิ่มมากเกินไป สามารถแก้ไขได้โดยการนำยางไปคลุกแป้งก่อนป้อนเข้าสู่เครื่อง

2) ปัญหารูพรุนในยางเนื่องจากไล่อากาศออกไม่หมด ปัญหานี้เกิดจากความดันไหลกลับ (Back Pressure) ของยางไม่สูงเพียงพอ ดังนั้นเพื่อเลี่ยงปัญหาที่อาจจะเกิดจากหัวตายที่ใหญ่เกินไป พื้นที่ภาพตัดขวางของหัวตายควรมีค่าไม่เกิน ¼ ของพื้นที่ภาพตัดขวางของบาเรล

3) ปัญหาการฉีกขาดตามขอบของชิ้นงาน ปัญหานี้อาจเกิดจากยางคอมปาวด์มีความแข็งแรง ที่ไม่สูงเพียงพอ ควรแก้ไขปัญหานี้โดยการปรับปริมาณของสารตัวเติมเสริมแรงให้สูงขึ้น

4) ปัญหาพื้นผิวชิ้นงานที่หยาบ อาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่นยางได้รับการบดย่อย (Mastication) ไม่มากเพียงพอ สารเคมีโดยเฉพาะสารตัวเติมอาจแตกตัวและ/ หรือกระจายตัวได้ไม่ดี เกิดปัญหาเรื่องจุดตาย (Dead Spot) อุณหภูมิที่หัวตายต่ำเกินไป

ปัญหาเรื่องการย้อย (Sagging) ซึ่งหากพบในยางธรรมชาติก็ให้เติมแฟกทิซลงไปในปริมาณที่สูงขึ้น หรืออาจทำการปรับสูตรเคมียางเพื่อให้ยางมีอัตราเร็วในการคงรูปสูงขึ้น นอกจากนี้การผสมยางสไตรีนบิวตาไดอีน (SBR) ลงไปในยางธรรมชาติก็สามารถช่วยลดปัญหาการย้อยได้เช่นกัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในอุตสาหกรรมยานยนต์

ปวีณ์สุดา ปานอำไพ (2533) ประยุกต์แนวทางในการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกมา 5 ขั้นตอน (DMAIC) การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) และเครื่องมือคุณภาพต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตคอยล์เย็น การดำเนินงานสามารถสรุปได้ดังนี้

1.1 การนิยามปัญหา ศึกษาสภาพปัญหาของเสียที่เกิดจากความผิดพลาดของกระบวนการผลิต กำหนดเป้าหมาย ขอบเขตของการปรับปรุง และจัดตั้งทีมงาน

1.2 การวัดสภาพปัญหา เก็บข้อมูลแยกประเภทของเสียประเภทตัวงานคอยล์เย็นและชิ้นส่วน Core plate ซึ่งมีมูลค่าการทิ้งสูงสุด

1.3 การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสีย โดยการระดมสมองเพื่อทำแผนภูมิก้างปลา และ FMEA โดยคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) เพื่อเลือกสาเหตุที่มีค่า RPN สูงกว่า 100 คะแนนมาทำการแก้ไข

1.4 การปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ค่า RPN ลดต่ำกว่า 100 คะแนน จึงทำการติดตั้งระบบควบคุมเครื่องจักร ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดขนาดชิ้นงาน และฝึกอบรมวิธีการทำงานที่ถูกต้องแก่พนักงาน

1.5 การควบคุม จัดทำบอร์ดชี้ควบคุมปริมาณของเสีย และจัดเอกสารควบคุมการผลิตเพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด จากนั้นเปรียบเทียบข้อมูลของเสียก่อนและหลังทำการแก้ไขปรับปรุง ซึ่งผลของงานวิจัยนี้ พบว่าสามารถลดอัตราการเกิดของเสียตัวงานคอยล์เย็นจาก 0.216% ลดลงเหลือ 0.107% หรือลดลง 50.46% ลดจำนวนของเสียโดยเฉลี่ยของชิ้นส่วน Core Plate จาก 3,333 ชิ้นต่อเดือนลดลงเหลือ 648 ชิ้นต่อเดือน ส่งผลให้มูลค่าของเสียของกระบวนการผลิตคอยล์เย็นลดลงจาก 0.019% ลงเหลือ 0.007% หรือลดลง 63.16%

2. งานวิจัยเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงาน

กรณิการ์ กล้าหาญ (2553) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประยุกต์ใช้แนวทางการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment Approach) ไปใช้ในการพัฒนาคู่มือวิธีปฏิบัติงาน (Procedure Manual) ที่คำนึงถึงความปลอดภัย ซึ่งการประเมินความเสี่ยงเป็นวิธีการที่สามารถป้องกันสิ่งที่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยได้ด้วย ดังนั้นจึงได้นำแนวทางการประเมินความเสี่ยงมาใช้ในการสร้างและพัฒนาคู่มือวิธีปฏิบัติงาน โดยงานวิจัยนี้ยังได้นำ Six Sigma (DMAIC) เป็นวิธีการในการดำเนินงานวิจัย ซึ่งในระยะค้นหา (Define: D), การวัด (Measure: M) และการวิเคราะห์ (Analyze: A) ได้มีการประยุกต์แนวทางการประเมินความเสี่ยง ทำให้ได้ความเสี่ยงที่ต้องการแก้ไขจำนวน 15 เรื่อง ส่วนในระยะการนำไปปฏิบัติและปรับปรุง (Implement and Improvement: I) ได้มี

การทดลองใช้คู่มือวิธีปฏิบัติงานที่สร้างขึ้นและได้แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลองใช้ ทำให้สามารถลดคู่มือวิธีปฏิบัติงานจาก 12 เรื่องเหลือ 8 เรื่อง และในระยะควบคุม (Control: C) ได้มีการนำเครื่องมือต่างๆ ได้แก่ FMEA, Control Plan, Audit Plan และการประเมินตนเอง ผลจากการวิจัยพบว่า คู่มือวิธีปฏิบัติงานที่สร้างจากแนวทางการประเมินความเสี่ยงนั้นสามารถแก้ไขความเสี่ยงได้ 6 เรื่อง และยังเป็นไปตามมาตรฐานทางด้านความปลอดภัย

3. งานวิจัยในอุตสาหกรรมการผลิตทั่วไป

สารัช ยมลยง (2550) งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดต้นทุนของเสียต่อหน่วยและปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยทางผู้จัดทำได้มุ่งเน้นการปรับปรุงและออกแบบเครื่องมือเพื่อเน้นทางด้านคุณภาพเป็นหลัก ซึ่งมุ่งหวังจะปรับปรุงกระบวนการและเครื่องมือที่สามารถลดปัญหาการเกิดของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังคงรักษาคุณภาพในการผลิตได้สอดคล้องต่อความต้องการของลูกค้า งานวิจัยนี้เริ่มตั้งแต่การหาระบบการวิเคราะห์ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อที่จะได้แก้ไขปัญหาได้อย่างตรงจุดและรวดเร็ว โดยใช้แนวทางการแก้ไขปัญหาแบบ DMAIC ซึ่งเป็นเครื่องมือการปรับปรุงคุณภาพ เมื่อทำการค้นหาและเก็บข้อมูลแล้ว ในโครงการได้มีการวิเคราะห์หาปัจจัยหลัก ที่มีผลต่อมูลค่าของเสียต่อหน่วยมากที่สุดและได้ทำการเลือกปรับปรุงกระบวนการในหัวข้อต่าง ๆ ตามลำดับความสำคัญจากการศึกษาพบว่ามีของเสียที่เกิดขึ้นโดยสูงกว่าของเสียเมื่อคำนวณจากอัตราของเสียของผลิตภัณฑ์ โดยส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการผลิตในขั้นตอนการดึง Fiber เป็นหนึ่งในสาเหตุหลักที่เกิดการสูญเสียที่สามารถปรับปรุงได้ เครื่องมือในการควบคุมการดึง Fiber แบบใหม่ได้ถูกออกแบบ และทดสอบโดยใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติก่อนที่จะได้มีการนำผลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในการผลิต จากการออกแบบและทดลองเครื่องมือการดึง Fiber ในสายการผลิตผลลัพธ์จากการคำนวณที่ได้ บริษัทสามารถประสบความสำเร็จในการลดมูลค่าของเสียต่อหน่วยของการผลิตลดลงประมาณ 20% จากเดิม และสามารถสร้าง By Product ที่สามารถเพิ่มคุณค่าต่อสายการผลิตได้ เพื่อสอดคล้องต่อความต้องการของลูกค้า เครื่องมือการดึง Fiber แบบใหม่ยังได้ถูกนำไปทดลองใช้ในสภาพจริงเพื่อเป็นการประเมินผลกระทบทางด้านลบต่อคุณภาพของชิ้นงานที่อาจเกิดขึ้นจากการออกแบบของเครื่องดึง Fiber ก่อนจะนำไปใช้งานจริง

J. P. C. Tong, F. Tsung B. และP. C. Yen (2004) ได้ทำการประยุกต์ใช้ DMAIC และ DOE ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต Print Circuit Board (PCB) พบว่าในบริษัทดังกล่าวมีค่า sigma level อยู่ที่ 1.162 ซึ่งเป้าหมายของทางบริษัทผลิตแผ่น PCB ต้องการให้มี Sigma Level ที่ไม่ต่ำกว่า 4.0 ซึ่งทางผู้ทำการศึกษาได้ประยุกต์ใช้ DMAIC ในการค้นหาปัจจัยที่ส่งผลต่อแผ่น PCB หลังจากนั้นจึงทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่า Optimal ของการผลิต ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต หรือ Cpk ก่อนทำการศึกษามีค่า 0.387 ซึ่งหลังจากศึกษา

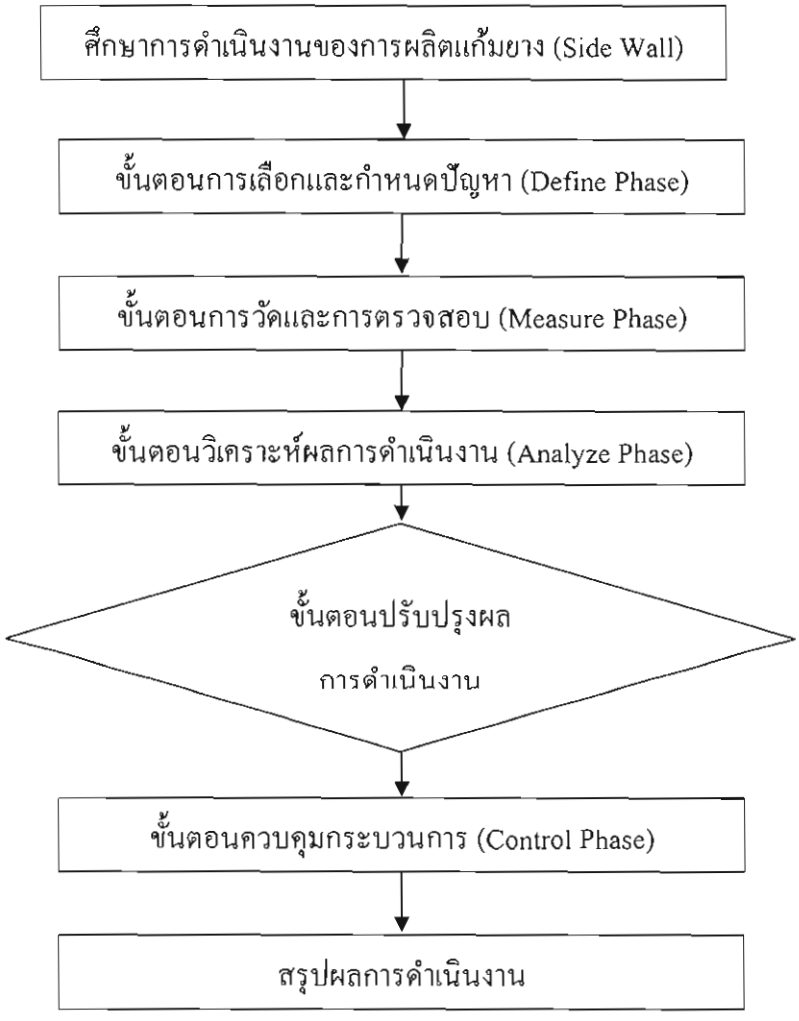
ได้ค่า Optimal พบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 1.975 และค่า Sigma Level เพิ่มขึ้นเป็น 5.924

Kathryn Lannon และ Chris Vanni (2008) ได้ทำการประยุกต์ใช้ DMAIC กับโรงพยาบาลทั้งหมด 5 แห่ง โดยการกำหนดทีมขึ้นมาเพื่อรับผิดชอบหลัก ซึ่งทางทีมงานได้ออกการศึกษาโดยการประยุกต์ใช้วิธีการ Voice of Customer, Process Maps, Process Observations และ Failure/ Risk และได้จัดทำเอกสารขึ้นมา อีกทั้งได้ทำการอบรมพนักงานให้มีความรู้ความสามารถเพิ่มมากขึ้นโดยเชิญวิทยากรที่มีความรู้ทางด้านกายภาพบำบัดเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ อีกทั้งยังได้เพิ่มอุปกรณ์หรือเครื่องมืออำนวยความสะดวกให้กับผู้ป่วย เช่น ห้องน้ำเคลื่อนที่, แสงปุ่มกดเรียกใช้บริการ, การประเมินระดับความเจ็บป่วย, รีโมททีวี เป็นต้น ซึ่งผลตอบรับพบว่าสภาพแวดล้อมของโรงพยาบาลพบว่ามีการพัฒนาที่ดีขึ้น การปฏิบัติและผลการรักษาผู้ป่วยก็ดีขึ้น จากการปฏิบัติการดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อการเงินหรือรายได้ของทางโรงพยาบาลอีกด้วย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงาน

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการลดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง (Side Wall) โดยเริ่มทำการศึกษาตั้งแต่กระบวนการรับคอมปาวด์จากกระบวนการ Mixing จนถึงกระบวนการเตรียมส่งแก้มยางไปยังกระบวนการถัดไป เป็นการค้นหาและวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการ เพื่อปรับปรุงให้เกิดของเสียลดน้อยลง ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้



ภาพที่ 3-1 แผนการดำเนินงาน

บริษัทที่ทำการศึกษามีกำลังการผลิตที่สูงและในอนาคตมีแนวโน้มการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นอีกเพื่อส่งออกทั้งภายในและภายนอกประเทศ ภายในบริษัทแบ่งออกเป็นหลายแผนกดังต่อไปนี้

1. แผนก Production Primary

แผนก Production Primary เป็นแผนกส่วนหน้าในการผลิตชิ้นส่วนทุกชิ้นส่วนประกอบของยางรถยนต์ เพื่อส่งไปยังกระบวนการถัดไป ซึ่งเรียกว่า Building เพื่อทำการขึ้นรวมชิ้นส่วนประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งแผนก Production Primary แบ่งแยกออกได้เป็นส่วนงานได้ดังต่อไปนี้

1.1 Mixing

Mixing เป็นแผนกต้นน้ำในการผลิตยาง คอมปาวด์ ส่งไปทั่วทั้งโรงงาน โดยแผนก Mixing ต้องควบคุมส่วนผสมในการผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพ ซึ่งก่อนส่งยางคอมปาวด์ไปกระบวนการถัดไปต้องทำการตรวจสอบคุณสมบัติของยางก่อน เช่น Viscosity หรือ Cure Characteristic เป็นต้น

1.2 Topping

Topping เป็นแผนกที่ทำการผลิตชิ้นงานเบื้องต้นเพื่อส่งไปทำการผลิตต่อยังส่วนงานของ Material โดยแผนก Topping จะทำการเคลือบยาง คอมปาวด์ ให้ติดกับเส้นลวด

1.3 Material

Material เป็นแผนกที่ทำการผลิต

1.3.1 Breaker ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างของยาง ทำให้สามารถรองรับแรงกระแทกจากพื้นถนนได้ดีมากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยในการป้องกันวัตถุเจาะทะลุชิ้นหน้ายาง ไปยังชั้นยางใน ซึ่งจะทำให้เกิดยางเก็บลมไม่อยู่ หรือเกิดการระเบิดของยางรถยนต์ได้

1.3.2 ขอบวงล้อ (Bead) ทำขึ้นมาจากเส้นลวดแรงดึงสูง (High Tensile Wire) ที่ฉาบด้วยเนื้อยาง แล้วนำมาขดเป็นวงหลาย ๆ ชั้นตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระทะล้อรถยนต์ ทำหน้าที่ในการยึดยางให้ติดกับขอบกระทะล้อรถยนต์ และป้องกันการรั่วของอากาศที่อยู่ภายในโครงยาง กระบวนการผลิตขอบวงล้อใช้เครื่องเอ็กซทรูดเดอร์ในการผลิต โดยการดันยางให้หุ้มผิวด้านนอกของเส้นลวด แล้วนำเส้นลวดดังกล่าวไปขดเป็นวงตามขนาดของที่ต้องการ

1.4 Extruding

Extruding เป็นแผนกที่ทำการผลิต

1.4.1 ดอกยาง (Tread) ทำหน้าที่ในการยึดเกาะกับพื้นผิวถนนช่วยให้สามารถควบคุมทิศทางของรถได้ง่ายขึ้น โดยผ่านกระบวนการขึ้นรูปโดยใช้การเอ็กซทรูดผ่านดายซึ่งกัดเป็นช่อง ตามรูปร่างที่ต้องการ

1.4.2 แก้มยาง (Side Wall) ทำหน้าที่ลดแรงกระแทกระหว่างพื้นถนนกับตัวรถ ช่วยในการระบายความร้อนออกจากภายในยาง โดยผ่านกระบวนการขึ้นรูปโดยใช้การเอ็กซทรูดผ่านดายซึ่งกัดเป็นช่องตามรูปร่างที่ต้องการ

2. แผนก Building

แผนก Building เป็นแผนกที่ทำการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่มาจากกระบวนการส่วนหน้า หรือ Production Primary มาขึ้นรูปเรียกว่า Raw Cover (RC) โดยใช้ Tire building Machine ก่อนที่จะส่งต่อไปเพื่อทำการอบยางให้กลายมาเป็นยางรถยนต์ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตมีความซับซ้อนมาก เนื่องจากยางรถยนต์ประกอบด้วยส่วนประกอบจำนวนมาก

3. แผนก Curing

แผนก Curing เป็นแผนกที่ทำการแปรรูปยาง Raw Cover ให้กลายเป็นยางรถยนต์โดยให้ความร้อนและความดัน ตามระยะเวลาที่กำหนดในขั้นตอนนี้คนงานจะเป็นผู้นำยาง Raw Cover เข้าสู่เครื่องอบยาง (Curing Press) ซึ่งการอบยาง และขบวนการวัลคาไนซ์ จะทำให้ยางที่เหนียวและมีความยืดหยุ่นมากเกินไป เปลี่ยนเป็นยางที่มีความแข็ง ลดความยืดหยุ่นให้น้อยลง และให้มีความทนทานมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ในการอบยางจะต้องมีการควบคุมเวลา อุณหภูมิ ความดัน และการไหลของ น้ำร้อนให้พอเหมาะที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ที่สมบูรณ์

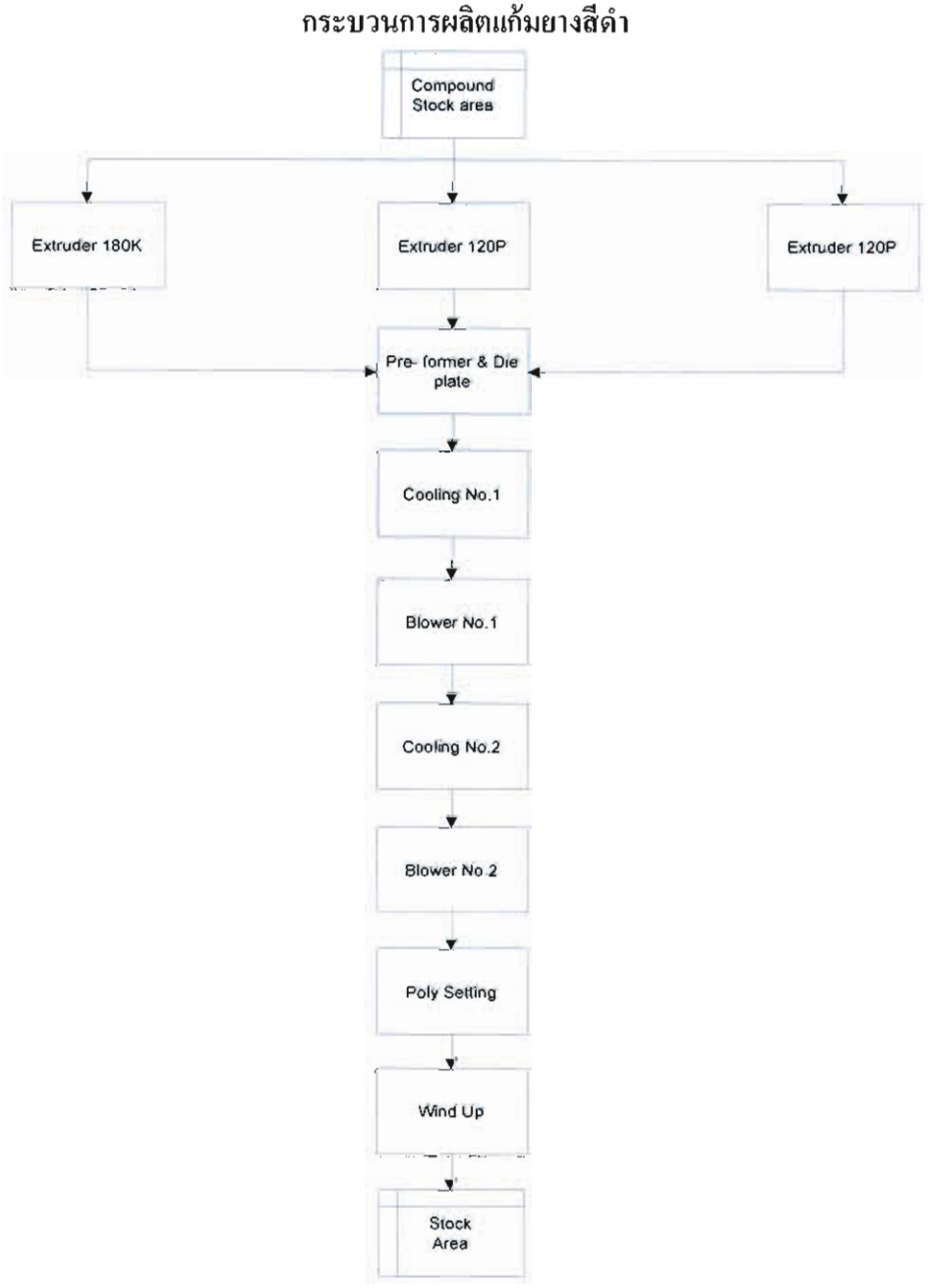
4. แผนก Inspection

แผนก Inspection เป็นแผนกที่ทำการตรวจสอบคุณภาพ เป็นการตรวจสอบคุณภาพภายนอกและค่าความเสถียรของยาง โดยใช้เครื่องจักรในการตรวจ ยางที่อบเสร็จแล้วทุกชนิดจะต้องผ่านการตรวจสอบทุกเส้น ก่อนที่จะส่งเข้าคลังสินค้า และลูกค้าต่อไป การตรวจสอบจะครอบคลุมถึงรูปลักษณ์ และตำหนิต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับตัวยาง รวมทั้งทำการคัดแยกส่วนที่เป็นยางเสียออกไป นอกจากนี้ยางเรเดียลทุกเส้นจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องวัดค่าแรง (Force Variation Machine) เพื่อตรวจสอบค่าแรงที่กระทำกับยางขณะใช้งานว่ามีค่าต่ำกว่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าหากมีค่าแรงที่กระทำค่าใดค่าหนึ่งสูงกว่าที่กำหนด จะต้องนำค่าที่บันทึกด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์มาวิเคราะห์หาสาเหตุและทำการแก้ไขปรับปรุงโดยวิศวกรที่รับผิดชอบทางด้านค่าความสม่ำเสมอของคุณภาพ (Uniformity) ส่วนยางที่มีค่าแรงกระทำเกินขอบเขตที่กำหนดจะถูกส่งจำแนกเป็นยางเสีย

ศึกษาการดำเนินงานของกระบวนการผลิตแก้มยาง (Side Wall)

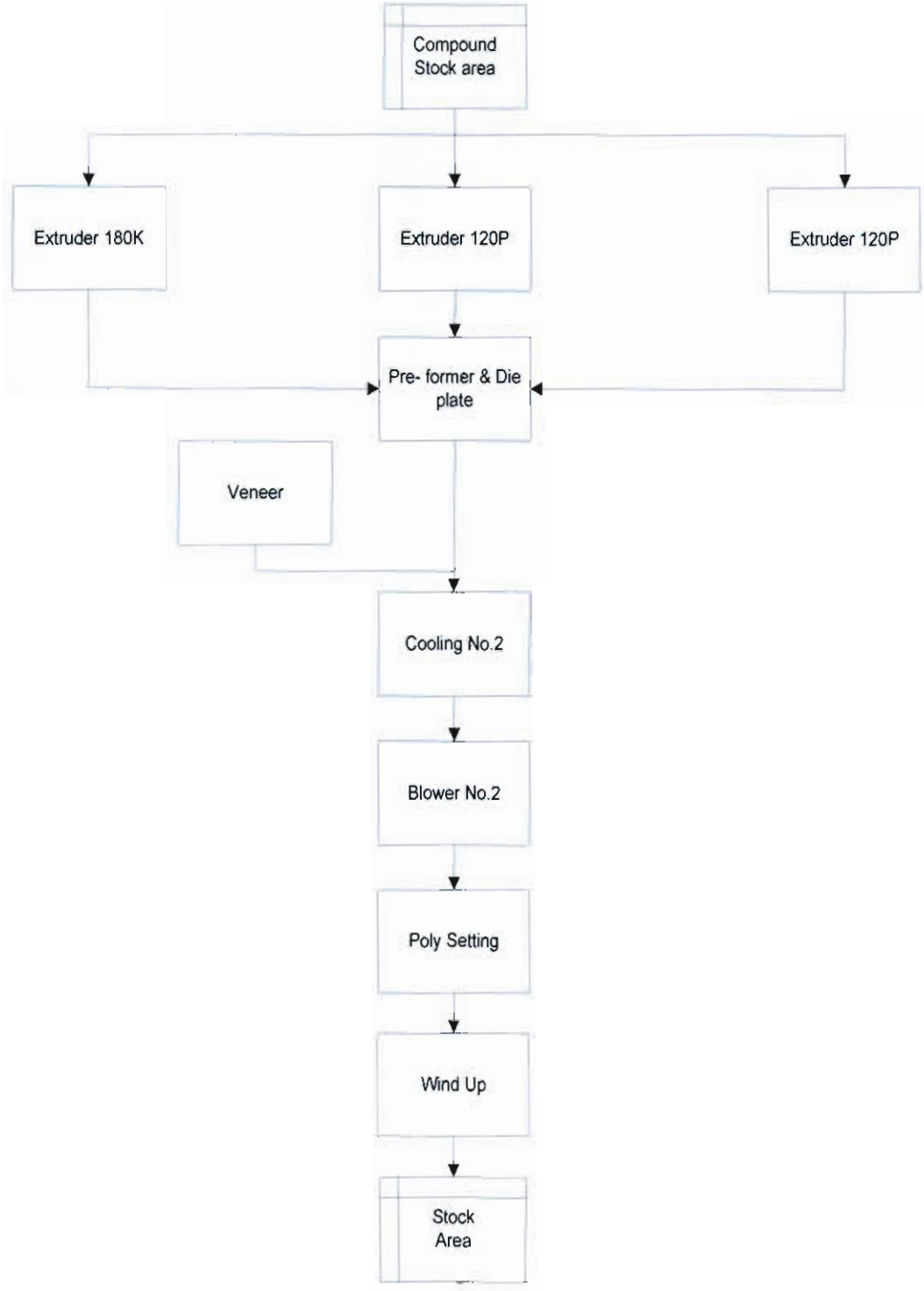
บริษัทที่ทำการศึกษาเป็นบริษัทที่ผลิตยางรถยนต์ส่งออกทั้งภายในและภายนอกประเทศ ซึ่งภายในบริษัทได้มีการแบ่งแผนกการผลิตออกเป็นหลายแผนกหลายส่วนงาน และแผนกที่ทำการศึกษาคือ แผนกที่ทำการผลิตแก้มยาง (Side Wall) แผนกที่ทำการผลิตแก้มยางจะทำการรับ

ยางคอมปาวด์จากแผนก Mixing แล้วทำการผลิตเพื่อส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไป เพื่อนำไปเป็นส่วนประกอบหนึ่งของการผลิตยางรถยนต์ โดยกระบวนการผลิตแก้มยางแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แก้มยางสีดำ และแก้มยางสีขาว ซึ่งกระบวนการผลิตแก้มยางทั้ง 2 แบบ แสดงได้ดังภาพที่ 3-2 และ ภาพที่ 3-3 ตามลำดับ



ภาพที่ 3-2 กระบวนการผลิตแก้มยางสีดำ

กระบวนการผลิตแก้มยางสีขาว



ภาพที่ 3-3 กระบวนการผลิตแก้มยางสีขาว

จากภาพที่ 3-2 และภาพที่ 3-3 สามารถอธิบายความหมายของแต่ละส่วนประกอบได้ดังต่อไปนี้

1. Compound Stock Area = พื้นที่จัดเตรียมยางคอมปาวด์ก่อนการผลิตซึ่งคอมปาวด์ที่ตรวจรับในส่วนนี้ได้แก่ W332, W572, W396, W389, W595, K461, K352, K363BW952 และ BW982

2. Extruder 180K และ120P = เครื่องเอ็กซทรูดเดอร์เป็นส่วนประกอบที่อยู่ถัดจาก Compound Stock Area ทำหน้าที่นำ Compound ใส่ลงใน Hopper ของเครื่องเอ็กซทรูดเดอร์

3. Pre-former และ Die Plate = ทำหน้าที่ให้ยางไหลผ่านออกมาให้ได้คุณลักษณะตามที่ลูกค้ากำหนด

4. Cooling No.1 = ทำหน้าที่ปล่อยน้ำให้สัมผัสกับยางเพื่อลดความร้อนของแก้มยางในช่วงแรก

5. Blower No.1 = ทำหน้าที่เป่าน้ำที่ปล่อยมาให้สัมผัสกับยางจาก Cooling No.1 การผลิตแก้มยางสีขาว Cooling No.1 และ Blower No.1 จะไม่ถูกใช้ในงานในส่วนของเครื่องจักร เนื่องจากถ้าปล่อยให้น้ำสัมผัสกับแก้มยางก่อนการปิดทับด้วย Veneer จะทำให้แก้มยางไม่ได้คุณลักษณะตามที่ลูกค้ากำหนด

6. Veneer = เป็นยางที่ทำหน้าที่ปิดทับแก้มยางสีขาว

7. Cooling No.2 = ทำหน้าที่ปล่อยน้ำให้สัมผัสกับยางเพื่อลดความร้อนของแก้มยางในช่วงที่ 2

8. Blower No.2 = ทำหน้าที่เป่าน้ำที่ปล่อยมาให้สัมผัสกับยางจาก Cooling No.2

9. Poly Setting = ในส่วนนี้จะมี Poly ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการยืดตัวแก้มยางเมื่อม้วนเก็บเข้า Reel

10. Wind Up = ทำหน้าที่เก็บแก้มยางที่ผ่านการติด Poly แล้วเข้า Reel

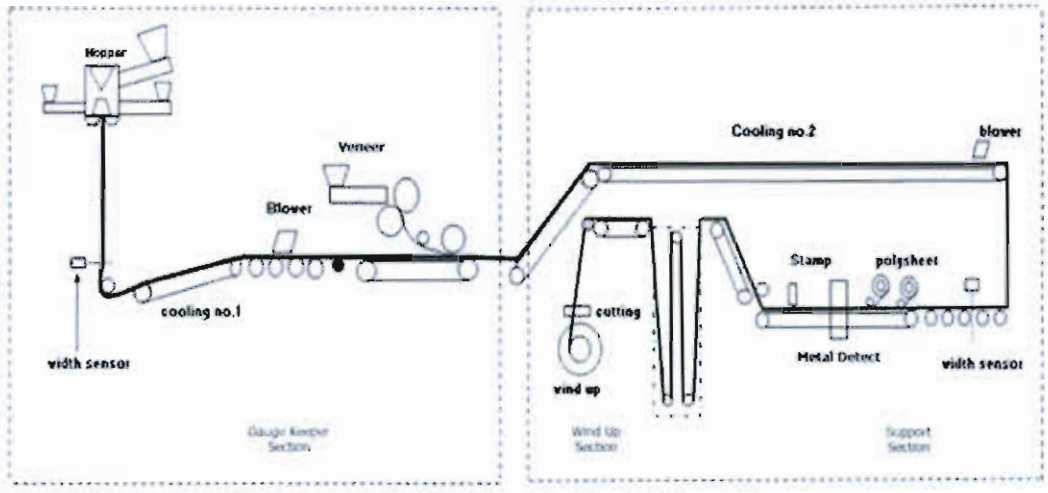
11. Stock Area = พื้นที่จัดเก็บงานเพื่อรองรับการผลิตจากกระบวนการถัดไป

การดำเนินงาน

การดำเนินงานจะประยุกต์แนวทางของซิกซ์ ซิกมา 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define Phase), ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase), ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase), ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase) และขั้นตอนการควบคุม (Control Phase) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

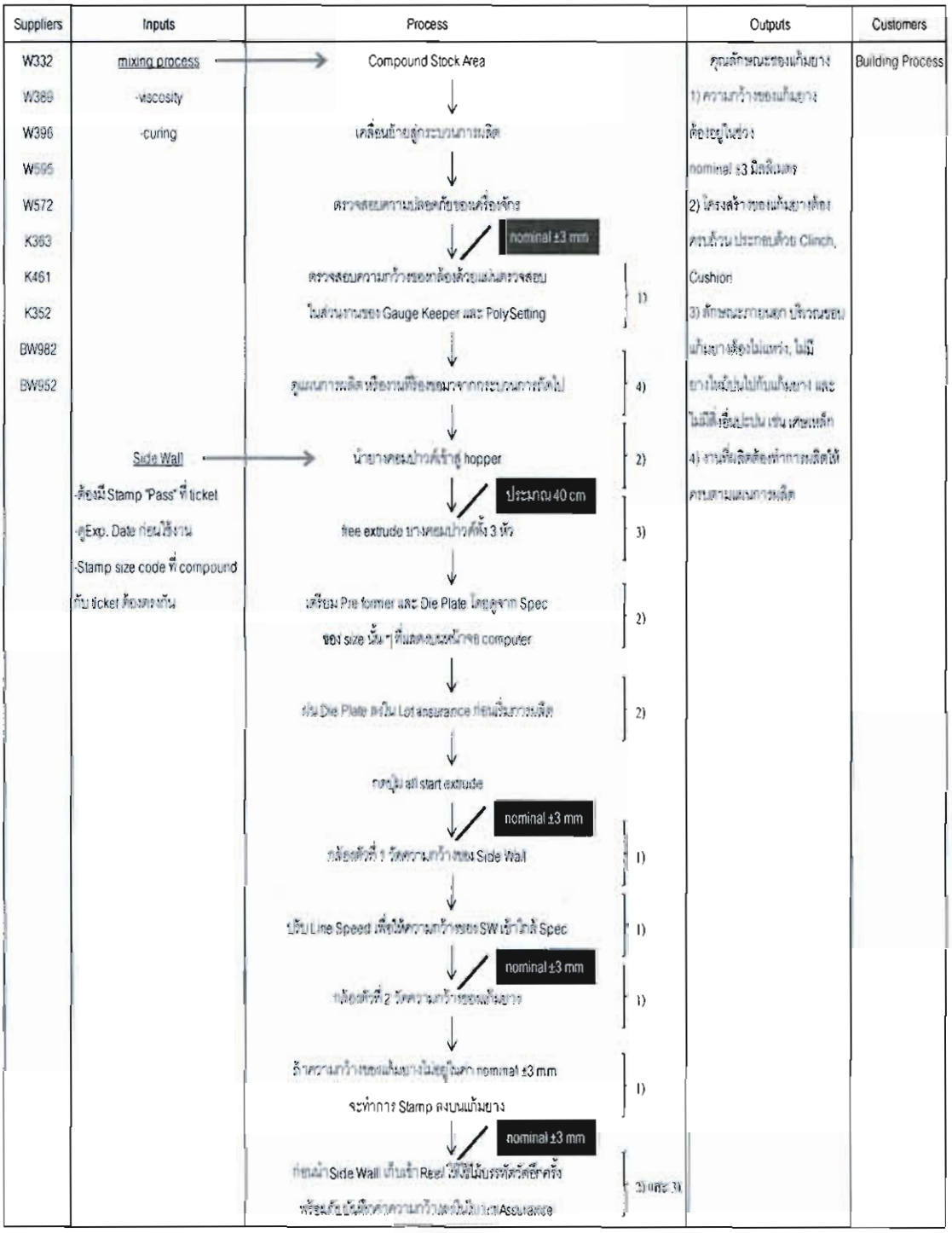
1. ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define Phase)

สำหรับการเลือกปัญหาที่จะนำมาแก้ไขโดยประยุกต์วิธีการทางซิกซ์ ซิกมา ของโครงงานนี้เป็นการเลือกปัญหาจากกระบวนการผลิตแก้มยาง (Side Wall) เนื่องจากเป็นส่วนประกอบที่สามารถมองเห็นได้จากภายนอกของยางรถยนต์ และทางบริษัทมีการขยายประสิทธิภาพการผลิตที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณของเสียมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น โดยแผนภาพกระบวนการผลิตแก้มยางที่แสดงให้เห็นตั้งแต่รับคอมปาวด์จนสิ้นสุดกระบวนการแสดงได้ดังภาพที่ 3-4 และตารางที่ 3-1



ภาพที่ 3-4 กระบวนการผลิตแก้มยาง

ตารางที่ 3-1 ตารางการวิเคราะห์กระบวนการผลิตแก้มยาง



จากภาพที่ 3-4 และตารางที่ 3-1 แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนที่ 1 คือ กระบวนการ Mixing ซึ่งเป็นกระบวนการที่ผลิตคอมปาวด์ส่งไปยังกระบวนการต่าง ๆ และส่วนที่ 2 คือ กระบวนการผลิตแก้มยาง สามารถอธิบายกระบวนการผลิตแก้มยางได้ดังต่อไปนี้

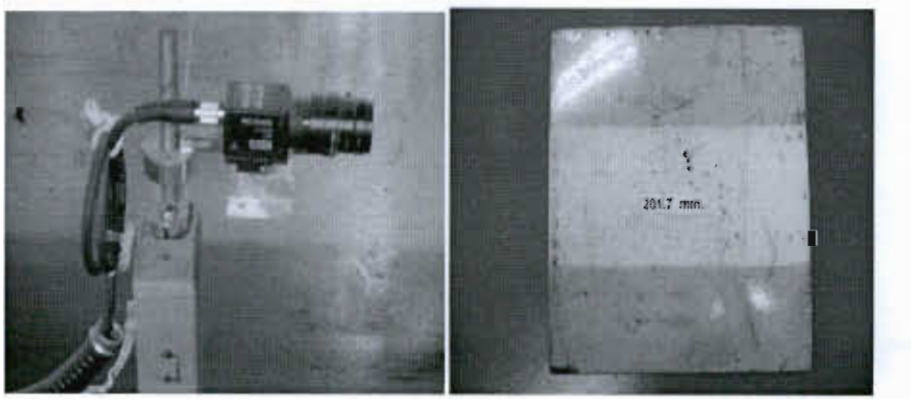
ส่วนที่ 1 กระบวนการ Mixing

กระบวนการ Mixing ต้องทำการตรวจสอบคุณสมบัติของคอมปาวด์ เช่น ค่าความหนืด หรือค่าการอบสุกตัวของยาง เป็นต้น เมื่อพบว่าคุณลักษณะของคอมปาวด์เป็นไปตามมาตรฐานข้อกำหนดของทางโรงงานจึงทำการจัดส่งไปยังพื้นที่จัดเก็บคอมปาวด์เพื่อเคลื่อนย้ายสู่กระบวนการผลิต

ส่วนที่ 2 กระบวนการผลิตแก้มยาง

1. ก่อนเริ่มงานทุกกะการผลิตต้องเริ่มต้นจากการตรวจสอบความปลอดภัยของเครื่องจักรทุกครั้ง

2. ต้องทำการตรวจสอบสภาพของกล้องตรวจสอบความกว้างโดยใช้แผ่นตรวจสอบ โดยกล้องตรวจสอบความกว้างมีอยู่ด้วยกัน 2 แห่ง คือ บริเวณหน้าของเครื่องจักรหรือเรียกว่า Gauge Keeper และบริเวณท้ายของเครื่องจักรซึ่งจะอยู่ก่อน Poly Setting ซึ่งมีช่วงของความกว้างอยู่ที่ค่า Nominal ±3 มิลลิเมตร



ภาพที่ 3-5 กล้องตรวจสอบความกว้างและแผ่นตรวจสอบความกว้าง

3. ตรวจสอบแผนการผลิต หรืองานที่ถูกร้องขอจากกระบวนการ Building ซึ่งเป็นกระบวนการถัดไปหรือกระบวนการลูกค้านั่นเองถ้าไม่ทำการตรวจสอบการร้องของานจากกระบวนการBuilding อาจทำให้ผลิตมากเกินไป เกิดเป็นของเสียที่ต้องนำกลับไปใช้ใหม่

4. นำยางคอมปาวด์เข้าสู่เครื่องจักรในส่วนของ Hopper ในขั้นตอนนี้พนักงานต้องทำการตรวจสอบตั๋วที่แนบมากับคอมปาวด์ตามที่ทางแผนกกำหนด คือ

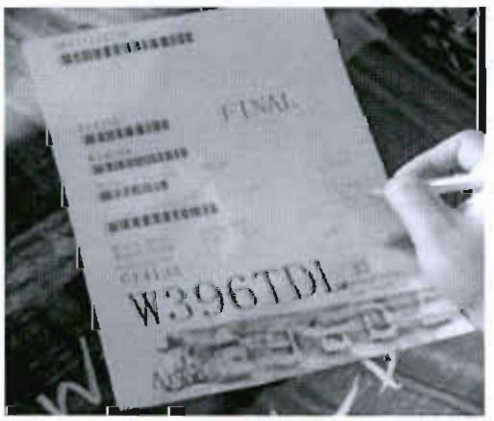
4.1 บนตั๋วต้องมีคำว่า "Final" (บนตั๋วที่มีคำว่า "Final" หมายความว่าเป็น Final Compound เนื่องจากกระบวนการ Mixing แบ่งคอมปาวด์ออกเป็น 2 State คือ Base Compound และ Final Compound)

4.2 บนตั๋วต้องมีการประทับตรา "Pass" (บนตั๋วที่มีคำว่า "Pass" หมายความว่าผลการตรวจสอบคุณสมบัติมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานที่ทางโรงงานกำหนด)

4.3 ต้องตรวจสอบวันหมดอายุบนตั๋ว (ถ้าคอมปาวด์หมดอายุทำให้การไหลตัวของยางยากมากขึ้นซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของแก้มยาง)

4.4 ต้องตรวจสอบการประทับ Size Code บนคอมปาวด์กับตั๋วต้องตรงกัน

ถ้าไม่ทำการตรวจสอบยางคอมปาวด์ก่อนใช้งานอาจทำให้เกิดการใช้ยางผิดประเภท ส่งผลต่อแก้มยางที่ผลิตจะมีองค์ประกอบไม่ครบถ้วน และถ้าแก้มยางนั้นถูกนำไปผลิตเป็นยางรถยนต์จะทำให้ยางรถยนต์เส้นนั้นแตกหรือระเบิดได้ในขณะใช้งาน

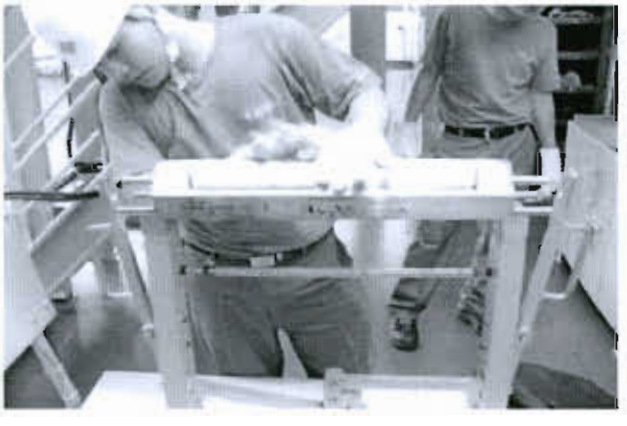


ภาพที่ 3-6 ตั๋วที่แนบมากับคอมปาวด์

5. พนักงานต้องทำการ Free Extrude ยางทุกหัวของเครื่องจักร (180K และ120P) ประมาณ 40 เซนติเมตรก่อนการผลิต ซึ่งการ Free Extrude ยางเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้ Die Plate และ Preformer ด้วยอย่างหนึ่งซึ่งอุณหภูมิส่งผลต่อลักษณะของแก้มยางที่ทำการผลิต

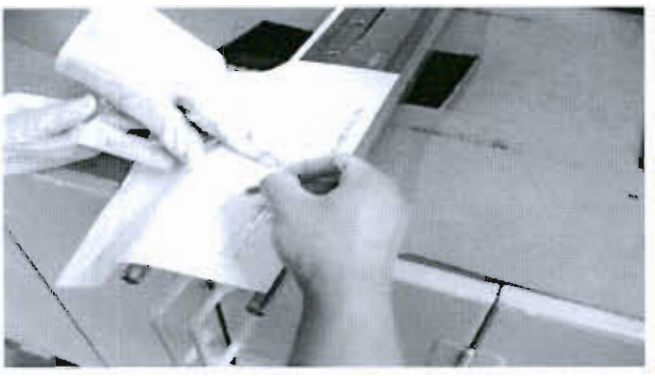
ภาพที่ 3-7 การ Free Extrude ยาง

6. เตรียม Preformer และ Die Plate ตามแผนการผลิตของแต่ละ Size Code ถ้าพนักงานใช้ Die Plate หรือ Preformer ที่ผิดไปจากมาตรฐานข้อกำหนดส่งผลให้แก้มยางที่ออกมามีคุณสมบัติไม่ตรงตามต้องการ เมื่อนำไปผลิตเป็นยางรถยนต์ทำให้ผู้ใช้งานได้รับอันตรายได้



ภาพที่ 3-8 การเตรียม Preformer และ Die Plate

7. ฝนอักษรที่ปรากฏบน Die Plate เพื่อยืนยันความถูกต้องของ Die Plate ลงในใบ Lot Assurance หากใช้ Die Plate ที่ผิดไปจากมาตรฐานข้อกำหนดส่งผลให้แก้มยางที่ออกมามีคุณสมบัติไม่ตรงตามต้องการ เมื่อนำไปผลิตเป็นยางรถยนต์ทำให้ผู้ใช้งานได้รับอันตรายได้



ภาพที่ 3-9 การฝน Die Plate ลงในใบ Lot Assurance

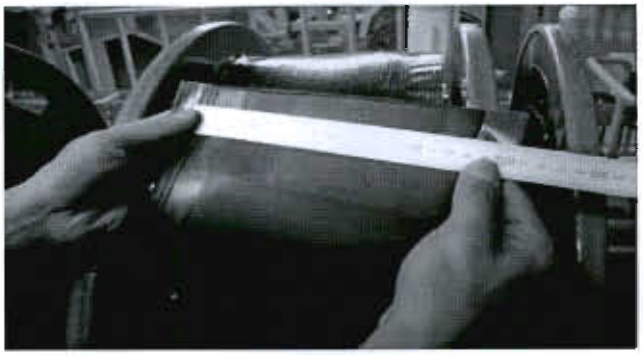
8. กดปุ่ม All Extrude และ All Line Conveyor Run

9. หลังจากนั้นชิ้นงานจะไหลผ่าน Preformer และ Die Plate ซึ่งถูกตรวจสอบด้วยกล้องตัวที่ 1 ที่อยู่ในส่วนงานของ Gauge Keeper โดยความกว้างต้องอยู่ในช่วงค่า nominal ±3 มิลลิเมตร

10. ชิ้นงานจะไหลไปบน Conveyor ซึ่งถ้าความกว้างอยู่นอกช่วงค่า nominal ±3 มิลลิเมตร พนักงานต้องทำการปรับความเร็วของ Conveyor เพื่อให้ความกว้างเป็นไปตามแต่ละ Size Code การผลิต

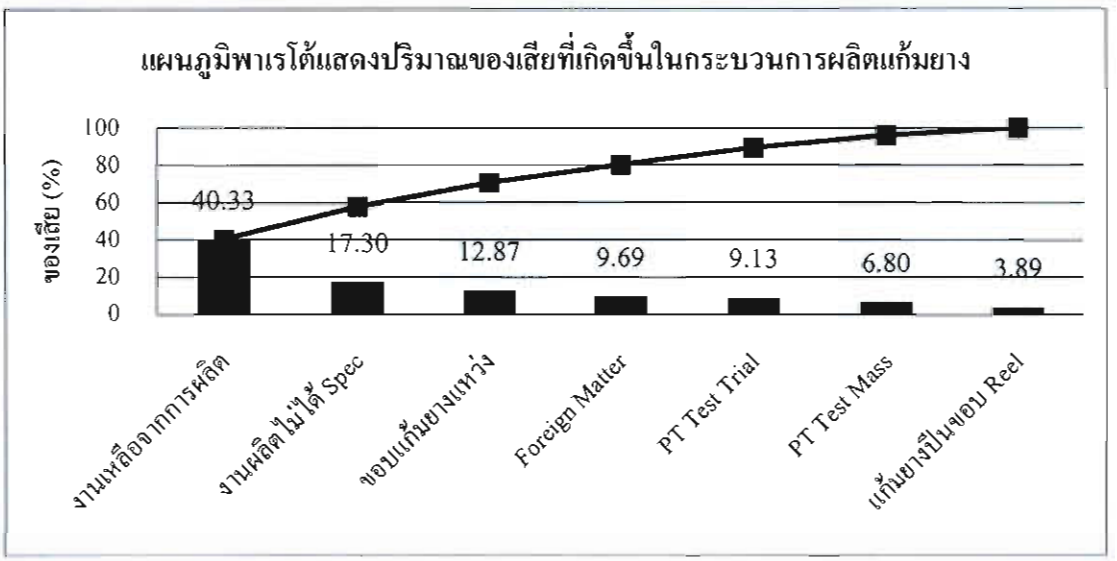
11. ต่อมาชิ้นงานจะถูกตรวจสอบด้วยกล้องตัวที่ 2 ที่อยู่ก่อน Poly Setting โดยความกว้างต้องอยู่ในข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ (ความกว้างของแก้มยางNominal ±3 มิลลิเมตร) ถ้าในกรณีที่ความกว้างไม่อยู่ในข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ (ความกว้างของแก้มยางไม่อยู่ในช่วง Nominal ±3 มิลลิเมตร) แก้มยางนั้นจะถูก Stamp ความกว้าง เพื่อชี้บ่งว่าแก้มยาง ณ จุดนั้นมีความกว้างที่ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด

12. พนักงานต้องทำการตรวจสอบความกว้างและคุณสมบัติอื่น ๆ ของชิ้นงาน เช่น Clinch หรือ Cusion เพื่อยืนยันความถูกต้องอีกครั้งด้วยไม้บรรทัดก่อนเก็บเข้า Reel ทุก Reel แรกของทุก Size Code ของการผลิต โดยความกว้างของแก้มยางต้องอยู่ในช่วงค่า Nominal ±3 มิลลิเมตรเช่นเดียวกันพร้อมทั้งบันทึกค่าลงในใบ Lot Assurance



ภาพที่ 3-10 การตรวจสอบชิ้นงาน

จากตารางการวิเคราะห์กระบวนการผลิตแก้มยาง จึงได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม 2554 และจัดทำเป็นแผนภูมิพาเรโต้แสดงได้ดังภาพที่ 3-11

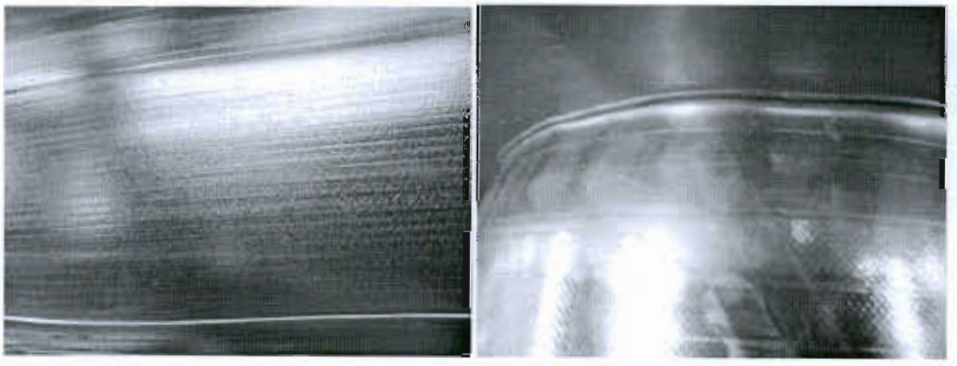


ภาพที่ 3-11 แผนภูมิพาเรโต้แสดงสาเหตุของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแก้มยาง

ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแก้มยางแบ่งออกได้หลายสาเหตุด้วยกัน คือ งานเหลือจากการผลิต, แก้มยางไม่ได้ Spec, ขอบแก้มยางแหว่ง, Foreign Matter, PT Test Trial, PT Test Mass, แก้มยางปีนขอบ Reel แต่เนื่องจากว่า Foreign Matter, PT Test Trial และ PT Test Mass ไม่ได้อยู่ในการควบคุมของกระบวนการ และต้องเกิดขึ้นเป็นประจำอยู่เสมอ ๆ ในส่วนของแผนก PT (Production Technology) เพราะทางแผนกดังกล่าวต้องทำการทดสอบแก้มยางเพื่อเพิ่มกำลังของ

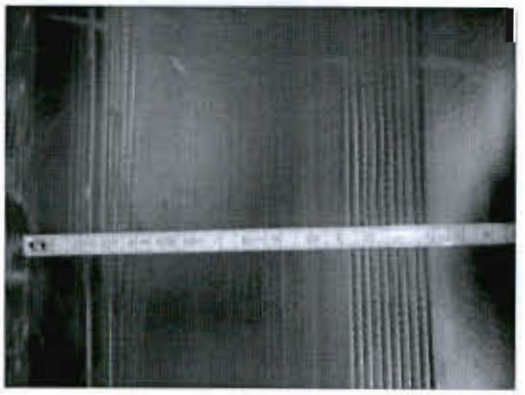
เครื่องจักรในการผลิตชิ้นงานได้หลายเครื่องและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีคุณลักษณะตามที่ลูกค้ากำหนดจึงสรุปสาเหตุที่ต้องทำการแก้ไข 3 สาเหตุ คือ งานเหลือจากการผลิต, แก้มยางไม่ได้ Spec และขอบแก้มยางแหว่ง ในแต่ละสาเหตุสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

สาเหตุที่ 1 งานเหลือจากการผลิต หมายถึง แก้มยางที่ผลิตไม่ได้คุณภาพแต่ไม่ได้เป็นทั้งหมดใน Reel จะเป็นแค่ช่วงใดช่วงหนึ่งของ Reel โดยทางกระบวนการ Building เมื่อตรวจพบจะไม่ทำการใช้ในการผลิตและนำกลับมาคืน อีกทั้งยังเกิดจากการไม่นำแก้มยางเข้าสต็อกเมื่อนำมาคืนที่กระบวนการผลิตในกรณีที่แก้มยางไม่มีปัญหาการผลิต แสดงได้ดังภาพที่ 3-12



ภาพที่ 3-12 งานเหลือจากการผลิต

สาเหตุที่ 2 แก้มยางไม่ได้ Spec หมายถึง แก้มยางที่มีความกว้างไม่อยู่ในข้อกำหนดค่า nominal ±3 มิลลิเมตร แสดงได้ดังภาพที่ 3-13



ภาพที่ 3-13 แก้มยางไม่ได้ Spec

สาเหตุที่ 3 ขอบแก้มยางแหว่งหมายถึง แก้มยางที่มีขอบเป็นรอยหยักซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพเมื่อนำไปอบเป็นยางรถยนต์ แสดงได้ดังภาพที่ 3-14

ภาพที่ 3-14 ขอบแก้มยางแหว่ง

2. ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

จากขั้นตอนการระบุปัญหา (Define Phase) ทำให้ทราบถึงสาเหตุของของเสียในกระบวนการได้อย่างชัดเจน ซึ่งแต่ละสาเหตุต่างก็มีตัวชี้วัดและเครื่องมือวัดที่แตกต่างกันออกไป ดังตารางที่ 3-2 โดยจุดชี้บ่งคุณลักษณะที่สำคัญของแก้มยาง คือ ความกว้าง โดยมาตรฐานข้อกำหนดในการวัดความกว้างของแก้มยางอยู่ที่ค่า Nominal±3 มิลลิเมตร ในการวัดความกว้างด้วยพนักงาน พนักงานต้องทำการตรวจสอบทุก ๆ Reel แรกของ Size นั้น ๆ ในการผลิต และทำการจดบันทึกลงใน Lot Assurance

ตารางที่ 3-2 ตัวชี้วัดและเครื่องมือวัดของแต่ละสาเหตุ

สาเหตุของของเสีย	ตัวชี้วัด	เครื่องมือวัด
1. งานเหลือจากการผลิต	จำนวนของเหลือ (ppm)	รายงานการผลิต
2. แก้มยางไม่ได้ Spec	ความกว้างของแก้มยางที่ออกนอกมาตรฐานข้อกำหนดและคำนวณในหน่วย ppm	ไม้บรรทัด
3. ขอบแก้มยางแหว่ง	จำนวนของเสีย (ppm)	การตรวจสอบด้วยสายตาของพนักงาน

ขั้นตอนการวัด (Measure Phase) ผู้จัดทำได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA) โดยการวัดแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ การวัดความกว้างด้วยไม้บรรทัด และการตัดสินใจจากลักษณะภายนอกที่สามารถสังเกตุได้ด้วยสายตา เช่น การปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอม หรือขอบแก้มยางแหว่ง ในกรณีของการตัดสินใจจากลักษณะภายนอกด้วยสายตานั้น พนักงานทุกคนที่ทำงานในกระบวนการผลิตแก้มยางต้องผ่านการอบรมและทดสอบหลังการอบรม รวมไปถึงมีการอบรมเพื่อทบทวนความรู้ให้กับพนักงานเป็นประจำทุกปี ทำให้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ MSA นี้ทำการวิเคราะห์ในกรณีของการวัดความกว้างด้วยไม้บรรทัด โดยวิเคราะห์จากพนักงาน 3 คน นำมาเปรียบเทียบความสามารถในการวัดความกว้างของแก้มยางทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2 ครั้ง โดยขั้นตอนการวิเคราะห์แสดงได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบความสามารถของพนักงานในการวัดความกว้างของแก้มยาง

ตัวอย่างที่	พนักงานคนที่ 1		พนักงานคนที่ 2		พนักงานคนที่ 3	
	1	2	1	2	1	2
1	211	211	211	211	210	211
2	179	180	179	180	180	180
3	110	110	110	110	110	110
4	142	142	141	141	142	142
5	145	145	145	145	145	145
6	129	129	130	130	130	129
7	111	110	110	110	110	110
8	200	200	201	200	201	200
9	180	180	180	180	179	180
10	160	160	160	160	160	160

1. การทวนสอบคุณภาพของข้อมูล

จากผลการทดลอง จะหาค่า R ที่แสดงถึงค่ารีพีททะบิลิตี้ในการวัดได้ตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 ค่าพิสัยที่เกิดจากการวัดของพนักงาน

ตัวอย่างที่	พนักงานคนที่ 1		พิสัย	พนักงานคนที่ 2		พิสัย	พนักงานคนที่ 3		พิสัย
	1	2		1	2		1	2	
1	211	211	0	211	211	0	210	211	1
2	179	180	1	179	180	1	180	180	0
3	110	110	0	110	110	0	110	110	0
4	142	142	0	141	141	0	142	142	0
5	145	145	0	145	145	0	145	145	0
6	129	129	0	130	130	0	130	130	0
7	111	110	1	110	110	0	110	110	0
8	200	200	0	201	200	1	201	200	1
9	180	180	0	180	180	0	179	180	1
10	160	160	0	160	160	0	160	160	0

ดังนั้น $\overline{R} = \frac{0+1+0+\ldots+1+0}{30} = 0.233$

2. การคำนวณค่ารีพีททะบิลิตี้ใช้การคำนวณจากค่าความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัด (EV - Equipment Variation)

$$EV = 5.15 \frac{\overline{R}(X)}{d_2}$$

แทนค่า $d_2 = 1.693$

ดังนั้น $EV = 5.15 \left(\frac{0.233}{1.693}\right) = 0.71$

3. การคำนวณค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้ใช้การคำนวณจากค่าความคลาดเคลื่อนจากคน (AV - Appraiser Variation)

ในการเฉลี่ยออกค่ารีพีททะบิลิตี้ของการวัดโดยพนักงานคนที่ 1 ถึง 3 ได้ว่า

$\overline{X}_1 = \frac{3,134}{20} = 156.70$, $\overline{X}_2 = \frac{3,134}{20} = 156.70$ และ $\overline{X}_3 = \frac{3,135}{20} = 156.75$

ดังนั้น $R(\bar{X})$ = 156.75 – 156.70 = 0.05

และ $AV = 5.15 \frac{\bar{R}(X)}{d_2^*}$

แทนค่า $d_2^* = 1.906$ (k = 1 และ n = 3)

ดังนั้น $AV = 5.15 \frac{0.05}{1.906} = 0.135$

ดังนั้น $AV = \sqrt{0.135^2 - \frac{0.71^2}{10 \times 3}} = 0.0015$

4. การคำนวณค่า *GR&R*

$GR\&R = \sqrt{0.71^2 + 0.0015^2} = 0.71$

5. การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ แสดงได้ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 การคำนวณค่าความผันแปรของกระบวนการ

ชิ้นงานที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	1	211	179.5	110	142	145	129	110.5	200	180	160
	2	211	179.5	110	141	145	130	110	200.5	180	160
	3	210.5	180	110	142	145	129.5	110	200.5	179.5	160
ค่าแท้จริงของงาน		211	180	110	142	145	130	110	200	180	160

$R_p = 211 - 110 = 101$

ดังนั้น $PV = 5.15 \frac{R_p}{d_2^*}$

ในที่นี้ได้ $d_2^* = 3.178$ (k = 1 และ n =10)

$\therefore \quad PV = 5.15 \left(\frac{101}{3.178}\right) = 163.672$

และ $TV = \sqrt{163.67^2 + 0.71^2} = 163.674$

การประเมินผลระบบการวัด

$$P/T = \frac{GR\&R}{USL-LSL} \times 100\%$$

$$= \frac{0.71}{6} \times 100\% = 11.83\%$$

จากค่า P/T หรือ Precision-to-Tolerance Ratio คือ ค่าความคลาดเคลื่อนยินยอมของข้อกำหนดเฉพาะ จากข้อมูลข้างต้นพบว่ามีค่า 11.83% ซึ่งตามข้อกำหนดแล้วถือว่ายอมรับความสามารถในระบบการวัด แต่อาจต้องมีการปรับปรุงกระบวนการวัดในบางจุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวัด เช่น ความละเอียดของเครื่องมือที่ใช้วัดความกว้างของแก้มยาง (เกณฑ์การยอมรับ 10% $\leq$ P/T < 30%)

ในขั้นตอนการวัด (Measure Phase) ผู้จัดทำได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis) จากตารางข้างต้น เพื่อทำการวิเคราะห์ระบบการวัดในปัจจุบันเพื่อยืนยันผลการตรวจสอบคุณภาพและระบบการตรวจสอบในการผลิตถึงความถูกต้องแม่นยำของระบบ ซึ่งถ้าระบบการวัดมีความผิดพลาดก็อาจส่งผลต่อการตัดสินใจที่คลาดเคลื่อนได้ หากระบบการวัดขาดความเที่ยงตรง (Accuracy) และความแม่นยำ (Precision) จะส่งผลทันทีต่อการตรวจสอบแก้มยาง ทำให้การตรวจสอบคุณภาพขาดความเชื่อถือจากลูกค้า ดังนั้นระบบการวัดจึงถือเป็นระบบพื้นฐานที่จำเป็นต้องมีการควบคุม และต้องลดความผันแปรในระบบการวัดความผันแปรในระบบการวัดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นค่าความเอนเอียง (Bias), ความเสถียร (Stability), สมบัติเชิงเส้น (Linearity) และความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability) ความสามารถในการประเมินเหมือน (Reproducibility) ถ้าได้รับการติดตามผลและการปรับปรุงก็จะทำให้ระบบมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและสามารถลดความผันแปรที่เกิดขึ้นให้มีค่าน้อยลงได้ โดยสภาพปัจจุบันของของเสียที่เกิดในกระบวนการของแต่ละสาเหตุแสดงได้ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 สภาพปัจจุบันของของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

เดือน	จำนวนแก้มยางที่ผลิตได้ (m)	ปริมาณของเสียทั้งหมด (kg)	ปริมาณของเสียของสาเหตุที่สนใจ (kg)		
			งานเหลือจากการผลิต	แก้มยางไม่ได้ Spec	ขอบแก้มยางแหว่ง
ต.ค.	1,525,366	75,890	7621	3789	2804
พ.ย.	1,430,494	65,009	6851	3432	2912
ธ.ค.	1,433,285	67,935	7140	2050	1179

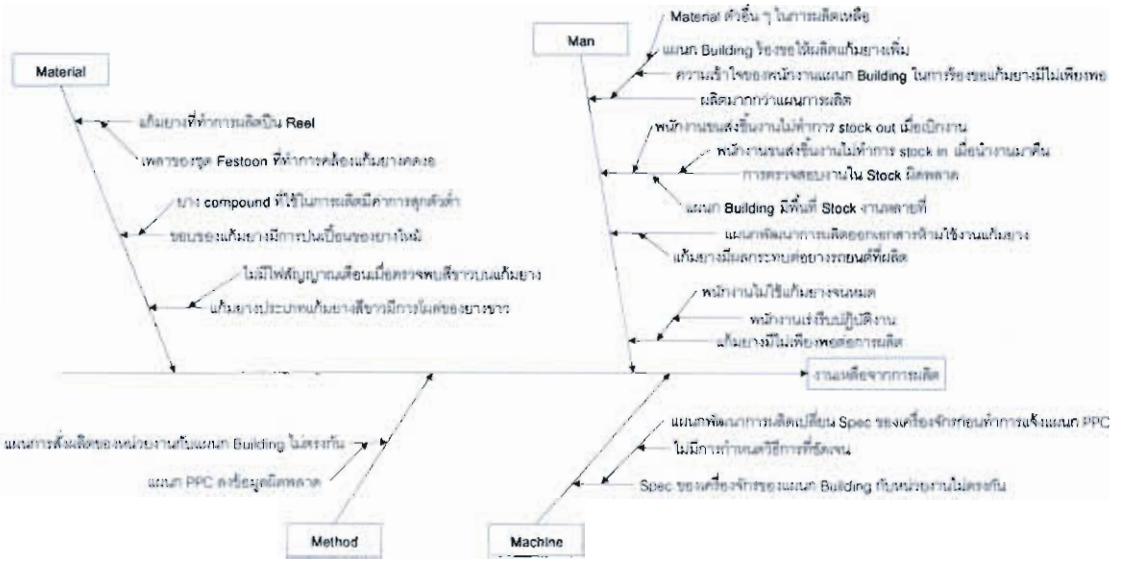
3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

จากขั้นตอนการกำหนดปัญหาได้ศึกษาเกี่ยวกับของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแก้มยาง (Side Wall) โดยได้ศึกษาถึงสาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการที่เกิดขึ้น โดยพบว่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่มากที่สุด คือ งานเหลือจากการผลิตรองลงมา คือ แก้มยางที่มีความกว้างไม่ได้ Spec และขอบแก้มยางแหว่ง ตามลำดับ ดังนั้นเพื่อกำหนดทิศทางในการปรับปรุงแก้ไขได้ถูกต้อง จึงทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้วิธีการทางสถิติช่วยในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ก่อให้เกิดของเสียดังนี้

3.1 การวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

จากแผนภูมิพาเรโต้แสดงได้ดังภาพที่ 3-14 นั้นซึ่งเป็นขั้นตอนการกำหนดปัญหาสามารถสรุปสาเหตุที่ก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิดแก้มยางจากแผนภูมิพาเรโต้ได้ 3 สาเหตุ คือ 1) งานเหลือจากการผลิต 2) แก้มยางไม่ได้ Spec และ 3) ขอบแก้มยางแหว่ง ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงมีการระดมสมองเพื่อทำการค้นหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่ก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการโดยการระดมสมองนั้นจะให้ผู้ที่เกี่ยวข้องร่วมเสนอความคิดเห็นแบบไม่จำกัดปริมาณและคุณภาพของความคิด เพื่อป้องกันการหลุดรอดของสาเหตุที่อาจมีผลกระทบต่อปัญหา โดยใช้หลักการของ 4 M คือ Man, Machine, Material และ Method

สาเหตุที่ 1 งานเหลือจากการผลิต

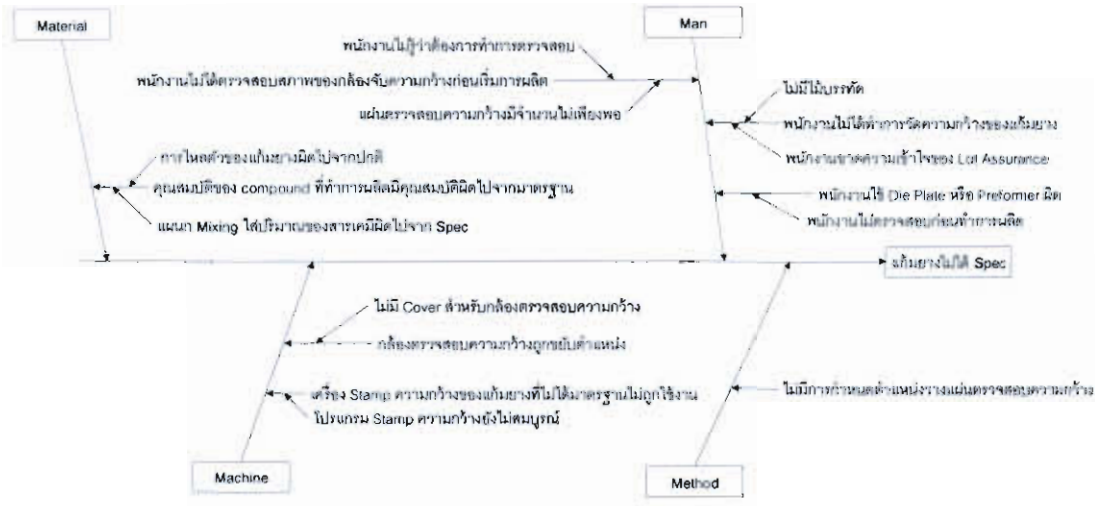


ภาพที่ 3-15 แผนผังเหตุและผลของปัญหางานเหลือจากการผลิต

ตารางที่ 3-7 วิเคราะห์สาเหตุงานเหลือจากการผลิต

พิจารณาที่	เกิดจากสาเหตุ
Man	1. แก้มยางไม่เพียงพอต่อการผลิต - พนักงานไม่ใช้แก้มยางจนหมดเกิดจากพนักงานเร่งรีบปฏิบัติงาน 2. แผนกพัฒนาการผลิตออกเอกสารห้ามใช้งานแก้มยาง - แก้มยางมีผลกระทบต่อยางรถยนต์ที่ผลิต 3. การตรวจสอบงานใน Stock ผิดพลาด - แผนก Building มีพื้นที่ Stock งานหลายที่ - พนักงานขนส่งชิ้นงานไม่ทำการ Stock out เมื่อเบิกงาน - พนักงานขนส่งชิ้นงานไม่ทำการ Stock in เมื่อนำงานมาคืน 4. ผลิตมากกว่าแผนการผลิต - แผนก Building ร้องขอให้ผลิตแก้มยางเพิ่มเกิดจากความเข้าใจของพนักงานแผนก Building ในการร้องขอแก้มยางมีไม่เพียงพอและ Material ตัวอื่น ๆ ในการผลิตเหลือ
Material	1. แก้มยางที่ทำการผลิตปีน Reel - เพลาของชุด Festoon ที่ทำการคล้องแก้มยางคดงอ 2. ขอบของแก้มยางมีการปนเปื้อนของยางไหม้ - ยาง Compound ที่ใช้ในการผลิตมีค่าการสุกตัวต่ำ 3. แก้มยางประเภทแก้มยางสีขาวมีการโผล่ของยางขาว - ไม่มีไฟสัญญาณเตือนเมื่อตรวจพบสีขาวบนแก้มยาง
Method	1. แผนการสั่งผลิตของหน่วยงานกับแผนก Building ไม่ตรงกัน - แผนก PPC ลงข้อมูลผิดพลาด
Machine	1. Spec ของเครื่องจักรของแผนก Building กับหน่วยงานไม่ตรงกัน - แผนกพัฒนาการผลิตเปลี่ยน Spec ของเครื่องจักรก่อนทำการแจ้งแผนก PPC เกิดจากไม่มีการกำหนดวิธีการที่ชัดเจน

สาเหตุที่ 2 แก้มยางไม่ได้ Spec

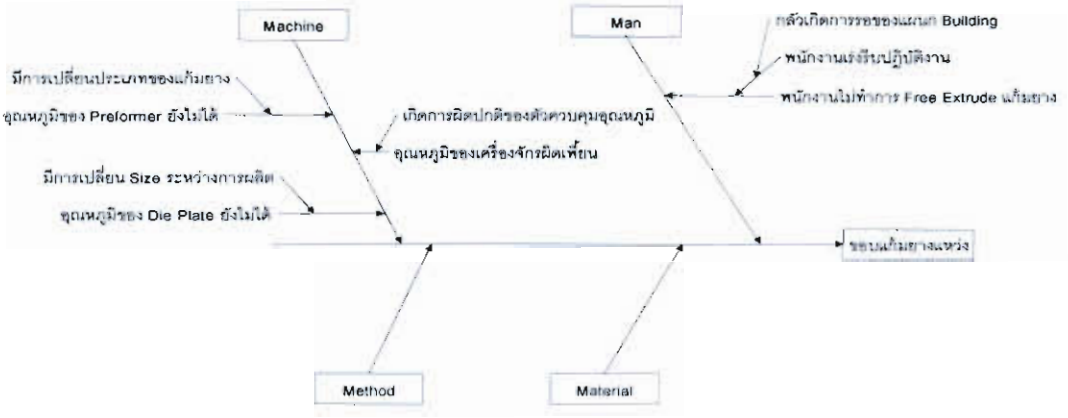


ภาพที่ 3-16 แผนผังเหตุและผลของปัญหางานแก้มยางไม่ได้ Spec

ตารางที่ 3-8 วิเคราะห์สาเหตุแก้มยางไม่ได้ Spec

พิจารณาที่	เกิดจากสาเหตุ
Man	1. พนักงานใช้ Die Plate หรือ Preformer ผิด - พนักงานไม่ตรวจสอบก่อนทำการผลิต 2. พนักงานไม่ได้ทำการวัดความกว้างของแก้มยาง - พนักงานขาดความเข้าใจของ Lot Assurance - ไม่มีไม้บรรทัด 3. พนักงานไม่ได้ตรวจสอบสภาพของกล้องจับความกว้างก่อนเริ่มการผลิต - แผ่นตรวจสอบความกว้างมีจำนวนไม่เพียงพอ - พนักงานไม่รู้ว่าต้องการทำการตรวจสอบ
Material	1. คุณสมบัติของ Compound ที่ทำการผลิตมีคุณสมบัติผิดไปจากมาตรฐาน - การไหลตัวของแก้มยางผิดไปจากปกติ - แผนก Mixing ใส่ปริมาณของสารเคมีผิดไปจาก Spec
Method	1. ไม่มีการกำหนดตำแหน่งวางแผ่นตรวจสอบความกว้าง
Machine	1. กล้องตรวจสอบความกว้างถูกขยับตำแหน่ง -ไม่มี Cover สำหรับกล้องตรวจสอบความกว้าง 2. เครื่อง Stamp ความกว้างของแก้มยางที่ไม่ได้มาตรฐานไม่ถูกใช้งาน - โปรแกรม Stamp ความกว้างยังไม่สมบูรณ์

สาเหตุที่ 3 ขอบแก้มยางแหว่ง



ภาพที่ 3-17 แผนผังเหตุและผลของปัญหาขอบแก้มยางแหว่ง

ตารางที่ 3-9 วิเคราะห์สาเหตุขอบแก้มยางแหว่ง

พิจารณาที่	เกิดจากสาเหตุ
Man	1. พนักงานไม่ทำการ Free Extrude แก้มยาง - พนักงานเร่งรีบปฏิบัติงานเกิดจากกลัวเกิดการรอของแผนก Building
Machine	1. อุณหภูมิของเครื่องจักรผิดเพี้ยน - เกิดการผิดปกติของตัวควบคุมอุณหภูมิ 2. อุณหภูมิของ Preformer ยังไม่ได้ - มีการเปลี่ยนประเภทของ Side Wall 3. อุณหภูมิของ Die Plate ยังไม่ได้ - มีการเปลี่ยน Size ระหว่างการผลิต Side Wall

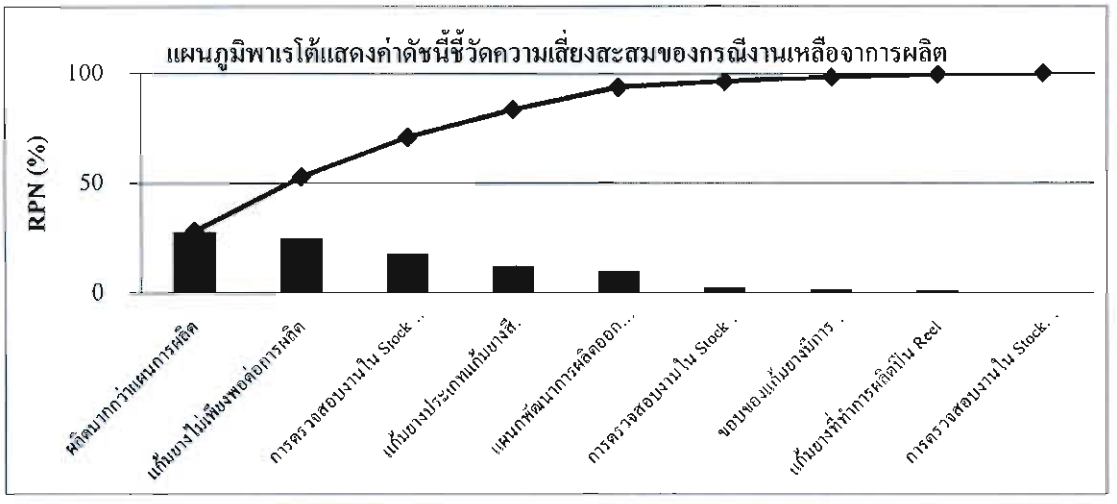
3.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) มาประยุกต์ใช้

เมื่อทราบลักษณะการเกิดของเสียที่เกิดขึ้นแล้ว จึงนำการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) มาประยุกต์ใช้โดยเริ่มจากการกำหนดค่าการบ่งชี้ความรุนแรงของผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับลูกค้า (Severity) ค่าความถี่ในการเกิด (Occurrence) และค่าการตรวจจับของเสีย (Detection) เพื่อนำไปเป็นส่วนหนึ่งในการประกอบการพิจารณาถึงค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ซึ่งทางผู้จัดทำต้องทำการปรับปรุงกระบวนการในสาเหตุ

ที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ที่มากเกิน 80 ของการผลิต เนื่องจากเป็นค่าที่ทางผู้จัดทำและผู้ชำนาญการพิจารณาแล้วว่าเป็นค่าที่สูงในระดับที่ทางโรงงานควรพิจารณาในการปรับปรุงแก้ไข เพราะเป็นค่าที่จะส่งผลกระทบทางด้านคุณภาพต่อทางโรงงาน เมื่อทำการจัดลำดับความสำคัญของความรุนแรงของปัญหาโดยพิจารณาค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) สามารถแสดงรายละเอียดได้นี้

ตารางที่ 3-10 ค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ในกรณีงานเหลือจากการผลิต

ปัญหาหลัก	แหล่งการเกิด	สาเหตุ	ข้อบกพร่อง	ความรุนแรง	โอกาสการเกิด	การตรวจจับ	RPN
งานเหลือจากการผลิต	Man	แก้มยางไม่เพียงพอต่อการผลิต	พนักงานไม่ใช้แก้มยางจนหมดเกิดจากพนักงานเร่งรีบปฏิบัติงาน	5	10	10	500
		แผนกพัฒนาการผลิตออกเอกสารห้ามใช้งานแก้มยาง	แก้มยางมีผลกระทบต่อยางรถยนต์ที่ผลิต	10	2	10	200
		การตรวจสอบงานใน Stock ผิดพลาด	แผนก Building มีพื้นที่ Stock งานหลายที่	2	1	8	16
			พนักงานขนส่งชิ้นงานไม่ทำการ Stock out เมื่อเบิกงาน	2	3	9	54
			พนักงานขนส่งชิ้นงานไม่ทำการ Stock in เมื่อนำงานมาคืน	4	10	9	360
		ผลิตมากกว่าแผนการผลิต	แผนก Building ร้องขอให้ผลิตแก้มยางเพิ่มเกิดจากความเข้าใจของพนักงานแผนก Building ในการร้องขอแก้มยางมีไม่เพียงพอและ Material ตัวอื่น ๆ ในการผลิตเหลือ	7	8	10	560
	Material	แก้มยางที่ทำการผลิตปีน Reel	เพลาของชุด Festoon ที่ทำการคล้องแก้มยางคดงอ	2	3	4	24
	Method	ขอบของแก้มยางมีการปนเปื้อนของยางไหม้	ยาง Compound ที่ใช้ในการผลิตมีค่าการสุกตัวต่ำ	2	2	10	40
	Machine	แก้มยางประเภทแก้มยางสีขาวมีการโผล่ของยางขาว	ไม่มีไฟสัญญาณเตือนเมื่อตรวจพบสีขาวบนแก้มยาง	5	5	10	250



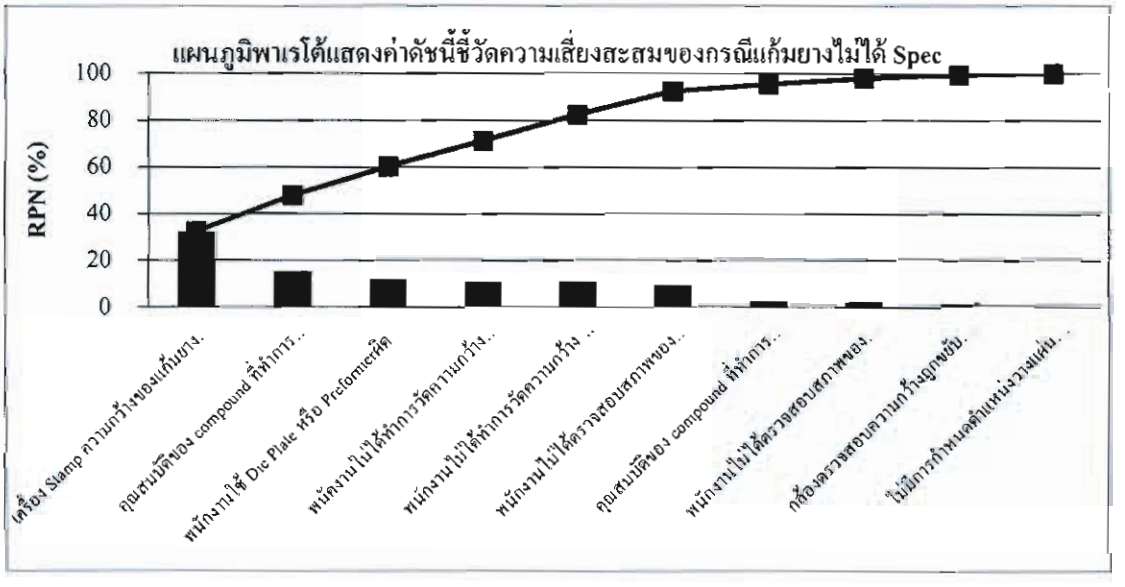
ภาพที่ 3-18 แผนภูมิพาเรโตแสดงข้อบกพร่องในกรณีงานเหลือจากการผลิต

ตารางที่ 3-11 ค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ในกรณีแก้มยางไม่ได้ Spec

ปัญหาหลัก	แหล่งการเกิด	สาเหตุ	ข้อบกพร่อง	ความรุนแรง	โอกาสการเกิด	การตรวจจับ	RPN
แก้มยางไม่ได้ Spec	Man	พนักงานใช้ Die Plate หรือ Preformerผิด	พนักงานไม่ตรวจสอบก่อนทำการผลิต	8	1	10	80
		พนักงานไม่ได้ทำการวัดความกว้างของแก้มยาง	พนักงานขาดความเข้าใจของ Lot Assurance	3	3	8	72
			ไม่มีไม้บรรทัด	3	3	8	72
		พนักงานไม่ได้ตรวจสอบสภาพของกล้องจับความกว้างก่อนเริ่มการผลิต	แผ่นตรวจสอบความกว้างมีจำนวนไม่เพียงพอ	2	1	8	16
			พนักงานไม่รู้ว่าต้องการทำการตรวจสอบ	2	4	8	64
	Material	คุณสมบัติของ Compound ที่ทำการผลิตมีคุณสมบัติผิดไปจากมาตรฐาน	การไหลตัวของแก้มยางผิดไปจากปกติ	2	1	10	20
			แผนก Mixing ใส่ปริมาณของสารเคมีผิดไปจาก Spec	10	1	10	100
	Method	ไม่มีการกำหนดตำแหน่งวางแผ่นตรวจสอบความกว้าง		1	1	2	2

ตารางที่ 3-11 ค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ในกรณีแก้มยางไม่ได้ Spec (ต่อ)

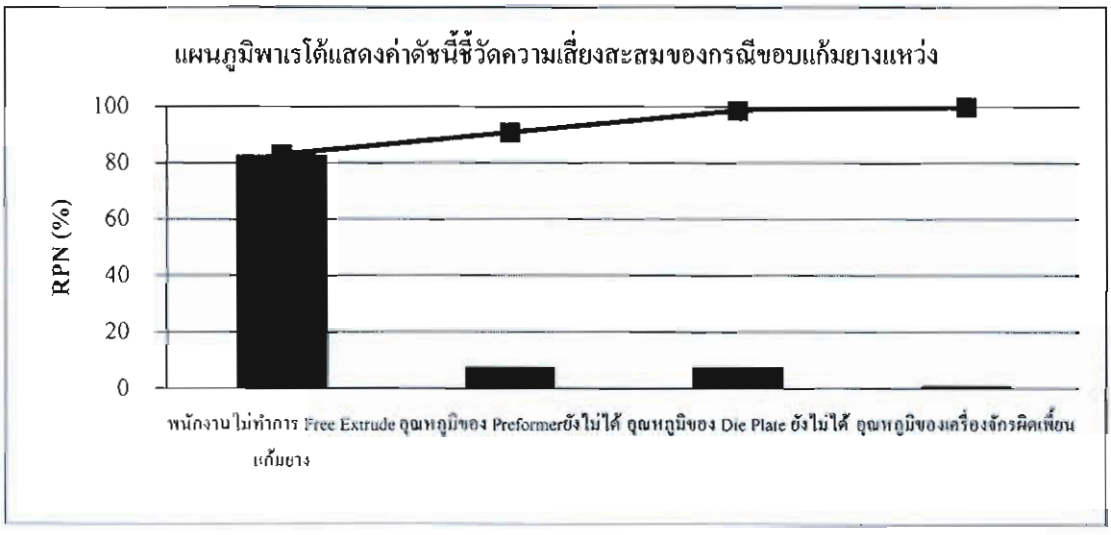
ปัญหาหลัก	แหล่งการเกิด	สาเหตุ	ข้อบกพร่อง	ความรุนแรง	โอกาสการเกิด	การตรวจจับ	RPN
	Machine	กล้องตรวจสอบความกว้างถูกขยับตำแหน่ง	ไม่มี Cover สำหรับกล้องตรวจสอบความกว้าง	1	1	5	5
		เครื่อง Stamp ความกว้างของแก้มยางที่ไม่ได้มาตรฐานไม่ถูกใช้งาน	โปรแกรม Stamp ความกว้างยังไม่สมบูรณ์	3	10	6	180



ภาพที่ 3-19 แผนภูมิพาเรโต้แสดงค่าดัชนีชี้นำความเสี่ยงของกรณีแก้มยางไม่ได้ Spec

ตารางที่ 3-12 ค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ในกรณีขอบแก้มยางแหว่ง

ปัญหาหลัก	แหล่งการเกิด	สาเหตุ	ข้อบกพร่อง	ความรุนแรง	โอกาสการเกิด	การตรวจจับ	RPN
ขอบแก้มยางแหว่ง	Man	พนักงานไม่ทำการ Free Extrude แก้มยาง	พนักงานเร่งรีบปฏิบัติงาน เกิดจากกลัวเกิดการรอของแผนก Building	4	8	8	256
	Machine	อุณหภูมิของเครื่องจักรผิดเพี้ยน	เกิดการผิดปกติของตัวควบคุมอุณหภูมิ	3	1	1	3
		อุณหภูมิของ Preformer ยังไม่ได้	มีการเปลี่ยนประเภทของแก้มยาง	1	1	8	8
		อุณหภูมิของ Die Plate ยังไม่ได้	มีการเปลี่ยน Size ระหว่างการผลิต	1	1	8	8



ภาพที่ 3-20 แผนภูมิพาเรโต้แสดงข้อบกพร่องในกรณีขอบแก้มยางแหว่ง

บทที่ 4
ผลการศึกษาวิจัย

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะทำการปรับปรุงปัญหา จากลักษณะอาการของปัญหาที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ระบบการผลิต การวัดวิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา และวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดลักษณะปัญหานั้น เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพต่อไป

จากการรวบรวมข้อมูลในข้างต้นหลังจากการศึกษาและวิเคราะห์ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแก้มยางและได้สรุปลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นต่อไป คือ การหาแนวทางเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขโดยมีแนวทางปฏิบัติการแก้ไขเพื่อลดปัญหา มีการกำหนดวิธีการป้องกันเพื่อกำจัดสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องให้หมดไปหรือมีโอกาสการเกิดขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้ลักษณะข้อบกพร่องถูกกำจัดหรือทำให้มีโอกาสการเกิดขึ้นน้อยลงไปโดยอัตโนมัติด้วยและแนวทางการปฏิบัติหรือลดค่าโดยปรับปรุงกระบวนการการควบคุมปัจจัยเพื่อเพิ่มโอกาสในการตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง แต่แนวทางดังกล่าวไม่ได้มีผลให้ค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) เปลี่ยนแปลง เพราะการที่จะลดได้ต้องทำการเปลี่ยนแปลงก่อนออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต ซึ่งในความเป็นจริงไม่สามารถทำได้เนื่องจากข้อจำกัดในการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตที่ถูกกำหนดจากลูกค้า สำหรับงานวิจัยเล่มนี้จะเน้นการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดสาเหตุข้อบกพร่องที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ตั้งแต่ 80 คะแนนขึ้นไป โดยอ้างอิงจากเปอร์เซ็นต์ชนิดของเสียมากที่สุดตามลำดับ

1. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานเป็นผลให้ทราบว่าปัจจัยใดส่งผลกระทบกับปัญหามากที่สุดและสามารถแก้ไขได้ภายในกระบวนการ โดยการพิจารณาจากดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ที่มีคะแนนตั้งแต่ 80 คะแนนขึ้นไป พบว่ามีสาเหตุที่ก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยางทั้งหมด 9 สาเหตุ แบ่งออกเป็น 9 ข้อบกพร่อง โดยข้อบกพร่องที่พบค่า RPN สูงที่สุดมีค่า RPN เท่ากับ 560 เกิดในปัญหางานเหลือจากการผลิต ส่วนข้อบกพร่องของสาเหตุอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการแสดงได้ดังต่อไปนี้

1.1 ผลิตมากกว่าแผนการผลิต เกิดจากแผนก Building ร้องขอให้ผลิตแก้มยางเพิ่มเกิดจากความเข้าใจของพนักงานแผนก Building ในการร้องขอแก้มยางมีไม่เพียงพอและ Material ตัวอื่น ๆ ในการผลิตเหลือ

1.2 แก้มยางไม่เพียงพอต่อการผลิต เกิดจากพนักงานไม่ใช้แก้มยางจนหมดเกิดจากพนักงานเร่งรีบปฏิบัติงาน

1.3 การตรวจสอบงานในสต๊อกผิดพลาด เกิดจากพนักงานขนส่งชิ้นงานไม่ทำการ Stock in เมื่อนำงานมาคืน

1.4 แก้มยางประเภทแก้มยางสีขาวมีการโผล่ของยางขาว เกิดจากไม่มีไฟสัญญาณเตือนเมื่อตรวจพบสีขาวบนแก้มยาง

1.5 แผนกพัฒนาการผลิตออกเอกสารห้ามใช้งานแก้มยาง เกิดจากแก้มยางมีผลกระทบต่อยางรถยนต์ที่ผลิด

1.6 เครื่อง Stamp ความกว้างของแก้มยางที่ไม่ได้มาตรฐานไม่ถูกใช้งาน เกิดจากโปรแกรม Stamp ความกว้างยังไม่สมบูรณ์

1.7 คุณสมบัติของ Compound ที่ทำการผลิตมีคุณสมบัติผิดไปจากมาตรฐาน เกิดจากแผนก Mixing ใส่ปริมาณของสารเคมีผิดไปจากข้อกำหนด

1.8 พนักงานใช้ Die Plate หรือ Preformer ผิด เกิดจากพนักงานไม่ตรวจสอบก่อนทำการผลิต

1.9 พนักงานไม่ทำการ Free Extrude แก้มยาง เกิดจากพนักงานเร่งรีบปฏิบัติงาน เกิดจากกลัวเกิดการรอของแผนก Building

จากข้อบกพร่องทั้ง 9 ข้อบกพร่องที่กล่าวในข้างต้นแล้วนั้นได้แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ภายในหน่วยงานสามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้เอง และกรณีอยู่นอกเหนือการควบคุมของกระบวนการผลิตแก้มยาง แสดงได้ดังตารางที่ 4-1 และ ตารางที่ 4-2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-1 กรณีที่ภายในหน่วยงานสามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้เอง

สาเหตุการเกิดของเสีย	ข้อบกพร่อง
1.แก้มยางประเภทแก้มยางสีขาวมีการโผล่ของยางขาว	ไม่มีไฟสัญญาณเตือนเมื่อตรวจพบสีขาวบนแก้มยาง
2.พนักงานใช้ Die Plate หรือ Preformer ผิด	พนักงานไม่ตรวจสอบก่อนทำการผลิต
3.เครื่อง Stamp ความกว้างของแก้มยางที่ไม่ได้มาตรฐานไม่ถูกใช้งาน	โปรแกรม Stamp ความกว้างยังไม่สมบูรณ์
4.พนักงานไม่ทำการ Free Extrude แก้มยาง	พนักงานเร่งรีบปฏิบัติงานเกิดจากกลัวเกิดการรอของแผนก Building

ตารางที่ 4-2 กรณีอยู่นอกเหนือการควบคุมของกระบวนการผลิตแก้มยาง

สาเหตุการเกิดของเสีย	ข้อบกพร่อง
1. แก้มยางไม่เพียงพอต่อการผลิต	พนักงานไม่ใช้แก้มยางจนหมดเกิดจากพนักงานเร่งรีบปฏิบัติงาน
2. แผนกพัฒนาการผลิตออกเอกสารห้ามใช้งานแก้มยาง	แก้มยางมีผลกระทบต่อยางรถยนต์ที่ผลิต
3. การตรวจสอบงานใน Stock ผิดพลาด	พนักงานขนส่งชิ้นงานไม่ทำการ Stock in เมื่อนำงานมาคืน
4. ผลิตมากกว่าแผนการผลิต	แผนก Building ร้องขอให้ผลิตแก้มยางเพิ่มเกิดจากความเข้าใจของพนักงานแผนก Building ในการร้องขอแก้มยางมีไม่เพียงพอ และ Material ตัวอื่น ๆ ในการผลิตเหลือ
5. คุณสมบัติของ Compound ที่ทำการผลิตมีคุณสมบัติผิดไปจากมาตรฐาน	แผนก Mixing ใส่ปริมาณของสารเคมีผิดไปจากข้อกำหนด

การดำเนินงาน

เริ่มจากการเก็บข้อมูลจากตาราง FMEA ทั้ง 4 ข้อบกพร่อง สามารถสรุปออกเป็น 5 ปัจจัยและจัดทำแนวทางการแก้ไข โดยจัดตั้งทีมขึ้นมาเพื่อรวบรวมข้อมูลการเกิดของเสีย และนำเสนอแนวความคิดในการแก้ไขปัญหาพร้อมทั้งสรุปผลการปรึกษา แล้วชี้แจงให้พนักงานที่ตนเองดูแล โดยมุ่งเน้นให้เกิดจิตสำนึกในคุณภาพของการทำงานรวมไปถึงติดตั้งเครื่องมือที่ช่วยในการลดการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง สรุปได้ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แนวทางการแก้ไขสาเหตุที่ก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง

สาเหตุที่ก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง	แนวทางการแก้ไข
1. แก้มยางประเภทแก้มยางสีขาวมีการโผล่ของยางขาว	1. ชี้แจงกับพนักงานถึงจุดที่ต้องทำการตรวจสอบการปิดทับของ Veneer ทุกครั้ง 2. ติดตั้งไฟแสดงสัญญาณเตือนเมื่อพบสีขาว
2.พนักงานใช้ Die Plate หรือ Preformer ผิด	1. จัดการฝึกอบรมพนักงานเกี่ยวกับการปฏิบัติงานที่ถูกต้องและชี้แจงถึงผลกระทบที่ผลิตแก้มยางที่ไม่ได้คุณภาพออกไปสู่กระบวนการถัดไป 2. จัดทำเครื่องยิงบาร์โค้ด Die Plate และ Preformer แบบอัตโนมัติ
3. เครื่อง Stamp ความกว้างของแก้มยางที่ไม่ได้มาตรฐานไม่ถูกใช้งาน	1. วิเคราะห์และแก้ไขเครื่อง Stamp ความกว้างให้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. พนักงานไม่ทำการ Free Extrude แก้มยาง	1. จัดการฝึกอบรมพนักงานเกี่ยวกับการปฏิบัติงานที่ถูกต้องและชี้แจงถึงผลกระทบที่ผลิตแก้มยางที่ไม่ได้คุณภาพออกไปสู่กระบวนการถัดไป

จากข้อมูลตางรางที่ 4-3 ทำให้ทราบสาเหตุของปัญหาที่ก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง และได้ทำการเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ซึ่งปัญหาที่ทำการแก้ไขมีดังนี้

1. แก้มยางประเภทแก้มยางสีขาวมีการโผล่ของยางขาว มีแนวทางการแก้ไขดังนี้

1.1 ชี้แจงกับพนักงานถึงจุดที่ต้องทำการตรวจสอบการปิดทับของ Veneer ทุกครั้ง เนื่องจากจุดที่ก่อให้เกิดการโผล่ของยางขาว มีสาเหตุหลัก ๆ คือ

1.1.1 เกิดเหตุการณ์เครื่องจักรหยุด เช่น มีการเปลี่ยน Die Plate หรือกดปุ่ม Emergency เพื่อแก้ไขงาน เป็นต้น

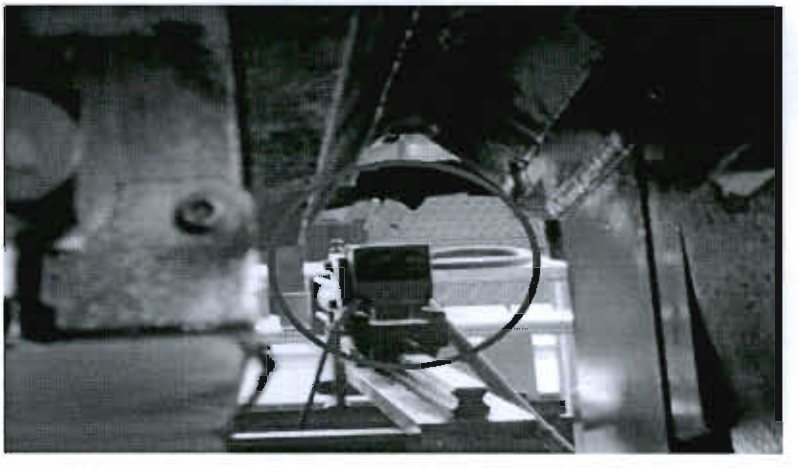
1.1.2 มีการเปลี่ยนพาเลทของ Veneer ที่ใช้ในการผลิต

1.2 ติดตั้งไฟแสดงสัญญาณเตือนเมื่อพบสีขาว ไฟสัญญาณดังกล่าวจะทำหน้าที่บ่งบอกว่าตอนนี้เกิดการโผล่ของยางขาว เป็นเครื่องมือที่ช่วยลดของเสียที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการ

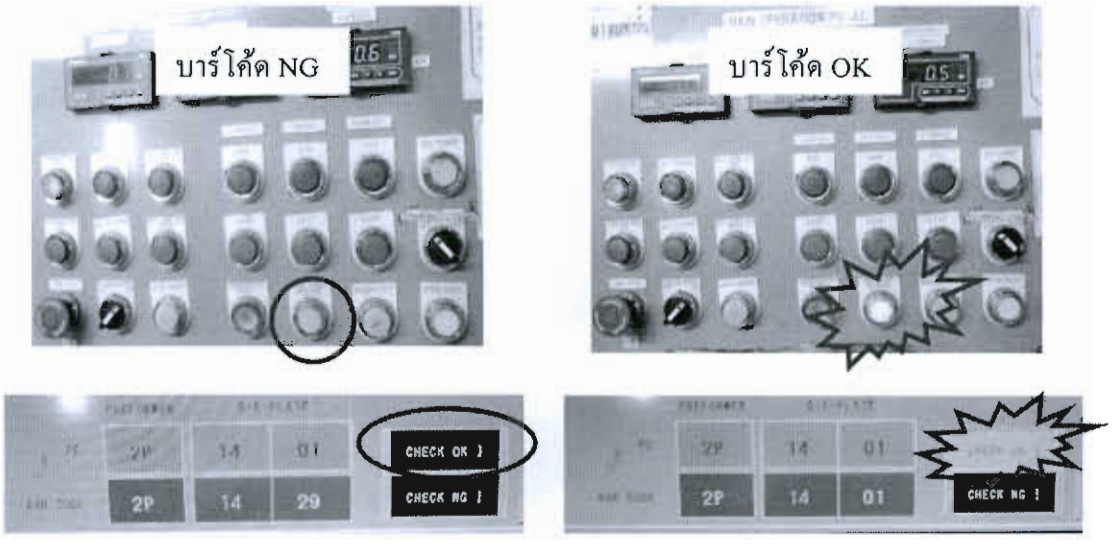
2. พนักงานใช้ Die Plate หรือ Preformer ผิด มีแนวทางการแก้ไข คือ จัดการฝึกอบรมพนักงานเกี่ยวกับการปฏิบัติงานที่ถูกต้องและชี้แจงถึงผลกระทบที่ผลิตแก้มยางที่ไม่ได้คุณภาพออกไปสู่กระบวนการถัดไป รวมไปถึงการติดตั้งเครื่องอ่านบาร์โค้ดของ Die Plate และ Preformer แบบอัตโนมัติซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยป้องกันการใช้ผิดพลาดอีกวิธีหนึ่ง

การติดตั้งเครื่องอ่านบาร์โค้ดอัตโนมัติ

เครื่องอ่านบาร์โค้ดอัตโนมัติ ทำหน้าที่อ่านบาร์โค้ดของ Die Plate และ Preformer ที่ใช้ในการผลิตเพื่อยืนยันความถูกต้อง ถ้า Die Plate หรือ Preformer ตัวไหนไม่สามารถอ่านบาร์โค้ดได้หรือใช้ผิดไปจากข้อกำหนดจะไม่สามารถทำการผลิตได้ พนักงานต้องนำ Die Plate และPreformer ลงมาตรวจสอบความถูกต้องก่อนการผลิตอีกครั้ง (ถ้าบาร์โค้ดไม่มีต้องทำการนำบาร์โค้ดมาทำการติดใหม่ หรือบาร์โค้ดสกปรกต้องทำความสะอาด) ภาพของเครื่องยิงบาร์โค้ดอัตโนมัติและภาพการแสดงการอ่านบาร์โค้ต OK และ NG แสดงได้ดังภาพที่ 4-1 และ ภาพที่ 4-2 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-1 เครื่องยิงบาร์โค้ดอัตโนมัติ



ภาพที่ 4-2 การอ่านบาร์โค้ด NG และ OK ของเครื่องอ่านบาร์โค้ดอัตโนมัติ

3. พนักงานไม่ทำการ Free Extrude แก้มยาง มีแนวทางแก้ไข คือ จัดการฝึกอบรมพนักงานเกี่ยวกับการปฏิบัติงานที่ถูกต้องโดยการบรรยายขั้นตอนการทำงานที่ถูกต้องและชี้ให้ผู้ปฏิบัติงานตระหนักถึงเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดของเสีย โดยการใช้ผู้ควบคุมงานในการอบรมพนักงาน และจัดทำเอกสารการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง และเอกสารแนะนำการทำงานวางไว้ในที่ที่พนักงานสามารถมองเห็นได้ชัดเจน เพื่อที่จะให้พนักงานตรวจสอบในจุดต่าง ๆ ให้ดีก่อนส่งให้กระบวนการถัดไป

4. เครื่อง Stamp ความกว้างของ Side Wall ที่ไม่ได้มาตรฐานไม่ถูกใช้งาน มีแนวทางการแก้ไข คือ สอบถามพนักงานถึงสภาพปัญหาที่พนักงานไม่ทำการใช้งานเครื่องจักรดังกล่าว แล้วนำข้อมูลที่ได้นำไปปรึกษาแผนก Engineer เพื่อดำเนินการรวบรวมข้อมูล และหาแนวทางการแก้ไขให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

4.1 สรุปผลการดำเนินงานการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

หลังจากได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแก้มยาง โดยทำการวิเคราะห์โดยการใช้หลักการของดีเอ็มเอไอซี ผนวกกับการวิเคราะห์ปัญหาด้วยตารางวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (FMEA) สามารถสรุปวิธีการปรับปรุงและลดของเสียพร้อมนำไปปฏิบัติแก้ไขในกระบวนการได้ตามรายละเอียดข้างต้น และได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลในระหว่างการดำเนินงานแก้ไขก่อนและหลังการแก้ไข เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการปรับปรุง ซึ่งผลการเก็บข้อมูลแสดงได้ดังต่อไปนี้

4.1.1 จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

สำหรับผลระหว่างการดำเนินการปรับปรุงในเรื่องของเสีย ได้ทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 4 เดือน คือเดือนมกราคม ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2555 สามารถรวบรวมของเสียหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ข้อมูลลักษณะของเสียหลังการแก้ไข

เดือน / ลักษณะของเสีย	มกราคม (กิโลกรัม)	กุมภาพันธ์ (กิโลกรัม)	มีนาคม (กิโลกรัม)	เมษายน (กิโลกรัม)	เฉลี่ย (กิโลกรัม)
แก้มยางไม่ได้ Spec	1,525	1,589	1,029	867	1,253
ขอบแก้มยางแหว่ง	1,049	811	474	177	628
งานเหลือจากการผลิต	5,344	5,170	3,961	3,394	4,467

4.1.2 เปรียบเทียบปริมาณของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง

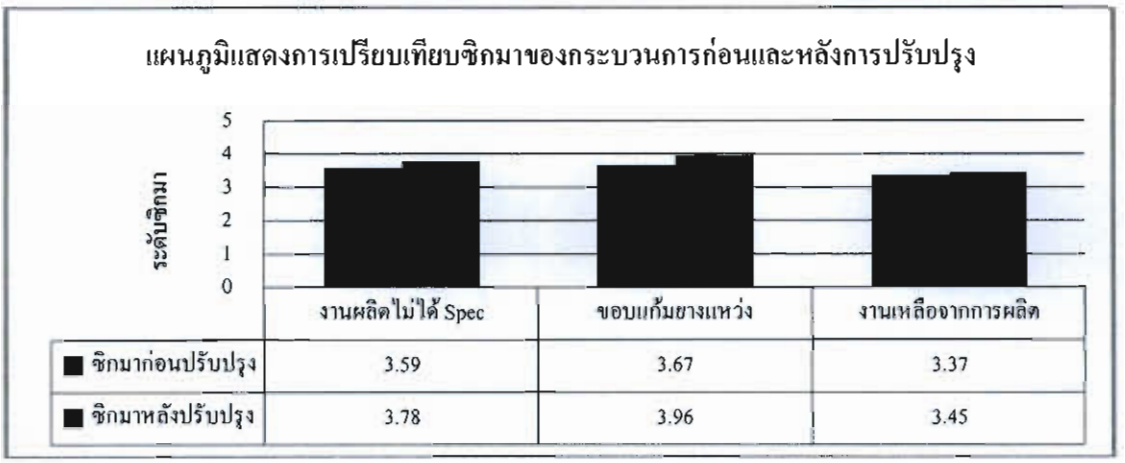
การประเมินผลระหว่างการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการโดยการเปรียบเทียบปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นกับแก้มยางที่ทำการผลิต และได้ทำการประเมินผลในระหว่างที่ทำการปรับปรุงแก้ไขโดยการเปรียบเทียบของเสียในหัวข้อปัญหาที่สนใจ

เนื่องจากของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเมื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ เห็นได้ว่า ของเสียในกระบวนการผลิตมีแนวโน้มที่ลดลง แสดงได้ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 การเปรียบเทียบปริมาณของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง

ลักษณะของเสีย	ปริมาณของเสียเฉลี่ย (ppm)		ปริมาณการลดลงของของเสีย (ppm)
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	
แก้มยางไม่ได้ Spec	1.6248	0.7830	0.8418
ขอบแก้มยางแหว่ง	1.2084	0.3925	0.8159
งานเหลือจากการผลิต	3.7877	2.7929	0.9948
รวม	6.6209	3.9684	2.6525

ปริมาณของเสียก่อนการปรับปรุง ปริมาณของเสียหลังการปรับปรุง และผลต่างของปริมาณของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของของเสียหลังการปรับปรุงในสาเหตุแก้มยางไม่ได้ Spec ลดลง 0.8418 ppm ขอบแก้มยางแหว่งลดลง 0.8159 ppm และงานเหลือจากการผลิตลดลง 0.9948 ppm เมื่อนำไปคำนวณซิกมาของกระบวนการทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง แสดงได้ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบซิกมาของกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุง

4.1.3 วิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) หลังการปรับปรุงกระบวนการ

หลังจากการปรับปรุงกระบวนการทั้งการติดตั้งเครื่องจักรที่ช่วยลดการปฏิบัติงานที่ผิดพลาด และการจัดฝึกอบรมเกี่ยวกับการปฏิบัติงานที่ถูกต้องให้กับพนักงานครบทุกคนแล้ว ต่อมาได้ทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ หลังการปรับปรุง (FMEA) และคำนวณดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) แสดงได้ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ (FMEA) และดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ก่อนและหลังการปรับปรุง

ปัญหาหลัก	สาเหตุ	ข้อบกพร่อง	ก่อนการปรับปรุง				หลังการปรับปรุง			
			ความรุนแรง	โอกาสการเกิด	การตรวจจับ	RPN	ความรุนแรง	โอกาสการเกิด	การตรวจจับ	RPN
งานเหลือจากการผลิต	แก้มยางประเภทแก้มยางสีขาวมีการโผล่ของยางขาว	ไม่มีไฟสัญญาณเตือนเมื่อตรวจพบสีขาวบนแก้มยาง	5	5	10	250	3	4	8	96
แก้มยางไม่ได้Spec	พนักงานใช้ Die Plate หรือ Performer ผิด	พนักงานไม่ตรวจสอบก่อนทำการผลิต	8	1	10	80	1	1	1	1
	เครื่อง Stamp ความกว้างของแก้มยางที่ไม่ได้มาตรฐานไม่ถูกใช้งาน	โปรแกรม Stamp ความกว้างยังไม่สมบูรณ์	3	10	6	180	2	8	5	80
ขอบแก้มยางแหว่ง	พนักงานไม่ทำการ Free Extrude แก้มยาง	พนักงานเร่งรีบปฏิบัติงานเกิดจากกลัวเกิดการรอของแผนก Building	4	8	8	256	1	2	8	16

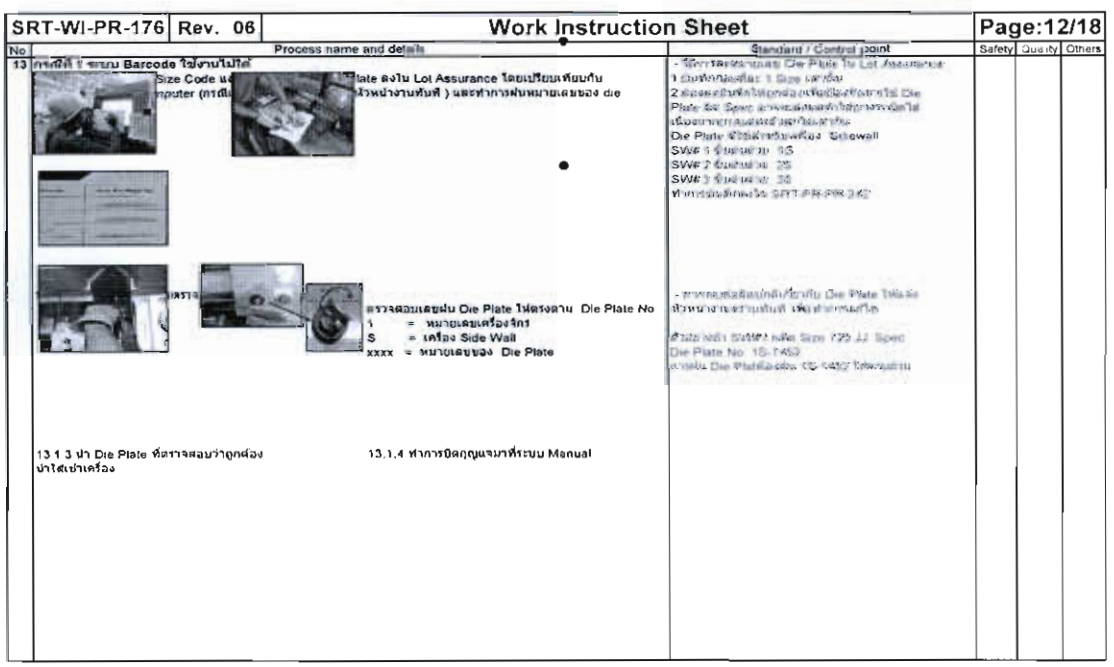
ปัญหางานเหลือจากการผลิตมีค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ลดลงจาก 250 เหลือ 96 เนื่องจากการติดตั้งเครื่องจักรที่ช่วยเตือนให้พนักงานทราบว่ามีการโผล่ของยางขาวยังไม่เรียบร้อย ซึ่งหน้าที่ของไฟสัญญาณดังกล่าวเป็นการเพิ่มอัตราการตรวจจับหรือเป็นตัวบอกให้พนักงานทราบเท่านั้น ความรุนแรงและโอกาสการเกิดลดลงเพียงเล็กน้อยเกิดมาจากการอบรมให้กับพนักงานต้องทำการเอาใจใส่เป็นพิเศษในจุดที่มีโอกาสส่งผลต่อสาเหตุดังกล่าว ต่อมาปัญหาแก้มยางไม่ได้ Spec ในสาเหตุพนักงานใช้ Die Plate หรือ Preformer ผิด มีการลดลงของดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ที่ชัดเจนจาก 80 เหลือ 1 เนื่องจากการติดตั้งเครื่องอ่านบาร์โค้ดอัตโนมัติเป็นเครื่องมือที่ช่วยลดโอกาสการผิดพลาดที่เกือบจะ 100 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งยังมีการจัดการฝึกอบรมวิธีการปฏิบัติงานจากเอกสารการปฏิบัติงาน (Work Instruction) และเอกสารแนะนำการปฏิบัติงานในส่วนของเอกสารบันทึก Lot Assurance การฝน Die Plate และ Preformer ซึ่งทั้ง 2 ส่วนนี้สามารถลดโอกาสการผิดพลาดได้อย่างชัดเจน สาเหตุต่อมา คือ เครื่อง Stamp ความกว้างของแก้มยางที่ไม่ได้มาตรฐานไม่ถูกใช้งาน สาเหตุนี้ยังคงต้องมีการปรับปรุงเครื่องจักรดังกล่าวในเรื่องของการวิเคราะห์ให้ทำการสแตมป์แก้มยางที่มีความกว้างไม่เป็นไปตามข้อกำหนด Nominal±3 มิลลิเมตร แต่อย่างไรก็ตามการแก้ไขนี้ก็ยังส่งผลให้ค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) ลดลงจาก 180 เหลือ 80 และปัญหาสุดท้าย คือ ขอบแก้มยางแหว่ง แม้ปัญหานี้จะไม่มีการติดตั้งเครื่องมือที่สามารถป้องกันการผิดพลาดได้ แต่การจัดฝึกอบรมและชี้แจงให้เห็นถึงผลเสียจากการปฏิบัติงานที่ผิดพลาดทำให้พนักงานเข้าใจและปรับเปลี่ยนทัศนคติในการทำงานที่ดีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้โอกาสการเกิดและความรุนแรงจากการเกิดมีอัตราที่ลดลงชัดเจน

2. ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

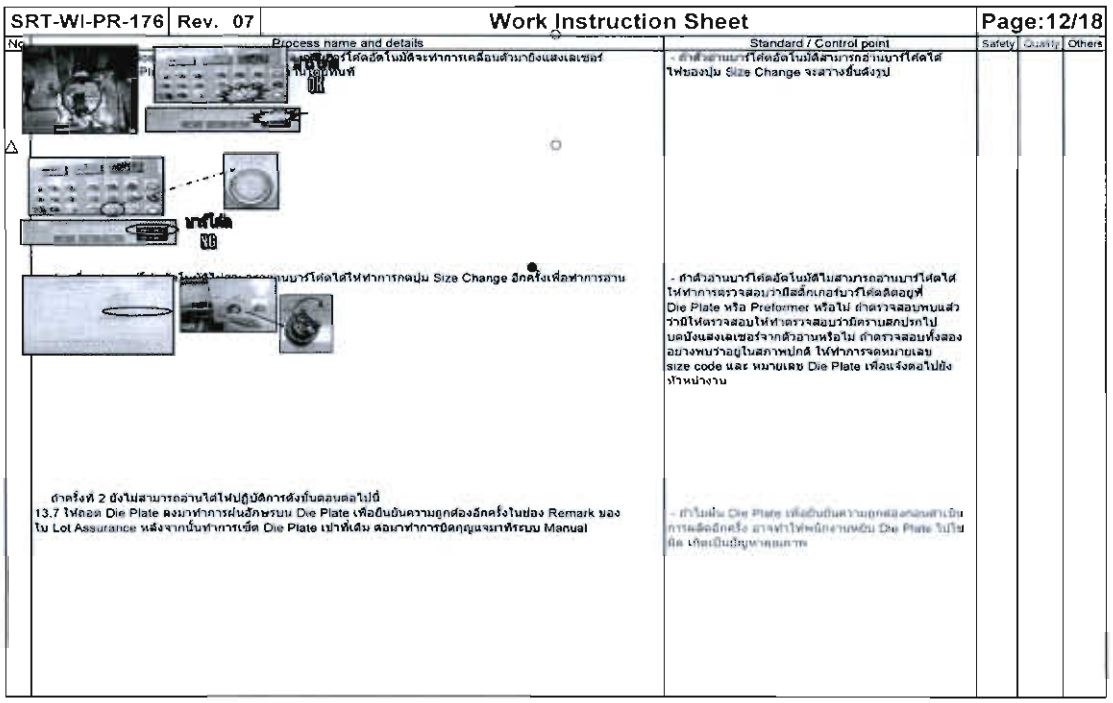
จากขั้นตอนการวิเคราะห์ที่ผ่านมา ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่เข้ามามีความสำคัญต่อการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง และจากการปรับปรุงแก้ไขนั้นเมื่อตรวจสอบของเสียในกระบวนการพบว่ามีจำนวนลดลง ซึ่งวิธีการแก้ไขส่วนใหญ่ใช้ปรับปรุงประสิทธิภาพความเข้าใจของพนักงานให้เพิ่มสูงขึ้น เพื่อให้พนักงานสามารถควบคุมกระบวนการได้ด้วยตนเอง โดยการควบคุมจะอาศัยเอกสารแนะนำการปฏิบัติงาน ซึ่งเอกสารการปฏิบัติงานจะชี้ให้เห็นถึงจุดที่พนักงานต้องให้ความตระหนักเป็นพิเศษ และจัดทำการฝึกอบรมพนักงานทั้งเก่าและใหม่ประจำปี และการแก้ไขในบางสาเหตุอาจมีการติดตั้งเครื่องมือที่ช่วยเหลือพนักงานลดการผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน หลังจากนั้นจึงทำการกำหนดลงในคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การควบคุมโดยใช้เอกสารการปฏิบัติงาน

เอกสารจะแสดงรายละเอียดของขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ถูกต้องของกระบวนการผลิตแก้มยาง พร้อมระบุเกณฑ์ในการตัดสินใจและข้อกำหนดมาตรฐาน ทำให้พนักงานสามารถเข้าใจวิธีการทำงานและสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและเป็นมาตรฐานการทำงานที่เหมือนกัน โดยเอกสารนี้จะถูกวางไว้บริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานของพนักงานที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย ซึ่งเอกสารนี้ยังจะใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการฝึกอบรมพนักงานด้วย ในกรณีของการป้องกันการใช้ Die Plate และ Preformer ผิดพลาด ได้ทำการแก้ไขเอกสารการปฏิบัติงานจากเดิมกำหนดให้ทำการฝน Die Plate ก่อนใช้งานเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งวิธีการดังกล่าวก็อาจเกิดความผิดพลาดได้จากการเร่งรีบปฏิบัติงาน จึงได้ทำการติดตั้งเครื่องอ่านบาร์โค้ดแบบอัตโนมัติซึ่งสามาถลดความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานด้วยความเร่งรีบ และได้ทำการแก้ไขเอกสารขึ้นมาใหม่ โดยกำหนดให้ทำการตรวจสอบ Die Plate และ Preformer อีกครั้งเมื่อเครื่องอ่านบาร์โค้ดไม่สามารถอ่านได้ ตัวอย่างเอกสารการปฏิบัติงานแสดงได้ดังภาพที่ 4-4 และ ภาพที่ 4-5 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-4 เอกสารการปฏิบัติงานก่อนการติดตั้งเครื่องอ่านบาร์โค้ดแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 4-5 เอกสารการปฏิบัติงานหลังการติดตั้งเครื่องอ่านบาร์โค้ดแบบอัตโนมัติ

2.2 การควบคุมโดยใช้เอกสารแนะนำการปฏิบัติงาน

เอกสารแนะนำการปฏิบัติงานนี้จะแสดงภาพเหตุการณ์ที่อาจก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการ โดยทำการเจาะลึกไปที่จุดเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดข้อผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน โดยในเอกสารนี้แสดงรูปของรอยตำหนิบนชิ้นงานและการชี้ถึงตำแหน่งต่าง ๆ ที่พบรอยตำหนิบ่อยครั้งจากการร้องเรียนของกระบวนการถัดไป การระบุตำแหน่งนี้จะเป็นการกำหนดให้พนักงานต้องทำการตรวจสอบโดยละเอียดก่อนที่จะทำการส่งงานให้กับกระบวนการถัดไปและใช้เป็นมาตรฐานข้อกำหนดในการปฏิบัติงาน เอกสารนี้จะถูกวางไว้ในพื้นที่ที่พนักงานปฏิบัติงาน และเอกสารนี้จะใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการฝึกอบรมซึ่งแผนกได้กำหนดให้มีการฝึกอบรมในแผนกประจำปีด้วย

2.2.1 กรณีการป้องการผิดพลาดของยางขาวโผล่

การป้องกันการผิดพลาดของยางขาวโผล่นี้ได้จัดทำเอกสารที่เน้นย้ำให้พนักงานเข้าใจถึงหน้าที่และผลกระทบของยาวขาว (BW982) และยางดำ (BW952) โดยกำหนดให้พนักงานต้องทำการตรวจสอบจุดต่าง ๆ ของแก้มยางก่อนส่งชิ้นงานไปยังกระบวนการ Building ซึ่งเป็นกระบวนการถัดไปที่นำไปใช้งาน รายละเอียดของเอกสารแนะนำการปฏิบัติงานกรณีการป้องกันยางขาวโผล่ แสดงได้ดังภาพที่ 4-6

2.2.2 กรณีการป้องกันการผิดพลาดของการใช้ Die Plate และ Preformer ผิด

การป้องกันการใช้ Die Plate และ Preformer ผิดนี้ ได้จัดทำเอกสารที่อธิบายถึงวิธีการใช้เอกสารบันทึก Lot Assurance ของการฝน Die Plate และ Preformer ซึ่งการอธิบายดังกล่าวเป็นการอธิบายว่าช่องต่าง ๆ ที่กำหนดมีความหมายและมีไว้เพื่ออะไร รายละเอียดของเอกสารแนะนำการปฏิบัติงานกรณีของการป้องกันการใช้ Die Plate และ Preformer ผิด แสดงได้ดังภาพที่ 4-7

2.2.3 กรณีการป้องกันการผิดพลาดของขอบแก้มยางแหว่ง

การป้องกันการผิดพลาดของขอบแก้มยางแหว่ง เป็นเอกสารที่กำหนดขอบเขตตัวอย่างของแก้มยางที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อยางรถยนต์ การกำหนดนี้ได้ทำการทดลองหาขอบเขตของการแหว่งของแก้มยางก่อนการกำหนดเป็นเอกสาร ซึ่งบางครั้งการ Free Extrude ยางบ่อย ๆ เป็นการก่อให้เกิดของเสียที่ต้องกลับไป Rework เพิ่มมากขึ้นตาม รายละเอียดของเอกสารแนะนำการปฏิบัติงานกรณีการป้องกันขอบแก้มยางแหว่ง แสดงได้ดังภาพที่ 4-8

Support Document	Machine Name	Side Wall
	Process Name	Extruder / Side Wall

Title ชื่อเรื่อง	การตรวจสอบสอบ Side Wall ยางขาว	Classification ☐ Environment ☐ Production ☒ Quality ☐ Safety

ยางขาว หรือ Compound BW982 เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่ใช้ทำตัวหนังสือสีขาวบนยางรถยนต์

ยางดำหรือ Compound BW952 เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่ใช้ปิดทับยางขาวเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอม

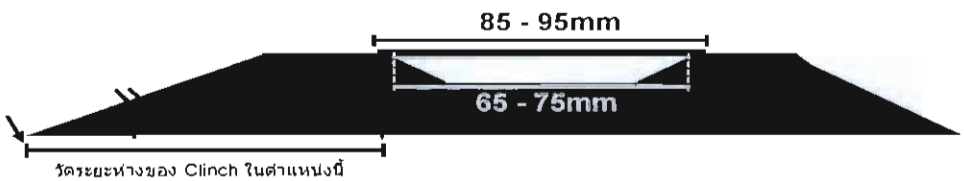
วัตถุประสงค์ : 1.เพื่อให้พนักงานเข้าใจวิธีการตรวจสอบ Side Wall ยางขาวได้อย่างถูกต้อง
2.เพื่อป้องกันไม่ให้ Side Wall ที่มีปริมาณยางขาวไม่ได้มาตรฐาน, มียางดำปนในยางขาว และยางขาวโผล่ ส่งไปกระบวนการ Building

ผลกระทบ : ถ้า Side Wall มีปริมาณยางขาวไม่ได้มาตรฐาน, ยางดำปนในยางขาว และยางขาวโผล่ ถูกนำไปผลิตเป็นยางรถยนต์ส่งผลให้ตัวหนังสือที่มีสีขาวบนยางรถยนต์ไม่เต็มอักษร

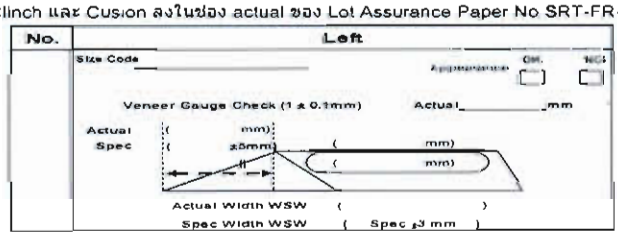
1. ลักษณะโครงสร้างของ Side Wall ยางขาว

2. ลักษณะของ Side Wall ยางขาวต้องไม่มีการปนเปื้อนของยางดำ

3.การวัดระยะห่างของ Clinch และ Cusion Side Wall ให้วัดจากขอบยาง Clinch และ Cusion ไปจนถึงเส้นแบ่งของยาง Side Wall โดยมีช่วงของ Specification อยู่ที่ Spec ± 5 mm



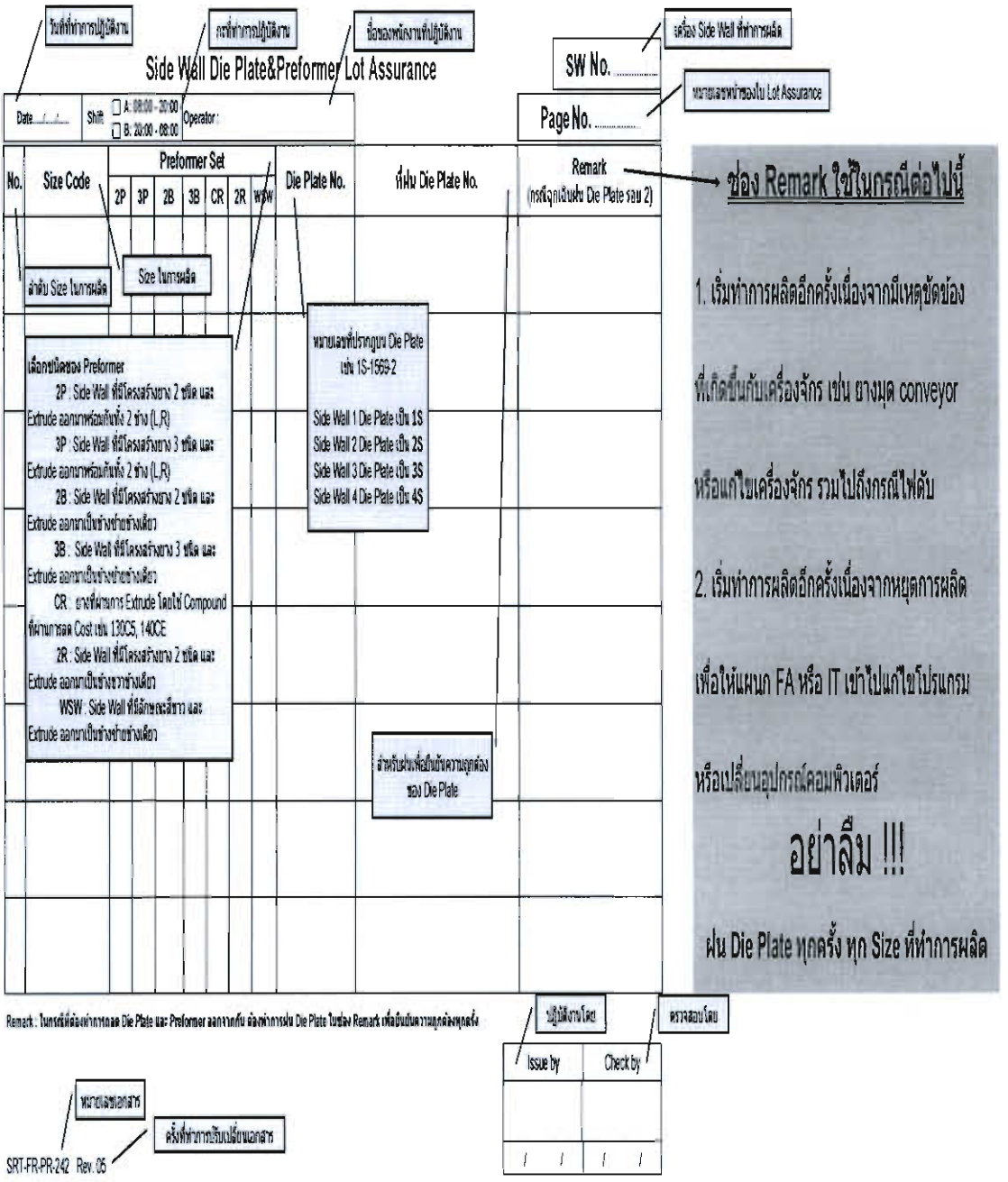
4.บันทึกค่าระยะห่างของ Clinch และ Cusion ลงในช่อง actual ของ Lot Assurance Paper No SRT-FR-PR-429



Issue Department	Production	Approved By	Checked By	Issued by
Document Number หมายเลขเอกสาร	SRT-SD-PR-782 Rev.00			
Issue Date วันที่จัดทำ	8-Jan-12	AM / M	Sr.Eng	Eng/Suv

ภาพที่ 4-6 เอกสารแนะนำการปฏิบัติงานกรณีการป้องกันยางขาวโผล่

วิธีการใช้แบบฟอร์มการฝน Die Plate & Preformer



ภาพที่ 4-7 วิธีการใช้เอกสารบันทึก Lot Assurance ของการฝน Die Plate และ Preformer

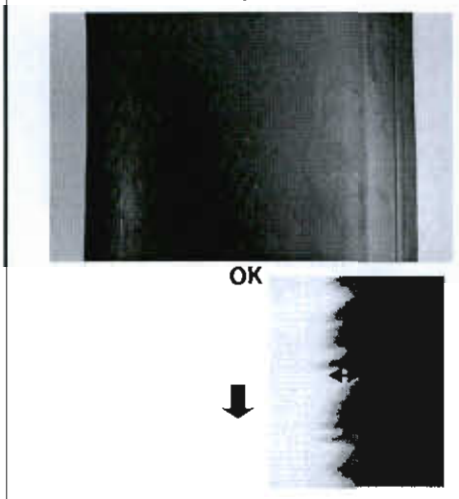
Support Document	Machine Name	Side Wall
	Process Name	Extrude / Side Wall
Title ชื่อเรื่อง: การตรวจสอบคุณภาพของขอบ Side Wall	Classification: ☐ Environment ☐ Production ■ Quality ☐ Safety	

วัตถุประสงค์ : กำหนดมาตรฐานคุณภาพการตรวจสอบ ขอบของ Side Wall

Technic point : ป้องกันการเกิด Air ตรงรอยต่อของ Tread กับ Side Wall ที่ Curing

Control point : ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของ Side Wall ว่า OK หรือ NG

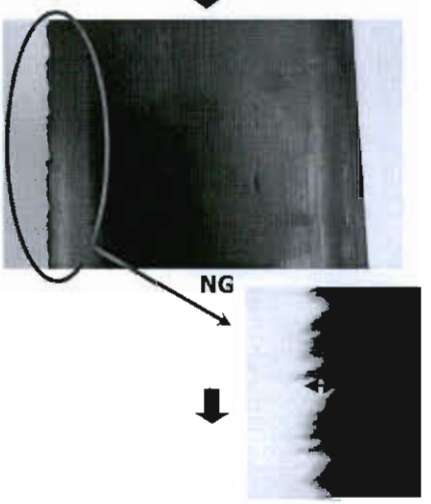
- ขอบของ Side Wall จะเรียบ สม่ำเสมอ สามารถนำไปใช้ได้ ไม่ก่อให้เกิดปัญหา



- ความกว้างของขอบ Side Wall ที่ OK ต้องไม่เกิน 1 mm.

ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ OK

- ขอบของ Side Wall ไม่เรียบ ขรุขระ ไม่สามารถนำไปใช้ได้ จะทำให้เกิดปัญหา



- ความกว้างของขอบ Side Wall ที่ NG ผิวไม่เรียบ เกิน 1 mm.

ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ NG

Issue Department	Production Technology	Approve	Check	Issue by
Document Number หมายเลขเอกสาร	SRT-SD-PR-062			
Issue Date วันที่จัดทำ	3-ธ.ค.-11	AM / M	Sr.Eng	Eng/Suv

ภาพที่ 4-8 เอกสารแนะนำการปฏิบัติงานกรณีการป้องกันขอบแก้มยางแหว่ง

2.3 การควบคุมโดยการจัดทำการฝึกอบรมพนักงานทั้งเก่าและใหม่ประจำปี

การจัดทำการฝึกอบรมพนักงานประจำปีโดยการอบรมทั้งพนักงานเก่าและพนักงานที่เข้าใหม่เพื่อเป็นการทบทวนความรู้ให้กับพนักงานเก่าและเป็นการอบรมให้ความรู้แก่พนักงานใหม่ โดยการฝึกอบรมจะเชิญบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและวิทยากรที่มีความรู้ความเข้าใจในการเกิดรอยตำหนิบนชิ้นงาน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการมาบรรยายเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งจะมีการอธิบายถึงรายละเอียดเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาในแต่ละปัจจัยและแนวทางในการแก้ไข รวมไปถึงลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้พนักงานสามารถเข้าใจถึงปัญหามากขึ้น และยังเป็นการสร้างมาตรฐานในการปฏิบัติงานที่ถูกต้องและเหมือนกันของพนักงานเก่าและพนักงานใหม่

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

อภิปรายผลการวิจัย

การทำงานวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการหาสาเหตุของปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง โดยทำการประยุกต์ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ได้แก่ ดีเอ็มเอไอซีการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) และการวิเคราะห์ระบบการวัดเป็นเครื่องมือช่วยวิเคราะห์หาแนวทางในการแก้ปัญหา

สรุปผลการวิจัย

การดำเนินการศึกษาในครั้งนี้ เป็นการลดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง (Side Wall) โดยดำเนินการตามแนวทางของดีเอ็มเอไอซี (DMAIC) ของเทคนิคซิกซ์ ซิกมา โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การระบุปัญหา (Define Phase) ทำการเลือกปัญหาโดยใช้แผนภูมิพาเรโต้ในการเปรียบเทียบความสำคัญของปัญหา พบของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแก้มยางที่เกิดปัญหามากที่สุด ดังนั้นจึงกำหนดเป็นขอบเขตของการศึกษา ได้แก่ งานเหลือจากการผลิต, แก้มยางไม่ได้ Spec และขอบแก้มยางแหว่ง

2. การวัดผล (Measure Phase) ทำการวิเคราะห์ระบบการวัด ว่าเป็นไปตามที่มาตรฐานข้อกำหนดหรือไม่ โดยการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการวัด เพื่อยืนยันผลการตรวจสอบคุณภาพ โดยนำพนักงาน 3 คนมาเปรียบความสามารถในการวัดความกว้างของแก้มยาง พบว่า P/ T หรือ Precision-to-Tolerance Ratio มีค่า 11.83% ซึ่งตามข้อกำหนดแล้วถือว่ายอมรับความสามารถในระบบการวัด แต่อาจต้องมีการปรับปรุงกระบวนการวัดในบางจุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวัด

3. การวิเคราะห์ (Analyze Phase) ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีผลกระทบต่อการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยางโดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เพื่อค้นหาสาเหตุการเกิดของเสียทั้งหมดในกระบวนการผลิตแก้มยางและทำการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) ในสาเหตุที่วิเคราะห์ได้จากแผนภาพแสดงเหตุและผลด้วยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ หรือ RPN โดยเลือกพิจารณาสาเหตุที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 80 คะแนนขึ้นไปดังแสดงในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 สาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง (Side Wall)

ปัญหาหลัก	สาเหตุ
งานเหลือจากการผลิต	แก้มยางไม่เพียงพอต่อการผลิต
	แผนกพัฒนาการผลิตออกเอกสารห้ามใช้งานแก้มยาง
	ผลิตมากกว่าแผนการผลิต
	แก้มยางประเภทแก้มยางสีขาวมีการโผล่ของยางขาว
	Spec Card หน้าเครื่องจักรของแผนก Building กับ Side Wall ไม่ตรงกัน
แก้มยางไม่ได้ Spec	พนักงานใช้ Die Plate หรือ Preformer ผิด
	คุณสมบัติของ Compound ที่ทำการผลิตมีคุณสมบัติผิดไปจากมาตรฐาน
	เครื่อง Stamp ความกว้างของแก้มยางที่ไม่ได้มาตรฐานไม่ถูกใช้งาน
ขอบแก้มยางแหว่ง	พนักงานไม่ทำการ Free Extrude แก้มยาง

4. การปรับปรุง (Improve Phase) ทำการปรับปรุงคุณภาพของการผลิตแก้มยาง (Side Wall) โดยการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแก้มยางที่สามารถแก้ไขได้เองภายในกระบวนการ และดำเนินการแก้ไขปัญหา โดยการติดตั้งไฟแสดงสัญญาณเตือนเมื่อพบสีขาว ติดตั้งเครื่องยิงบาร์โค้ดอัตโนมัติ วิเคราะห์และแก้ไขเครื่อง Stamp ความกว้างให้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากติดตั้งเครื่องจักรที่ช่วยลดโอกาสการผิดพลาดจากการปฏิบัติงานเสร็จแล้ว ต่อมาได้ทำการแก้ไขเอกสารการปฏิบัติงาน อีกทั้งจัดทำเอกสารแนะนำการปฏิบัติงาน เพื่อใช้ในจัดการฝึกอบรมพนักงานเกี่ยวกับการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง รวมไปถึงชี้แจงผลกระทบจากการผลิตแก้มยางที่ไม่ได้คุณภาพออกไปสู่กระบวนการถัดไป พบว่าปริมาณของเสียในกระบวนการรวมลดลงจาก 6.6209 ppm เหลือ 2.6525 ppm และ ซิกมาของแต่ละสาเหตุการเกิดก็มีแนวโน้มที่สูงขึ้น แสดงได้ดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 การเปลี่ยนแปลงของของเสียหลังการปรับปรุงกระบวนการ

ลักษณะของเสีย	ปริมาณของเสียเฉลี่ย (ppm)		ซิกมาของลักษณะของเสีย	
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
งานเหลือจากการผลิต	3.7877	2.7929	3.37	3.45
งานผลิตไม่ได้ Spec	1.6248	0.7830	3.59	3.78
ขอบแก้มยางแหว่ง	1.2084	0.3925	3.67	3.96

5. การควบคุม (Control Phase) เพื่อเป็นการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง (Side Wall) และเพื่อให้พนักงานสามารถควบคุมกระบวนการได้ด้วยตนเองซึ่งจากการปรับปรุงกระบวนการที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่ามีการลดลงของของเสียที่เกิดขึ้น โดยการจัดทำเอกสารการปฏิบัติงานเอกสารแนะนำการปฏิบัติงาน และจัดทำการฝึกอบรมพนักงานทั้งเก่าและใหม่ประจำปี

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง แต่ในความเป็นจริงแล้วยังมีความเกี่ยวข้องที่นอกเหนือการควบคุมในกระบวนการผลิต ซึ่งการจะให้มีประสิทธิภาพสูงสุดนั้นต้องเกิดมาจากการช่วยเหลือและร่วมมือกันของทุกฝ่าย

2. เนื่องจากในกระบวนการผลิตแก้มยางส่วนใหญ่ต้องใช้พนักงานเป็นผู้ปฏิบัติงาน โดยแต่ละบุคคลไม่ได้มีหน้าที่ปฏิบัติงานเฉพาะตำแหน่งดังกล่าวเท่านั้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเมื่อยล้าจากการทำงานเป็นผลให้การตรวจสอบชิ้นงานไม่ครบทั้ง 100%

3. การเก็บข้อมูลหลังจากการปรับปรุงกระบวนการยังไม่ครบถ้วน โดยยังคงต้องวิเคราะห์และปรับปรุงเครื่อง Stamp ความกว้างของแก้มยางให้สามารถใช้ได้อย่างถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ และติดตั้งไฟสัญญาณเตือนเมื่อพบสีขาวซึ่งถ้าการปรับปรุงเสร็จสิ้นแล้วนั้นของเสียในกระบวนการมีแนวโน้มที่ลดลง

บรรณานุกรม

กรณิการ์ กล้าหาญ. (2553). *การพัฒนาคู่มือวิธีปฏิบัติงานสำหรับหน่วยงานกำกับความปลอดภัยทางนิวเคลียร์โดยใช้แนวทางการประเมินความเสี่ยง*. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). *FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ*. พิมพ์ครั้งที่ 1, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพ.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2553). *MSA การวิเคราะห์ระบบการวัด*. พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุง), สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพ.

กันยรัตน์ คมวัชระ. (2547). *การนำ Six Sigma มาประยุกต์ในการปรับปรุงคุณภาพการศึกษา*. วารสารประกันคุณภาพ, มกราคม – มิถุนายน 2547, หน้า 20-33, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จรรยา บุญทา และคณะ. (2552). *การลดของเสียในกระบวนการประกอบด้านข้างประตูรถยนต์ ตามขั้นตอน DMAIC*. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ณัฐพล พ่วงอ่อน และคณะ. (2552). *การประยุกต์เทคนิคการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA) เพื่อการลดของเสียในกระบวนการหล่อโลหะ กรณีศึกษา: โรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์*. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ปวีณ์สุดา ปานอำไพ. (2553). *การลดของเสียผลิตภัณฑ์คอยล์เย็นในอุตสาหกรรมยานยนต์โดยการประยุกต์ใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกมา (DMAIC)*. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงษ์ธร แซ่อุย. (2550). *ยาง กระบวนการผลิตและการทดสอบ*. พิมพ์ครั้งที่ 1, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค), ปทุมธานี.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. (2552). *ผลิตภัณฑ์ยาง: กระบวนการผลิตและเทโนโลยี (Rubber Products: Manufacturing & Technology)*. พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย, กรุงเทพฯ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ศิรศักดิ์ เทพจิต. (2549). *การประเมินการนำ Lean Six Sigma ไปใช้งานด้วยการสร้างแบบจำลองพลวัตของระบบ*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สารัช ยมลยง. (2550). *การลดของเสียในการผลิต Fused Biconic Taper Coupler กรณีศึกษา Fabrinet Co., Ltd.*. ภาควิชาวิศวกรรมระบบการผลิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

DMAIC Tools Team. (2012). *DMAIC*. Search date 10 February, Accessible, http://www.dmaictools.com.

J. P. C. Tong, F. Tsung B. & P. C. Yen. (2004). *A DMAIC a pproach to printed circuit board quality improvement.* Springer-Verlag London Limited 2004, 523-531.

Kathryn Lannon & Chris Vanni. (2008) *5 PROJECTS, 5 HOSPITALS: USING DMAIC FOR RAPID QUALITY IMPROVEMENTS*. Northern Indiana Region of the Sisters of St. Francis Health Services, Inc.

Safari Books Online. (2012). *DMAIC improvement quality*. Search date 2 January, Accessible http://my.safaribooksonline.com/book/quality- management/ 9780071441193/ using-dmaic-to-improve-speed-quality-and-cost/ch01.

what-is-quality group. (2012). *Six Sigma Quality Improvement DMAIC*. Search date 2 January, Accessible http://what-is-quality.com/Six_Sigma.html.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เกณฑ์การประเมินการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ

(Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

ตารางภาคผนวก ก-1 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงต่อการเกิดของเสีย (Severity: S)

ระดับความรุนแรง	น้ำหนักของเสียต่อการเกิด 1 ครั้ง (กิโลกรัม)
10	> 631
9	561 – 630
8	491 – 560
7	421 – 490
6	351 – 420
5	281 – 350
4	211 – 280
3	141 – 210
2	71 – 140
1	≤ 70

ตารางภาคผนวก ก-2 เกณฑ์การประเมินโอกาสการเกิดของเสีย (Occurrence: O)

ระดับความรุนแรง	ครั้งต่อเดือน
10	> 9
9	9
8	8
7	7
6	6
5	5
4	4
3	3
2	2
1	≤ 1

ตารางภาคผนวก ก-3 เกณฑ์การประเมินการตรวจจับของเสีย (Detection: D)

การตรวจจับ	กฎเกณฑ์	ประเภทการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีระบบการตรวจจับใด ๆ			X	ไม่สามารถตรวจจับหรือตรวจสอบได้	10
ห่างไกลมาก	มีระบบควบคุม แต่ไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้			X	การควบคุมกระทำได้โดยทางอ้อมหรือเป็นเพียงการสุ่มตรวจเท่านั้น	9
ห่างไกล	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			X	การควบคุมกระทำได้ด้วยการตรวจสอบด้วยตาเปล่า (Visual Inspection) เท่านั้น	8
ต่ำมาก	มีระบบควบคุม แต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			X	การควบคุมกระทำได้ด้วยการตรวจสอบด้วยตาเปล่าสองครั้ง (Double Visual Inspeetion) เท่านั้น	7
ต่ำ	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้		X	X	การควบคุมกระทำได้ด้วยแผนภูมิ SPC	6
ปานกลาง	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้		X		มีการควบคุมโดยใช้เครื่องมือวัด วัดชิ้นงานก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน หรือใช้เกจแบบ Go/ No Go กับงานทั้งหมดก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน	5
ค่อนข้างสูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	X	X		มีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปหรือมีการใช้เครื่องมือวัดวัดชิ้นงานชิ้นแรกในขั้นตอนงานการปรับตั้ง (set-up)	4

หมายเหตุ : A = การป้องกันความผิดพลาด

B = การใช้อุปกรณ์วัด (Gauging),

C = ตรวจสอบโดยอาศัยบุคคล (Manual Inspection)

ภาคผนวก ข

ตารางข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยาง

ตารางภาคผนวก ข-1 วิธีการคำนวณ ppm และซิกมาของแต่ละกรณี

เดือน	จำนวนแก้มยางที่ผลิตได้ (เมตร)	ปริมาณของเสียทั้งหมด (กิโลกรัม)	ปริมาณของเสียของสาเหตุที่สนใจ (กิโลกรัม)		
			งานเหลือจากการผลิต	แก้มยางไม่ได้ Spec	ขอบแก้มยางแหว่ง
ต.ค.	1,525,366	75,890	7,621	3,789	2,804
พ.ย.	1,430,494	65,009	6,851	3,432	2,912
ธ.ค.	1,433,285	67,935	7,140	2,050	1,179
ม.ค.	1,471,046	65,510	5,344	1,525	1,049
ก.พ.	1,349,958	53,907	5,170	1,589	811
มี.ค.	1,224,056	42,099	3,961	1,029	474
เม.ย.	876,556	30,084	3,394	867	177

* น้ำหนักแก้มยางเฉลี่ยต่อ 1 เมตรมีค่าเท่ากับ 1.3 กิโลกรัม

ตัวอย่างการคำนวณ ppm และซิกมาของแต่ละกรณีก่อนการปรับปรุง (เดือนตุลาคม ถึง เดือนธันวาคม) แปลงหน่วยจำนวนแก้มยางที่ผลิตได้จากเมตร เป็น กิโลกรัม

= (1,525,366 + 1,430,494 + 1,433,285) x 1.3 = 5,705,889 กิโลกรัม

น้ำหนักที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อเดือน = 5,705,889 / 3 = 1,901,963 กิโลกรัม

กรณีงานเหลือจากการผลิต: ปริมาณของเสียเฉลี่ย = (7,621 + 6,851 + 7,140) / 3 = 7,204

1. คำนวณ ppm จาก

$$\frac{\text{ปริมาณของเสีย}}{\text{น้ำหนักที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อเดือน}} \times 1{,}000{,}000 = \frac{7{,}204}{1{,}901{,}963} \times 1{,}000{,}000 = 3.7877 \text{ ppm}$$

2. คำนวณซิกมา จาก

หาค่า x จาก ppm ที่คำนวณได้โดย $\frac{3.7877}{1{,}000{,}000} \times 100 = 0.0003788$

นำค่า x ที่คำนวณได้เปิดตารางค่า z มีค่าเท่ากับ 3.37

เพราะฉะนั้นค่าซิกมาของกรณีงานเหลือจากการผลิตมีค่าเท่ากับ 3.37

ตารางภาคผนวก ข-2 ข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยางก่อนการปรับปรุง

No	October	Days																															Total
	Cause	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	
1	แก้มยางไม่ได้ Spec	272	235	56	285	222	319	76	20	107	175	118	68	232	42	269	422	10	0	310	51	89	18	0	37	17	85	42	0	37	95	80	3789
2	ขอบแก้มยางแหว่ง	134	211	186	199	127	71	8	168	24	39	275	40	11	35	85	100	84	107	30	51	31	117	184	26	88	77	57	84	20	26	109	2804
3	PT Test Trial	277	145	41	0	29	12	11	198	0	0	224	98	75	0	62	307	176	49	0	0	0	76	75	9	26	0	0	0	110	40	0	2040
4	Joint size change	633	598	557	571	532	618	549	498	525	575	595	597	583	450	429	399	494	528	554	589	494	476	601	620	581	517	498	607	523	522	453	16766
5	งานเหลือจากผลิต	265	285	288	519	140	134	279	79	28	131	64	139	946	118	694	435	139	46	246	156	98	210	217	118	346	0	245	321	307	227	401	7621
6	ยางปินขอบ Reel	0	61	11	49	87	0	54	29	0	189	0	0	89	15	9	0	0	0	16	10	26	0	0	10	0	0	0	27	56	0	30	768
7	PT Test Mass	0	59	0	198	100	184	0	0	40	5	10	0	171	0	0	44	0	23	0	39	36	0	0	201	97	0	27	21	40	0	64	1359
8	Foreign Matter	56	121	0	39	0	268	87	127	187	0	67	69	0	54	9	23	0	60	173	0	71	11	35	79	69	0	46	20	20	14	59	1764
9	Return from Building	1245	1078	1567	1012	1221	1459	1337	1208	1237	1024	1349	1098	1378	1893	1300	1117	1215	1128	1138	1441	1200	1209	1216	1345	1318	1282	1260	1263	1119	1253	1070	38979

No	November	Days																															Total
	Cause	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	
1	แก้มยางไม่ได้ Spec	499	253	70	0	478	35	14	68	13	234	28	87	0	41	317	49	583	58	27	31	0	29	110	0	89	41	129	0	24	125	0	3432
2	ขอบแก้มยางแหว่ง	119	357	32	33	237	40	122	144	0	20	50	105	58	35	379	291	20	40	35	49	29	17	67	23	301	15	10	22	45	217	0	2912
3	PT Test Trial	31	47	73	51	0	0	40	20	272	252	262	0	31	22	41	33	0	36	10	0	60	166	60	125	38	21	32	21	6	0	0	1750
4	Joint size change	592	498	584	613	475	565	516	538	542	517	570	659	584	524	664	606	545	497	478	516	534	627	652	639	556	552	711	709	457	530	0	17050
5	งานเหลือจากผลิต	451	452	188	103	354	349	227	944	0	102	68	244	167	0	258	71	225	481	522	299	0	359	14	0	238	0	290	177	0	268	0	6851
6	ยางปินขอบ Reel	14	79	0	113	0	32	18	7	0	10	27	86	0	4	0	13	0	0	78	0	44	0	0	10	23	5	0	19	0	39	0	621
7	PT Test Mass	0	0	128	0	161	0	0	30	83	6	0	25	301	0	10	31	0	199	126	0	0	88	20	31	0	45	0	0	0	0	0	1278
8	Foreign Matter	28	91	10	0	0	481	324	20	0	49	0	0	32	104	0	44	0	60	287	289	0	0	29	59	0	78	0	90	0	14	0	2099
9	Return from Building	951	953	837	1068	960	904	1007	938	972	1188	1071	945	938	928	1077	920	1066	907	993	850	959	871	1161	1247	1059	1050	904	1315	980	0	0	29016

No	December	Days																															Total
	Cause	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	
1	แก้มยางไม่ได้ Spec	40	50	31	67	10	191	10	86	0	100	40	90	20	87	31	114	10	143	41	21	56	0	190	50	112	118	101	241	0	0	0	2050
2	ขอบแก้มยางแหว่ง	0	0	100	13	30	66	10	25	10	50	86	40	45	60	9	100	7	50	5	74	72	5	65	67	95	62	22	20	0	0	0	1179
3	PT Test Trial	0	36	40	142	98	232	47	38	41	20	0	0	0	0	145	162	0	20	25	25	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1101
4	Joint size change	713	652	751	711	696	540	570	522	782	810	740	811	665	463	790	768	769	811	613	692	879	789	780	868	703	752	768	736	0	0	0	20144
5	งานเหลือจากผลิต	398	453	401	232	370	304	467	129	379	0	733	138	0	356	290	0	387	0	186	124	203	270	192	31	432	149	139	377	0	0	0	7140
6	ยางปินขอบ Reel	70	0	50	0	0	0	99	0	88	0	0	0	0	0	96	0	0	0	100	0	0	0	0	0	179	0	63	0	0	0	0	695
7	PT Test Mass	0	101	0	0	0	0	6	0	99	0	0	0	0	215	189	204	0	0	0	0	0	0	0	68	0	0	129	0	0	0	0	1005
8	Foreign Matter	204	0	10	0	20	14	30	6	80	15	50	0	23	95	0	0	138	41	0	0	258	0	0	0	71	90	0	188	0	0	0	1327
9	Return from Building	1066	1143	1198	1180	1300	1262	1326	1354	1129	1443	1330	997	1322	1339	1205	1441	1475	1182	1029	919	1182	1388	936	982	996	958	1577	633	0	0	0	33294

ตารางภาคผนวก ข-3 ข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยางหลังการปรับปรุง

No	January	Days																															Total
	Cause	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	
1	แก้มยางไม่ได้ Spec	0	0	0	41	75	155	21	53	10	5	92	50	48	41	0	75	41	48	51	73	45	5	125	5	28	22	162	4	41	105	44	1525
2	ขอบแก้มยางเหวี่ยง	0	0	0	87	5	67	0	24	120	283	75	80	42	0	30	15	20	23	0	0	5	69	10	0	34	0	5	32	5	0	18	1049
3	PT Test Trial	0	0	0	165	37	0	121	0	0	5	5	10	60	80	80	80	0	37	0	0	10	30	5	5	85	148	45	13	10	63	42	1115
4	Joint size change	0	0	0	492	426	521	345	240	591	641	438	545	390	365	505	620	298	576	618	474	369	301	421	450	418	511	386	622	423	549	589	13324
5	งานเหลือจากผลิต	0	0	0	0	59	467	0	418	132	0	0	387	495	0	0	71	873	141	0	0	756	32	617	0	0	361	0	0	535	0	0	5344
6	ยางปินขอบ Reel	0	0	0	19	32	0	25	0	0	26	0	0	78	0	34	0	0	102	0	38	0	0	41	0	13	0	29	0	58	0	103	598
7	PT Test Mass	0	0	0	0	28	102	76	18	0	113	0	0	52	0	79	0	231	14	0	76	0	150	48	0	139	0	55	103	0	42	0	1332
8	Foreign Matter	0	0	0	145	89	58	0	43	0	84	19	0	107	0	0	0	34	0	21	0	9	0	79	132	148	0	80	0	93	0	67	1298
9	Return from Building	0	0	0	1426	1081	1786	1533	1382	1291	1482	1416	1042	1575	1187	1384	1372	1678	1487	735	1523	1590	1643	1669	1753	1146	1526	1516	1726	1507	1002	1547	40012

No	February	Days																															Total
	Cause	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	
1	แก้มยางไม่ได้ Spec	32	70	4	64	47	67	51	17	36	5	31	0	0	5	192	42	41	27	0	131	27	64	154	52	107	24	88	140	71	0	0	1589
2	ขอบแก้มยางเหวี่ยง	35	25	28	7	8	40	0	5	5	5	16	40	0	0	5	7	5	40	0	45	25	199	108	40	15	26	13	5	64	0	0	811
3	PT Test Trial	42	5	0	0	5	156	132	0	79	45	61	0	61	2	5	5	3	142	0	175	203	84	10	0	6	5	67	10	30	0	0	1328
4	Joint size change	843	764	496	418	466	616	844	739	829	595	592	762	789	588	631	601	660	770	772	666	528	523	653	675	694	555	461	573	422	0	0	18525
5	งานเหลือจากผลิต	19	25	4	223	0	417	5	420	0	49	481	32	174	0	478	0	84	387	56	113	20	214	96	304	260	215	365	350	179	0	0	5170
6	ยางปินขอบ Reel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	60	55	112	0	75	41	6	0	52	0	0	482
7	PT Test Mass	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	279	168	15	213	0	170	42	0	94	52	0	0	1033
8	Foreign Matter	23	102	10	33	0	82	15	52	177	0	89	0	64	0	140	0	72	43	0	239	0	128	318	76	52	43	76	23	153	0	0	2010
9	Return from Building	0	1618	0	1445	0	1860	0	1791	0	0	2119	0	1835	0	1049	0	1605	0	0	2340	0	1550	0	1482	0	1620	0	2645	0	0	0	22959

No	March	Days																															Total
	Cause	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	
1	แก้มยางไม่ได้ Spec	35	77	0	25	22	97	47	0	0	0	0	30	0	0	10	11	35	36	45	21	75	65	80	24	81	0	8	101	92	12	0	1029
2	ขอบแก้มยางเหวี่ยง	30	49	40	0	23	0	0	6	10	15	0	0	0	25	7	10	67	0	25	0	0	0	38	0	80	0	0	26	0	0	23	474
3	PT Test Trial	111	0	0	142	0	53	0	280	168	0	30	0	0	124	0	0	21	0	54	0	25	28	11	0	0	0	80	40	51	0	0	1118
4	Joint size change	353	454	295	350	423	495	344	440	498	360	482	310	388	390	481	395	472	465	404	416	440	483	347	439	305	0	411	283	394	439	483	12259
5	งานเหลือจากผลิต	175	0	95	0	370	267	0	0	389	0	433	48	0	168	136	0	243	0	186	124	564	0	92	184	0	190	0	179	68	0	52	3961
6	ยางปินขอบ Reel	20	20	20	31	22	36	0	0	0	0	100	50	0	0	30	0	0	0	60	18	0	22	58	0	0	0	0	111	0	0	0	598
7	PT Test Mass	99	0	174	54	174	82	0	0	0	0	112	146	0	0	11	0	0	0	45	137	0	0	105	0	0	0	0	229	66	0	0	1332
8	Foreign Matter	0	45	0	0	130	32	76	34	0	0	132	17	0	0	55	0	88	0	93	0	0	86	0	0	0	0	0	151	106	0	143	1298
9	Return from Building	1058	1998	0	1268	0	980	0	1532	0	1009	0	1081	0	1674	0	1015	0	1142	0	1388	0	980	0	1425	0	1322	0	1053	0	1252	900	20126

ตารางภาคผนวก ข-3 ข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตแก้มยางหลังการปรับปรุง (ต่อ)

No	April	Days																														Total
	Cause	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	
1	แก้มยางไม่ได้ Spec	55	7	64	15	89	0	0	14	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	20	106	83	0	0	179	50	21	21	23	28	0	867
2	[illegible]	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	75	0	0	43	10	0	10	16	0	10	0	177
3	[illegible] Trial	118	254	87	344	98	148	85	231	60	0	0	0	0	0	0	0	0	108	40	62	31	0	187	136	80	115	61	81	91	58	0	2475
4	[illegible] change	361	455	424	410	415	496	436	613	350	0	0	0	0	0	0	0	494	483	484	392	424	436	476	561	422	477	547	477	496	312	0	10435
5	[illegible]	0	226	103	95	132	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1372	132	64	38	136	89	128	516	344	76	0	0	0	0	0	3394
6	[illegible] Reel	87	25	40	0	0	12	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	20	32	81	0	0	0	54	63	0	0	512
7	[illegible]	0	0	236	0	137	0	0	135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	301	0	279	168	171	213	0	170	142	0	94	152	0	0	2198
8	[illegible]	0	45	132	17	130	32	76	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151	106	143	0	944
9	Return from Finishing	0	875	0	913	0	824	0	0	1043	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	922	0	1325	0	1032	0	1091	0	1055	0	0	0	9082