

การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน
ด้วยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า

INCREASING PRODUCTIVITY IN THE INSULATION PIPES
PRODUCTION PROCESS BY SIX SIGMA TECHNIQUE

ศตวรรษ รื่นเรือง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการผลิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อน
ด้วยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนด้วยเทคนิค ซิกซ์
ซิกม่า

Increasing Productivity in the Insulation Pipes Production Process by
Six Sigma Technique

ชื่อ - นามสกุล

นายศตวรรษ รื่นเริง

สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, วศ.ด.

ปีการศึกษา

2565

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์กิตติพงษ์ กิมะพงศ์, Ph.D.)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ประจวบ กล่อมจิตร, วศ.ด.)



กรรมการ

(อาจารย์ปรกช สิริสุวัฒน์, Ph.D.)



กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, วศ.ด.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์สรพงษ์ ภาสุปรีย์, Ph.D.)

วันที่ 14 เดือน กันยายน พ.ศ. 2565

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนด้วยเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า
ชื่อ - นามสกุล	นายศตวรรษ รื่นเรือง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, วศ.ด.
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนโดยประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่าจากข้อมูลในอดีตพบว่าในรุ่น 33.4 mm (1" IPS) ID x 25 mm wall x 2 m มีค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตเท่ากับ 58.08 ของจำนวนสิ่งผลิตของเดือนธันวาคม 2564 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2565 ซึ่งเป้าหมายผลผลิตในกระบวนการไม่น้อยกว่าร้อยละผลผลิต 80.00 พบว่าปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟม

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัยด้วยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการระบุปัญหาและหาสาเหตุของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟม จากนั้นวิเคราะห์ระบบการวัดและความสามารถของกระบวนการ รวมทั้งวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา เมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริงแล้วจึงทำการปรับปรุงโดยใช้การระดมสมองในกระบวนการผลิต ปรับปรุงกระบวนการผลิตใหม่ จากนั้นทำการควบคุมกระบวนการให้สามารถดำรงไว้ซึ่งผลของการปรับปรุง

จากข้อมูลก่อนการปรับปรุงปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตคิดค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 41.92 หลังจากการปรับปรุงลดปัญหาของเสียที่ลักษณะช่องว่างระหว่างชั้นโฟม ปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตคิดค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 18.34 ผลการปรับปรุงเพิ่มผลผลิตในกระบวนการคิดค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตเท่ากับ 81.66 ของจำนวนสิ่งผลิตของเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกรกฎาคม 2565 ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวคิดในปรับปรุงแก้ไขปัญหากับรุ่นอื่น ๆ ได้เพื่อช่วยลดของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการผลิต

คำหลัก : ผลผลิต ฉนวนกันความร้อน เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า

Thesis Title Increasing Productivity in the Insulation Pipes Production Process
by Six Sigma Technique
Name – Surname Mr. Satavat Reunreng
Program Industrial and Manufacturing Engineering
Thesis Advisor Assistant Professor Rapee Kanchana, D.Eng.
Academic Year 2022

ABSTRACT

The study aims to increase productivity in insulation pipes production process by applying six sigma technique. According to the historical data, the average yield percentage of the product model of 33.4 mm (1" IPS) ID x 25 mm wall x 2 m, was at 58.08 of manufacturing order quantity from December 2021 to February 2022, while the target percentage of yield was not less than 80.00. It was found that most problems came from defects of delaminating gap between foam layers.

The research procedures and method were implemented by the six sigma technique consisting of five steps. Identifying causes and problems of delaminate defects in the manufacturing process was the first step, following analyzing the measurement system and the process capability, as well as root causes of problems. The root cause was identified and improved by brainstorming for the manufacturing process and the process improvement. The process was controlled for maintaining the results of the improved process.

The average percentage of defected process before the improvement was at 41.92. After the improvement, the average percentage of defects in the reduced delaminating process was at 18.34. The results showed that after increasing productivity in the insulation pipes process, the average percentage of yield was at 81.66 of the manufacturing order quantity from May to July 2022. The results can be used as a guideline to improve and solve any problems with other models in order to reduce defects within manufacturing processes.

Keywords: productivity, insulation pipe, six sigma technique

กิตติกรรมประกาศ

การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน ด้วยเทคนิค ซิกซ์ ซิกม่า สำเร็จ
ลุล่วงไปได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ผู้ดำเนินงานวิจัยขอกราบขอบพระคุณความกรุณา และ
ความอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงษ์ ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์
ดร.ประจวบ กลุ่มจิตร กรรมการสอบ และ ดร.ปรกช สิริสุวัฒน์ กรรมการสอบ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้
คำปรึกษาให้คำแนะนำชี้แนะแนวทางการศึกษาค้นคว้า รวมไปถึงข้อบกพร่องต่าง ๆ และการแก้ไข
ปัญหาอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ผู้ดำเนินงานวิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาอย่างยิ่ง
จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงโดยการได้รับคำแนะนำ และความร่วมมือที่ดีจาก
เพื่อนร่วมงาน เพื่อน ๆ และบริษัทกรณีศึกษาที่สนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงจึง
ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่คอยสนับสนุน และให้
โอกาส รวมไปถึงคนรอบข้างที่คอยเป็นกำลังใจ จนเป็นแรงผลักดันให้งานสำเร็จลุล่วงจึงขอกราบ
ขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ศตวรรษ รื่นเรือง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6-8)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญรูป	(10-13)
บทที่ 1 บทนำ	14
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	14
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	22
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	22
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	23
1.5 คำนิยามที่ใช้ในงานวิจัย	23
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
2.1 ความเป็นมาและหลักการของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma).....	25
2.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma).....	27
2.3 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด (7 Quality Control Tools).....	35
2.4 เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตที่ถ่วงกันความร้อน.....	40
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	47
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	47
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	48
3.3 แนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	49
3.4 แนวทางวิเคราะห์ข้อมูล	50
3.5 สำนวนสภาพปัจจุบัน	50
3.6 การติดตามและการวิเคราะห์ผล	55
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์.....	56
4.1 ผลการดำเนินงานวิจัยการศึกษากำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา (Define Phase)	56
4.2 ผลการการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (M: Measurement Phase).....	60
4.3 ผลการการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (A: Analysis Phase)	65
4.4 ผลการการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (I: Improve Phase).....	70
4.5 ผลการควบคุมกระบวนการ (C: Control Phase).....	80
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	84
5.1 สรุปผลการวิจัย	84
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	85
5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย	86

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม.....	87
ภาคผนวก.....	91
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการใช้ Minitab.....	92
ประวัติผู้เขียน.....	96



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ข้อมูลความถี่การเกิดของเสียจากสายการผลิตของเดือนธันวาคม 2564 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2565.....	21
ตารางที่ 1.2 ข้อมูลแผนการผลิตระหว่างเดือนธันวาคม 2564 ถึง เดือนกรกฎาคม 2565	22
ตารางที่ 2.1 ระดับของ 6σ	26
ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การยอมรับและผลการวิเคราะห์ Attribute Agreement การตรวจสอบของเสีย 31	
ตารางที่ 2.3 ตารางแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA วิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลว.....	33
ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงประเภทของกราฟและวัตถุประสงค์การนำไปใช้แสดงผล	39
ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงประเภทของใบตรวจสอบและวัตถุประสงค์การนำไปใช้แสดงผล.....	40
ตารางที่ 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	49
ตารางที่ 4.1 รายละเอียดตัวตุ้ดคิบ.....	58
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลตรวจสอบตัวอย่างที่อฉนวนกันความร้อนของพนักงาน 4 คน.....	61
ตารางที่ 4.3 ปัจจัยที่ไม่นำมาปรับปรุงแก้ไขและคำอธิบายเหตุผล	67
ตารางที่ 4.4 ปัจจัยที่นำมาปรับปรุงแก้ไขและคำอธิบายเหตุผล	68
ตารางที่ 4.5 ปัจจัยและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	71

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 ลักษณะของเสียในกระบวนการผลิตที่อนุญาตความร้อน	15
รูปที่ 1.2 ผลิตภัณฑ์ที่อนุญาตความร้อน	15
รูปที่ 1.3 ลักษณะเครื่องจักรใช้ในกระบวนการผลิตที่อนุญาตความร้อน	16
รูปที่ 1.4 แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตที่อนุญาตความร้อน	17
รูปที่ 1.5 ร้อยละผลผลิต (%Yield) ของการผลิตเดือน ธันวาคม 2564 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2565.	18
รูปที่ 1.6 ร้อยละผลผลิต (%Yield) ของการผลิตแต่ละรุ่นที่ทำการผลิตโดยสายการผลิตที่ 1, 2 และ 3 ของ เดือนกุมภาพันธ์ 2565	19
รูปที่ 1.7 ลักษณะการเกิดของของเสีย	20
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนบริหารจัดการของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)	27
รูปที่ 2.2 การวิเคราะห์ของการกำหนดปัญหา (Define)	28
รูปที่ 2.3 การวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measure)	29
รูปที่ 2.4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis)	32
รูปที่ 2.5 เครื่องมือการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve)	34
รูปที่ 2.6 เครื่องมือการควบคุมกระบวนการ (Control)	34
รูปที่ 2.7 แผนภูมิควบคุมคุณภาพ	35
รูปที่ 2.8 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด	36
รูปที่ 2.9 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)	36
รูปที่ 2.10 แผนภาพแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)	37
รูปที่ 2.11 ฮิสโตแกรม (Histogram)	38
รูปที่ 2.12 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)	38

สารบัญรูป (ต่อ)

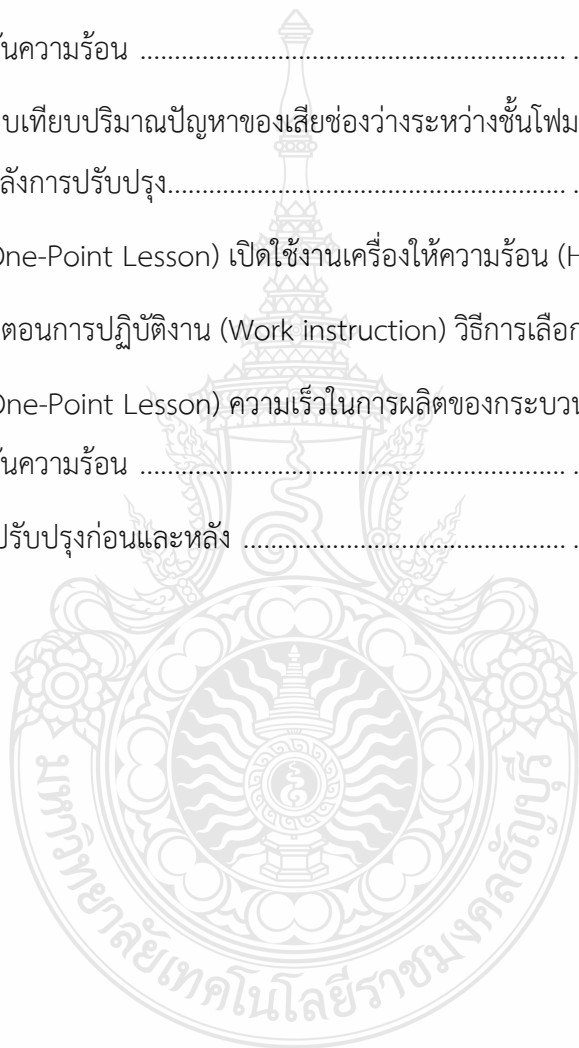
	หน้า
รูปที่ 2.13 แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram)	39
รูปที่ 2.14 ลักษณะของเครื่องกรีดม้วนโฟม (Slit machine)	41
รูปที่ 2.15 ลักษณะของเครื่องจักรใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อนเครื่องที่ 1 (Bonding machine 1)	41
รูปที่ 2.16 ลักษณะของเครื่องจักรใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อนเครื่องที่ 2 (Bonding machine 2)	42
รูปที่ 2.17 ลักษณะของเครื่องจักรใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อนเครื่องที่ 3 (Bonding machine 3)	42
รูปที่ 2.18 ลักษณะของเครื่องตัดความยาวของผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อน (L-Cutter machine)	43
รูปที่ 2.19 ลักษณะของเครื่องตรวจสอบวัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (Inner Diameter ; ID) และความหนา (Wall thickness)	43
รูปที่ 2.20 ลักษณะของเครื่องช่วยบรรจุผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อน (Semi auto packing machine)	44
รูปที่ 2.21 ลักษณะของแม่พิมพ์ที่ใช้กับเครื่องจักร (Die tooling)	44
รูปที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการผลิตท่อผลิตภัณฑ์ฉนวนกันความร้อน	50
รูปที่ 3.2 ลักษณะม้วนโฟมวัตถุดิบจากสายการผลิตลามิเนต (Laminate)	51
รูปที่ 3.3 ลักษณะปรับตั้งใบมีดของเครื่องกรีด	51
รูปที่ 3.4 ลักษณะเครื่องจักรที่ใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อน	52
รูปที่ 3.5 ลักษณะตัดความยาวของท่อฉนวนกันความร้อน	52
รูปที่ 3.6 ลักษณะการตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนา ของผนังท่อฉนวนกันความร้อน	53
รูปที่ 3.7 ลักษณะการบรรจุผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อน	53
รูปที่ 3.8 ลักษณะปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมของท่อฉนวนกันความร้อน	54
รูปที่ 3.9 ค่าร้อยละผลผลิตก่อนการดำเนินงานวิจัยและเป้าหมาย	54

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.1 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต	57
รูปที่ 4.2 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดีและผลิตภัณฑ์ที่เสียมีช่องว่างระหว่างชั้นโพลี	58
รูปที่ 4.3 ปริมาณของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโพลีในกระบวนการผลิต	59
รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์การวัดด้วยโปรแกรมมินิแทบ	62
รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์การวัดด้วยโปรแกรมมินิแทบ	63
รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์การวัดด้วยโปรแกรมมินิแทบ	64
รูปที่ 4.7 ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน (Within Appraisers) และประสิทธิภาพความ ไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (Appraiser vs Standard) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%.	65
รูปที่ 4.8 แผนภาพสาเหตุและผลการเกิดของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโพลีโดยใช้หลักการ Why-Why Analysis	66
รูปที่ 4.9 ปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโพลีและการเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน	68
รูปที่ 4.10 ปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโพลีและการเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die)	69
รูปที่ 4.11 ปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโพลีและความเร็วในการผลิต	70
รูปที่ 4.12 เครื่องมือกล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal imaging camera)	71
รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบจำนวนการเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อนกับวัสดุโพลี ก่อน - หลัง	72
รูปที่ 4.14 การเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 74, 76 และ 78 มิลลิเมตร	74
รูปที่ 4.15 การเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 80 และ 82 มิลลิเมตร	75
รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบการเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) กับวัสดุโพลี ก่อน - หลัง	76
รูปที่ 4.17 ระยะการหย่อนของท่อในกระบวนการผลิตที่อนุญาตความถี่ระหว่างชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2	77

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบความเร็วในการผลิตและผลที่ได้รับของกระบวนการผลิต ท่อนวนกันความร้อน	77
รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบความเร็วในการผลิตและผลที่ได้รับของกระบวนการผลิต ท่อนวนกันความร้อน	78
รูปที่ 4.20 กราฟเปรียบเทียบปริมาณปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟม ก่อนและหลังการปรับปรุง.....	79
รูปที่ 4.21 เอกสาร (One-Point Lesson) เปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน (Heater)	81
รูปที่ 4.22 เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work instruction) วิธีการเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die).	82
รูปที่ 4.23 เอกสาร (One-Point Lesson) ความเร็วในการผลิตของกระบวนการผลิต ท่อนวนกันความร้อน	83
รูปที่ 5.1 สรุปผลการปรับปรุงก่อนและหลัง	85

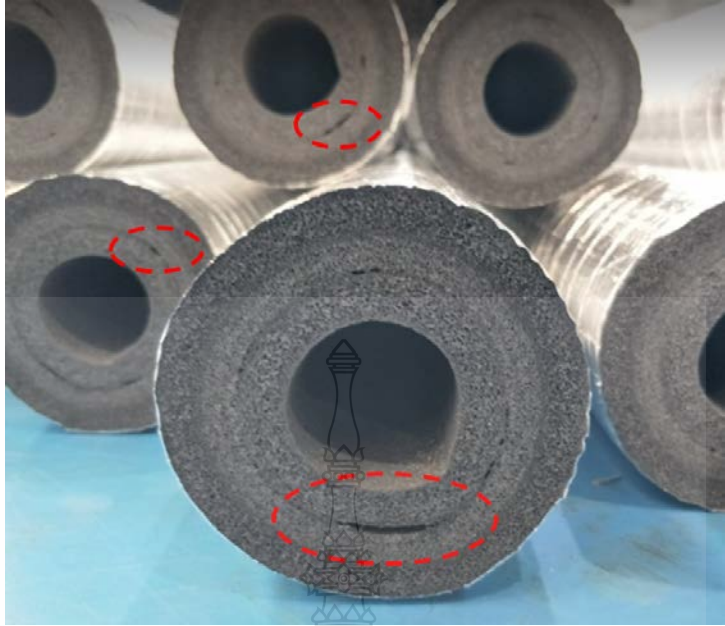


บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทที่ผลิตผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อนที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ นำไปใช้หุ้มท่อทองแดงและท่อเหล็ก ซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องปรับอากาศมีคุณสมบัติป้องกันการกั่นตัวเป็นหยดน้ำบนผิวของท่อคุณสมบัติวัสดุที่มีการนำความร้อนต่ำ และกันไอน้ำซึมผ่านให้ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน ทั้งยังให้ความสวยงามเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อนจึงมีความสำคัญมาก ด้วยเหตุนี้ บริษัทจึงต้องมีการพัฒนาและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อน จากการเก็บข้อมูลการดำเนินงานในช่วง เดือน ธันวาคม 2564 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2565 พบว่ามีปัญหาของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต (Defect) โดยมีปริมาณการทิ้งของเสียในปริมาณที่มาก ดังรูปที่ 1.1 เมื่อผ่านกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อนแล้ว ซึ่งมีลักษณะตัดเป็นชิ้นทิ้งใส่ไว้ในภาชนะใส่ของเสีย จึงมีความพยายามพัฒนาการจัดการของเสียจากการผลิต ที่ส่งผลเสียต่อผลิตภัณฑ์ โดยการนำกลยุทธ์ และการนำเครื่องมือทางเทคนิคต่างๆ โดยการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน ลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน



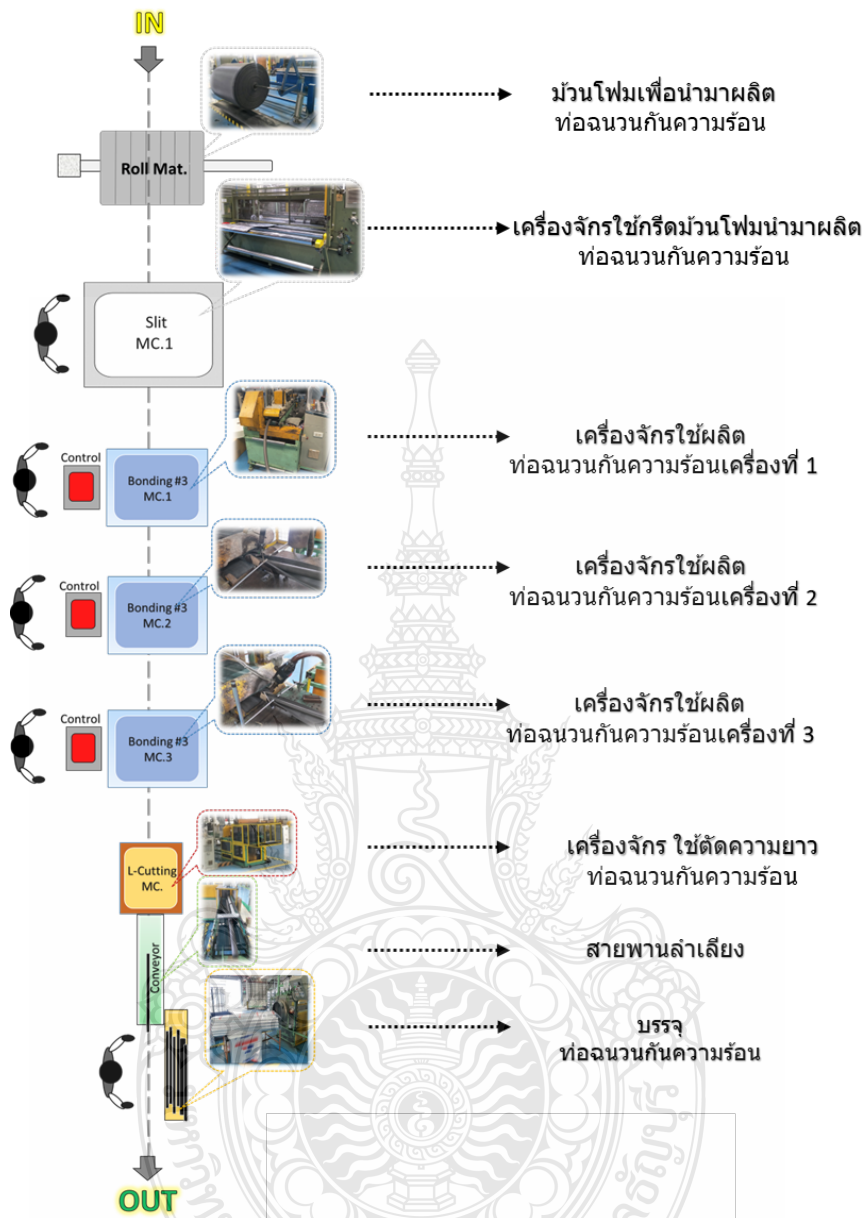
รูปที่ 1.1 ลักษณะของเสียในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน

1.1.1 ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาของโรงงานผลิตฉนวนกันความร้อนผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อนมีลักษณะสีเทาจะมีการหุ้มด้วยพอยล์ ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อน

1.1.2 กระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนของโรงงานที่ดำเนินการศึกษาสายการผลิตและเครื่องจักรใช้ในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน ดังรูปที่ 1.3

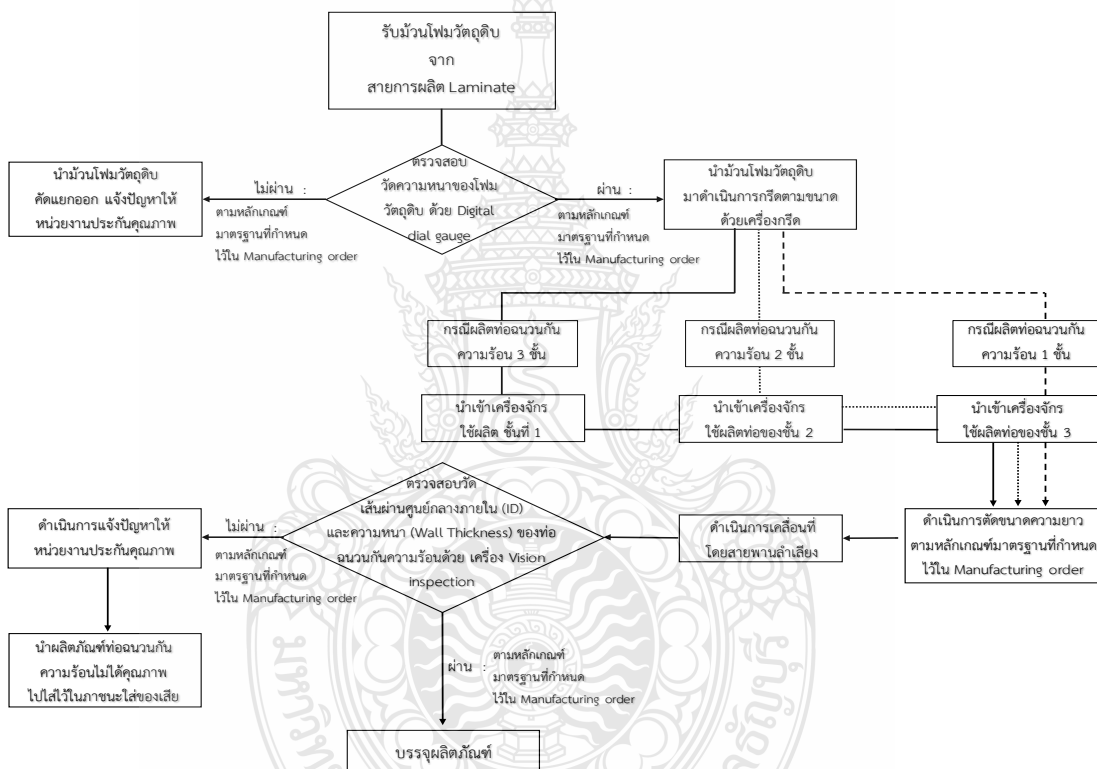


รูปที่ 1.3 ลักษณะเครื่องจักรใช้ในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน

1.1.3 แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน

เริ่มจากพนักงานรับม้วนโฟมวัตถุดิบของสายการผลิตลามิเนต (Laminate) ดำเนินการตรวจสอบวัดความหนาของโฟมวัตถุดิบด้วย เกจวัดความหนาดิจิตอล และตั้งใบมีดของเครื่องกรีดเพื่อกรีดม้วนโฟมเตรียมส่งต่อให้กับพนักงานที่ดูแลสายการผลิตเพื่อนำเข้าไปที่เครื่องจักรใช้ผลิตท่อ

ฉนวนกันความร้อนชั้นที่ 1 โดยการให้ความร้อนที่แผ่นโฟมและใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die tooling) บังคับให้ ม้วนขึ้นรูปท่อโฟม และส่งต่อเพื่อไปที่เครื่องจักรใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อน ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ขึ้นอยู่กับการกำหนดชั้นของผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อน เมื่อผลิตเป็นท่อออกมาแล้วจะดำเนินการ ตัดขนาดความยาวมาตรฐานที่กำหนดไว้ใน Manufacturing order หรือ (MO) แล้วจะดำเนินการ เคลื่อนที่โดยสายพานลำเลียงและตรวจสอบด้วยเครื่องตรวจสอบวัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (Inner Diameter ; ID) และความหนา (Wall thickness) โดยพนักงานผู้ปฏิบัติงานและฝ่ายประกันคุณภาพ ก่อนจะบรรจุผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการสุดท้าย ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน

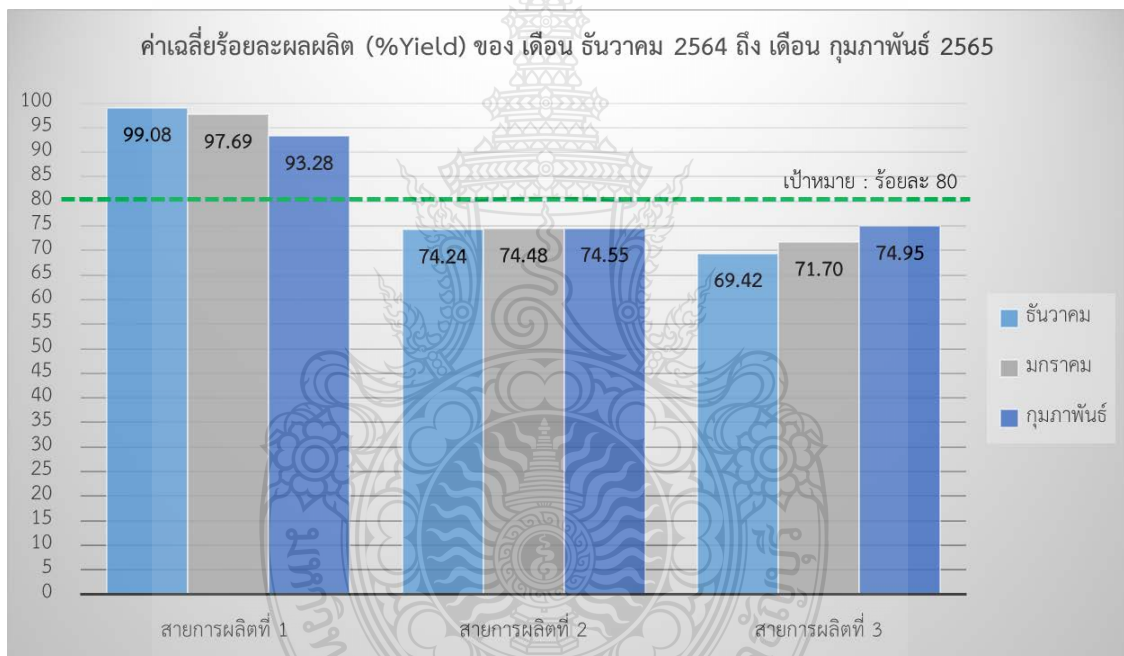
เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษามีความต้องการเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิต (Increasing Productivity) โดยการจัดการและควบคุมกระบวนการผลิต และจัดการด้านคุณภาพของท่อฉนวนกัน ความร้อน เพื่อนำมาซึ่งผลกำไรของบริษัท และความพึงพอใจให้กับลูกค้า

1.1.4 สภาพปัญหาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

การศึกษาข้อมูลและกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนของวิศวกรควบคุม กระบวนการผลิต ท่อฉนวนกันความร้อนจากโรงงานกรณีศึกษา พบว่ามีความจำเป็นที่จะปรับปรุงเพิ่ม

ผลผลิตในกระบวนการผลิตที่อ่อนนวกันความร้อนและการจัดการลดปริมาณของเสียที่เกิดจากการผลิต (Defect) ซึ่งจากการจัดเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2564 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2565 ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิต (%Yield) ของสายการผลิตที่ 1 ถึง 3 พบว่ามีปัญหา ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิต (%Yield) ของสายการผลิตที่ 2 และ 3 ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของการผลิต จึงมีความต้องการลดของเสียเพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตที่อ่อนนวกันความร้อน ของสายการผลิตที่ 2 และ 3 ดังรูปที่ 1.5

$$\text{การหาค่าร้อยละผลผลิต (\%Yield)} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100 \quad (1.1)$$



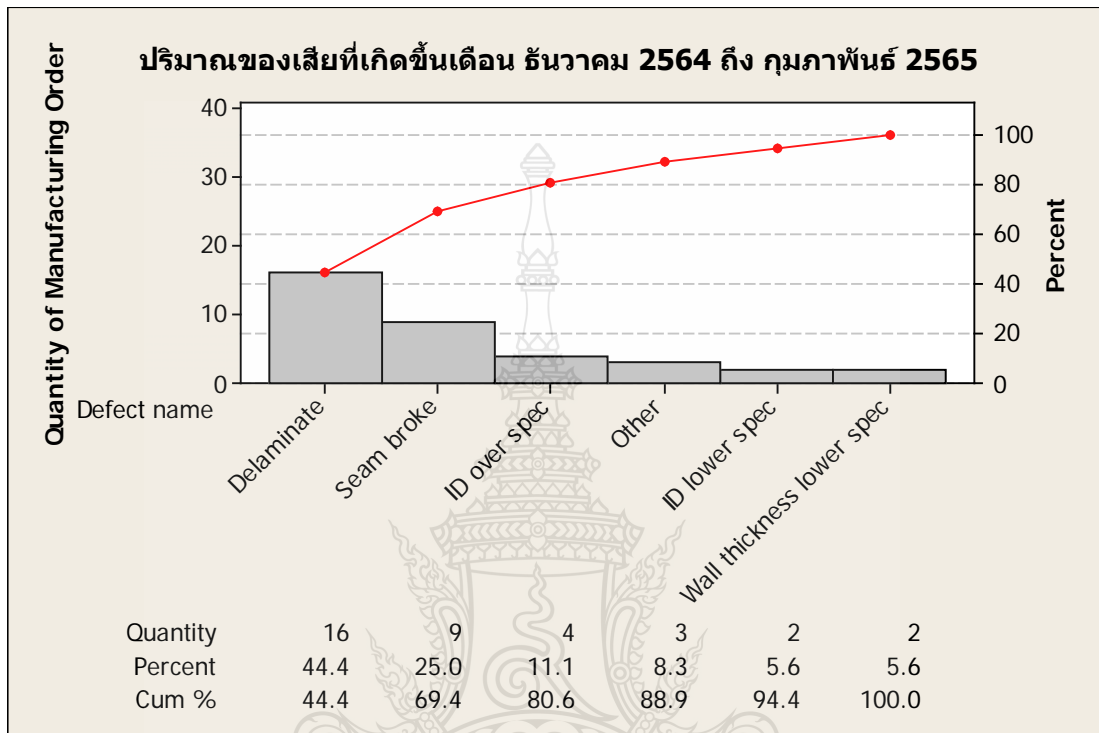
รูปที่ 1.5 ค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิต (%Yield) ของการผลิตเดือน ธันวาคม 2564 ถึง เดือน กุมภาพันธ์ 2565

จากข้อมูล รูปที่ 1.5 นำเสนอข้อมูลร้อยละผลผลิต (%Yield) การผลิตแต่ละรุ่นที่ทำการผลิตของสายการผลิตของการผลิตที่ดำเนินการศึกษาแยกแต่ละรุ่นที่ทำการผลิตของสายการผลิตที่ 1, 2 และ 3 จึงขอยกตัวอย่างข้อมูล ร้อยละผลผลิต (%Yield) ประจำเดือน กุมภาพันธ์ 2565 ซึ่งร้อยละผลผลิต (%Yield) ของการผลิตต่ำกว่าร้อยละ 80 ดังแสดงในรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 ร้อยละผลผลิต (%Yield) ของการผลิตแต่ละรุ่นที่ทำการผลิตโดยสายการผลิตที่ 1, 2 และ 3 ของ เดือนกุมภาพันธ์ 2565

ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ลงบันทึกการเก็บข้อมูลจำนวนคำสั่งผลิต.ที่มีร้อยละผลผลิต (%Yield) ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของการผลิตและลักษณะการเกิดของของเสียที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือน ธันวาคม 2564 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2565 ดังรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 ลักษณะการเกิดของของเสีย

จากข้อมูล รูปที่ 1.7 พบความถี่มากที่สุดของการเกิดปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมที่ต้องให้ความสำคัญในการแก้ไขมากที่สุด ดังตารางที่ 1.1 แสดงความถี่การเกิดของเสียจากสายการผลิต

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลความถี่การเกิดของเสียจากสายการผลิตของเดือนธันวาคม 2564 ถึง เดือน
กุมภาพันธ์ 2565

ลำดับ	สายการผลิต	รุ่นที่ทำการผลิต	คำสั่งผลิตที่พบปัญหาของเสีย					
			Delaminate	ID over spec.	ID lower spec	Wall thickness lower spec.	Seam broke	Other
1	2	25.4mm (1"CU) ID x 15mm wall x 2m	✓					
2	3	ID19.05 x OD39.05 x 10 MM Wall x L2000 MM			✓			
3	2	ID15.9 x OD35.9 x 10 MM Wall x L2000 MM			✓			
4	3	ID54 x OD104 x 25 MM Wall x L2000 MM				✓		
5	3	33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m	✓					
6	2	161.9mm (6-3/8"CU) ID x 30mm wall x 2m		✓				
7	3	88.9mm (3-1/2"CU 3"IPS) ID x 20mm wall x 2m					✓	
8	2	19.1mm (3/4"CU) ID x 10mm wall x 2m	✓					
9	3	19.1mm (3/4"CU) ID x 10mm wall x 2m	✓					
10	2	ID25.4 x OD55.4 x 15 MM Wall x L2000 MM					✓	
11	2	50mm (PPR) ID x 40mm wall x 2m	✓					
12	2	76.2mm (3"CU 2-1/2"IPS) ID x 25mm wall x 2m					✓	
13	2	219.1mm (8" IPS) ID x 40mm wall x 2m					✓	
14	2	31.8mm (1-1/4" CU) ID x 25mm wall x 2m						✓
15	3	ID28.6 x OD68.6 x 20 MM Wall x L2000 MM	✓					
16	2	63.5mm (2-1/2"CU) ID x 50mm wall x 2m	✓					
17	3	ID28.6 x OD68.6 x 20 MM Wall x L2000 MM					✓	
18	2	50.8mm (2"CU) ID x 50mm wall x 2m	✓					
19	2	114.3mm (4" IPS) ID x 25mm wall x 2m	✓					
20	2	219.1mm (8" IPS) ID x 50mm wall x 2m						✓
21	2	42.2mm (1-1/4"IPS) ID x 15mm wall x 2m	✓					
22	3	33.4mm (1"IPS) ID x 25mm wall x 2m	✓					
23	3	9.5mm (3/8"CU) ID x 25mm wall x 2m	✓					
24	2	34.9mm (1-3/8"CU) ID x 25mm wall x 2m		✓				
25	2	60.3mm (2"IPS) ID x 15mm wall x 2m		✓				
26	3	33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m	✓					
27	2	ID15.9 x OD39.9 x 12 MM Wall x L2000 MM					✓	
28	2	ID42.2 x OD82.2 x 20 MM Wall x L2000 MM						✓
29	2	ID22.2 x OD40.2 x 9 MM Wall x L2000 MM					✓	
30	3	6.35mm (1/4"CU) ID x 25mm wall x 2m					✓	
31	3	6.35mm (1/4"CU) ID x 25mm wall x 2m				✓		
32	2	114.3mm (4" IPS) ID x 20mm wall x 2m					✓	
33	3	6.35mm (1/4"CU) ID x 15mm wall x 2m		✓				
34	3	33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m	✓					
35	3	21.3mm (1/2"IPS) ID x 20mm wall x 2m	✓					
36	3	33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m	✓					

พบว่าในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m มีการเกิดปัญหา Delaminate ซ้ำ
ที่สายการผลิตที่ 3 และมีการสั่งผลิตอยู่ในทุก ๆ เดือน ดังตารางที่ 1.2 จึงมีความต้องการลดของเสียเพื่อ
เพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตที่ถ่วงกันความร้อน

ตารางที่ 1.2 ข้อมูลแผนการผลิตระหว่างเดือนธันวาคม 2564 ถึง เดือนกรกฎาคม 2565

ลำดับ	แผนการผลิตประจำเดือน	จำนวนคำสั่งผลิต	จำนวนที่ทำการผลิต (ชิ้น)
1	ธันวาคม	1	332
2	มกราคม	2	2952
3	กุมภาพันธ์	2	787
4	มีนาคม	1	927
5	เมษายน	1	487
6	พฤษภาคม	1	891
7	มิถุนายน	1	544
8	กรกฎาคม	1	2130

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาหาสาเหตุ วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนโดยใช้หลักการของ ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)

1.2.2 เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิต ในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การศึกษาดำเนินงานวิจัยในสายการผลิตที่ 3

1.3.2 การดำเนินงานวิจัยศึกษาขั้นตอนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อน ตั้งแต่การดำเนินการกรีตมวลโพน นำเข้าในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อน ตลอดจนการตรวจสอบคุณภาพขั้นสุดท้าย ก่อนการส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิความร้อนให้กับลูกค้า

1.3.3 ผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิความร้อนที่นำมาศึกษา รุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m เนื่องจากมีการผลิตอย่างสม่ำเสมอ

1.3.4 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยนี้เก็บข้อมูล เดือนธันวาคม 2564 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2565 ดำเนินงานปรับปรุง เดือนมีนาคม ถึง เดือนเมษายน 2565 และติดตามผลการดำเนินงานวิจัยระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกรกฎาคม 2565

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบสาเหตุจากการวิเคราะห์ปัญหาและสามารถปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนในสายการผลิตที่ 3

1.4.2 สามารถเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตของสายการผลิตที่ 3 ในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

1.5 คำนิยามที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิต โดยการศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิความร้อน ดังนั้นคำนิยามจะช่วยให้สามารถเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน โดยคำนิยามมีดังนี้

Bonding (1)	: สายการผลิตขึ้นรูปที่อุณหภูมิความร้อน ที่ 1
Bonding (2)	: สายการผลิตขึ้นรูปที่อุณหภูมิความร้อน ที่ 2
Bonding (3)	: สายการผลิตขึ้นรูปที่อุณหภูมิความร้อน ที่ 3
IPS	: มาตรฐานท่อเหล็ก (Iron Pipe Standard)
ID	: เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (Inner Diameter)
Wall	: ผนังของวัสดุโพลี
MC.1	: เครื่องจักรเครื่องที่ 1
MC.2	: เครื่องจักรเครื่องที่ 2
MC.3	: เครื่องจักรเครื่องที่ 3

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะขอลำถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหลักการของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตและลดปริมาณการทิ้งของเสียในการบวนการผลิตที่ลดทอนกันความร้อนที่ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ศึกษาจากบทความ หนังสือ และวารสาร ในประเทศและต่างประเทศรวมถึงผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิต ซึ่งทั้งหมดจะขอกล่าวทฤษฎีและงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

- 2.1 ความเป็นมาและหลักการของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)
- 2.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)
 - 2.2.1 ขั้นตอนการศึกษากำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา (Define Phase)
 - 2.2.2 ขั้นตอนการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measurement Phase)
 - 2.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)
 - 2.2.4 ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)
 - 2.2.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control Phase)
- 2.3 เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ
- 2.4 เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตที่ลดทอนกันความร้อน
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเป็นมาและหลักการของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)

ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) เป็นระบบการจัดการคุณภาพที่ได้รับความนิยมในการวางแผนเพื่อพัฒนา และปรับปรุงได้ถูกคิดค้น ทดลอง และได้นำมาใช้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ.1979 โดย มิสเตอร์ อาร์ท ซันดราย (Mr.Art Sundry) ผู้บริหารของบริษัทโมโตโลล่า โดยมีการนำทฤษฎีการบริหารของ ดร.เดมมิง (Dr. William Edwards Deming) และ ดร.จูราน (Dr. Joseph Moses Juran) ได้นำ กลวิธีทางสถิติมาใช้ และต่อมาใน ค.ศ.1981 บริษัทโมโตโลล่า ได้จัดทำโครงการซิกซ์ ซิกม่า จำนวน 10 โครงการในระยะเวลา 5 ปี โดยการควบคุมดูแลของ มิสเตอร์โรเบิร์ต เกลล์วิน (Mr.Robert William Galvin) ซึ่งเป็น CEO ของบริษัทในขณะนั้น ส่งผลให้บริษัทโมโตโลล่าได้รับรางวัล Malcolm Baldrige National Quality Award ในปี ค.ศ.1989 ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ บริษัทโมโตโลล่า ก่อตั้งสถาบันวิจัยซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) ในปี ค.ศ.1990 โดยการนำของ มิสเตอร์โรเบิร์ต เกลล์วิน (Mr.Robert William Galvin) และ มิสเตอร์มิกเกล แฮร์รี่ (Mr.Mikel J. Harry) เพื่อให้การสนับสนุนและพัฒนาโครงการต่างๆ ของบริษัทโมโตโลล่า

ซิกซ์ ซิกม่า เป็นการบริหารที่มุ่งเน้นในการลดความผิดพลาด ลดความสูญเปล่า และลดการแก้ไขตัวชิ้นงาน และสอนให้พนักงานรู้แนวทางในการดำเนินงานอย่างมีหลักการ และจะไม่พยายามจัดการกับปัญหาแต่จะพยายามกำจัดปัญหาทิ้ง โดยวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตใด ๆ โดยมุ่งเน้นการลดความไม่แน่นอน และการปรับปรุงขีดความสามารถในการทำงานให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด เพื่อนำมาซึ่งความพอใจของลูกค้า [1] และผลที่ได้รับสามารถวัดเป็นจำนวนเงินได้อย่างชัดเจน ซึ่งมีหลาย ๆ งานวิจัยได้อธิบายทฤษฎีของซิกซ์ ซิกม่า ดังนี้

ดร.ณัฐพันธ์ เขจรนันท์ [2] อธิบายว่า ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) เป็นตัวบ่งชี้เส้นเขตแดนคุณภาพของสินค้า หรือ เรียกว่า “จุดวิกฤตต่อคุณภาพ (Critical to Quality) หรือจุด CTQs” ที่จะต้องนำมาพิจารณาเพื่อให้เกิดการรักษาระดับของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยแนวคิดของ ซิกซ์ ซิกม่า จะแสดงถึงความเป็ยเบนของการดำเนินงาน “โอกาสที่จะเกิดความสูญเสียด้าน (Defects Per Million Opportunities) หรือ DPMO” ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งอธิบายรายละเอียดความหมายของ ซิกซ์ ซิกม่า แนวคิดการบริหารงานแบบซิกซ์ ซิกม่า ไม่ได้เป็นเพียงแค่การการลดข้อบกพร่องที่เป็นเป้าหมายเชิงปริมาณเพียงอย่างเดียว หากแต่เป็นการมองที่ครอบคลุม เป็นสิ่งสำคัญในการที่จะใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกม่าต้องมีผู้นำที่มีความเป็นเลิศทางการแก้ไขปัญหา และตอบสนองความต้องการลูกค้า

ตารางที่ 2.1 ระดับของ 6σ

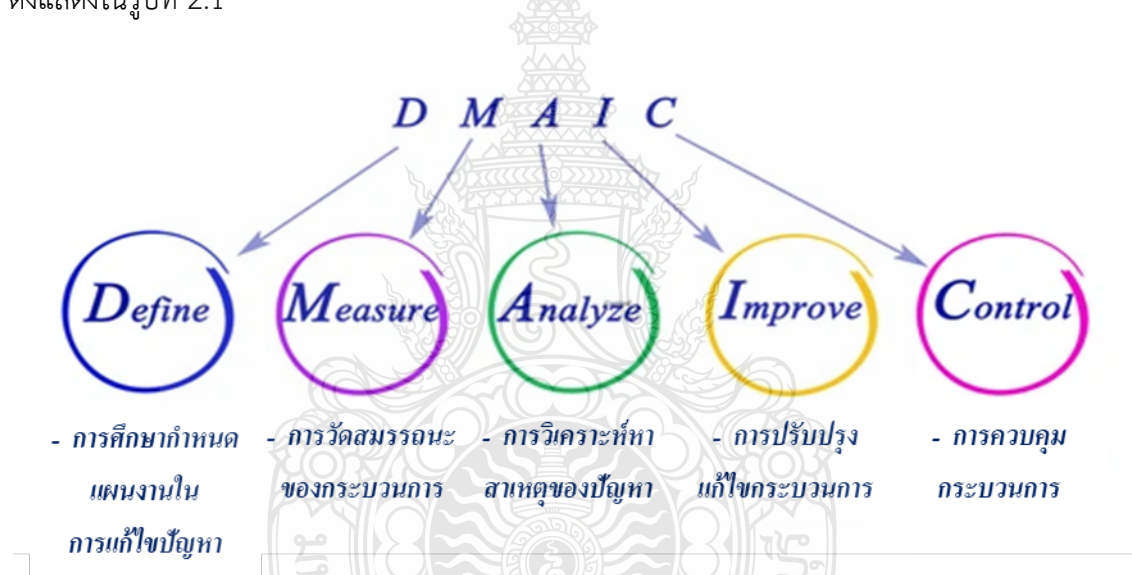
ระดับ ซิกม่า σ	โอกาสที่จะเกิดความสูญเสียต่อล้าน (Defects Per Million Opportunities) หรือ DPMO	อัตราการดำเนินงานโดยไม่มี ผิดพลาด (Error Free)
1σ	697,672.1265997890	30.23278734%
2σ	308,770.1678050220	69.12298322%
3σ	66,810.5989420398	93.31894011%
4σ	6,209.6843153386	99.37903157%
5σ	232.6291191951	99.97673709%
6σ	3.3976731335	99.99966023%

การตอบสนองความต้องการลูกค้าประกอบด้วยประเด็นหลัก 6 ประการ คือ 1.การมุ่งเน้นไปที่ลูกค้าอย่างแท้จริง 2.เป็นการจัดการที่ใช้ข้อมูลและข้อเท็จจริงเป็นตัวหลักต้น 3.กระบวนการต่าง ๆ จะช่วยสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน 4.เป็นการจัดการเชิงรุก (Proactive management) ที่มุ่งป้องกันและแก้ไขปัญหาอย่างมีเหตุผล 5.ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่ายโดยปราศจากข้อจำกัดและการกีดกัน 6.มุ่งสู่ความเป็นเลิศและการพัฒนาศักยภาพอย่างสูงสุด

ณรงค์ฤทธิ์ เฉลิมพงษ์ [3] อธิบายว่าแนวคิดซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) สามารถนำมาใช้ให้เกิดความสำเร็จได้นั้นจำเป็นต้องมีประสบการณ์ในการทำงาน พฤติกรรมทัศนคติในการทำงาน และได้ผ่านการฝึกอบรมจากการทำงาน เป็นตัวแปรในการตั้งสมมติฐานเพื่อศึกษาพฤติกรรมของพนักงานในการปฏิบัติงานของพนักงานฝ่ายผลิต และพิสูจน์สมมติฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ที่จะส่งผลต่อการบริหารจัดการแบบซิกซ์ ซิกม่า ประสบความสำเร็จ ได้จากการผลิตงานที่มีความตระหนักถึงคุณภาพของงานที่ออกมาดีก็จะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่ลดลงจากสาเหตุการเกิดงานเสีย ซิกซ์ ซิกม่า ยังส่งผลต่อความสามารถกระบวนการผลิตที่เพิ่มขึ้นซึ่งได้จากพนักงานมีความเข้าใจในวิธีการทำงานและการตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งเป็นแนวคิดการบริหารงานของซิกซ์ ซิกม่า

2.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)

ภาณุวัฒน์ ธนสานสกุลวงศ์ และ อุษณีย์ ปุรินทรภิบาล [4] อธิบายว่าแนวคิดซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) เป็นการพัฒนาและปรับปรุงลดความไม่แน่นอนและลดความแปรผันของกระบวนการ และนำไปสู่การปรับปรุงขีดความสามารถให้ไปถึงยังเป้าหมาย และสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า โดยการนำแนวทางการบริหารจัดการของ ซิกซ์ ซิกม่านำมาใช้ ประกอบด้วย 1.การศึกษากำหนดแผนงานในการแก้ไข้ปัญหา (Define Phase) 2.การวัดสมรรถนะของกระบวนการ (Measure Phase) 3.การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analyze Phase) 4.การปรับปรุงแก้ไข้กระบวนการ (Improve Phase) 5.การควบคุมกระบวนการ (Control Phase) ซึ่งทั้ง 5 ขั้นตอนเหล่านี้ใช้ อักษรย่อคือ DMAIC ดังแสดงในรูปที่ 2.1

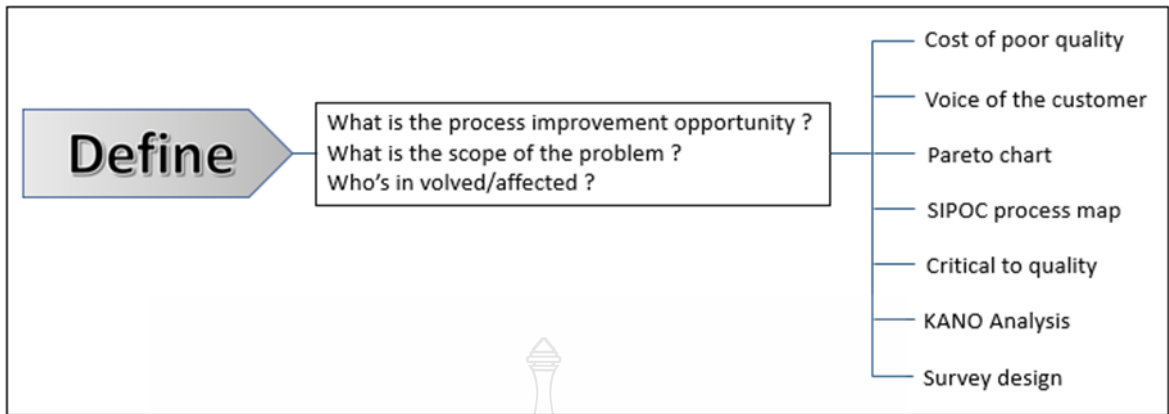


รูปที่ 2.1 ขั้นตอนบริหารจัดการของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)

โดยแนวคิด ซิกซ์ ซิกม่า นั้นเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิตสามารถชี้วัดผลสำเร็จได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2.1 ขั้นตอนการศึกษากำหนดแผนงานในการแก้ไข้ปัญหา (Define Phase)

การกำหนดปัญหา (Define: D) ที่มีความสนใจในการปรับปรุง ขอบเขตของโครงการที่ต้องการปรับปรุง กำหนดแผนงานในการแก้ไข้ปัญหา ระยะเวลาของโครงการ เป้าหมายความสำเร็จอย่างชัดเจน ในรูปแบบของ Process map อธิบายให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น และใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ [5],[6] ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การวิเคราะห์ของการกำหนดปัญหา (Define)

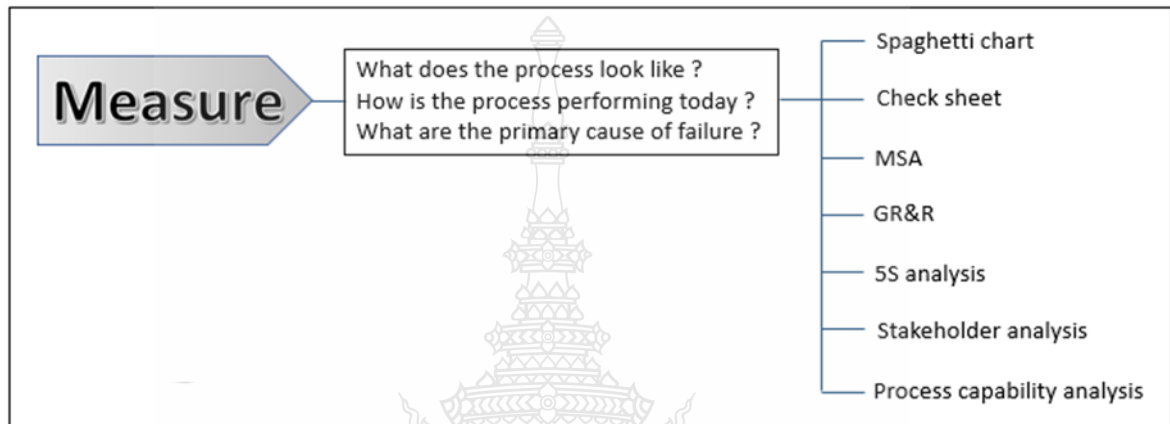
ตรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง, อัมพวรรณ จีระภาวงศ์ และ ทศพล เกียรติเจริญผล [7] อธิบายหลักการการกำหนดปัญหา (Define) ซึ่งใช้แนวคิดของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) โดยดำเนินการศึกษาปัญหาซึ่งทำให้เกิดความไม่พอใจกับลูกค้า (Voice of the customer) ปัญหาต้นทุนการผลิตที่ไม่มีคุณภาพ (Cost of poor quality) โดยการกำหนดขอบข่ายของปัญหาให้แคบลงและพยายามคัดเลือกปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อ สร้างความเสียหายกับองค์กรมากที่สุด โดยใช้ Process map ศึกษาแผนผังการไหลของกระบวนการทำงานจริง ศึกษาการกำหนดใช้ค่าพารามิเตอร์ เพื่อกำหนดปัญหาลดการดำเนินการของกระบวนการจากการทำงานซ้ำซ้อน และไม่เกิดมูลค่าในการผลิต แล้วนำมาให้เกิดผลตอบแทนให้มากที่สุด

วทิตา แสนสม [8] อธิบายการกำหนดปัญหา (Define) โดยเริ่มต้นจะการสร้างแผนภาพกระบวนการ (Process Map) จะช่วยอธิบายรายละเอียดทุกขั้นตอนในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่สามารถระบุตัวแปรสำคัญในกระบวนการผลิต (Process input) และผลลัพธ์ในกระบวนการผลิต (Process output) ในขั้นตอนนี้เปรียบเหมือนการตรวจสอบวิเคราะห์ทำให้เราเข้าใจในกระบวนการผลิตมากขึ้น นำไปสู่การทราบปัญหา ข้อบกพร่อง หรือสาเหตุที่แท้จริง โดยใช้เครื่องมือ (Pareto chart) เปรียบเทียบปริมาณของเสียในกระบวนการผลิต ช่วยในการพิจารณา ซึ่งอาจจะนำไปสู่การวิเคราะห์กำหนดปัญหา และการกำหนดสมมุติฐาน ของการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

2.2.2 ขั้นตอนการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measurement Phase)

การวัด (Measurement: M) เป็นการวัดและการประเมินสภาพปัจจุบันของกระบวนการ ทำความเข้าใจกับกระบวนการเริ่มต้นด้วยการวัดความสามารถของกระบวนการ เพื่อทราบ

ถึงโอกาสการเกิดของเสียของกระบวนการ โดยการดำเนินการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากกระบวนการผลิตนั้นๆ ผู้ประเมินจะต้องเข้าใจ และคำนวณออกมา ว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นเท่าไรที่ชัดเจน เพื่อนำข้อมูลจริงมาวิเคราะห์ ความสามารถของกระบวนการ โดยเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่กำหนดไว้ หรือข้อเสนอแนะจากลูกค้าผู้ซื้อผลิตภัณฑ์ หรือบริการ [5],[6] โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measure)

เอราวิล ถาวร [9] อธิบายการวัด คือ การศึกษาความผันแปรต่าง ๆ ระหว่างการตรวจวัดซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากอุปกรณ์การวัดทักษะของผู้วัด วิธีการวัดและสภาพแวดล้อม ประกอบเข้าด้วยกันโดยสามารถแยกความผันแปรของข้อมูลออกเป็น 2 ประเภทคือ ความผันแปรของตำแหน่งและความผันแปรของความกว้างความผันแปรของตำแหน่ง ประกอบด้วย 3 คุณสมบัติดังนี้

ความเอนเอียงหรือไบอัส (Bias) คือ การเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยจากการวัดหลาย ๆ ครั้งเมื่อเทียบกับค่าอ้างอิงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$\%Bias = \frac{Bias}{(USL - LSL)} \times 100\% \quad (2.1)$$

เชิงเส้นตรง (Linearity) คือ ความแตกต่างของค่าไบอัสตลอดช่วงการใช้งานของอุปกรณ์การวัดสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.2

$$\%Linearity = \frac{Linearity Index}{(USL - LSL)} \times 100\% \quad (2.2)$$

ความเสถียร (Stability) คือ ความผันแปรทั้งหมดในการวัดที่ได้จากระบบการวัดที่หนึ่งโดยอาศัยชิ้นงานหรือค่ามาตรฐานเดียวกันในการวัดคุณลักษณะประการหนึ่งตลอดช่วงเวลาที่ยาวนานขึ้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3

$$\% \text{ Stability} = \frac{x_2 - x_1}{(USL - LSL)} \times 100\% \quad (2.3)$$

สำหรับความผันแปรของความกว้าง (Width Variation) หรือ ความเที่ยง (Precision) ของระบบการวัดคือ อิทธิพลโดยรวมของความสามารถในการแยกความแตกต่าง ความไว และ ความสามารถในการทำซ้ำตลอดช่วงการใช้งานของระบบการวัดโดยจำแนกออกเป็น 1) ความผันแปรภายในหรือรีพีทอะบิลิตี้ (Repeatability) คือ ความผันแปรที่วัดโดยใช้พนักงานวัดคนเดียวอุปกรณ์เดียว วัดงานชิ้นเดียวกันซ้ำๆ หรืออาจเรียกว่าความผันแปรของอุปกรณ์ (Equipment Variation; EV) และ 2) ความผันแปรระหว่างเงื่อนไขหรือ รีโพรดูซิบิลิตี้ (Reproducibility) คือความผันแปรที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากการใช้อุปกรณ์การวัดเดียวกันดัชนีชิ้นงานเดียวกันด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกันหรือหมายถึงความผันแปรระหว่างพนักงานวัด (Appraiser Variation; AV)

การวิเคราะห์ระบบการวัดประกอบด้วยคุณสมบัติ 4 ข้อ

1. คุณสมบัติด้านความเอนเอียง โดยการเลือกงานมาตรฐานมาหนึ่งชิ้นเป็นงานมาตรฐานและวัดชิ้นงานมาตรฐานซ้ำจำนวน 10 ครั้งภายใต้สภาวะการควบคุม และกำหนดให้ค่าเฉลี่ยของค่าวัด เป็นค่าอ้างอิง (Reference Value) ซึ่งเท่ากับ ตัวเลขหนึ่ง จากนั้นให้ผู้ดำเนินงานวิจัยทำการวัด วัดซ้ำจำนวน 20 ครั้งเพื่อหา %ความเอนเอียงจากสมการที่ 2.1

2. คุณสมบัติด้านเชิงเส้นตรง โดยการเลือกชิ้นงานมา 5 ชิ้นครอบคลุมย่านวัด และวัดค่าซ้ำแต่ละชิ้นงานจำนวน 10 ครั้งภายใต้สภาวะควบคุมและหาค่าเฉลี่ย เพื่อกำหนดค่าอ้างอิงจากนั้นให้ผู้ดำเนินงานวิจัยทำการวัดซ้ำแต่ละชิ้นงานจำนวน 10 ครั้ง อย่างสุ่ม (Random) และวัดค่าเฉลี่ยของการวัดทั้ง 10 ครั้งของชิ้นงานแต่ละชนิดและนำมาคำนวณหาค่าความเอนเอียงเปรียบเทียบกับ ค่าอ้างอิงนำข้อมูล มาสร้างสมการเส้นตรงและวิเคราะห์สมการด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ จากนั้นคำนวณหา %เชิงเส้นตรงของความผันแปรกระบวนการจากสมการที่ 2.2

3. คุณสมบัติด้านความเสถียร ผู้ดำเนินงานวิจัยได้เลือกงานมาตรฐาน 1 ชิ้นเป็นงานมาตรฐาน จากนั้นให้ผู้ดำเนินงานวัดดัชนีงาน 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 วัน วันละ 3 ครั้งรวมทั้งสิ้น 15 ครั้ง จากนั้น คำนวณหา % ความเสถียรจากสมการที่ 2.3

4. คุณสมบัติด้านความเที่ยง โดยเริ่มจากสอบเทียบเครื่องมือวัด จากนั้นให้ผู้ดำเนินงานจำนวน 2 ท่าน วัดและเก็บข้อมูลชิ้นงานคนละ 15 ตัวอย่าง และวัดซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้งจากนั้นนำมาวิเคราะห์ และคำนวณหาค่าความผันแปรจากการวัด (%GR&R) อัตราค่าความผันแปรการวัดต่อข้อกำหนดเฉพาะ (P/T Ratio) และอัตราค่าความผันแปรการวัดต่อความผันแปรของกระบวนการผู้ดำเนินงานวิจัยได้เลือกวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความเที่ยงด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

วีระวัฒน์ อินนุพัฒน์ [10] อธิบายการวัด เป็นระบบการตรวจสอบคุณภาพและข้อบกพร่องของกระบวนการโดยใช้โดยหลักทางสถิติ Gage R&R ; (Repeatability หมายถึง ความสามารถในการวัดซ้ำของเครื่องมือวัด และ Reproducibility หมายถึง ความสามารถในการวัดซ้ำความใกล้เคียงของค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด) จากงานวิจัยได้ใช้พนักงานจำนวน 4 คนในการทดสอบ ชิ้นงาน 30 ชิ้นคนละ 2 ครั้งโดยตรวจสอบตามข้อกำหนดด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้กำหนด ชิ้นงานดีผ่านการตรวจสอบ (OK) และ ชิ้นงานเสียไม่ผ่านการตรวจสอบ (NG) โดยประสิทธิภาพความสามารถการวัดซ้ำของพนักงานคนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 100%, 96.67%, 100% และ 100% ซึ่งผ่านเกณฑ์ยอมรับที่ 90 % ทำให้มั่นใจได้ว่าการตรวจวัดไม่ส่งผลกับการเกิดปัญหาในกระบวนการดังตารางที่ 2.2

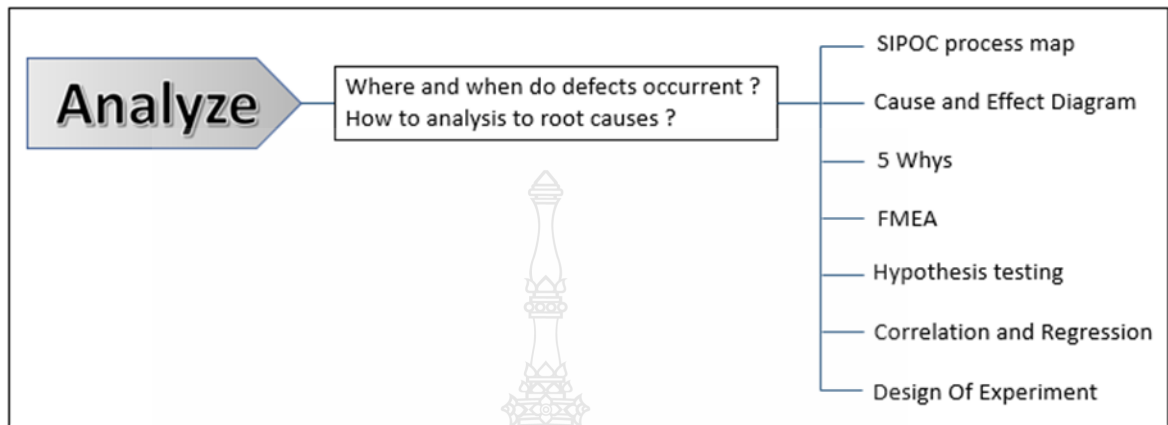
ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การยอมรับและผลการวิเคราะห์ Attribute Agreement การตรวจสอบของเสีย

ตัวชี้วัด	เกณฑ์การยอมรับ	พนักงานคนที่ 1	พนักงานคนที่ 2	พนักงานคนที่ 3	พนักงานคนที่ 4
	1. ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน (Within Appraisers)	90%	100%	96.67%	100%
2. ความไม่เอนเอียงของพนักงานแต่ละคน (Each Appraiser vs Standard)	90%	96.67%	93.33%	96.67%	93.33%
3. ประสิทธิภาพความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (Between Appraisers)	90%		93.33%		
4. ประสิทธิภาพความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (All Appraisers vs Standard)	90%		93.33%		

2.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

การวิเคราะห์ (Analysis : A) เป็นการวิเคราะห์ซึ่งได้นำข้อมูลจากการวัดมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในกระบวนการและทดสอบสมมุติฐานที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เช่น (Process Block Diagram : นำมาวิเคราะห์ปัญหาแต่ละกระบวนการผลิต), (Production layout : นำมาวิเคราะห์ในการทำงานการจัดลำดับของขั้นตอนการทำงานให้มีประสิทธิภาพดีที่สุดในที่สุด), (Cause and Effect Diagram : นำมา

วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยจากการระดมสมองและกำหนดปัจจัยเพื่อวิเคราะห์สาเหตุในรูปแบบ Fishbone Diagram) เป็นต้น [5],[11] การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis)

สุพัฒตรา เกษราพงศ์ [12] อธิบายการวิเคราะห์ซึ่งใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการพิจารณา สาเหตุ (Cause) ที่ส่งผล (Effect) โดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากการระดมสมองวิเคราะห์ วิธีการปฏิบัติงาน (Method) ความรู้ความเข้าใจของพนักงาน (Man) เครื่องจักรที่ใช้ผลิต (Machine) และ วัสดุที่ใช้ในการผลิต (Material) ในรูปแบบผังก้างปลาแสดงผล วิเคราะห์การเกิดของเสียในกระบวนการป้อนขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงเหล็กของรถยนต์ หลังจากพบข้อบกพร่องในกระบวนการแล้วนั้นได้ประเมินวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis ; FMEA) ประเมินระดับความเสี่ยง ตัวเลข RPN ซึ่งมาจากคำว่า Risk Priority Number ให้กับแต่ละสาเหตุ การคำนวณค่า RPN ได้จากการคำนวณผลคูณของพารามิเตอร์ 3 ตัวคือ SxOxD ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ตารางแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA วิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลว

ตารางที่ 2.3 ตารางแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA วิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลว

Process Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Class	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection	R.P.N

S = Severity คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น

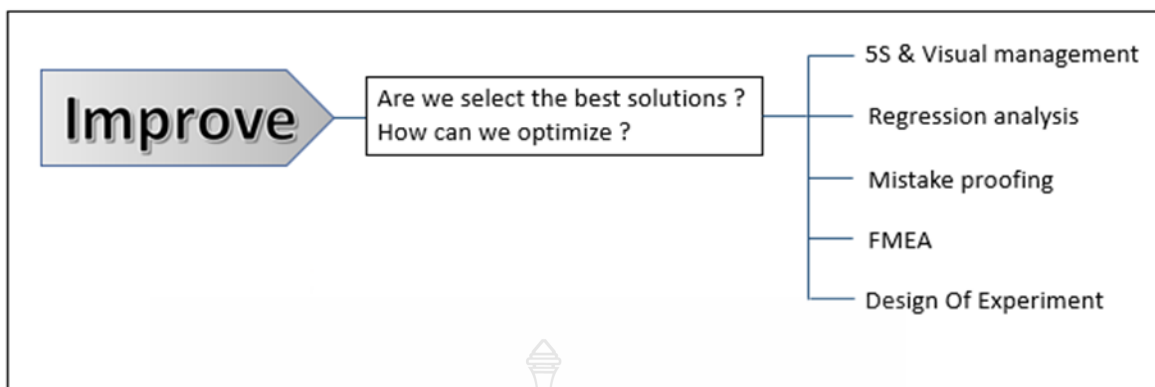
O = Occurrence คือ ระดับความเสี่ยงหรือโอกาสเกิดของการเกิดปัญหาความผิดพลาด

D = Detection คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงาน

ปฐมพงษ์ หอมศรี และ จักรพรรณ คงธนะ [13] อธิบายการวิเคราะห์เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ในการวิเคราะห์ความผันแปร และความสัมพันธ์ เหตุและผลเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ทำให้ชิ้นงานฉีดพลาสติกไม่ได้ขนาดตามข้อกำหนด จึงได้ระดมสมองจากผู้มีความรู้เฉพาะทาง ผู้ปฏิบัติงานเพื่อให้ได้สาเหตุของปัญหาที่ชิ้นงานใหญ่กว่าข้อกำหนด ลูกค้ำ เพื่อทำการพิสูจน์ตามข้อเท็จจริง จากนั้นได้ใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment : DOE) เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม ค่าอุณหภูมิ ระยะเวลาการทำงาน และ แรงดันที่เหมาะสม ทำการวิเคราะห์ทั้ง 3 ปัจจัยด้วยโปรแกรมมินิแทบ (Minitab) และแสดงผลการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อได้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมแล้ว จึงนำมาทดลองในกระบวนการผลิตและวิเคราะห์ผลเพื่อลดการเกิดปัญหาของเสีย

2.2.4 ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)

การปรับปรุงแก้ไข (Improve : I) เป็นการพัฒนาหรือปรับปรุงให้ดีขึ้นในการนำไปปฏิบัติกับสถานที่จริงจะต้องบริหารงานอย่างรอบคอบและได้รับการตรวจสอบ โดยจะต้องมีการทำโครงการนำร่อง ทีมจะดำเนินการวิเคราะห์ปัญหาอย่างระมัดระวังเพื่อพิจารณาว่าสิ่งใดอาจเกิดความผิดพลาด และเตรียมที่จะป้องกันหรือจัดการกับความยุ่งยากที่อาจเกิดขึ้น [5],[14] โดยใช้เครื่องมือการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

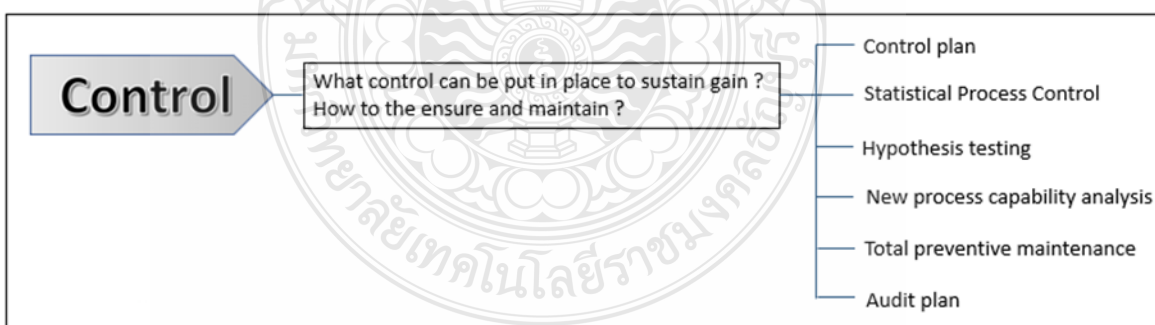


รูปที่ 2.5 เครื่องมือการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve)

กัณฑ์ สุวรรณฤทธิ และ ณิชชา ทวีแสงสกุลไทย [15] อธิบายการปรับปรุงแก้ไขปัญหา โดยดำเนินการใช้การออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment) สำหรับปัญหาการปรับตั้งปัจจัยที่เหมาะสมที่มีผลกับงานวิจัย แรงในการขึ้นสกรู ค่าความดันของเครื่องอัดก๊าซฮีเลียม ค่าความเร็วรอบในการขึ้นสกรู โดยใช้โปรแกรม Minitab และต่อเนื่องด้วยการปรับปรุงการไหลของงาน

2.2.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

การควบคุมกระบวนการ (Control : C) เป็นการควบคุม ติดตาม และรักษาสิ่งที่ได้ดำเนินการไว้ให้คงอยู่ ประเมินความเสี่ยงอย่างเป็นระยะ ๆ โดยใช้เครื่องมือการควบคุมกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 2.6

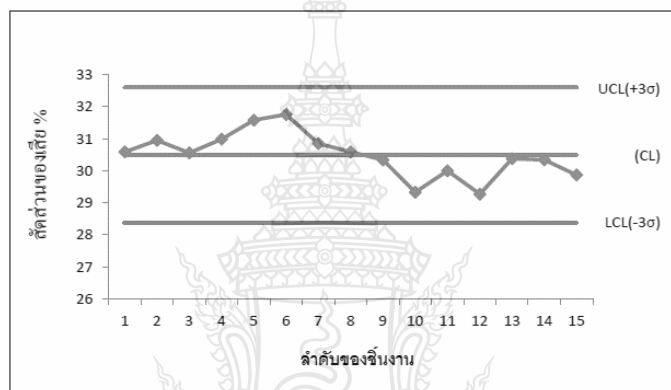


รูปที่ 2.6 เครื่องมือการควบคุมกระบวนการ (Control)

การควบคุมปัจจัยที่ควบคุมการเกิดปัญหา และรักษาระดับคุณภาพและป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นอีก โดยการใช้เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work instruction) ปรับปรุงเอกสารขั้นตอนการทำงาน (Operation Standard) จัดทำเอกสารข้อกำหนดด้านคุณภาพ (Q-Point) ซึ่งเป็นการ

กำหนดจุดที่ต้องปฏิบัติงานให้กับผู้ปฏิบัติงานหากไม่ปฏิบัติตาม ข้อกำหนดด้านคุณภาพ อาจพบปัญหาด้านคุณภาพ และเกิดของเสียขึ้นในกระบวนการผลิต [9]

พิศาล เพลินภูเขียว [16] อธิบายการควบคุมคุณภาพกระบวนการ โดยแผนภูมิควบคุมคุณภาพ (Quality control chart) เพื่อตรวจสอบชิ้นงานยังคงอยู่ในการควบคุม โดยมีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วน (Control limit ; CL) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาสร้างเส้นขอบเขตควบคุมบน (Upper Control limit ; $UCL+3\sigma$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาสร้างเส้นขอบเขตควบคุมล่าง (Lower Control limit ; $LCL-3\sigma$) ดังแสดงในรูปที่ 2.7

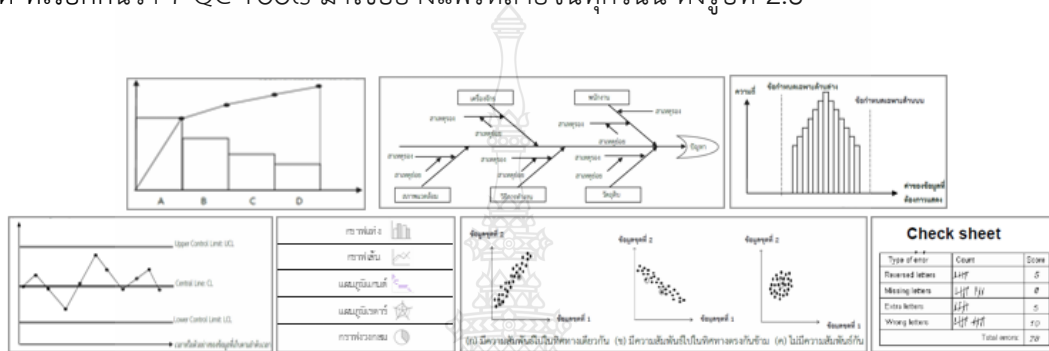


รูปที่ 2.7 แผนภูมิควบคุมคุณภาพ [16]

2.3 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด (7 Quality Control Tools)

เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด [17] เป็นเครื่องมือทางสถิติที่ช่วยปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการผลิตที่ได้รับการยอมรับและนิยมนำมาประยุกต์ใช้จัดการควบคุมให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับมาตรฐาน เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิดนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยองค์กรหนึ่งในประเทศญี่ปุ่นชื่อว่า Union of Japanese Scientists and Engineers และกลุ่ม Quality Control Research Group ซึ่งได้ถูกจัดตั้งขึ้น ในปี ค.ศ. 1946 เพื่อค้นคว้าและทำการศึกษา ตลอดจนเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบการควบคุมคุณภาพให้กับอุตสาหกรรมภายในประเทศของญี่ปุ่น ได้มีการกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standards) ได้นำมาบังคับใช้เป็นกฎหมายในปี ค.ศ. 1950 และยังได้มีการเปิดสัมมนาทางวิชาการด้านการควบคุมคุณภาพให้แก่ผู้บริหารระดับต่าง ๆ และวิศวกรในประเทศ โดยมีผู้เชี่ยวชาญระดับโลกอย่าง Dr. W. E. Deming เป็นผู้นำในโครงการ ซึ่งเป็น

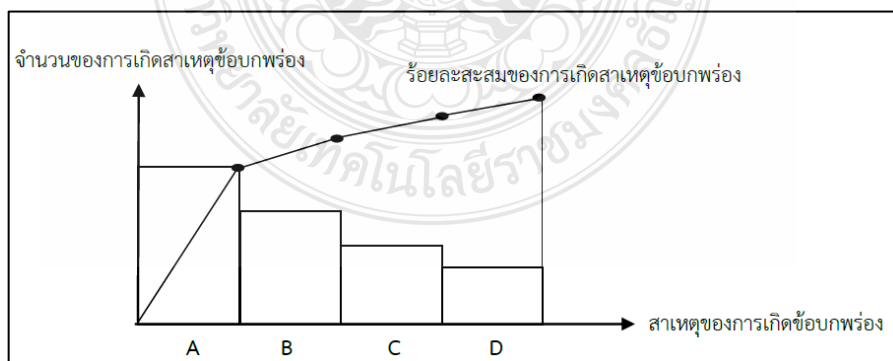
จุดเริ่มต้นของการพัฒนาคุณภาพ ซึ่งต่อมาก็ได้มีการตั้งรางวัล Deming Prize อันมีชื่อเสียงทั่วโลก เพื่อมอบให้กับองค์กรที่มีการพัฒนาด้านคุณภาพดีเด่นของญี่ปุ่น ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ. 1954 ทางญี่ปุ่นได้เชิญ Dr. J. M. Juran มาทำการฝึกอบรมเกี่ยวกับหลักการควบคุมคุณภาพ เพื่อสร้างรากฐานความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหารระดับสูงขององค์กรในการนำเทคนิคเหล่านี้มาใช้งาน โดยได้รับความร่วมมือจากพนักงานทุกฝ่าย นับเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาและรวบรวมเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ ทั้ง 7 ชนิด ที่เรียกกันว่า 7 QC Tools มาใช้อย่างแพร่หลายจนทุกวันนี้ ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด

2.3.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

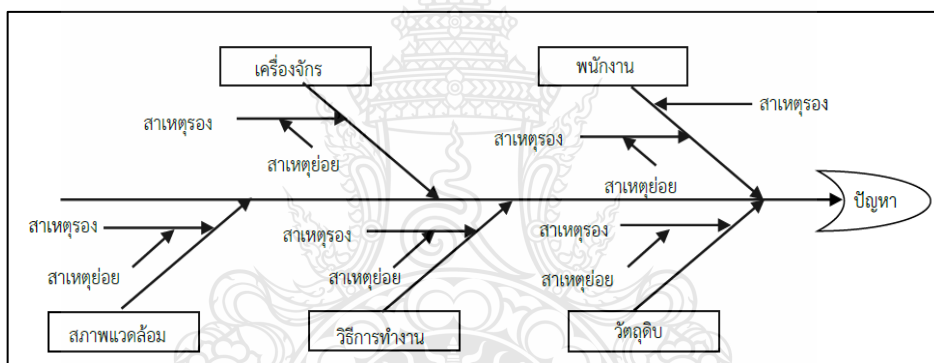
แผนภูมิพาเรโต คือ แผนภูมิที่ใช้จัดลำดับสาเหตุหลักและสาเหตุรองลงมา เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกสาเหตุที่ควรดำเนินการเป็นอันดับแรกในการปรับปรุงแก้ไขปัญหา อีกทั้งยังสามารถใช้แสดงผลและอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการหลังจากการปรับปรุงแก้ไข [18],[19],[20] ลักษณะของแผนภูมิดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) [19]

2.3.2 แผนภาพแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือ ฟันง้างปลา (Fishbone Diagram)

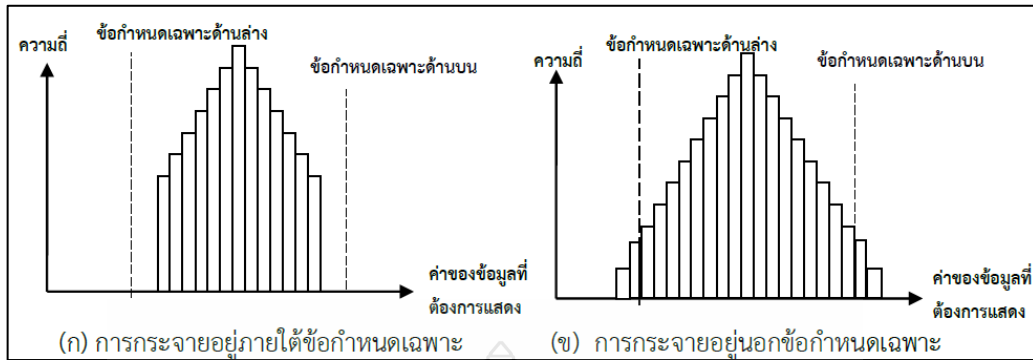
แผนภาพแสดงเหตุและผล หรือฟันง้างปลา คือ แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่ต้องการดำเนินการแก้ไข กับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา โดยผู้ดำเนินงานสามารถมองปัญหาในภาพรวม และระดมสมองจากทีมงานผู้มีความรู้ความเข้าใจกับปัญหา มาแสดงความคิดและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ โดยกำหนดปัญหาที่ต้องการดำเนินการแก้ไข อยู่บริเวณส่วนหัวของปลา และวิเคราะห์สาเหตุหลักและสาเหตุย่อยที่ทำให้เกิดปัญหาแสดงในลักษณะก้างปลาหลักและก้างปลาย่อยโดยใช้หลัก 4M 1E ได้แก่ ผู้ปฏิบัติงาน (Man), เครื่องจักรที่ใช้ (Machine), วัสดุที่ใช้ (Material), วิธีการทำงาน (Method) และ สิ่งแวดล้อมในปฏิบัติงาน (Environment) [18],[19],[20] ลักษณะของแผนภาพ ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แผนภาพแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) [19]

2.3.3 ฮิสโตแกรม (Histogram)

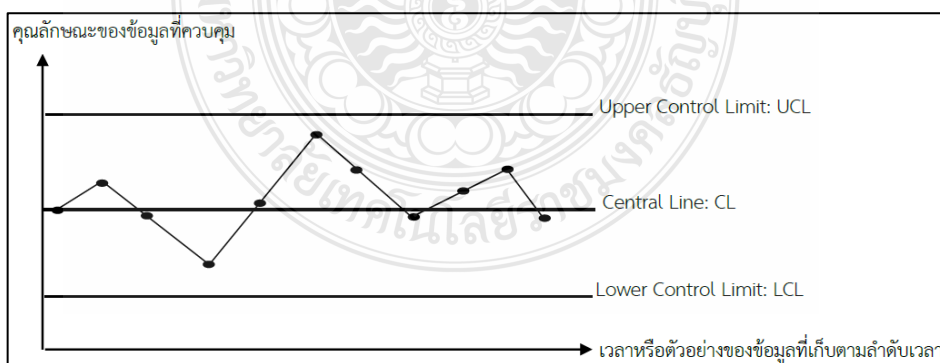
ฮิสโตแกรม หรือ แผนภูมิการกระจายความถี่ คือ แผนภูมิที่ใช้เปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลที่กำหนดเฉพาะเพื่อตรวจสอบความผิดปกติ หรือใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิต ลักษณะของฮิสโตแกรมจะเป็นกราฟแท่งในแนวตั้งแสดงค่าความถี่ และแนวนอนแสดงค่าของข้อมูลที่ต้องการแสดงเรียงชิดติดกัน โดยการพิจารณาจะดูการกระจายของข้อมูลอยู่ในการควบคุมที่กำหนดของกระบวนการและเป็นแนวทางการตัดสินใจปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิต [18],[19],[20] ลักษณะฮิสโตแกรม ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ฮิสโตแกรม (Histogram) [19]

2.3.4 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุม คือ แผนภูมิที่ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการ และติดตามกระบวนการผลิตได้อย่างรวดเร็ว และปรับปรุงแก้ไขให้กลับเข้าสู่มาตรฐานการควบคุม โดยลักษณะแผนภูมิควบคุมแนวตั้งจะเป็นแกนควบคุม ส่วนแนวนอนจะแสดงข้อมูลของกระบวนการ การกำหนดเส้นการควบคุมกระบวนการมี 3 เส้น เส้นควบคุมด้านบน (Upper Control Limit: UCL) เส้นควบคุมด้านล่าง (Lower Control Limit: LCL) และเส้นตรงกลาง (Central Line: CL) โดยเส้นตรงกลางจะอยู่ที่ค่าเฉลี่ย ห่างจากเส้นควบคุม UCL, LCL ที่ $\pm 3\sigma$ ลักษณะของแผนภูมิควบคุมสามารถแยกออกได้ 2 แบบ คือ แผนภูมิควบคุมเชิงปริมาณ เช่น แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย แผนภูมิควบคุมพิสัย เป็นต้น และแผนภูมิควบคุมเชิงคุณลักษณะ เช่น แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียและแผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย เป็นต้น [18],[19],[20] ลักษณะของ แผนภูมิควบคุมดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แผนภูมิควบคุม (Control Chart) [19]

2.3.5 แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram)

แผนภาพการกระจาย คือ ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด ที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ในแนวแกน X เป็นข้อมูลชุดที่ 1 และ ในแนวแกน Y เป็นข้อมูลชุดที่ 2 โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของ จุดที่พล็อตลงในแผนภาพจุดที่พล็อตแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ขึ้น หรือลงในอัตราคงที่ ซึ่งข้อมูล 2 ชุด ความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นตรงมีความชันเกิดขึ้น กรณีแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์แบบขึ้นค่าความชัน เป็นบวกมีความหมายว่าข้อมูล X และ Y มีความสัมพันธ์ของข้อมูลในแนวทางเดียวกัน ดังรูปที่ 2.13(ก) กรณีแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์แบบลงค่าความชันเป็นลบมีความหมายว่าข้อมูล X และ Y มีความสัมพันธ์ของข้อมูลในแนวทางตรงกันข้าม ดังรูปที่ 2.13(ข) และกรณีแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ แบบกระจายตัว มีความหมายว่าข้อมูล X และ Y ไม่มีความสัมพันธ์กัน ดังรูปที่ 2.13(ค) [18],[19],[20]








รูปที่ 2.13 แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram) [19]

2.3.6 กราฟ (Graph)

กราฟ คือ แผนภาพแสดงความแตกต่างของข้อมูลที่เก็บบันทึก และเป็นแผนภาพที่สามารถนำเสนอ อธิบายได้ง่าย เพื่อนำไปพิจารณาและวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บบันทึก [18],[19],[20] ประเภทของกราฟ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงประเภทของกราฟและวัตถุประสงค์การนำไปใช้แสดงผล

ลำดับ	ประเภทของกราฟ	วัตถุประสงค์นำไปใช้
1	กราฟแท่ง 	เปรียบเทียบขนาดของข้อมูลที่บันทึก
2	กราฟเส้น 	แสดงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่บันทึก
3	แผนภูมิแกนต์ 	แสดงกำหนดการและแผนการดำเนินงาน
4	แผนภูมิเรดาร์ 	แสดงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่บันทึก ก่อนและหลัง
5	กราฟวงกลม 	เปรียบเทียบขนาดของข้อมูลชนิดเดียวกันแสดงผลเป็นร้อยละ

2.3.7 ใบตรวจสอบ (Check sheet)

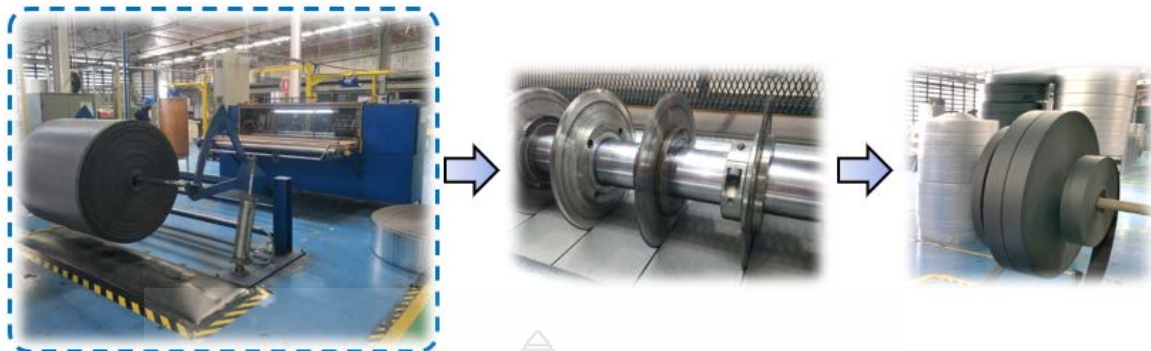
ใบตรวจสอบ คือแบบฟอร์มในรูปแบบภาพและตารางบันทึก เพื่อนำผลของข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์สาเหตุและติดตามผลการดำเนินงาน ซึ่งในใบตรวจสอบต้องระบุหัวข้อการตรวจสอบและรายละเอียดที่ชัดเจน จะทำให้ได้ผลของข้อมูลจริงจากการลงบันทึกข้อมูล เช่น ระบุวันเดือนปีที่ผลิต รุ่นที่ทำการผลิตวัตถุดิบ ประสงค์การตรวจสอบ และรายละเอียดการตรวจสอบ เป็นต้น [18],[19],[20] ประเภทของใบตรวจสอบ ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงประเภทของใบตรวจสอบและวัตถุประสงค์การนำไปใช้แสดงผล

ลำดับ	ประเภทของใบตรวจสอบ	วัตถุประสงค์นำไปใช้
1	ใบตรวจสอบการผลิต	บันทึกคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ตรวจสอบด้วยการวัดและบันทึกค่าของข้อมูลในเชิงปริมาณ
2	ใบตรวจสอบข้อบกพร่อง	บันทึกลักษณะข้อบกพร่องหรือจำนวนของเสียต่อผลิตภัณฑ์
3	ใบตรวจสอบตำแหน่งข้อบกพร่อง	บันทึกข้อบกพร่องโดยระบุตำแหน่งอาจจะมีภาพเปรียบเทียบสิ่งที่ผิดปกติและไม่อนุมัติให้ทำการผลิต หรือส่งให้กับลูกค้า
4	ใบตรวจสอบสาเหตุที่ทำให้พบข้อบกพร่อง	บันทึกบอกลักษณะเมื่อพบผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการผลิต เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาได้
5	ใบตรวจสอบอื่นๆ	บันทึกและดัดแปลงเพื่อใช้ตรวจสอบในสิ่งที่สนใจขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ และความเหมาะสมของแต่ละอุตสาหกรรม

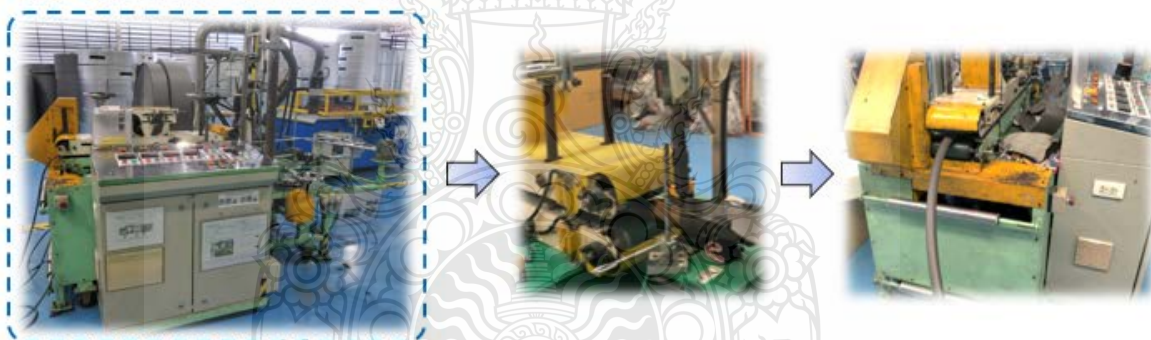
2.4 เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตที่อำนวยความสะดวก

2.4.1 เครื่องกรีดม้วนโฟม (Slit machine) คือ เครื่องจักรที่ใช้ตัดม้วนโฟมขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงตามความกว้าง (Width) ที่ได้กำหนดไว้ในแต่ละคำสั่งผลิต (Manufacturing order ; MO) ดังรูปที่ 2.14



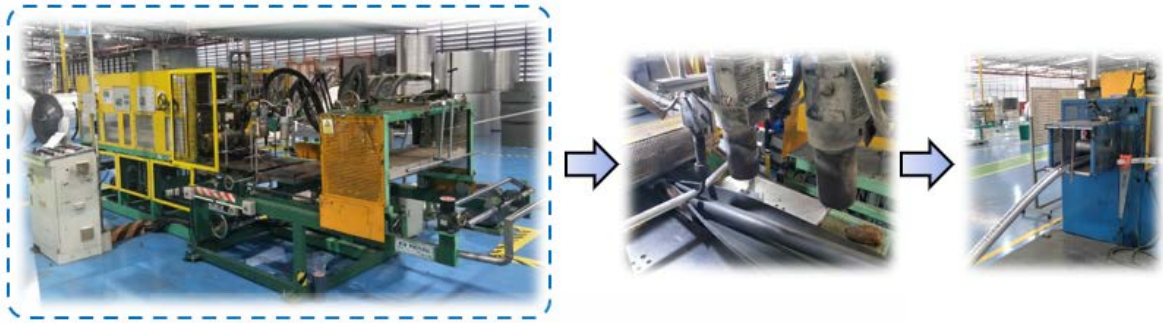
รูปที่ 2.14 ลักษณะของเครื่องกรีดม้วนโฟม (Slit machine)

2.4.2 เครื่องจักรใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อนเครื่องที่ 1 (Bonding Machine 1) คือ เครื่องจักรที่ทำการขึ้นรูปท่อจากม้วนโฟมโดยการใช้ ความร้อนจากเครื่องเป่าลมร้อน (Heater) เป็นตัว หลอมให้เนื้อโฟมทั้งสองด้านติดกันผ่านแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ที่บังคับให้ม้วนออกมาในลักษณะท่อ โดยใช้ สายพาน (Conveyor) เป็นอุปกรณ์ดึงท่อโฟมให้เคลื่อนที่ออกมาเป็นท่อโฟม ดังรูปที่ 2.15



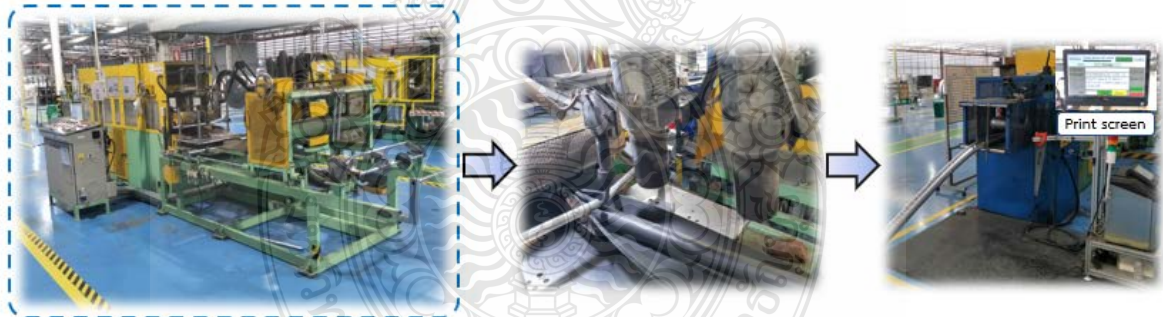
รูปที่ 2.15 ลักษณะของเครื่องจักรใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อนเครื่องที่ 1 (Bonding machine 1)

2.4.3 เครื่องจักรใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อนเครื่องที่ 2 (Bonding Machine 2) คือ เครื่องจักรใช้การผลิตท่อชั้นที่1 หรือ ชั้นที่2 ที่ทำการขึ้นรูปท่อจากม้วนโฟมโดยการใช้ ความร้อนจาก เครื่องเป่าลมร้อน (Heater) เป็นตัวหลอมให้เนื้อโฟมทั้งสองด้านติดกันผ่านแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ที่บังคับ ให้ม้วนออกมาในลักษณะท่อ โดยใช้สายพาน (Conveyor) เป็นอุปกรณ์ดึงท่อโฟมให้เคลื่อนที่ออกมาเป็น ท่อโฟม กรณีผลิตท่อฉนวนกันความร้อน 3 ชั้นจะท่อหุ้มท่อชั้นที่ 1 เข้าไปด้วย ดังรูปที่ 2.16



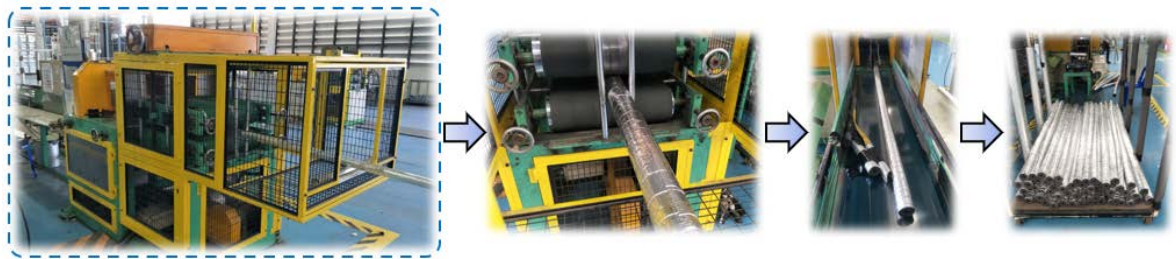
รูปที่ 2.16 ลักษณะของเครื่องจักรใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อนเครื่องที่ 2 (Bonding machine 2)

2.4.4 เครื่องจักรใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อนเครื่องที่ 3 (Bonding Machine 3) คือ เครื่องจักรใช้การผลิตท่อชั้นที่ 2 หรือ ชั้นที่ 3 ที่ทำการขึ้นรูปท่อจากม้วนโฟมโดยใช้ ความร้อน จากเครื่องเป่าลมร้อน (Heater) เป็นตัวหลอมให้เนื้อโฟมทั้งสองด้านติดกันผ่านตัวแม่พิมพ์ขึ้นรูปที่บังคับ ให้ม้วนออกมาในลักษณะท่อ โดยใช้สายพาน (Conveyor) เป็นอุปกรณ์ดึงท่อโฟมให้เคลื่อนที่ออกมาเป็น ท่อโฟม กรณีผลิตท่อฉนวนกันความร้อน 2 ชั้นจะท่อหุ้มท่อชั้นที่ 1 เข้าไป และ กรณีผลิตท่อฉนวนกัน ความร้อน 3 ชั้นจะท่อหุ้มท่อชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 เข้าไปด้วย และ ปริ้นสกรีน (Print screen) เพื่อระบุ รุ่น (model) ของผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 2.17



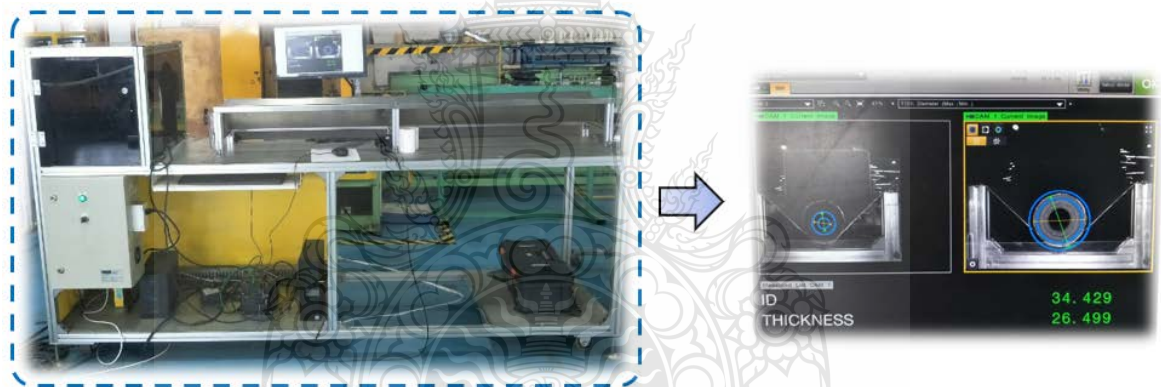
รูปที่ 2.17 ลักษณะของเครื่องจักรใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อนเครื่องที่ 3 (Bonding machine 3)

2.4.5 เครื่องจักรใช้ตัดความยาวของผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อน (L-Cutter machine) คือ เครื่องจักรใช้ตัดความยาวผลิตภัณฑ์ ใช้สายพาน (Conveyor) เป็นอุปกรณ์ดึงท่อโฟมให้เคลื่อนที่ ออกมาขนาดความยาวที่ตัด โดยอ้างอิงขนาดความยาวตามคำสั่งผลิต (Manufacturing order) ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ลักษณะของเครื่องตัดความยาวของผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อน (L-Cutter machine)

2.4.6 เครื่องตรวจสอบวัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (Inner Diameter ; ID) และความหนา (Wall thickness) คือ เครื่องจักรใช้ตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (Inner Diameter ; ID) และความหนาของผนังท่อฉนวนกันความร้อน (Wall thickness) ผลิตภัณฑ์ โดยการใช้กล้องถ่ายภาพตรวจสอบ ใช้การตรวจสอบแบบสุ่มความถี่ของการตรวจสอบที่ 9 ขึ้นต่อชั่วโมง อ้างอิงตาราง AQL6.5 ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ลักษณะของเครื่องตรวจสอบวัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (Inner Diameter ; ID) และความหนา (Wall thickness)

2.4.7 เครื่องจักรช่วยบรรจุใส่ถุง (Semi auto packing machine) คือ เครื่องจักรใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อนในบางรุ่นใส่ถุงและจะนับจำนวนอัตโนมัติ (Counter) ของผลิตภัณฑ์ก่อนบรรจุใส่ถุง และปิดปากถุงโดยพนักงาน ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 ลักษณะของเครื่องช่วยบรรจุผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิความร้อน
(Semi auto packing machine)

2.4.8 แม่พิมพ์ขึ้นรูปที่ใช้กับเครื่องจักร (Die tooling) คือ อุปกรณ์ที่ใช้บังคับให้แผ่นโพลีเมอร์ออกมาในลักษณะท่อ ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ลักษณะของแม่พิมพ์ขึ้นรูปที่ใช้กับเครื่องจักร (Die tooling)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พัชรี ชัยฤกษ์ (2556) ศึกษาการลดของเสียจากกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCBA) โดยใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมา จากปัญหาของเสียจากการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องที่พบที่กระบวนการผลิต (Surface Mounting Technology) ทำให้งานต้องแก้ไขเพื่อให้ลูกค้ายอมรับซื้อผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการระบุปัญหาจากจำนวนการผลิต 260,685 บอร์ด พบจุดบกพร่องชนิดตะกั่วไม่เกาะติดกับฐานหรือแป้นขั้วของเส้นวงจร (Non Wetting) คิดเป็น 34.14% ของการผลิต การวิเคราะห์ระบบการวัดเครื่องตรวจสอบ ผ่านโปรแกรมอัตโนมัติแสดงผลค่า ความ

แม่นยำและประสิทธิภาพแต่ละเครื่องอยู่ที่ 100% ต่อมาได้วิเคราะห์ปัญหาโดยการระดมสมอง ใช้เครื่องมือ Cause and Effect พบว่าปัญหาจุดบกพร่อง จากกระบวนการพิมพ์ตะกั่ว และ ร่องลงมาจากกระบวนการอบตะกั่วและประยุกต์ใช้ FMEA ลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของปัจจัยต่างๆ การปรับปรุงแก้ไขใช้การออกแบบการทดลอง หลังจากการทดลองเปอร์เซ็นต์ของเสียอยู่ที่ 0.30% จากเดิม 34.14% และได้ควบคุมประยุกต์ใช้แผนควบคุมกระบวนการ ซึ่งจากงานวิจัยนี้สามารถใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้ลดปัญหาของเสียและเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

ชเนศ เหล่าเขตกิจ (2558) ทำการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียมด้วยหลักการของซิกซ์ ซิกม่า จากปัญหาของเสียกับชิ้นงาน Oil Seal Case การเก็บข้อมูลการผลิตใช้เครื่องมือทางสถิติพาเรโตเปรียบเทียบของเสียพบปัญหาตามด (Pin hole) และปัญหา $\varnothing 102$ Roundness NG การวิเคราะห์ระบบการวัด ของการวัดค่า $\varnothing 102$ Roundness ด้วยไออัลเกจการวิเคราะห์ Gage R&R study และศึกษาระบบการวัด Attribute Agreement ของการตรวจสอบ Pin hole ในลักษณะ (Go/No Go) ผลการวิเคราะห์ Gage R&R study ผ่านเกณฑ์ยอมรับ การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา Pin hole และ $\varnothing 102$ Roundness NG โดยใช้ Why-Why Diagram วิเคราะห์ลักษณะและสาเหตุของปัญหา ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุง ดำเนินการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่แก้ปัญหา Pin hole ของเสีลดลงจาก 10.17% เหลือ 5.57% ลดลงร้อยละ 45 และแก้ปัญหา $\varnothing 102$ Roundness NG ให้สามารถขยับได้ โดยค่าความสามารถกระบวนการเพิ่มขึ้นจาก 0.73 เป็น 1.21 ของเสีลดลงจาก 1.42% เหลือ 0.02% ลดลงร้อยละ 99 การควบคุมปัญหา Pin hole ใช้ P-Chart ตรวจสอบของเสียจากการผลิตและใช้แผนภูมิ X-bar – R Chart ตรวจสอบความแปรปรวนของกระบวนการ ซึ่งจากงานวิจัยนี้สามารถใช้สถิติพาเรโตเปรียบเทียบของเสียและแนวทางของซิกซ์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้ลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

ศิริยุพา เศวตจามร (2559) ทำการปรับปรุงกระบวนการเชื่อมประสานในการผลิตเสากลางโครงรถยนต์ ตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า จากปัญหาคราบเขม่าดำจากกระบวนการเชื่อมเสาประตูรถยนต์จากการเก็บข้อมูลพบการร้องเรียนจากลูกค้า 5 ครั้ง โดยใช้เครื่องมือทางสถิติ แผนผังการไหลของข้อมูลในการระบุปัญหา การวิเคราะห์ระบบ การวัด ด้วยระบบ MSA Attribute โดยโปรแกรม Minitab ผลการวิเคราะห์ในภาพรวมมีความเที่ยงตรงเท่ากับ 82.5% จากเกณฑ์ของบริษัทกำหนดต้องไม่ต่ำกว่า 75% การวิเคราะห์ปัญหาผ่านการระดมสมองโดยใช้เครื่องมือ ผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลซึ่งงานต่อการวิเคราะห์ปัจจัยของปัญหาและนำสาเหตุที่ได้มาวิเคราะห์ความผิดพลาดในกระบวนการ

(FMEA) เพื่อกรองหาสาเหตุและจัดเรียงลำดับความสำคัญด้วย แผนภาพพาเรโต (Pareto) โดยสาเหตุหลักที่ได้ทำการเลือก คือ ระดับแรงคูดควันด้านบนไม่เหมาะสม และระดับแรงลมคูดควันด้านล่างไม่เหมาะสม ขั้นตอนการปรับปรุงโดยใช้เครื่องมือการออกแบบการทดลองจากการติดตามผลการปรับปรุงพบว่า จากการสุ่มตรวจ 330 ชิ้น เปอร์เซ็นต์ของเสียอยู่ที่ 0.61% ในขั้นตอนการควบคุมได้ใช้เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work instruction) ในการควบคุมกระบวนการผลิต ฝ้าติดตามและระวังการเกิดปัญหาด้วย Check sheet ซึ่งจากงานวิจัยนี้สามารถใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการช่วยในการระบุปัญหาและเอกสาร ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work instruction) ควบคุมกระบวนการผลิตมาประยุกต์ใช้ลดปัญหาของเสียและเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

วิทยาลัย วิทยาลัยวอร์ซ (2550) ทำการศึกษาการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตเปียร์ด้วยวิธี Why Why Analysis จากปัญหาสินค้ามีตะกอนในเปียร์ จากการเก็บข้อมูลปัญหาพบว่า ปัญหาตะกอนสี ขาวขุ่น, กลิ่นรส และสี ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 36 จึงประยุกต์ใช้ Why-Why Analysis นำมาใช้วิเคราะห์เพื่อจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิต เกิดจากมีสินค้าค้างค้ำที่เครื่องฆ่า เชื้อนานกว่าที่กำหนด สืบเนื่องจากการหยุดเครื่องบรรจุหีบห่อของสินค้าโดยการห่อด้วยเครื่อง (Wrap around) จึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหา 5 สาเหตุ 1.ปัญหาเรื่องของการงอแผ่นป้องกันกระแทก ปรับปรุงวิธีการทำงานจากการรัดด้วยเชือกเป็นบรรจุกล่องกระดาดแทน 2.ปัญหาชิ้นส่วนป้องกัน กระแทกหลุดออกจากกันปรับปรุงแก้ไขวิธีการทำงานโดยเพิ่มเอกสารการตรวจสอบระหว่างผลิต 3. ปัญหาวางแผ่นป้องกันการกระแทกสลับด้านปรับปรุงแก้ไขโดยฝึกอบรมให้พนักงาน 4.ปัญหาขนาดของ แผ่นป้องกันการกระแทกไม่เหมาะสมปรับปรุงแก้ไขโดยตรวจสอบระหว่างกระบวนการตรวจสอบ คุณภาพ 5.ปัญหาคุณภาพของแผ่นป้องกันการกระแทกไม่เหมาะสมปรับปรุงแก้ไขโดยเพิ่มความหนาของ กระดาด สรุปผลจากการปรับปรุงพบการหยุดเครื่องบรรจุหีบห่อของสินค้าลดลงจากข้อมูลในอดีตโดย เฉลี่ยจาก 16 ครั้ง ลดลงเหลือ 4 ครั้ง ซึ่งจากงานวิจัยนี้สามารถใช้ Why Why Analysis การช่วยในการ วิเคราะห์ปัญหา มาประยุกต์ใช้เพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ขั้นตอน DMAIC ตามหลักการของซิกซ์ ซิกมาโดยเริ่มจากการศึกษา แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Process map) เพื่อศึกษาการไหลของกระบวนการกำหนด แผนงานการแก้ไขปัญหาและขอบเขตของปัญหาที่เกิดขึ้น ใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram) เพื่อจัด เรียงลำดับความสำคัญของปัญหา การศึกษาระบบการวัดระบบการตรวจสอบคุณภาพและข้อบกพร่อง ของกระบวนการโดยใช้โดยหลักทางสถิติ Gage R&R การวิเคราะห์ใช้แผนภาพสาเหตุและผลโดยใช้ หลักการ Why-Why Analysis ระบุสาเหตุของปัญหา เพื่อนำไปซึ่งการดำเนินการปรับปรุงและกำหนด เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานต่อไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

บทนี้จะขอกล่าวถึงการศึกษาระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อน เนื่องด้วยปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิต พบปริมาณการทิ้งของเสียในการบวนการผลิตจึงมีการระดมสมองจากทีมงานเพื่อวิเคราะห์ปัญหาในปัจจุบัน ซึ่งอาจจะทำให้เราได้ทราบถึงสิ่งที่ผิดปกติ หรือสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดข้อบกพร่องต่อการผลิต ที่ส่งผลต่อร้อยละผลผลิตในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยอาศัยแนวคิด ชิกซ์ ชิกม่า มาเป็นแนวทางแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน

- 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 แนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 แนวทางวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.5 การสำรวจสภาพการดำเนินงานปัจจุบัน
- 3.6 การติดตามและการวิเคราะห์ผล

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการศึกษาหาสาเหตุ และการดำเนินการปรับปรุงเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนโดยประยุกต์ใช้ขั้นตอน DMAIC ตามหลักการของชิกซ์ ชิกม่าได้กำหนดแผนการดำเนินงานไว้ 5 ขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนการศึกษากำหนดแผนงานในการแก้ไข้ปัญหา (Define Phase) ทำการศึกษาเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบโดยใช้พาเรโต (Pareto Diagram) เพื่อระบุปัญหาที่ต้องการปรับปรุง วัตถุประสงค์ และขอบเขตการปรับปรุงที่ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตที่ถ่วงกันความร้อน

3.1.2 ขั้นตอนการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measurement Phase) ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดว่ามีความถูกต้อง และความเชื่อถือได้ในการใช้ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่องมือทางสถิติ

3.1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) ทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้เพื่อหาปัจจัยที่น่าจะเป็นสาเหตุของปัญหาในกระบวนการผลิต และทำการพิสูจน์ปัญหาที่เกิดขึ้นส่งผลต่อประสิทธิภาพของการผลิต สาเหตุที่แท้จริง โดยใช้เครื่องมือทางสถิติมาวิเคราะห์ดังนี้ แผนภาพ Why Why Analysis

3.1.4 ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไข้กระบวนการ (Improve Phase) ทำการระดมสมองกำหนดแผนการปรับปรุงแก้ไข้ปัญหาและนำไปทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง

3.1.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control Phase) ทำการติดตามผลการดำเนินงาน กำหนดแนวทาง วิธีการในการควบคุม และประเมินผลเป็นระยะ ๆ พร้อมทั้งทำเอกสารในการควบคุมต่างๆ ในการป้องกันปัญหาที่ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตที่ถ่วงกันความร้อน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การดำเนินการปรับปรุงเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตที่ถ่วงกันความร้อนโดยประยุกต์ใช้ขั้นตอน DMAIC ตามหลักการของซิกซ์ ซิกมาได้ประยุกต์ใช้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกม่า	เครื่องมือที่ใช้
1. ขั้นตอนการศึกษากำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา (Define Phase)	- Process Map - Pareto diagram
2. ขั้นตอนการวัด (Measurement Phase)	- Gage R&R
3. ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)	- Why Why Analysis
4. ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไข (Improve Phase)	- Brain storming
5. ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control Phase)	- Work instruction

3.3 แนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูล

กรณีศึกษาเป็นการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น และเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิต เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อน ตั้งแต่กระบวนการแรกจนถึงกระบวนการสุดท้าย ข้อมูลที่เกี่ยวข้องจะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตของบริษัทแห่งหนึ่ง

3.3.1 ข้อมูลคำสั่งผลิตที่ (Manufacturing order ; MO) ร้อยละผลผลิต (%Yield) น้อยกว่าร้อยละ 80 ในแต่ละเดือน

3.3.2 ลักษณะสาเหตุและปัญหาที่เกิดขึ้น และตัวอย่างของเสียที่เกิดขึ้น

3.3.3 ขั้นตอนการผลิตวิธีการผลิต

3.3.4 ปัจจัยในการผลิตในแต่ละขั้นตอน

3.4 แนวทางวิเคราะห์ข้อมูล

กรณีศึกษานี้เป็น จะดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ด้วย การวิเคราะห์เชิงปริมาณ วิเคราะห์ปริมาณของเสียแต่ละประเภทในกระบวนการ วิเคราะห์ ร้อยละผลผลิต (%Yield) ของกระบวนการผลิตที่อนุญาตความชื้นได้ดังนี้

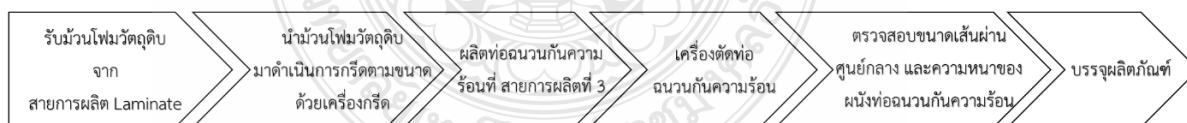
3.4.1 วิเคราะห์เชิงปริมาณโดยการเปรียบเทียบข้อมูลร้อยละผลผลิต (%Yield) ในแต่ละคำสั่งผลิตที่และของเสียที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต

3.4.2 วิเคราะห์หาสาเหตุด้วยแผนภาพใช้ Why Why analysis สืบค้นปัญหาเกี่ยวกับการเกิดของเสียที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต

3.4.3 วิเคราะห์ข้อมูลร้อยละผลผลิต (%Yield) ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบผลการปรับปรุง

3.5 การสำรวจสภาพการดำเนินงานปัจจุบัน

3.5.1 ขั้นตอนการผลิตที่อนุญาตความชื้น ในกระบวนการจะดำเนินการนำม้วนโฟมขนาดใหญ่มากรีดเป็นม้วนขนาดเล็ก นำมาผ่านแม่พิมพ์ขึ้นรูปและให้ความร้อนด้วยเครื่องเป่าลมร้อนออกมาเป็นท่อโพลีเอทิลีนซึ่งมีการกำหนดการขนาดและลักษณะขึ้นงานดีของผลิตภัณฑ์ที่อนุญาตความชื้นอย่างชัดเจนซึ่งขั้นตอนหลักๆ จะมี 6 ส่วนด้วยกันดังต่อไปนี้ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการผลิตท่อผลิตภัณฑ์อนุญาตความชื้น

จากรูปที่ 3.1 การรับโฟมวัตถุดิบจากสายการผลิตลามิเนต (Laminate) ซึ่งจะมีลักษณะม้วนขนาดใหญ่ความกว้าง 1500 มิลลิเมตร และความยาว 200 เมตร ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะม้วนโฟมวัตถุดิบจากสายการผลิตลามิเนต (Laminate)

ในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ที่นำมาศึกษานั้น จะใช้วัตถุดิบม้วนโฟม 2 ประเภท คือ ม้วนโฟมในชั้นที่ 1 ม้วนโฟม ความหนา 9.2 มิลลิเมตร และม้วนโฟมในชั้นที่ 2 ม้วนโฟมมีพอยล์ ความหนา 14.2 มิลลิเมตร

การนำม้วนโฟมวัตถุดิบมาดำเนินการกรีดตามขนาดด้วยเครื่องกรีด จะปรับตั้งใบมีดของเครื่องกรีด ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ลักษณะปรับตั้งใบมีดของเครื่องกรีด

เพื่อกรีดม้วนโฟมในชั้นที่ 1 กรีดม้วนโฟม ความกว้าง (Width) ที่ 140 มิลลิเมตร และในชั้นที่ 2 กรีดม้วนโฟมมีพอยล์ความกว้าง (Width) ที่ 282 มิลลิเมตร

การผลิตท่อฉนวนกันความร้อน ในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ที่นำมาศึกษานั้นจะใช้สายการผลิตที่ 3 เครื่องจักรเครื่องที่ 2 (Bonding#3 MC.2) ผลิตท่อฉนวนกันความร้อนชั้นที่ 1 และจะใช้สายการผลิตที่ 3 เครื่องจักรเครื่องที่ 3 (Bonding#3 MC.3) ผลิตท่อฉนวนกันความร้อนชั้นที่ 2 ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ลักษณะเครื่องจักรที่ใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อน

ซึ่งจะพบปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟม (Delaminate) หลังจากผ่านการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนชั้นที่ 2

เครื่องตัดท่อฉนวนกันความร้อน (L-Cutter machine) ซึ่งจะกำหนดระยะการตัดความยาวโดยใช้สัญญาณจากโฟโต้เซ็นเซอร์ (Photo sensor) ตรวจสอบวัตถุเคลื่อนที่ส่งสัญญาณให้ใบมีดเคลื่อนที่เพื่อตัดท่อฉนวนกันความร้อน ดังรูปที่ 3.5

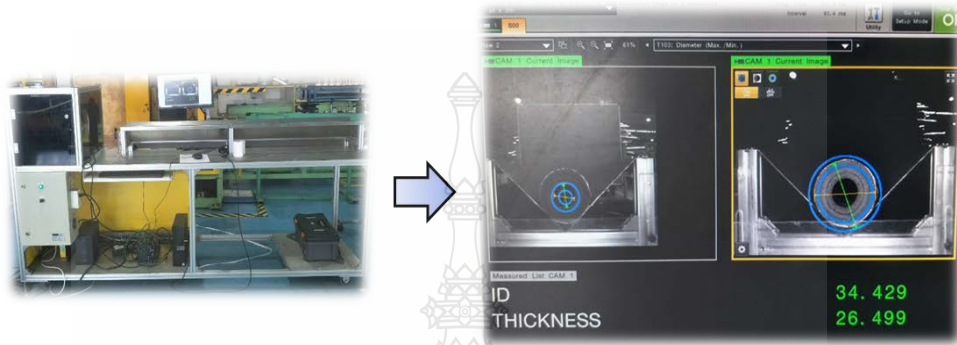


รูปที่ 3.5 ลักษณะตัดความยาวของท่อฉนวนกันความร้อน

ซึ่งรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ที่นำมาศึกษานั้นมีความยาวที่ไม่น้อยกว่า 2000 มิลลิเมตรต่อชิ้น และไม่เกิน 2100 มิลลิเมตรต่อชิ้น

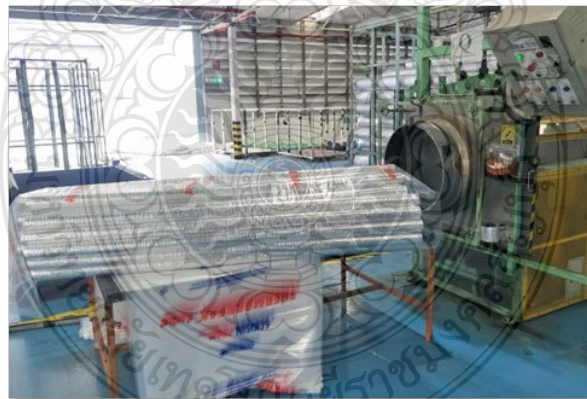
การตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (Inner Diameter ; ID) และความหนาของผนังท่อฉนวนกันความร้อนของรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ที่นำมาศึกษานั้นมีมาตรฐานยอมรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 33.4 มิลลิเมตร ถึง 36.4 มิลลิเมตร และความหนาของ

ผนังท่อฉนวนกันความร้อนเท่ากับ 24.5 มิลลิเมตร ถึง 28 มิลลิเมตร โดยในการตรวจสอบจะประยุกต์ใช้ระบบวิชันซิสเต็ม (Vision system) เพื่อยืนยันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของผนังท่อฉนวนกันความร้อน (Wall thickness) บริษัทกรณีศึกษาจะใช้ชื่อว่าวิชันอินสเปคชั่น (Vision inspection) เครื่องดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ลักษณะการตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของผนังท่อฉนวนกันความร้อน

การบรรจุผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อนของรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ที่นำมาศึกษานั้นจะใช้เครื่องจักรช่วยบรรจุใส่ถุงและนับจำนวนอัตโนมัติโดยใช้เซ็นเซอร์ (Counter sensor) และปิดปากถุงโดยพนักงานดังรูปที่ 3.7



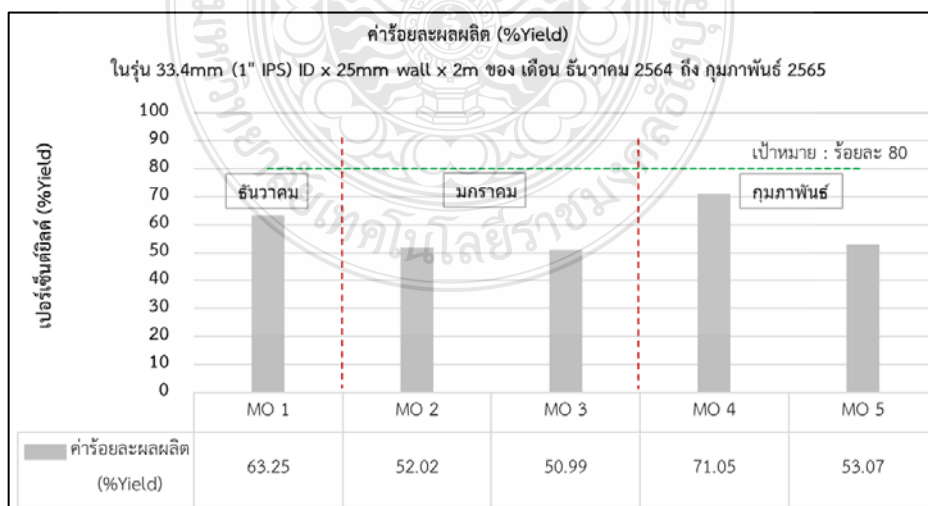
รูปที่ 3.7 ลักษณะการบรรจุผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อน

3.5.2 ลักษณะปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟม (Delaminate) คือ ลักษณะการเกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟมของท่อฉนวนกันความร้อน ซึ่งไม่สามารถขยายผลิตภัณฑ์ได้เป็นรูปร่างลักษณะที่ไม่ยอมรับของลูกค้าช่องว่างระหว่างชั้นโฟมนี้จะเกิดตลอดท่อฉนวนกันความร้อนดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ลักษณะปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมของท่อฉนวนกันความร้อน

3.5.3 ข้อจำกัดร้อยละผลผลิต (%Yield) ในช่วงเวลาการดำเนินงานวิจัยก่อนการปรับปรุง ในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ของ เดือน ธันวาคม 2564 - กุมภาพันธ์ 2565 โดยมีปริมาณการผลิตรวมจำนวน 5 คำสั่งผลิต (Manufacturing order). ค่าร้อยละผลผลิตเท่ากับ 63.25 ของคำสั่งผลิตที่ 1, ค่าร้อยละผลผลิตเท่ากับ 52.02 ของคำสั่งผลิตที่ 2, ค่าร้อยละผลผลิตเท่ากับ 50.99 ของคำสั่งผลิตที่ 3, ค่าร้อยละผลผลิตเท่ากับ 71.05 ของคำสั่งผลิตที่ 4 และ ค่าร้อยละผลผลิตเท่ากับ 53.07 ของคำสั่งผลิตที่ 5 ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ค่าร้อยละผลผลิตก่อนการดำเนินงานวิจัยและเป้าหมาย

3.6 การติดตามและการวิเคราะห์ผล

การติดตามผลการดำเนินงานวิจัยหลังจากการดำเนินการปรับปรุงและควบคุมกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อน ซึ่งใช้ระยะเวลาการติดตามผลเป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยการวัดผลจากค่าร้อยละผลผลิตในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

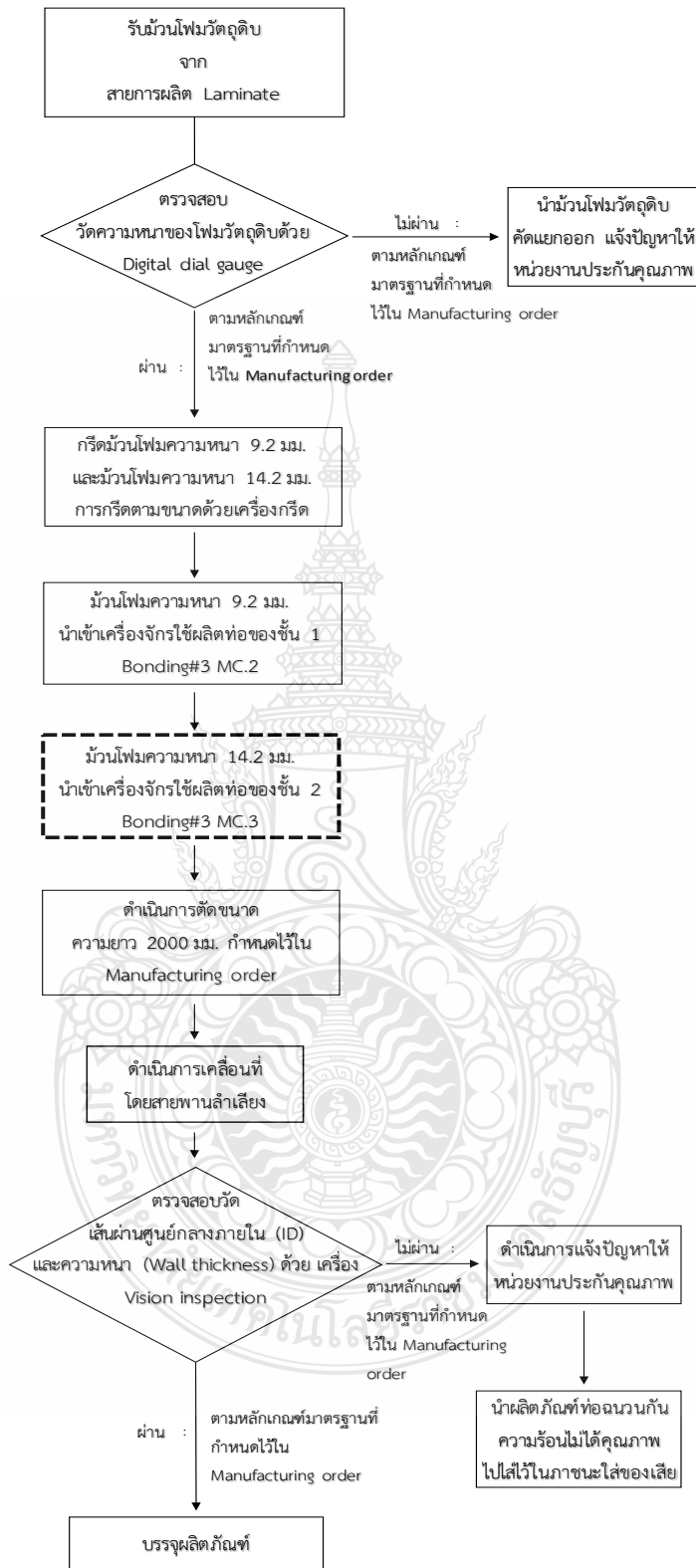
ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษากระบวนการผลิตที่ออกแบบกันความร้อนโดยประยุกต์ใช้ขั้นตอน DMAIC ตามหลักการของซิกซ์ ซิกมา ได้กำหนดแผนการดำเนินงานไว้ 5 ขั้นตอนดังนี้

- 4.1 ผลการกำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา (D: Define Phase)
- 4.2 ผลการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (M: Measurement Phase)
- 4.3 ผลการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (A: Analysis Phase)
- 4.4 ผลการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (I: Improve Phase)
- 4.5 ผลการควบคุมกระบวนการ (C: Control Phase)

4.1 ผลการกำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา (Define Phase)

4.1.1 กำหนดขอบเขตของปัญหา (Define the delaminate case)

กระบวนการผลิตจะใช้วัตถุดิบมันแผ่นโฟม จำนวน 2 ชั้น นำมาม้วนขึ้นรูปท่อโฟมโดยให้ความร้อนกับโฟมเพื่อผสานเข้าด้วยกัน วัตถุดิบมันโฟมชั้นที่ 1 ใช้ความหนาของโฟม 9.2 มิลลิเมตร ที่เครื่องจักรใช้ผลิตที่อุณหภูมิความร้อนเครื่องจักรเครื่องที่ 2 และวัตถุดิบมันโฟมชั้นที่ 2 ใช้ความหนาของโฟม 14.2 มิลลิเมตร จะพบปัญหา Delaminate ได้ที่เครื่องจักรใช้ผลิตที่อุณหภูมิความร้อนเครื่องจักรเครื่องที่ 3 ตามแผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนภาพการไหลของกระบวนการผลิต

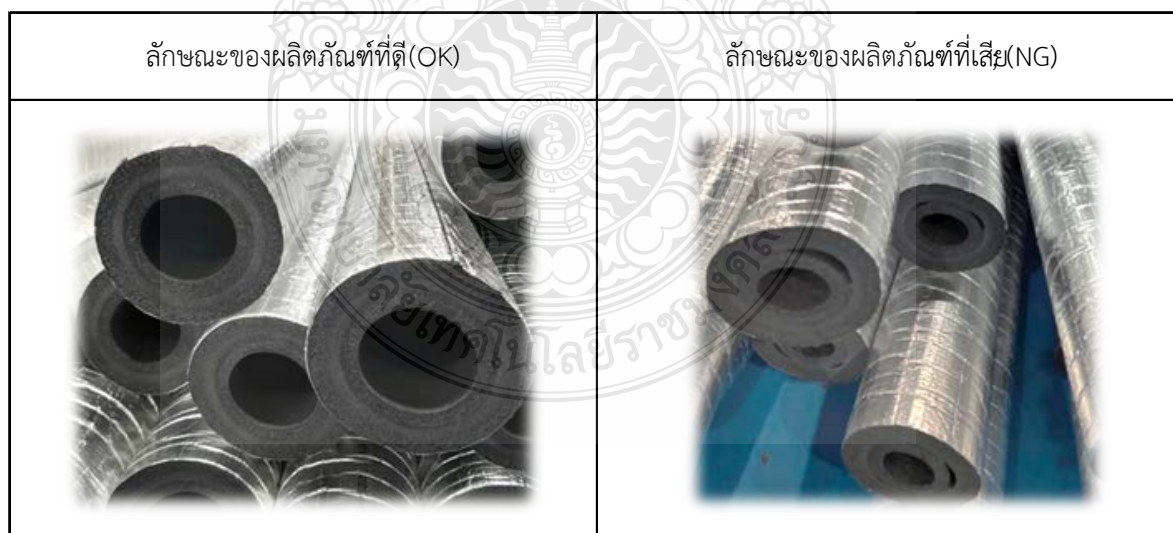
4.1.2 วัตถุดิบที่นำมาผลิตท่อฉนวนกันความร้อน (Feed Material)

พนักงานรับม้วนโฟมวัตถุดิบจากสายการผลิตลามิเนต (Laminate) ดำเนินการตรวจสอบวัดความหนาของโฟมวัตถุดิบด้วยเกจวัดความหนาและตั้งใบมีดของเครื่องกรีตเพื่อกรีตม้วนโฟมในชั้นที่ 1 กรีตม้วนโฟม ความกว้าง (Width) ที่ 140 มิลลิเมตร และในชั้นที่ 2 กรีตม้วนโฟมมีพอยล์ ความกว้าง (Width) ที่ 282 มิลลิเมตร เพื่อนำเข้าไปที่เครื่องจักรใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดวัตถุดิบ

รายละเอียดวัตถุดิบที่นำมาผลิต (Feed Material)			
ลำดับชั้นของโฟม (Layer)	ชื่อเกรด (Grade)	ความหนา (Thickness) mm.	ความกว้างที่ใช้ (Width) mm.
1	โฟม (F9.2)	9.2	140
2	โฟมมีพอยล์ (FF14.2)	14.2	282

4.1.3 เปรียบเทียบลักษณะของผลิตภัณฑ์ของที่ดีไม่มีช่องว่างระหว่างชั้นโฟมและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เสียมีช่องว่างระหว่างชั้นโฟม ดังรูปที่ 4.2



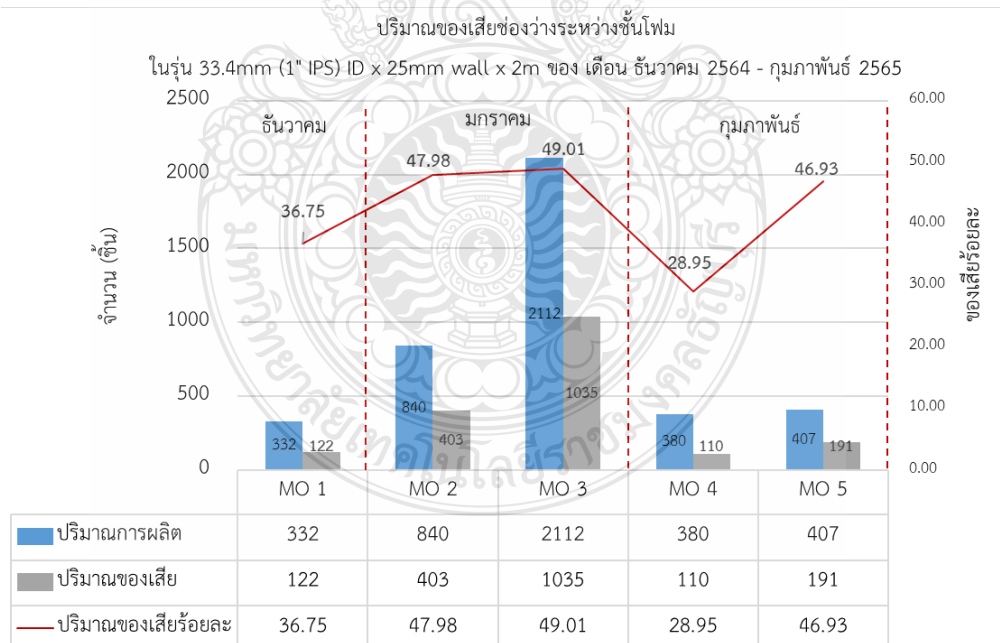
รูปที่ 4.2 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดีและผลิตภัณฑ์ที่เสียมีช่องว่างระหว่างชั้นโฟม

4.1.4 ข้อกำหนดด้านคุณภาพ

เกณฑ์ยอมรับ กำหนดไว้เป็นเอกสารมาตรฐาน (Standard) ที่อนุญาตความร้อน ต้องไม่แสดงลักษณะช่องว่างระหว่างโคมชั้นที่ 1 (Layer 1) และโคมชั้นที่ 2 (Layer 2)

เกณฑ์ไม่ยอมรับ กำหนดไว้เป็นเอกสารมาตรฐาน (Standard) ที่อนุญาตความร้อน แสดงลักษณะช่องว่างระหว่างโคมชั้นที่ 1 (Layer 1) และโคมชั้นที่ 2 (Layer 2)

4.1.5 ข้อมูลปริมาณของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโคม ในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ของ เดือนธันวาคม 2564 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2565 โดยมีปริมาณการผลิตรวมจำนวน 5 MO ซึ่งปริมาณของเสียคิดเป็นร้อยละ 36.75 ของคำสั่งผลิตที่ 1, ปริมาณของเสียคิดเป็นร้อยละ 47.98 ของคำสั่งผลิตที่ 2, ปริมาณของเสียคิดเป็นร้อยละ 49.01 ของคำสั่งผลิตที่ 3, ปริมาณของเสียคิดเป็นร้อยละ 28.95 ของคำสั่งผลิตที่ 4 และ ปริมาณของเสียคิดเป็นร้อยละ 46.93 ของคำสั่งผลิตที่ 5 ซึ่งส่งผลต่อปริมาณผลผลิตในกระบวนการผลิตที่อนุญาตความร้อน ดังรูปที่ 4.3 จากข้อมูลการผลิตการผลิตรวมจำนวน 5 MO คำนวณค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตเท่ากับ 58.08 จึงต้องการเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิต



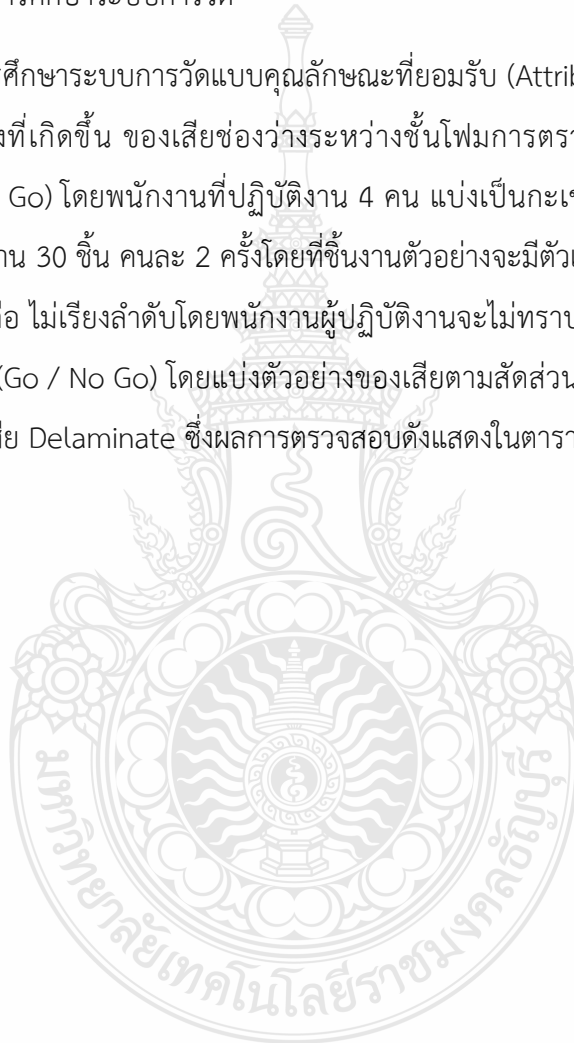
รูปที่ 4.3 ปริมาณของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโคมในกระบวนการผลิต

4.2 ผลการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (M: Measurement Phase)

ขั้นตอนการวัดจะทำการศึกษาระบบการวัดความแปรปรวนของระบบการวัดและวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการซึ่งเป็นขั้นตอนต่อจากการระบุปัญหาของขั้นตอน DMAIC ตามหลักการของซิกซ์ ซิกม่า

4.2.1 ผลการศึกษาระบบการวัด

การศึกษาระบบการวัดแบบคุณลักษณะที่ยอมรับ (Attribute Agreement) ของการตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมการตรวจสอบจะเป็นลักษณะผ่านหรือไม่ผ่าน (Go / No Go) โดยพนักงานที่ปฏิบัติงาน 4 คน แบ่งเป็นกะเช้า 2 คน และกะบ่าย 2 คน โดยการตรวจสอบชิ้นงาน 30 ชิ้น คนละ 2 ครั้งโดยที่ชิ้นงานตัวอย่างจะมีตัวเลขติดไว้ ที่ชิ้นงานที่ลักษณะงานตัวอย่างแบบสุ่ม คือ ไม่เรียงลำดับโดยพนักงานผู้ปฏิบัติงานจะไม่ทราบมาก่อนว่าชิ้นงานชิ้นใดเป็นงานผ่าน หรือไม่ผ่าน (Go / No Go) โดยแบ่งตัวอย่างของเสียตามสัดส่วน โดยงานที่ผ่าน แบบ 100% งานไม่ผ่าน ของ ของเสีย Delaminate ซึ่งผลการตรวจสอบดังแสดงในตารางที่ 4.2



ตารางที่ 4.2 ข้อมูลตรวจสอบตัวอย่างที่อุณหภูมิความชื้นของพนักงาน 4 คน

ผลการตรวจสอบที่อุณหภูมิความชื้น									
ลำดับที่	ลักษณะที่อุณหภูมิความชื้นที่เป็นจริง	พนักงานคนที่ 1 กะเช้า		พนักงานคนที่ 2 กะเช้า		พนักงานคนที่ 3 กะบ่าย		พนักงานคนที่ 4 กะบ่าย	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
3	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
6	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
7	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
8	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
11	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
13	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
14	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
15	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
16	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
17	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
18	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
19	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
20	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
21	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
23	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
24	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
25	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
26	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
27	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
28	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
29	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
30	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

หลังจากนั้นได้นำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ความถูกต้องในการตรวจสอบด้วยโปรแกรมมินิแทบ (Minitab) โดยจะวิเคราะห์จากค่าทางสถิติซึ่งผลที่ได้สามารถสรุปได้ดังข้อมูลที่จะแสดง ดังรูปที่ 4.4, รูปที่ 4.5 และ รูปที่ 4.6

Attribute Agreement Analysis for Assessments

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Shift A (1)	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
Shift A (2)	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
Shift B (1)	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
Shift B (2)	30	30	100.00	(90.50, 100.00)

Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Shift A (1)	NG	1	0.182574	5.47723	0.0000
	OK	1	0.182574	5.47723	0.0000
Shift A (2)	NG	1	0.182574	5.47723	0.0000
	OK	1	0.182574	5.47723	0.0000
Shift B (1)	NG	1	0.182574	5.47723	0.0000
	OK	1	0.182574	5.47723	0.0000
Shift B (2)	NG	1	0.182574	5.47723	0.0000

รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์การวัดด้วยโปรแกรมมินิแทบ

จากรูปที่ 4.4 เป็นข้อมูลแสดงความสามารถในการวัดของพนักงานด้วยโปรแกรมมินิแทบ สามารถอธิบายความหมายจากการวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำ (Within Appraisers) ของพนักงานคนที่ 1, 2, 3, และ 4 มีค่าเท่ากับ 100.00%, 100.00%, 100.00%, 100.00% ตามลำดับ

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Shift A (1)	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
Shift A (2)	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
Shift B (1)	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
Shift B (2)	30	30	100.00	(90.50, 100.00)

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

Assessment Disagreement

Appraiser	# OK / NG	Percent	# NG / OK	Percent	# Mixed	Percent
Shift A (1)	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Shift A (2)	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Shift B (1)	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Shift B (2)	0	0.00	0	0.00	0	0.00

OK / NG: Assessments across trials = OK / standard = NG.

NG / OK: Assessments across trials = NG / standard = OK.

Mixed: Assessments across trials are not identical.

Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P (vs > 0)
Shift A (1)	NG	1	0.129099	7.74597	0.0000
	OK	1	0.129099	7.74597	0.0000
Shift A (2)	NG	1	0.129099	7.74597	0.0000

รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์การวัดด้วยโปรแกรมมินิแทบ

จากรูปที่ 4.5 เป็นข้อมูลแสดงความสามารถในการวัดของพนักงานด้วยโปรแกรมมินิแทบ สามารถอธิบายความหมายจากการวิเคราะห์ค่าความไม่เอนเอียง (Each Appraiser vs Standard) ของพนักงานคนที่ 1, 2, 3, และ 4 มีค่าเท่ากับ 100.00%, 100.00%, 100.00%, 100.00% ตามลำดับ

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	30	100.00	(90.50, 100.00)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
NG	1	0.0345033	28.9828	0.0000
OK	1	0.0345033	28.9828	0.0000

All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	30	100.00	(90.50, 100.00)

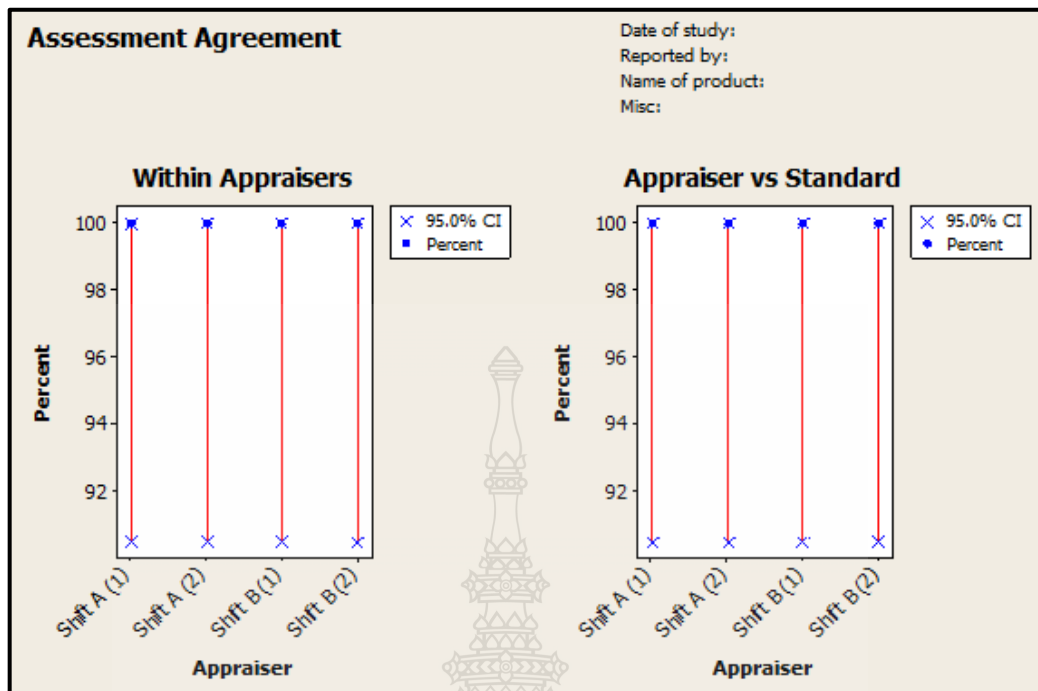
Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
NG	1	0.0645497	15.4919	0.0000
OK	1	0.0645497	15.4919	0.0000

รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์การวัดด้วยโปรแกรมมินิแทบ

จากรูปที่ 4.6 เป็นข้อมูลแสดงความสามารถในการวัดของพนักงานด้วยโปรแกรมมินิแทบ สามารถอธิบายความหมายจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจสอบ (Between Appraisers) มีค่าเท่ากับ 100.00% และประสิทธิภาพความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (All Appraisers vs Standard) มีค่าเท่ากับ 100.00% ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ ดังรูปที่ 4.7 และดังแสดงในตารางที่ 2.2

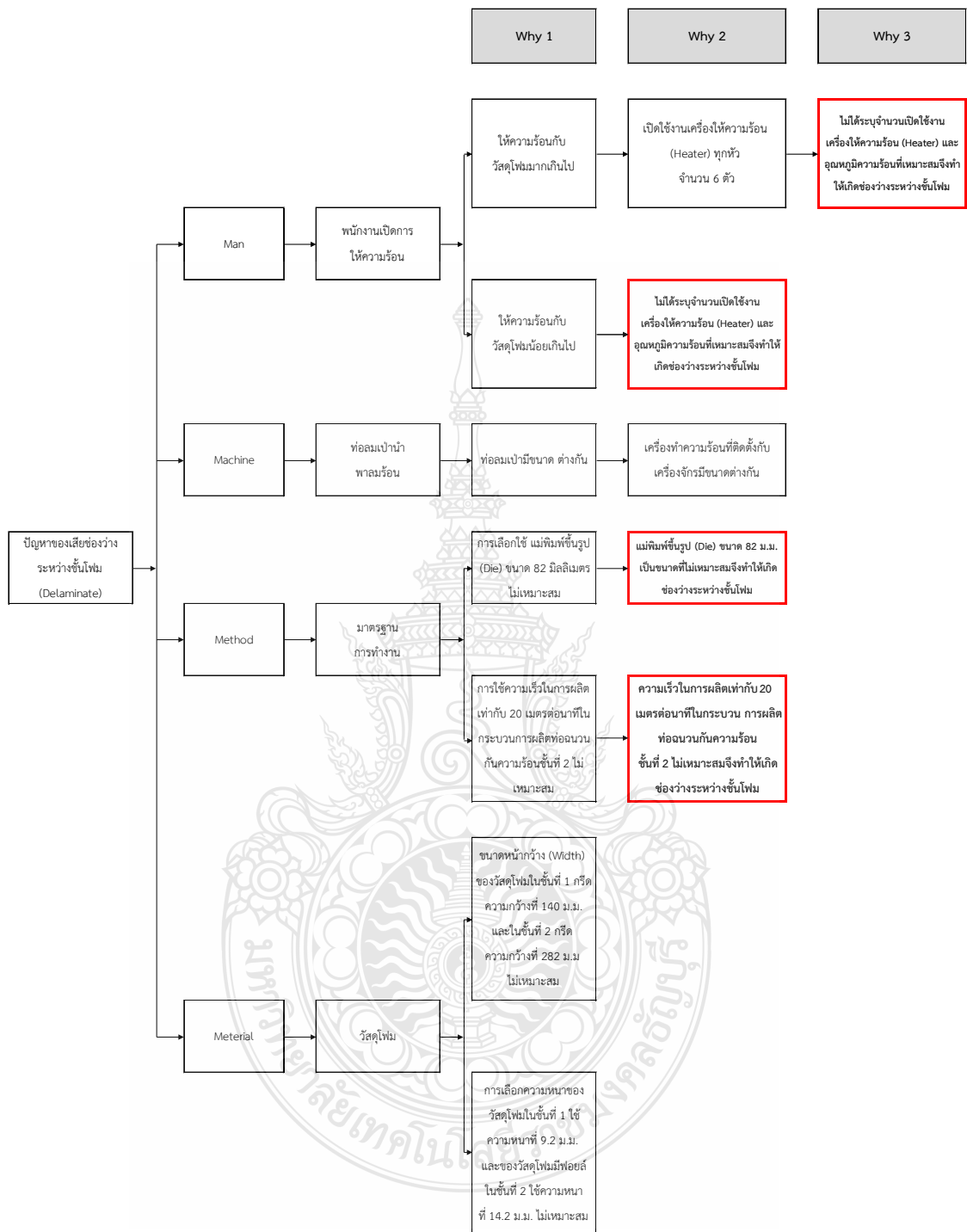


รูปที่ 4.7 ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน (Within Appraisers) และประสิทธิผลความไม่เอนเอียงของการตรวจสอบ (Appraiser vs Standard) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 2.2 แสดงให้เห็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์การตรวจสอบของพนักงาน 4 คน ที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ ซึ่งทำให้มั่นใจได้ว่าในขั้นตอนการวัด จะไม่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาในกระบวนการผลิตที่ถ่วงกันความร้อน

4.3 ผลการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (A: Analysis Phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาเสียช่องว่างระหว่างชั้นโคม โดยการระดมสมองประกอบด้วย หัวหน้างานประจำสายการผลิตที่ 3, ช่างซ่อมบำรุงเครื่องจักรประจำโรงงาน, วิศวกรควบคุมคุณภาพ และวิศวกรควบคุมการผลิต รวมเป็นจำนวน 4 คน ในการวิเคราะห์หาสาเหตุและผล โดยใช้ Why-Why Analysis เพื่อสืบค้นปัญหา ดังรูปที่ 4.8 ซึ่งเป็นขั้นตอนต่อจากการวิเคราะห์ระบบการวัดของขั้นตอน DMAIC ตามหลักการของซิกซ์ ซิกม่า



รูปที่ 4.8 แผนภาพสาเหตุและผลการเกิดของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมโดยใช้หลักการ Why-Why Analysis

จากรูปที่ 4.8 ปัจจัยที่อาจจะส่งผลต่อปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมโดยใช้หลักการ Why-Why Analysis ที่ได้ทำการระดมสมองในการวิเคราะห์ซึ่ง มีจำนวนทั้งหมด 6 สาเหตุ ซึ่งจะอธิบาย

ปัจจัยที่ไม่นำมาปรับปรุงแก้ไข จำนวน 3 สาเหตุ ดังตารางที่ 4.3 และปัจจัยที่นำมาปรับปรุงแก้ไข จำนวน 3 สาเหตุ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ปัจจัยที่ไม่นำมาปรับปรุงแก้ไขและคำอธิบายเหตุผล

ปัจจัยที่ไม่นำมาปรับปรุงแก้ไข	เหตุผล
เครื่องทำความร้อนที่ติดตั้งกับเครื่องจักร มีขนาดต่างกัน	เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งกับเครื่องจักรกำหนดใช้เหมือนกันผู้ดูแลคือฝ่ายงานซ่อมบำรุง
ขนาดหน้ากว้าง (Width) ของวัสดุโคม ในชั้นที่ 1 กรีด ความกว้างที่ 140 ม.ม. และในชั้นที่ 2 กรีด ความกว้างที่ 282 ม.ม ไม่เหมาะสม	เนื่องจากพบว่าข้อมูลการผลิตงานที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีของเดือนธันวาคม 2564 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2565 ซึ่งขนาดหน้ากว้าง (Width) จากตารางที่ 4.1 เหมาะสมที่จะใช้ในกระบวนการผลิตที่ 3
การเลือกความหนาของวัสดุโคมในชั้นที่ 1 ใช้ความหนาที่ 9.2 ม.ม. และของวัสดุโคมมีฟอยล์ในชั้นที่ 2 ใช้ความหนาที่ 14.2 ม.ม. ไม่เหมาะสม	เป็นข้อกำหนดเฉพาะของทางบริษัทกรณีศึกษาที่ลูกค้า

4.3.1 วิเคราะห์สาเหตุปัญหาที่เกิดจากเครื่องทำความร้อนที่ติดตั้งกับเครื่องจักรมีขนาดต่างกันจึงอาจจะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโคม ปัจจัยขนาดรูปร่างที่แตกต่างกันนั้นแต่ค่าความสามารถเฉพาะกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 3400 วัตต์ (Watt ; W) เท่ากัน ดังนั้นผู้ดำเนินงานวิจัยจึงไม่นำมาปรับปรุงแก้ไข

4.3.2 วิเคราะห์สาเหตุปัญหาที่เกิดจากขนาดหน้ากว้าง (Width) ของวัสดุโคมในชั้นที่ 1 กรีด ความกว้างที่ 140 ม.ม. และในชั้นที่ 2 กรีด ความกว้างที่ 282 ม.ม ไม่เหมาะสมจึงอาจจะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโคม เนื่องด้วยเคยมีการผลิตงานมาแล้ว 5 คำสั่งผลิตอย่างต่อเนื่องซึ่งมีทั้งของดีและของเสียจึงเห็นควรว่าจะไม่ปรับเปลี่ยนหน้ากว้างของวัสดุโคมดังนั้นผู้ดำเนินงานวิจัยจึงไม่นำมาปรับปรุงแก้ไข


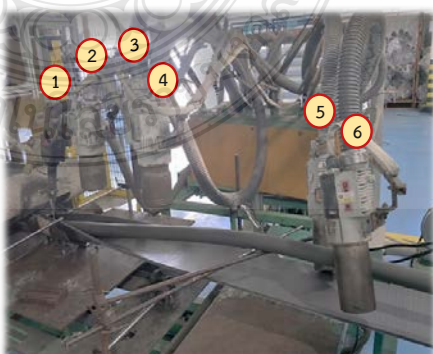
4.3.3 วิเคราะห์สาเหตุปัญหาที่เกิดจากการเลือกความหนาของวัสดุโคมในชั้นที่ 1 ใช้ความหนาที่ 9.2 ม.ม. และของวัสดุโคมมีฟอยล์ในชั้นที่ 2 ใช้ความหนาที่ 14.2 ม.ม. ไม่เหมาะสมจึงอาจจะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโคมโดยผู้วิจัยไม่สามารถเปลี่ยนความหนาของวัสดุโคมและวัสดุโคมมีฟอยล์ได้

เนื่องจากเป็นข้อกำหนดเฉพาะของบริษัทกรณีศึกษาที่ลูกค้าตั้งนั้นผู้ดำเนินงานวิจัยจึงไม่นำมาปรับปรุงแก้ไข

ตารางที่ 4.4 ปัจจัยที่นำมาปรับปรุงแก้ไข และคำอธิบายเหตุผล

ปัจจัยที่นำมาปรับปรุงแก้ไข	เหตุผล
ไม่ได้ระบุจำนวนเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน (Heater) และอุณหภูมิความร้อนที่เหมาะสมจึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	เพื่อระบุจำนวนเครื่องให้ความร้อน (Heater) และวัดค่าอุณหภูมิความร้อนที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตเพื่อดำเนินการกำหนดเป็นมาตรฐานการปฏิบัติ
แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 82 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่ไม่เหมาะสมจึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	เพื่อเลือกใช้แม่พิมพ์ที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตก่อนเริ่มผลิตและส่งเหตุผลหลังจากนั้นดำเนินการกำหนดเป็นมาตรฐานการปฏิบัติ
ความเร็วในการผลิตเท่ากับ 20 เมตรต่อนาทีในกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่องกัน ความร้อนชั้นที่ 2 ไม่เหมาะสมจึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	เพื่อเลือกใช้ความเร็วในการผลิตที่เหมาะสมในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ที่นำมาศึกษาหลังจากนั้นดำเนินการกำหนดเป็นมาตรฐานการปฏิบัติ

4.3.4 วิเคราะห์สาเหตุปัญหาที่เกิดจากไม่ได้ระบุจำนวนเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน (Heater) และอุณหภูมิความร้อนที่เหมาะสมจึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม การให้ความร้อนมากเกินไปจนทำให้วัสดุโฟมอ่อนตัวมากเกินไปเมื่อผ่านแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ไปสู่สายพานลำเลียง (Conveyor) เป็นที่ต่อเนื่องกันความร้อนจะไม่เย็นตัวลงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม ดังรูปที่ 4.9

ปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	การเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อนการแก้ไข	สถานะ	
		Heater 1	เปิด
		Heater 2	เปิด
		Heater 3	เปิด
		Heater 4	เปิด
		Heater 5	เปิด
		Heater 6	เปิด

รูปที่ 4.9 ปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมและการเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน

4.3.5 วิเคราะห์สาเหตุปัญหาที่เกิดจากแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 82 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่ไม่เหมาะสมจึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม ซึ่งลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางของปากแม่พิมพ์ขึ้นรูปไม่เหมาะสมในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนในชั้นที่ 2 (Layer 2) เมื่อผ่านแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 82 มิลลิเมตร ไปสู่สายพานลำเลียง (Conveyor) จะสังเกตเห็นในชั้นที่ 2 แนวยรอยต่อด้านซ้ายและด้านขวาแนบสนิทกันแต่คงมีช่องว่างระหว่างชั้นโฟม ชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ซึ่งอาจทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟมดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมและการเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die)

4.3.6 วิเคราะห์สาเหตุปัญหาที่เกิดจากความเร็วในการผลิตเท่ากับ 20 เมตรต่อนาทีในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนชั้นที่ 2 (Layer 2) ไม่เหมาะสมจึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟมเมื่อเคลื่อนที่เร็วกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนในชั้นที่ 2 (Layer 2) ได้รับความร้อนที่ไม่เพียงพอที่จะหลอมละลายพื้นผิวของโฟม ชั้นที่ 2 (Layer 2) ให้ติดกับชั้นที่ 1 (Layer 1) เมื่อผ่านแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ไปสู่สายพานลำเลียง (Conveyor) เป็นที่อุณหภูมิความร้อนจะเกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟมตั้งแต่เริ่มกระบวนการผลิตดังรูปที่ 4.11

ปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	ความเร็วในการผลิตของกระบวนการผลิตต่อฉนวนกันความร้อน (เมตรต่อนาที) ปัจจุบันที่กำหนดไว้	
	ชั้นที่ 1 (Layer 1)	ชั้นที่ 2 (Layer 2)
	21	20

รูปที่ 4.11 ปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมและความเร็วในการผลิต

4.4 ผลการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (I: Improve Phase)

จากการวิเคราะห์พบสาเหตุการเกิดปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟม จำนวน 3 สาเหตุ คือ 1.ไม่ได้ระบุจำนวนเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน (Heater) และอุณหภูมิความร้อนที่เหมาะสมจึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม 2. แม่พิมพ์ชั้นรูป (Die) ขนาด 82 มิลลิเมตร ใหญ่จึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟมและ 3.ความเร็วในการผลิตเท่ากับ 20 เมตรต่อนาที ของกระบวนการผลิตต่อฉนวนกันความร้อน ชั้นที่ 2 เร็วเกินไปจึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟมซึ่งในขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขจะใช้แนวทางเพื่อแก้ไขดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปัจจัยและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟม

ปัจจัยที่นำมาปรับปรุงแก้ไข	แนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหา
ไม่ได้ระบุจำนวนเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน	ทดลองจำนวนการเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน
เครื่องให้ความร้อน (Heater) และอุณหภูมิความร้อนที่เหมาะสมจึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	ทีละ 1 ตัวจากทั้งหมด 6 ตัวเป็นลำดับ เพื่อกำหนดจำนวนที่เหมาะสม และวัดค่าอุณหภูมิความร้อน เพื่อกำหนดจำนวนที่เหมาะสมกับการผลิต
แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 82 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่ไม่เหมาะสมจึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	ทดลองการเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูปจำนวน 5 ตัวเพื่อหาแม่พิมพ์ที่เหมาะสมก่อนเริ่มผลิตและสังเกตผลหลังจากนั้น ทำการกำหนดเป็นมาตรฐานการปฏิบัติ โดยแม่พิมพ์ที่ใช้จะมีขนาด 74,76,78,80,82 มม. เป็นมาตรฐานการใช้งานภายในบริษัทกรณีศึกษา
ความเร็วในการผลิตเท่ากับ 20 เมตรต่อนาทีในกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่องกัน	ทดลองปรับลดความเร็วในการผลิตเท่ากับของกระบวนการผลิต จำนวน 8 ระดับ โดยเริ่มต้นซึ่งปัจจุบันใช้
ความร้อนชั้นที่ 2 ไม่เหมาะสมจึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	ที่ 20 เมตรต่อนาที ปรับลดความเร็วในการผลิตที่ 13,14,15,16,17,18,19,20 เมตรต่อนาที

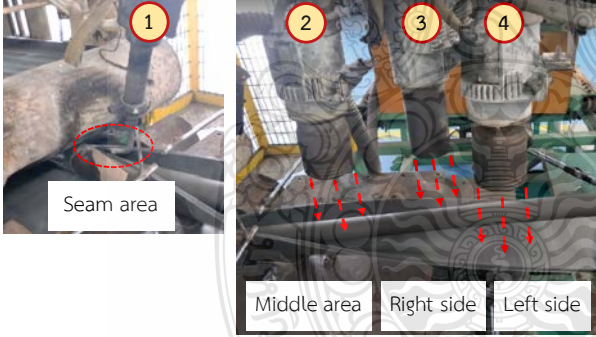
4.4.1 ผลการปรับปรุงแก้ไขปัญหาไม่ได้ระบุจำนวนเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน

จากการเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อนเพื่อกำหนดจำนวนเครื่องให้ความร้อนที่เหมาะสมและวัดค่าอุณหภูมิความร้อนโดยใช้เครื่องมือกล้องถ่ายภาพความร้อน ดังรูป 4.12 เพื่อเปรียบเทียบค่า



รูปที่ 4.12 เครื่องมือกล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal imaging camera)

อุณหภูมิความร้อนซึ่งส่งผลต่อวัสดุโพลีที่ทำให้วัสดุโพลีอ่อนตัว เมื่อผ่านแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ไปสู่สายพานลำเลียง (Conveyor) เป็นท่อฉนวนกันความร้อน จะเย็นตัวลงทำให้ไม่เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโพลี ดังรูปที่ 4.13

การเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน (ก่อนการแก้ไข)	สถานะ	วัดค่าอุณหภูมิของฮีตเตอร์ Temperature (°C)
	Heater 1	เปิด 243.6
	Heater 2	เปิด 275.0
	Heater 3	เปิด 234.3
	Heater 4	เปิด 249.6
	Heater 5	เปิด 272.4
	Heater 6	เปิด 229.5
การเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน (หลังการแก้ไข)	สถานะ	วัดค่าอุณหภูมิของฮีตเตอร์ Temperature (°C)
	Heater 1	เปิด 223.0
	Heater 2	เปิด 275.0
	Heater 3	เปิด 244.5
	Heater 4	เปิด 275.0
	Heater 5	ปิด
	Heater 6	ปิด

รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบจำนวนการเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อนกับวัสดุโพลี ก่อน - หลัง

จากรูปที่ 4.13 ได้ดำเนินการกำหนดการปรับตั้งเครื่องให้ความร้อนกับวัสดุโพลีให้ทั่วพื้นผิวสัมผัสของโพลี เครื่องให้ความร้อนที่ 1 (Heater 1) ให้ความร้อนในตำแหน่งตะเข็บของท่อฉนวนกันความร้อนวัดค่าอุณหภูมิของฮีตเตอร์ ก่อนการแก้ไขเท่ากับ 243.6 °C หลังการแก้ไขเท่ากับ 223.0 °C ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิความร้อนที่แตกต่างกันเล็กน้อยแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อของการเชื่อมต่อของแนวตะเข็บของท่อฉนวนกันความร้อน เครื่องให้ความร้อนที่ 2 (Heater 2) ให้ความร้อนในตำแหน่งตรงกลางของท่อ

ฉนวนกันความร้อนวัดค่าอุณหภูมิของฮีตเตอร์ ก่อนการแก้ไขเท่ากับ 275.0 °C หลังการแก้ไขเท่ากับ 275.0 °C ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิความร้อนที่ไม่แตกต่างกัน เครื่องให้ความร้อนที่ 3 (Heater 3) ให้ความร้อนในตำแหน่งด้านขวาของท่อฉนวนกันความร้อนวัดค่าอุณหภูมิของฮีตเตอร์ ก่อนการแก้ไขเท่ากับ 234.3 °C หลังการแก้ไขเท่ากับ 244.5 °C ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิความร้อนที่แตกต่างกันเล็กน้อย และเครื่องให้ความร้อนที่ 4 (Heater 4) ให้ความร้อนในตำแหน่งด้านซ้ายของท่อฉนวนกันความร้อนวัดค่าอุณหภูมิของฮีตเตอร์ ก่อนการแก้ไขเท่ากับ 249.6 °C หลังการแก้ไขเท่ากับ 275.0 °C ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิความร้อนที่แตกต่างกันเล็กน้อย โดยได้ปิดการทำงานของเครื่องให้ความร้อนที่ 5 (Heater 5) และปิดการทำงานของเครื่องให้ความร้อนที่ 6 (Heater 6) ซึ่งเพียงพอและเหมาะสมกับกระบวนการผลิต

4.4.2 ผลการปรับปรุงแก้ไขปัญหาแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 82 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่ไม่เหมาะสม

การเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากแม่พิมพ์ที่ไม่เหมาะสมในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่ 2 (Layer 2) ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากแม่พิมพ์เท่ากับ 82 มิลลิเมตร ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นโฟม จึงทดลองการเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูปจำนวน 5 ตัว ที่มีขนาด 74, 76, 78, 80, 82 มิลลิเมตร ตามลำดับเพื่อเลือกแม่พิมพ์ที่เหมาะสมก่อนเริ่มกระบวนการผลิต เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาจะมีแม่พิมพ์ขึ้นรูปที่มีการใช้ในกระบวนการผลิตเป็นเลขคู่เป็นมาตรฐานการใช้งานภายในบริษัทกรณีศึกษาซึ่งการเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ดังรูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.15

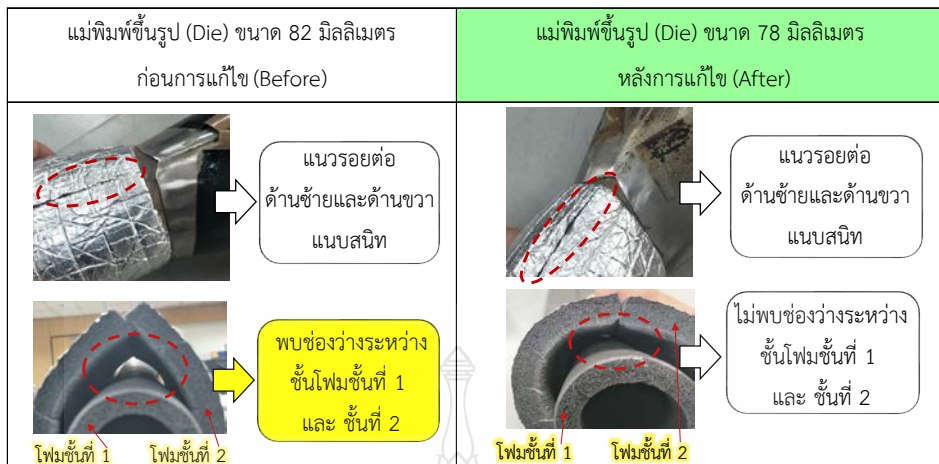
การเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) เพื่อทำการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน	
ลักษณะแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 74 มิลลิเมตร	ผลการพิจารณาแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 74 มิลลิเมตร
	 <p>โฟมชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 2 ไม่สามารถไหลผ่านแม่พิมพ์ขึ้นรูปได้</p> <p>โฟมชั้นที่ 1 โฟมชั้นที่ 2</p>
ลักษณะแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 76 มิลลิเมตร	ผลการพิจารณาแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 76 มิลลิเมตร
	 <p>แนวรอยต่อ ด้านซ้ายและด้านขวา ไม่แนบติดกัน</p> <p>พบชั้นโฟมชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 2 ซ้อนทับกัน</p> <p>โฟมชั้นที่ 1 โฟมชั้นที่ 2</p>
ลักษณะแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 78 มิลลิเมตร	ผลการพิจารณาแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 78 มิลลิเมตร
	 <p>แนวรอยต่อ ด้านซ้ายและด้านขวา แนบสนิท</p> <p>ไม่พบช่องว่างระหว่าง ชั้นโฟมชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 2</p> <p>โฟมชั้นที่ 1 โฟมชั้นที่ 2</p>

รูปที่ 4.14 การเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 74, 76 และ 78 มิลลิเมตร

การเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) เพื่อทำการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน	
ลักษณะแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 80 มิลลิเมตร	ผลการพิจารณาแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 80 มิลลิเมตร
	 <p>แนวรอยต่อ ด้านซ้ายและด้านขวา แบบสนิท</p>  <p>พบช่องว่างระหว่าง ชั้นโฟมชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 2</p> <p>โฟมชั้นที่ 1 โฟมชั้นที่ 2</p>
แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 82 มิลลิเมตร	ผลการพิจารณาแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 82 มิลลิเมตร
	 <p>แนวรอยต่อ ด้านซ้ายและด้านขวา แบบสนิท</p>  <p>พบช่องว่างระหว่าง ชั้นโฟมชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 2</p> <p>โฟมชั้นที่ 1 โฟมชั้นที่ 2</p>

รูปที่ 4.15 การเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 80 และ 82 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.15 ได้ดำเนินการพิจารณาการเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูปจำนวน 5 ตัว ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากแม่พิมพ์เท่ากับ 74, 76, 78, 80 และ 82 มิลลิเมตร ผลจากการพิจารณา พบว่าแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 78 มิลลิเมตรเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน โดยพิจารณาจากแนวรอยต่อด้านซ้ายและด้านขวาแบบสนิทกัน และไม่พบช่องว่างระหว่างชั้นโฟมชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ซึ่งได้เปรียบเทียบกับรูปที่ 4.16

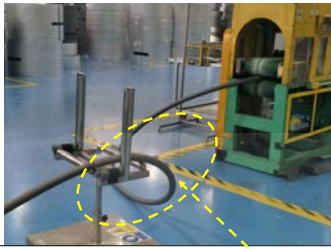




รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบการเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) กับวัสดุโฟม ก่อน - หลัง

จากรูปที่ 4.16 หลังจากเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ที่เหมาะสมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปาก (Die) เท่ากับ 78 มิลลิเมตร ทำให้แนวรอยต่อด้านซ้ายและด้านขวาแนบสนิทกัน ซึ่งมีความเหมาะสมที่นำไปใช้ในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนในชั้นที่ 2

4.4.3 ผลการปรับปรุงแก้ไขปัญหาค่าความเร็วในการผลิตเท่ากับ 20 เมตรต่อนาทีในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนชั้นที่ 2 ไม่เหมาะสม

การเลือกใช้ความเร็วในการผลิตจากการเก็บข้อมูลคำสั่งผลิตจำนวน 5 (Manufacturing order ; MO) ในช่วงเวลาเดือน ธันวาคม 2564 ถึง กุมภาพันธ์ 2565 จะใช้ความเร็วในการผลิตเท่ากับ 21 เมตรต่อนาที ของกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนในชั้นที่ 1 (Layer 1) และความเร็วในการผลิตเท่ากับ 20 เมตรต่อนาที ของกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนในชั้นที่ 2 (Layer 2) มาโดยตลอดซึ่งกำหนดไว้ในมาตรฐานการผลิต โดยเหตุผลที่ความเร็วในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนในชั้นที่ 2 จะมีความเร็วในการผลิตน้อยกว่ากระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนในชั้นที่ 1 คือ 1 ระดับเนื่องจากทำให้มีระยะเวลาการหย่อนของท่อในกระบวนการผลิต แต่ถ้าปรับให้มีระยะเวลาการหย่อนของท่ออุณหภูมิความร้อนในชั้นที่ 1 มากกว่า 1 ระดับจะทำให้ท่ออุณหภูมิความร้อนในชั้นที่ 1 กองอยู่บนพื้น ในพื้นที่กระบวนการผลิตซึ่งอาจจะมีสิ่งสกปรกที่อยู่บนพื้นนั้นติดกับผิวของท่ออุณหภูมิความร้อนในชั้นที่ 1 ได้ ดังรูปที่ 4.17



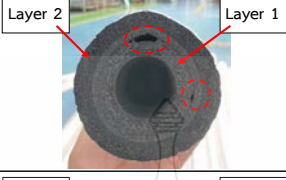
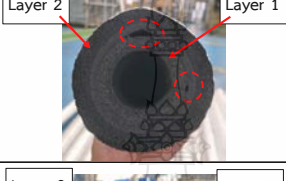
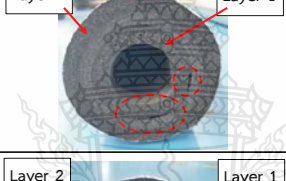

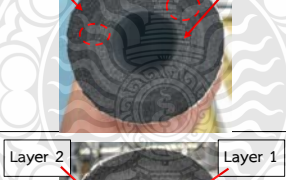
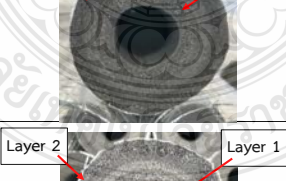

ระยะการหย่อนของท่อฉนวนกันความร้อน		
กระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน ชั้นที่ 1	กระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน ชั้นที่ 1	กระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน ชั้นที่ 2
		
ระยะการหย่อนของท่อมากกว่า 1 ระดับท่อ จะกองอยู่บนพื้นในพื้นที่กระบวนการผลิต	ระยะการหย่อนของท่อ 1 ระดับ	

รูปที่ 4.17 ระยะการหย่อนของท่อในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนระหว่างชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2

จากปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโพนในกระบวนการผลิตดังนั้นจึงได้ปรับลดความเร็วและติดตามผลจากการปรับความเร็วในการผลิตเพื่อหาค่าความเร็วในการผลิตที่เหมาะสม โดยทดลองแบบสุ่มปรับลดความเร็วในการผลิตที่ 13,14,15,16,17,18,19 และ 20 เมตรต่อนาที ของกระบวนการผลิต จำนวน 8 ระดับ โดยเริ่มต้นซึ่งปัจจุบันใช้ที่ 20 เมตรต่อนาที ความเร็วในการผลิตของกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่ 2 (Layer 2) ดังนั้นในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนในชั้นที่ 1 (Layer 1) จะปรับค่าความเร็วในการผลิตมากกว่าชั้นที่ 2 เท่ากับ 1 เมตรต่อนาที เสมอเพื่อให้มีระยะการหย่อนของท่อในการผลิตซึ่งผลการปรับปรุงดังรูปที่ 4.18 และรูปที่ 4.19

ความเร็วในการผลิตของกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน (เมตรต่อนาที)		สถานะ (OK / NG)	คำอธิบาย	หมายเหตุ
ชั้นที่ 1 (Layer 1)	ชั้นที่ 2 (Layer 2)			
		ผลที่รับจากการผลิต		
21	20		การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 2 เท่ากับ 20 เมตรต่อนาที พบการเกิดปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโพน	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 1 เท่ากับ 21 เมตรต่อนาที เพื่อให้มีระยะการหย่อนของท่อในการผลิต

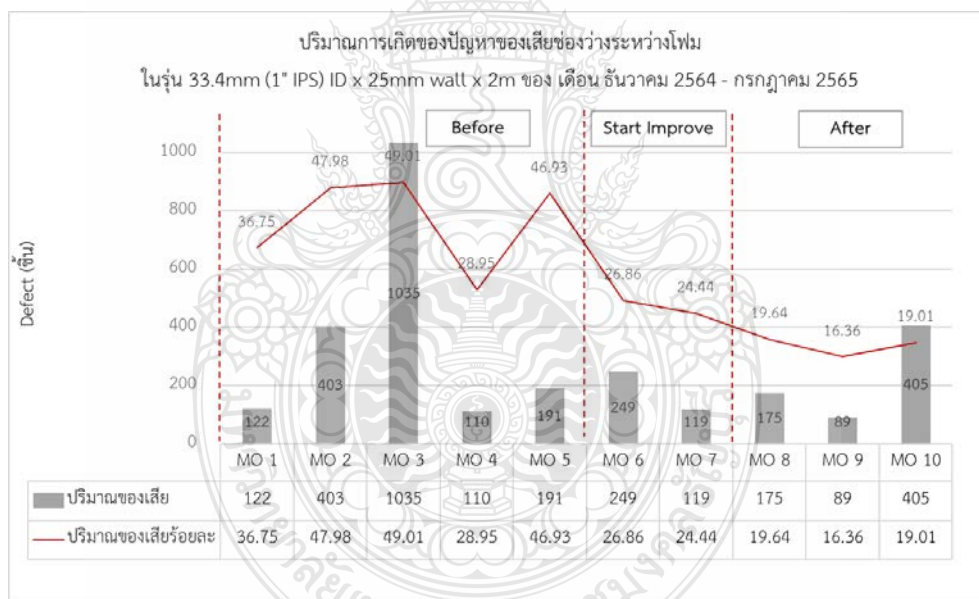
รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบความเร็วในการผลิตและผลที่ได้รับของกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน

ความเร็วในการผลิตของกระบวนการผลิตที่ถนัดจนกว่าความร้อน (เมตรต่อนาที)			สถานะ (OK / NG)	คำอธิบาย	หมายเหตุ
ชั้นที่ 1 (Layer 1) 	ชั้นที่ 2 (Layer 2) 	ผลที่รับจากการผลิต			
20	19		NG	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 2 เท่ากับ 19 เมตรต่อนาที พบการเกิดปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 1 เท่ากับ 20 เมตรต่อนาที เพื่อให้มีระยะการหย่อนของท่อในการผลิต
19	18		NG	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 2 เท่ากับ 18 เมตรต่อนาที พบการเกิดปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 1 เท่ากับ 19 เมตรต่อนาที เพื่อให้มีระยะการหย่อนของท่อในการผลิต
18	17		NG	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 2 เท่ากับ 17 เมตรต่อนาที พบการเกิดปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 1 เท่ากับ 18 เมตรต่อนาที เพื่อให้มีระยะการหย่อนของท่อในการผลิต
17	16		NG	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 2 เท่ากับ 16 เมตรต่อนาที พบการเกิดปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 1 เท่ากับ 17 เมตรต่อนาที เพื่อให้มีระยะการหย่อนของท่อในการผลิต
16	15		NG	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 2 เท่ากับ 15 เมตรต่อนาที พบการเกิดปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 1 เท่ากับ 16 เมตรต่อนาที เพื่อให้มีระยะการหย่อนของท่อในการผลิต
15	14		OK	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 2 เท่ากับ 14 เมตรต่อนาที ไม่พบการเกิดปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 1 เท่ากับ 15 เมตรต่อนาที เพื่อให้มีระยะการหย่อนของท่อในการผลิต
14	13		OK	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 2 เท่ากับ 13 เมตรต่อนาที ไม่พบการเกิดปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟม	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 1 เท่ากับ 14 เมตรต่อนาที เพื่อให้มีระยะการหย่อนของท่อในการผลิต

รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบความเร็วในการผลิตและผลที่ได้รับของกระบวนการผลิตที่ถนัดจนกว่าความร้อน

จากรูปที่ 4.18 และ รูปที่ 4.19 หลังจากการใช้ความเร็วในการผลิตของกระบวนการผลิตที่ออกแบบกันความร้อนพบว่าในชั้นที่ 2 จาก 20 เมตรต่อนาที เป็น 14 เมตรต่อนาที ซึ่งไม่พบการเกิดปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟม เช่นเดียวกับการใช้ความเร็วในการผลิตของกระบวนการผลิตที่ออกแบบกันความร้อนพบว่าในชั้นที่ 2 จาก 20 เมตรต่อนาที เป็น 13 เมตรต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วที่เหมาะสมที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่ออกแบบกันความร้อน กรณีถ้าใช้ความเร็วในการผลิตของกระบวนการผลิตที่ออกแบบกันความร้อนพบว่าในชั้นที่ 2 ที่ 13 เมตรต่อนาที จะทำให้ผลิตงานได้น้อยลง 1 เมตรต่อนาที ดังนั้นจึงเลือกใช้ความเร็วในการผลิตของกระบวนการผลิตที่ออกแบบกันความร้อนพบว่าใน ชั้นที่ 2 ที่ 14 เมตรต่อนาที และชั้นที่ 1 ที่ 15 เมตรต่อนาที โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานสินค้า เพราะบริษัทกรณีศึกษามีพนักงานผลิตงาน 2 กะต่อวัน

4.4.4 ผลการปรับปรุงแก้ไขปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมในแต่ละคำสั่งผลิต ดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 กราฟเปรียบเทียบปริมาณปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมก่อนและหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.20 ปริมาณของเสียที่ลดลงซึ่งผลการเปรียบเทียบจากข้อมูลของเสียก่อนปรับปรุงมีปริมาณของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟม (Delaminate) ในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ของ เดือน ธันวาคม 2564 ถึง กุมภาพันธ์ 2565 โดยมีปริมาณการผลิตรวมจำนวน 5 คำสั่งผลิต ปริมาณปัญหาของเสีย ช่องว่างระหว่างชั้นโฟม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 36.75 ของคำสั่งผลิตที่ 1, เป็นสัดส่วนร้อยละ 47.98 ของคำสั่งผลิตที่ 2, เป็นสัดส่วนร้อยละ 49.01 ของคำสั่งผลิตที่ 3, เป็นสัดส่วนร้อยละ

ละ 28.95 ของคำสั่งผลิตที่ 4 และ เป็นสัดส่วนร้อยละ 46.93 ของคำสั่งผลิตที่ 5 ซึ่งจากข้อมูลของเสีย หลังปรับปรุงมีปริมาณปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมของ เดือน มีนาคม - กรกฎาคม 2565 โดยมีปริมาณการผลิตรวมจำนวน 5 คำสั่งผลิตปริมาณของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟม (Delaminate) คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 26.86 ของคำสั่งผลิตที่ 6, เป็นสัดส่วนร้อยละ 24.44 ของคำสั่งผลิตที่ 7, เป็นสัดส่วนร้อยละ 19.64 ของคำสั่งผลิตที่ 8, เป็นสัดส่วนร้อยละ 16.36 ของคำสั่งผลิตที่ 9 และ เป็นสัดส่วนร้อยละ 19.01 ของคำสั่งผลิตที่ 10 ซึ่งพบว่ามีปริมาณของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมลดลงจากข้อมูลการผลิตหลังจากการปรับปรุงคือ คำสั่งผลิตที่ 8, คำสั่งผลิตที่ 9 และคำสั่งผลิตที่ 10 การผลิตรวมจำนวน 3 คำสั่งผลิต คำนวณค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตเท่ากับ 81.66 ทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิต ในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย หัวข้อ 1.2.2

4.5 ผลการควบคุมกระบวนการ (C: Control Phase)

ขั้นตอนนี้เป็น การควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟม ซึ่งได้ปรับปรุงเพื่อลดปัญหาดังกล่าว เพื่อเป็นการรักษาระดับคุณภาพและป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นอีกจึงต้องปรับปรุงในส่วนของเอกสาร ให้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน โดยจะมีการปรับปรุงเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work instruction) เกี่ยวกับการระบุจำนวนเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน (Heater) และอุณหภูมิความร้อนที่เหมาะสม การเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ที่เหมาะสมในการผลิตและกำหนดความเร็วในการผลิตที่เหมาะสม

4.5.1 การควบคุมจำนวนการเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน (Heater) และอุณหภูมิความร้อน

จากจำนวนการเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อนที่ 1 (Heater 1) ค่าอุณหภูมิความร้อนเท่ากับ 223.0 °C ซึ่งให้ความร้อนในตำแหน่งตะเข็บของท่อนวนกันความร้อน เครื่องให้ความร้อนที่ 2 (Heater 2) ค่าอุณหภูมิความร้อนเท่ากับ 275.0 °C ซึ่งให้ความร้อนในตำแหน่งตรงกลาง เครื่องให้ความร้อนที่ 3 (Heater 3) ค่าอุณหภูมิความร้อนเท่ากับ 244.5 °C ซึ่งให้ความร้อนในตำแหน่งด้านขวา เครื่องให้ความร้อนที่ 4 (Heater 4) ค่าอุณหภูมิความร้อนเท่ากับ 275.0 °C ซึ่งให้ความร้อนในตำแหน่งด้านซ้ายซึ่งส่งผลวัสดุโฟม ทำให้อ่อนตัวโดยทั่วถึงและเหมาะสม เมื่อผ่านแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ไปสู่สายพาน (Conveyer) ทำการกำหนดลงในเอกสาร ความรู้เฉพาะเรื่อง (One-Point Lesson) ดังรูปที่ 4.21

การจัดการความรู้		One-Point Lesson (ความรู้เฉพาะเรื่อง)		
หัวข้อ	วิธีการลดเวลาตัดแกมกระดาน	เลขที่เอกสาร วันที่รายงาน	OPL-PP-19-031	
ประเภท	<input type="checkbox"/> ความรู้ทั่วไป <input checked="" type="checkbox"/> การปรับปรุงกระบวนการผลิต <input type="checkbox"/> วิธีการใช้เครื่องจักร <input type="checkbox"/> ปัญหาด้านคุณภาพ <input type="checkbox"/> ปัญหาด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม	ผู้จัดทำ	ผู้ตรวจสอบ	ผู้อนุมัติ
		Satavat Reunreng.		
การปรับตั้ง หัว Heater ให้ความร้อนในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m				
การเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน		สถานะ	วัดค่าอุณหภูมิของฮีตเตอร์ Temperature (°C)	
		Heater 1	เปิด	223.0
		Heater 2	เปิด	275.0
		Heater 3	เปิด	244.5
		Heater 4	เปิด	275.0
		Heater 5	ปิด	
		Heater 6	ปิด	
ชื่อ / ภาควิชา / ผู้รายงาน				

รูปที่ 4.21 เอกสาร (One-Point Lesson) เปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน (Heater)

4.5.2 การควบคุมวิธีการเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป



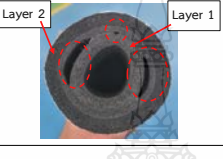
จากการเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูปที่มีลักษณะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากแม่พิมพ์ขึ้นรูป ที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิความร้อนในชั้นที่ 2 ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากแม่พิมพ์ขึ้นรูปเท่ากับ 78 มิลลิเมตร จึงทำการกำหนดลงในเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work instruction) ดังรูปที่ 4.22

เอกสารวิธีการทำงาน Work Instruction Document			SAFETY	<input checked="" type="checkbox"/> รองเท้า SHOES	<input checked="" type="checkbox"/> แว่นตา GLASSES	<input type="checkbox"/> ผ้ากันเปื้อน APRON	<input type="checkbox"/> ฝักหู EARPLUG	<input checked="" type="checkbox"/> หมวกกันน็อก HELMET
			PROTECTOR	<input checked="" type="checkbox"/> ถุงมือ GLOVES	<input checked="" type="checkbox"/> หน้ากากป้องกัน MASK	<input type="checkbox"/> ปกแขน ARM	<input type="checkbox"/> ข้อมือ WRIST	<input type="checkbox"/> ข้อเท้า ANKLE
ลำดับ No.	รายละเอียด Description	รูปภาพ Picture	จุดควรเฝ้าระวังด้านความปลอดภัย Safety Point	จุดควรเฝ้าระวังด้านคุณภาพ Quality Point				
วิธีการแก้ไข และ แนวทางการปฏิบัติงาน								
1	การใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูปที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตต่ออุณหภูมิความร้อน - พิจารณาแนวรอยต่อด้านซ้ายและด้านขวาแบบสนิท - พิจารณาไม่พบช่องว่างระหว่างชั้นโฟมชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2	<p>แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 82 มิลลิเมตร มีขนาดใหญ่ ไม่เหมาะสมนำมาใช้ในกระบวนการผลิต</p> <p>แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 78 มิลลิเมตร มีขนาดเหมาะสมนำมาใช้ในกระบวนการผลิต</p>	พนักงานควรสวมใส่ถุงมือ เพื่อป้องกันโลหะบาดมือ	กรณีที่พนักงานไม่เลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูปตามที่วิศวกรกำหนดไว้ อาจส่งผลต่อปัญหาของเสียในกระบวนการผลิต				

รูปที่ 4.22 เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Work instruction) วิธีการเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die)

4.5.3 ควบคุมการกำหนดความเร็วที่เหมาะสม

จากการใช้ความเร็วในการผลิตของกระบวนการผลิตต่ออุณหภูมิความร้อนพบว่าในชั้นที่ 2 จาก 20 เมตรต่อนาที เป็น 14 เมตรต่อนาที ซึ่งไม่พบการเกิดปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟมรูปที่ 4.19 ซึ่งเป็นความเร็วที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตจึงกำหนดลงในเอกสาร ความรู้เฉพาะเรื่อง (One-Point Lesson) โดยกำหนดความเร็วในการผลิตของกระบวนการผลิตต่ออุณหภูมิความร้อนพบว่าใน ชั้นที่ 2 ที่ 14 เมตรต่อนาที และชั้นที่ 1 ที่ 15 เมตรต่อนาที ดังรูปที่ 4.23

การจัดการความรู้		One-Point Lesson (ความรู้เฉพาะเรื่อง)				
หัวข้อ	วิธีการลดเวลาดัดแกนกระดาษ	เลขที่เอกสาร วันที่รายงาน		OPL-PP-19-031		
ประเภท	<input type="checkbox"/> ความรู้ทั่วไป <input type="checkbox"/> การปรับปรุงกระบวนการผลิต <input checked="" type="checkbox"/> วิธีการใช้เครื่องจักร <input type="checkbox"/> ปัญหาด้านคุณภาพ <input type="checkbox"/> ปัญหาด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม	ผู้จัดทำ	ผู้ตรวจสอบ	ผู้อนุมัติ		
		Satavat Reunreng.				
ความเร็วในการผลิต ในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m						
ความเร็วในการผลิตของกระบวนการผลิตที่อนุญาตต่อความร้อน (เมตรต่อนาที)						
ชั้นที่ 1 (Layer 1)	ชั้นที่ 2 (Layer 2)	ผลที่รับจากการผลิต		สถานะ (OK / NG)	คำอธิบาย	หมายเหตุ
				OK	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 2 เท่ากับ 14 เมตรต่อนาที ไม่พบการเกิดปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นใหม่	การปรับความเร็วในการผลิต ชั้นที่ 1 เท่ากับ 15 เมตรต่อนาที เพื่อให้มีระยะการหย่อนของท่อในการผลิตชั้นใหม่
15	14					
ชื่อ / ตำแหน่ง ผู้ชำนาญ						

รูปที่ 4.23 เอกสาร (One-Point Lesson) ความเร็วในการผลิตของกระบวนการผลิตที่อนุญาตต่อความร้อน



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย การอภิปราย และข้อเสนอแนะ

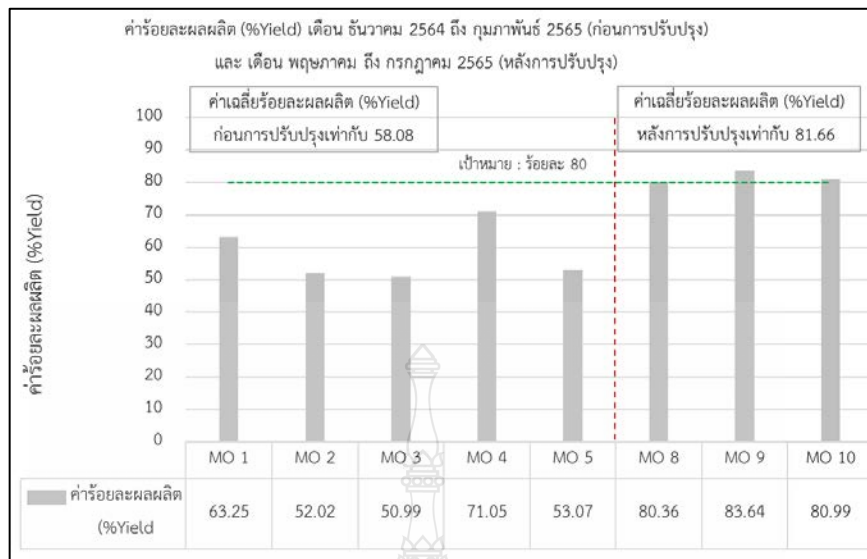
5.1 สรุปผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อลดของเสียที่เกิดจากปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟมและเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน โดยใช้หลักการของ ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) ดังนี้

5.1.1. จากการศึกษากระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนโดยประยุกต์ใช้หลักการ Why-Why Analysis ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างชั้นโฟมดังต่อไปนี้ 1.ไม่ได้ระบุจำนวนเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน (Heater) และอุณหภูมิความร้อนที่ไม่เหมาะสม 2.แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 82 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่ไม่เหมาะสม และ 3.ความเร็วในการผลิตเท่ากับ 20 เมตรต่อนาทีในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนขั้นที่ 2 ไม่เหมาะสม จึงดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนโดยใช้หลักการของ ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)

5.1.2. จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อนโดยใช้ขั้นตอน DMAIC ตามหลักการของ ซิกซ์ ซิกม่า แล้วนั้นมีการผลิตรวมจำนวน 3 คำสั่งผลิต ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิต ในรุ่น 33.4mm (1" IPS) ID x 25mm wall x 2m ซึ่งคำนวณค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตเท่ากับ 81.66

จากการประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่ามาช่วยในการแก้ไขปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟมเพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน พบว่าก่อนการปรับปรุงปัญหาช่องว่างระหว่างชั้นโฟมค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิต (%Yield) เท่ากับ 58.08 ของการผลิต ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้หลักการ Why-Why Analysis การระดมสมอง จึงได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการโดยปรับตั้งระบุการใช้จำนวนเครื่องให้ความร้อน ที่เหมาะสมกับการใช้งาน ปรับปรุงระบุวิธีการเลือกใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูปที่เหมาะสม และปรับตั้งความเร็วในการผลิต ที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตท่อฉนวนกันความร้อน หลังจากการปรับปรุงคิดค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตเท่ากับ 81.66 ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ความสามารถกระบวนการผลิตไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 แสดงดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 สรุปผลการปรับปรุงก่อนและหลัง

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการนำขึ้น DMAIC ของหลักการซิกซ์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตที่ถนัดความร้อนพบว่าก่อนการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตเท่ากับ 58.08 ของจำนวนสิ่งผลิตของเดือนธันวาคม 2564 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2565 ซึ่งมาจากปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างโคมผลจากการระดมสมองการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้ Why Why Analysis พบว่า ปัญหาของเสียช่องว่างระหว่างโคมมาจาก 3 สาเหตุ คือ 1.ไม่ได้ระบุจำนวนเปิดใช้งานเครื่องให้ความร้อน (Heater) และอุณหภูมิความร้อนที่ไม่เหมาะสม 2.แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Die) ขนาด 82 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่ไม่เหมาะสม และ 3.ความเร็วในการผลิตเท่ากับ 20 เมตรต่อนาทีในกระบวนการผลิตที่ถนัดความร้อนขั้นที่ 2 ไม่เหมาะสม ข้อมูลก่อนการปรับปรุงปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตคิดค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 41.92 ของจำนวนสิ่งผลิตของเดือนธันวาคม 2564 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2565 หลังจากการปรับปรุงลดปัญหาของเสียที่ลักษณะช่องว่างระหว่างชิ้นโคมปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตคิดค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 18.34 ผลการปรับปรุงเพิ่มผลผลิตในกระบวนการคิดค่าเฉลี่ยร้อยละผลผลิตเท่ากับ 81.66 ของจำนวนสิ่งผลิตของเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกรกฎาคม 2565 ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวคิดในปรับปรุงแก้ไขปัญหากับรุ่นอื่น ๆ ได้

5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ได้พบกับปัญหาและอุปสรรคหลายอย่างด้วยกัน จึงจะข้อสรุปเป็นข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางให้กับทุกท่านที่จะนำงานวิจัยนี้ไปเป็นแนวทาง และปรับปรุงกระบวนการผลิตของท่านต่อไปได้ในอนาคตได้ดังต่อไปนี้

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ท่อฉนวนกันความร้อนจะมีผลิตภัณฑ์ในลักษณะที่คล้ายคลึงกันกับรุ่นที่นำมาเป็นกรณีศึกษา อาจจะแตกต่างกันที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (Inner Diameter ; ID) ความหนา (Wall thickness) และชนิดของฟอยล์ (Foil type) ของท่อฉนวนกันความร้อน ดังนั้นผู้ที่สนใจสามารถนำเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดียิ่งขึ้น การที่จะปรับปรุงควรเลือกท่อฉนวนกันความร้อนที่ใช้ฟอยล์ประเภทหรือชนิดเดียวกันมาทำการศึกษา เพราะว่าฟอยล์ที่นำมาใช้ผลิตท่อฉนวนกันความร้อนจะใช้หลายชนิด มีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน ดังนั้นผู้สนใจควรคำนึงถึงชนิดของฟอยล์ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญเพื่อการปรับปรุงและแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ



บรรณานุกรม

- [1] ปීปี้ อิลฮาม. (ม.ป.ป.). **ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**. เข้าถึงได้จาก <http://www.mim.psu.ac.th/index.php/2-uncategorised/87-six-sigma> (10 พฤษภาคม 2564).
- [2] ดร.ณัฐพันธ์ เขจรนันท์. (2547). Six Sigma การจัดการคุณภาพตามแบบฉบับอเมริกัน. **วารสารวิชาการบัณฑิตวิทยาลัยสวนดุสิต**, 1 (มิถุนายน-ธันวาคม 2547). 55-63.
- [3] ณรงค์ฤทธิ์ เฉลิมพงษ์. (เมษายน 2550). **ทัศนคติและพฤติกรรมของพนักงานฝ่ายผลิตต่อระบบบริหารคุณภาพ Six Sigma ของบริษัท เอลต้า อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ)
- [4] ภาณุวัฒน์ ธนสานสกุลวงศ์ และ อุษณีษ ปุรินทรภิบาล. (2562). การประยุกต์ใช้ลีน ซิกซ์ ซิกม่า ในอุตสาหกรรมผลิตแก้วไวน์. **วารสารวิชาการบัณฑิตสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น**, 7 (มกราคม-มิถุนายน 2562). 22-31.
- [5] กิจดิศักดิ์ บัวคง. (2557). **การลดต้นทุนวัตถุดิบในกระบวนการเชื่อมลวดโดยใช้ลวดทองแดงกรณีศึกษาโรงงานตัวอย่างเซมิคอนดักเตอร์**. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)
- [6] RODNEY A. STEWART AND CLINTON A. SPENCER. (2006). Six-Sigma as a strategy for process improvement on construction projects: a case study. **Construction Management and Economics**, 24 (April 2006). 339-348.
- [7] ตรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง, อัมพวรรณ จีระภาวงศ์ และ ทศพล เกียรติเจริญผล. (2551). การประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC สำหรับปรับปรุงกระบวนการผลิตสุกัณฑ์เซรามิกส์. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต**, 19 (ฉบับที่ 4). 36-44.

บรรณานุกรม (ต่อ)

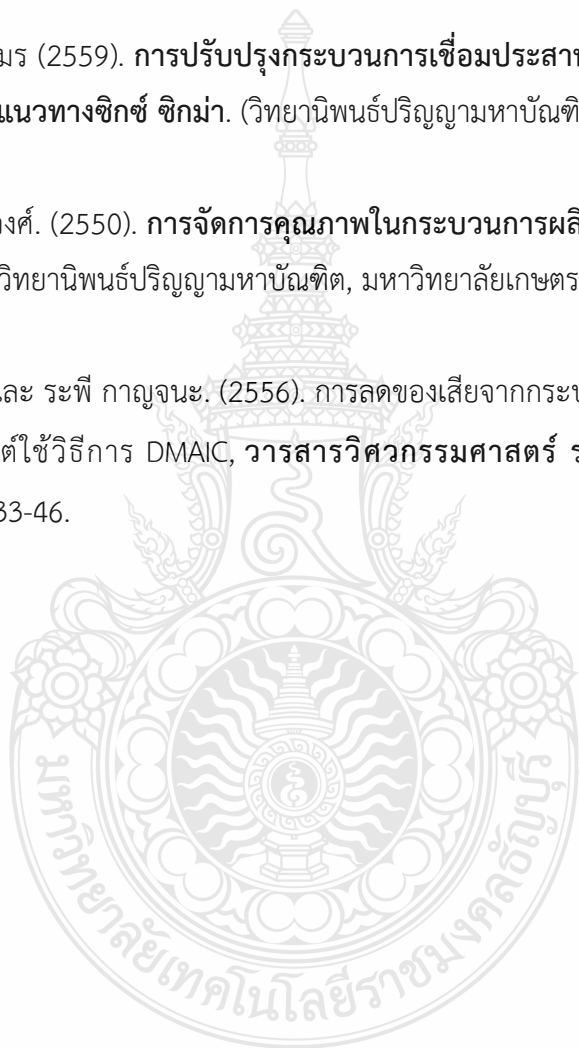
- [8] วทิตา แสนสม. (2551). การลดของเสียที่เป็นเม็ดฝุ่นในกระบวนการพ่นสีกันชนหน้าพลาสติกของรถยนต์โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
- [9] เอราวิล ถาวร. (2560). การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับป้องกันความผิดพลาดการตรวจชิ้นงาน วิชาปฏิบัติการทางวิศวกรรม. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต, 7 (ฉบับที่ 1). 140-153.
- [10] วีระวัฒน์ อินนุพัฒน์. (2560). การปรับปรุงกระบวนการปลูกขนก้ามะหยี่ในบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยางขอบกระจกรถยนต์ด้วยหลักการซิกซ์ ซิกมา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)
- [11] Md.Enamul Kabir, S.M.Mahbubul Islam Bobby and Mostafa Lutfi. (2013). Productivity Improvement by using Six-Sigma. *International Journal of Engineering and Technology*, 3 (No 12). 1056-1084.
- [12] สุพัฒตรา เกษราพงศ์. (2550). การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงเหล็กของรถยนต์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตบางเขน)
- [13] ปฐมพงษ์ หอมศรี และ จักรพรรณ คงธนะ. (2556). การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฉีดพลาสติกสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง. วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต, 3 (ฉบับที่ 2). 73-95.
- [14] Six Sigma. (2558). หลักการและการนำ Six Sigma ไปใช้. เข้าถึงได้จาก <http://sinutthathirawit.blogspot.com/2015/02/six-sigma.html> (20 กุมภาพันธ์ 2558).

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [15] กันตา สุวรรณฤทธิ์ และ ณิชฐา ทวีแสงสกุลไทย. (ปีที่ 13). การลดของเสียในกระบวนการเขียนสัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยใช้แนวคิดลีน ชิکش ชิกมา. วารสารวิศวกรรมศาสตร์, มี.ค. 2554 (ฉบับที่ 1). 49-59.
- [16] พิศาล เพลินภูเขียว. (2559). การลดปริมาณของเสียและงานซ่อมแซมในกระบวนการผลิตโพลีเอทิลีนสำหรับเบาะรถยนต์โดยแนวคิดชิکشชิกมา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยบูรพา)
- [17] วันเฉลิม วรรณสถิตย์. (2016). เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools). เข้าถึงได้จาก <http://econs.co.th/index.php/2016/07/29/7-qc-tools/> (29 กรกฎาคม 2016).
- [18] Varsha M. Magar, Dr.Vilas B. Shinde, "Application of 7 quality control (7 QC) tools for continuous improvement manufacturing process," International Journal of research and general science, vol. 2, pp. 365-371, June-July 2014.
- [19] เรื่องลักษณะ บุตรเพชร, จุฑาวรรณ อันสุวรรณ และ ธิดาเดี่ยว มยุรีสุวรรณ, เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด 1-11.
- [20] Mirko Sokovic, Jelena Jovanovic, Zdravk Krivokapic and Aleksandar Vujovic. (2009, May). Basic quality tools in continuous improvement process. **Strojniski vestnik-journal of mechanical engineering**, 55(5), Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/299050377> (9 May 2019).
- [21] พัชรีย์ ชัยฤกษ์. (2556). การลดของเสียจากกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์(PABA)โดยใช้วิธีการชิکش ชิกมา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์)

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [22] ธเนศ เหล่าเขตกิจ. (2558). การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียมด้วยหลักการของซิกส์ ซิกม่า : กรณีศึกษาชิ้นงาน Oil Seal Case. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)
- [23] ศิริยุภา เศรษฐจามร (2559). การปรับปรุงกระบวนการเชื่อมประสานในการผลิตเสากลางโครงรถยนต์ตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา)
- [24] วรัญญา วรัญญวงค์. (2550). การจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตเบียร์ด้วยวิธี Why Why Analysis. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)
- [25] วลัยพร เหมโส และ ระพี กาญจนะ. (2556). การลดของเสียจากกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์ โดยประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 11 (ฉบับที่ 2). 33-46.



ภาคผนวก

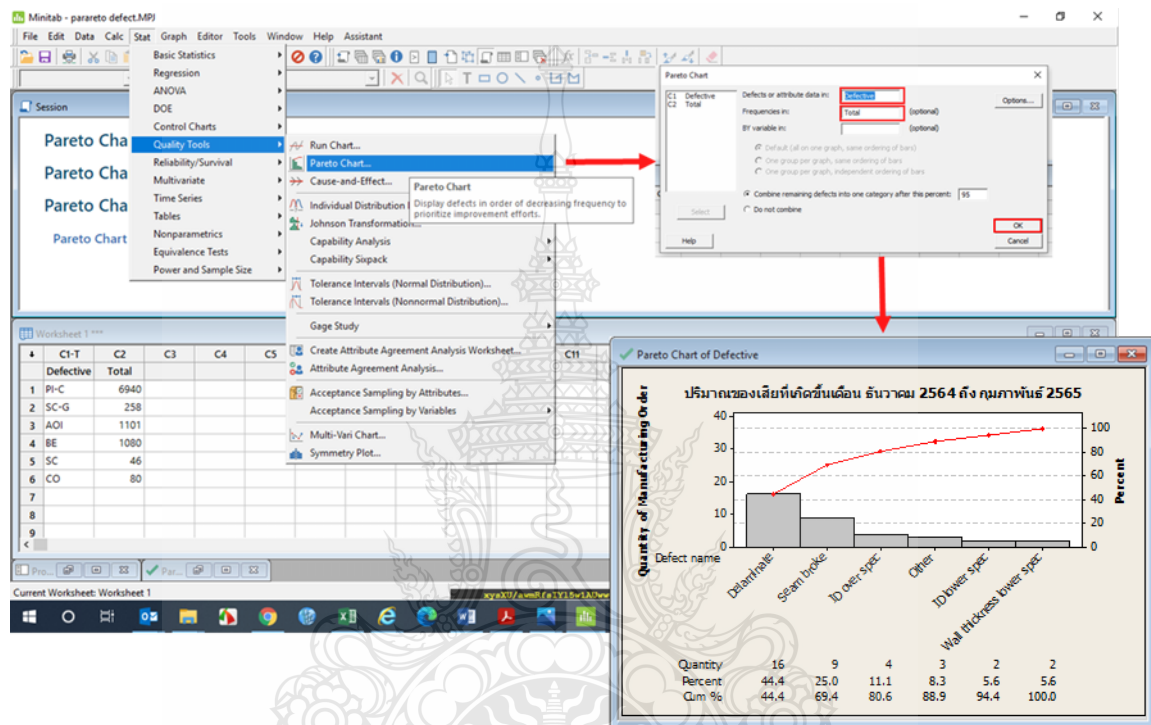


ภาคผนวก ก
ขั้นตอนการใช้ Minitab



วิธีการทำผลการวิเคราะห์พาเรโตจัดลำดับความสำคัญ

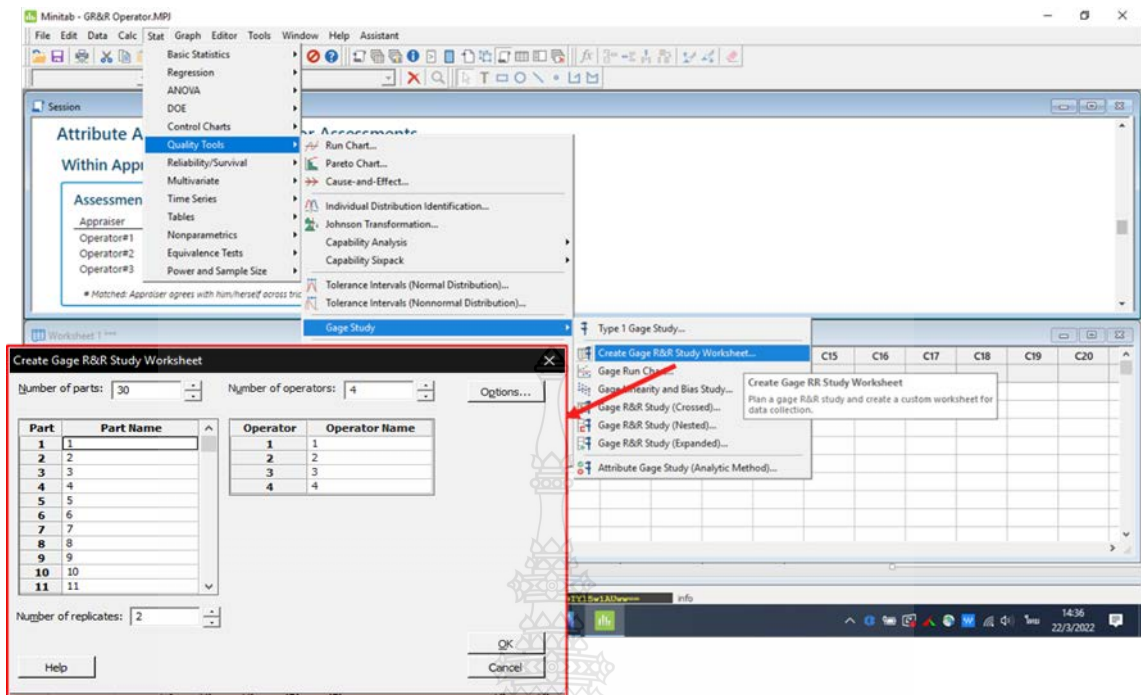
เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab จากนั้นป้อนข้อมูลลงใน Worksheet 1 , จากนั้นเลือกเมนู Stat > Quality Tools > Pareto Chart... จากนั้นป้อนข้อมูลตัวแปรที่ต้องการ C1 = Cause, C2 = RPN ลงช่องของเมนู Chart defects table > Label in =Cause, Frequencies in = RPN แล้ว คลิก OK โดยแสดงผลรูปของกราฟ Pareto Chart of Cause แสดงดังรูป ก-1



ดังรูป ก-1 ขั้นตอนและผลของกราฟ Pareto Chart of Defective

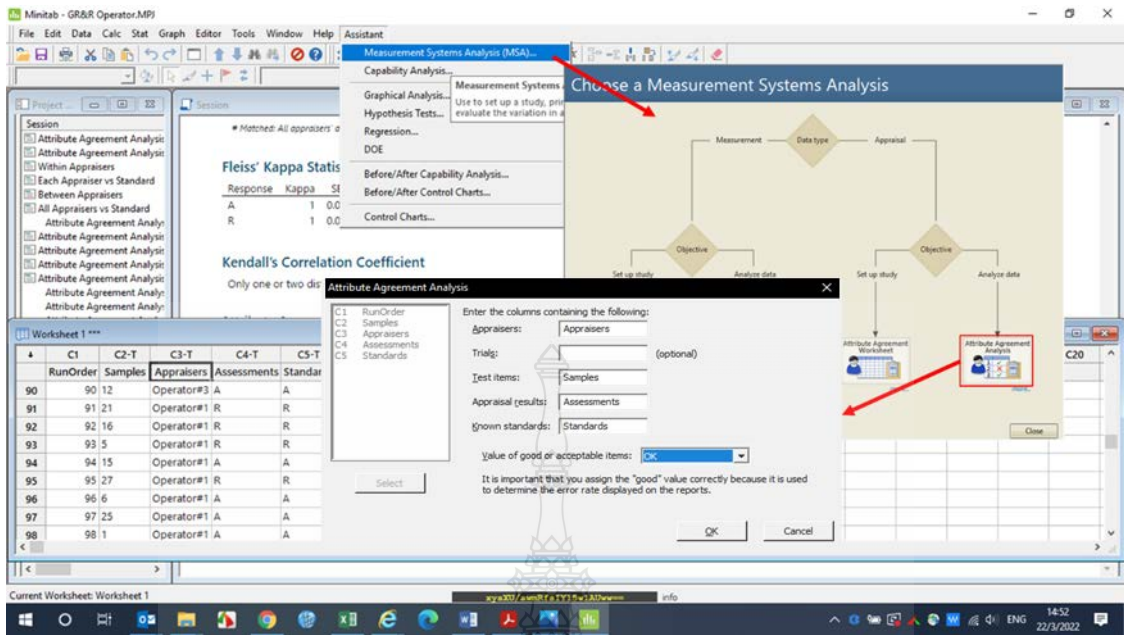
วิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดการตรวจสอบชิ้นงานเสียของพนักงานตรวจสอบโดยใช้สายตา

เริ่มต้นเปิดโปรแกรม Minitab จากนั้นเลือกเมนู Stat > Quality Tools > Gage Study > Create Gage R&R Study Worksheet จากนั้นกรอกข้อมูลคือ Number of part = 30, Number of Operator = 4, Number of Replicate = 2 แล้วคลิก OK จากนั้นทำการกรอกข้อมูลลงใน Worksheet ตามรูปที่ ก-2

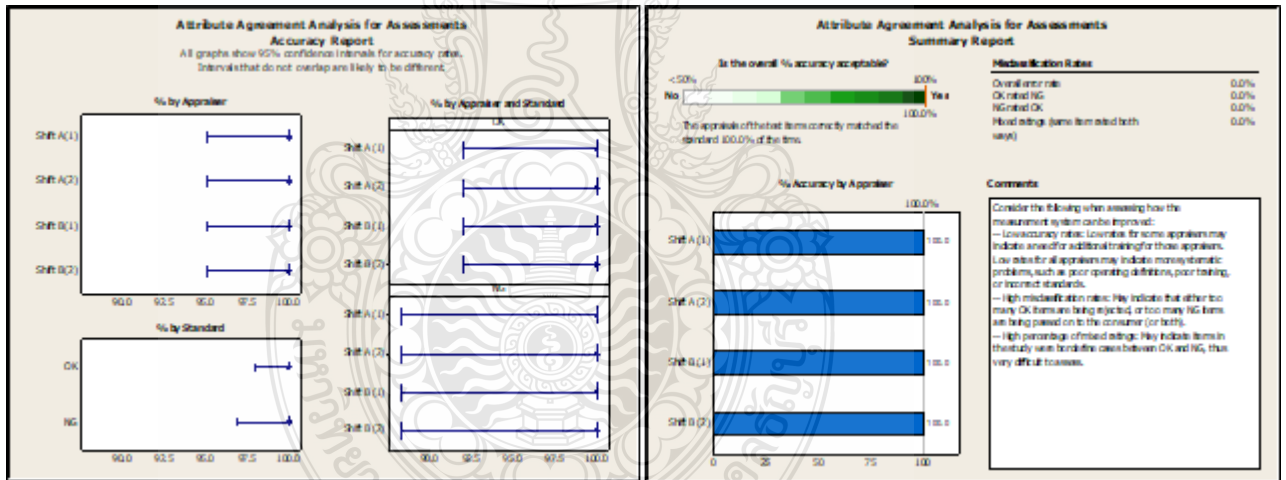


รูปที่ ก-2 ขั้นตอนการ Create Gage R&R Study Worksheet

เมื่อทำการกรอกข้อมูลในช่อง Worksheet แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการคำนวณ GR&R โดยเริ่มต้น เลือกที่ Assistant > Measurement System Analyze > Analyze Data จากนั้นป้อนข้อมูลตัวแปรที่ต้องการ Appraisers = Appraisers , Test Item = Sample , Assessments = Assessments , Known standards = Standards , Value of good or accept = ใส่ตัวแปรของตัวงานดี ในที่นี้ คือ OK จากนั้น คลิก OK ดังรูปที่ ก-3



รูปที่ ก-3 ขั้นตอนการทดลอง Gage R&R



รูปที่ ก-4 ผลกราฟ Gage R&R และผลการคำนวณค่าทางสถิติของการวัดผลการตรวจสอบชิ้นงานเสียของพนักงานด้วยสายตา

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายศตวรรษ รื่นเรือง
วัน เดือน ปีเกิด	30 ตุลาคม 2532
ที่อยู่	42 หมู่ 3 ตำบลโคกพุทรา อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 14120
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	วิศวกรควบคุมกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ วิศวกรควบคุมกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรม ท่อนวนกันความร้อนโพลีเอเลฟิน
เบอร์โทรศัพท์	090-499-5361
อีเมล	satavat_r@mail.rmutt.ac.th

