การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ

SETUP TIME REDUCTION FOR VACUUM THERMOFORMING MACHINE

ศรายุธ ผลจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ

ศรายุธ ผลจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ Setup Time Reduction for Vacuum Thermoforming Machine
ชื่อ – นามสกุล	นายศรายุธ ผลจันทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.
ปีการศึกษา	2563

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติพงษ์ กิมะพงศ์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ประจวบ กล่อมจิตร, วศ.ด.)

..... กรรมการ
(อาจารย์ปรกช สิริสุวัณณ์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ 15 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2563

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ
ชื่อ – นามสกุล นายศรายุธ ผลจันทร์
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ โดยให้ใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละครั้งไม่เกิน 4500 วินาที ตามที่บริษัทกำหนดไว้และเพื่อปรับปรุงขั้นตอนการทำงานปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันให้พนักงานสามารถทำงานได้สะดวกมากขึ้น อีกทั้งเพื่อลดความสูญเปล่าจากการรอคอยของพนักงานขณะช่วงเวลามีการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ

จากการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษาพบว่าปัญหาการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันใช้เวลาเกินค่าเป้าหมายของบริษัทที่กำหนด ดังนั้นจึงเริ่มดำเนินงานวิจัยด้วยการศึกษาขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรทุกขั้นตอน เก็บรวบรวมข้อมูลเวลา และ ลักษณะการทำงานแต่ละกิจกรรมด้วยแผนภูมิกระบวนการไหล นำข้อมูลที่ได้มาจัดลำดับความสำคัญของปัญหาด้วยแผนภูมิพาเรโต จากนั้นใช้เทคนิคการวิเคราะห์ ทำไม - ทำไม เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงและระบุแนวทางแก้ไขปัญหาเบื้องต้น ยิ่งไปกว่านั้นการบูรณาการระหว่างหลักการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วกับหลักการลดเวลาสูญเปล่าด้วยเทคนิค ECRS ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดความสูญเปล่าในขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร

ผลจากการปรับปรุงโดยการประยุกต์ใช้หลักการเทคนิคการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วและ ECRS ช่วยให้ลดเวลาการรอคอยการปรับตั้งเครื่อง ลดเวลาการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น และปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้พนักงานโดยลดขั้นตอนการทำงานลงเหลือขั้นตอนการทำงาน 18 ขั้นตอนจากขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 29 ขั้นตอน ลดลง 11 ขั้นตอน ส่งผลให้สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรใน 1 ครั้ง จากเดิมใช้เวลา 4852.25 วินาที เหลือ 3895.59 วินาที คิดเป็นร้อยละของเวลาที่ลดลง 19.72 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเหตุนี้ทำให้ใช้เวลาหยุดเครื่องเพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตน้อยลงทำให้มีเวลาการผลิตเพิ่มขึ้นซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คำสำคัญ: การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร เครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ เทคนิคการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (SMED)

Thesis Title	Setup Time Reduction for Vacuum Thermoforming Machine
Name – Surname	Mr. Sarayut Ponjan
Program	Industrial and Manufacturing Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Rapee Kanchana, D.Eng.
Academic Year	2020

ABSTRACT

The objective of this research was to reduce the time needed to set up a vacuum thermoforming machine by allowing the time of each setup process is not more than 4500 seconds as specified by the company. This research also aimed to improve the work process and, adjust the machine to produce dental brush packages for employees to work more conveniently, and to reduce the waste of waiting for employees while setting up the vacuum thermoforming machine.

From a case study looking at the problems of a factory, it was found that the problem of the dental brush package took over the target value of the company. Therefore, the research was conducted by studying every step of the machine adjustment process. The collecting time and the work conditions for each activity were studied with process flow charts. Then, this information was used to prioritize the problem with the Pareto chart. Then, the Why-Why Analysis technique was employed to analyze the root cause and identify the basic solution. Moreover, the integration between the rapid machining principle and the ECRS method of wasted time reduction was applied to reduce wastes in the machine setup process.

The SMED and ECRS principles were utilized to reduce the time to set up the vacuum thermoforming machine, to reduce unnecessary movement time, and to improve work procedures for employees by reducing the work process to 18 working steps from a total of 29 steps. The reduction by 11 steps, resulted in a reduction in the time of setting up the machine in 1 time from 4852.25 seconds to 3895.59 seconds, a percentage reduction of 19.72 percent. This resulted in less stopping time to adjust the production model, and resulted in the increase of production times that met the objectives.

Keywords: setup time reduction, vacuum thermoforming machine, Single Minute Exchange of Die (SMED)

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณา และ ความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำแนะนำปรึกษา ดูแลเอาใจใส่และเสียสละเวลาในการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ กิมะพงศ์ ประธานกรรมการสอบ และกรรมการการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร และ อาจารย์ ดร.ปรกช สิริสุวัณณ์ ที่ได้ให้ความกรุณาในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ รวมทั้งเสียสละเวลาในการเป็นกรรมการสอบครั้งนี้ และ ขอขอบพระคุณเจ้าของบริษัทกรณีศึกษาที่ให้ความช่วยเหลือคอยให้กำลังใจและสนับสนุนในครั้งนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ และ มอบความดีทั้งหมดนี้ให้แก่ คุณพ่อ คุณแม่และอาจารย์ที่ให้การสนับสนุนคอยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจจึงขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ศรายุธ ผลจันทร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....(4)
กิตติกรรมประกาศ.....(5)
สารบัญ.....(6)
สารบัญตาราง.....(9)
สารบัญรูป.....(10)
บทที่ 1 บทนำ.....11
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย.....11
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....14
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....15
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....15
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....16
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....17
2.1 การปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วโดยเทคนิค Single Minute Exchange of Die (SMED).....17
2.2 การลดเวลาสูญเปล่า.....22
2.3 การศึกษางาน (Work Study).....24
2.4 แผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง.....28
2.5 เครื่องมือแก้ปัญหาที่ใช้ในงานวิจัย.....30
2.6 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis).....34
2.7 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม (5W1H).....36
2.8 การทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรอิสระ (2-sample t-test).....37
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....40
3.1 ศึกษาข้อมูลทั่วไปของขั้นตอนการผลิตฝาครอบแปรงขัดฟันและศึกษาสภาพปัญหา.....41
3.2 ศึกษาขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร.....45
3.3 การวิเคราะห์กระบวนการทำงานโดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart).....54
3.4 วิเคราะห์กระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้ แบบฟอร์ม Quick Changeover และสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงาน.....56
3.5 จัดลำดับความสำคัญของปัญหาด้วยแผนภาพพาเรโต.....58

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยใช้เทคนิค Why Why Analysis.....59
3.7 ทำการวิเคราะห์และหาแนวทางแก้ไขโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และหลักการ ECRS.....64
3.8 ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร.....70
3.9 ติดตามและประเมินผลหลังปรับปรุง.....74
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล.....75
4.1 ผลการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานโดยใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว SMED ร่วมกับหลักการลดความสูญเปล่า ECRS.....76
4.2 ผลการทดสอบสมมติฐาน (Tests of hypothesis).....80
4.3 ผลของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ลดลงคิดเป็นร้อยละการปรับปรุง (Percentage Difference).....84
4.4 งบประมาณการจัดทำเครื่องมือช่วยในงานวิจัย.....84
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....86
5.1 สรุปผลการวิจัย.....86
5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง.....88
บรรณานุกรม.....89
ภาคผนวก.....92
ภาคผนวก ก แบบบันทึกข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตงานกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน (ก่อนการปรับปรุง).....93
ภาคผนวก ข แบบบันทึกข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตงานกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน (หลังการปรับปรุง).....101
ภาคผนวก ค เล่มคู่มือขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร.....111
ภาคผนวก ง คำนวณผลทางสถิติโดยโปรแกรม Minitab.....123
ภาคผนวก จ นำเสนอผลงานการวิชาการ.....126
ภาคผนวก ฉ แบบเครื่องมือ และ อุปกรณ์ช่วยในงานวิจัย.....140
ประวัติผู้เขียน.....142

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แสดงเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรระหว่างเครื่อง A B และ C.....13
ตารางที่ 2.1 การแยกงานในและงานนอกด้วยเทคนิค SMED.....18
ตารางที่ 2.2 จำนวนรอบการวัดที่เหมาะสม.....26
ตารางที่ 2.3 ตาราง Maytag.....27
ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิค 5W1H กับปรับปรุงด้วย หลักการ ECRS.....36
ตารางที่ 3.1 เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตชิ้นงานฝาครอบแปรงขัดฟัน.....44
ตารางที่ 3.2 แผนผังของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร (ก่อนการปรับปรุง).....46
ตารางที่ 3.3 แผนภูมิการไหลของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร Flow Process Chart (ก่อนการปรับปรุง).....54
ตารางที่ 3.4 แบบฟอร์ม Quick Changeover.....56
ตารางที่ 3.5 สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาทั้ง 4 ประเภท ที่ใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องนาน.....64
ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิค 5W1H.....65
ตารางที่ 3.7 แนวทางแก้ไขด้วยหลักการ ECRS ใช้แก้ไขแต่ละขั้นตอนการทำงาน.....67
ตารางที่ 3.8 สรุปสาเหตุและหาแนวทางแก้ไข.....69
ตารางที่ 3.9 ใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องอย่างรวดเร็ว (SMED) ร่วมกับหลักการ ECRS.....70
ตารางที่ 3.10 จัดเรียงขั้นตอนการทำงานใหม่ Rearrange (R).....72
ตารางที่ 3.11 แผนผังของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร.....73
ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร (หลังการปรับปรุง).....76
ตารางที่ 4.2 แผนผังขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนปรับปรุง และ หลังปรับปรุง.....78
ตารางที่ 4.3 เก็บข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องช่วงเดือนกันยายน ถึง เดือนพฤศจิกายน 2562 (ก่อนการปรับปรุง) 80
ตารางที่ 4.4 เก็บข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องช่วงเดือนมกราคม ถึง เดือนมีนาคม 2563 (หลังการปรับปรุง).....80
ตารางที่ 4.5 งบประมาณการดำเนินการวิจัย.....85
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบผลของเวลาที่ลดลง.....87
ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบผลของขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรที่ลดลง.....88

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 เครื่องจักร Thermoforming Machine....12
รูปที่ 1.2 กราฟเปรียบเทียบเวลาเครื่องจักร A กับเวลาที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด....14
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการวัดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร....17
รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการทำ SMED....19
รูปที่ 2.3 การลดเวลาสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS....23
รูปที่ 2.4 องค์ประกอบของการศึกษางาน....24
รูปที่ 2.5 เวลามาตรฐานของกระบวนการ....27
รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์และคำบรรยาย....28
รูปที่ 2.7 แบบฟอร์มการวิเคราะห์แผนภูมิการไหล....29
รูปที่ 2.8 วิเคราะห์ของเสียด้วยแผนภูมิพาเรโต....31
รูปที่ 2.9 แผนผังแสดงสาเหตุและผลของปัญหา....31
รูปที่ 2.10 กราฟฮีสโตแกรม....32
รูปที่ 2.11 ผังการกระจาย....32
รูปที่ 2.12 แผนภูมิควบคุม....33
รูปที่ 2.13 รูปแบบการเขียนตั้งคำถาม ทำไม-ทำไม....35
รูปที่ 3.1 การเขียนผังงานแสดงขั้นตอน....41
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการขึ้นรูป....42
รูปที่ 3.3 รูปแบบกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน....43
รูปที่ 3.4 แผนผังขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน....44
รูปที่ 3.5 เปรียบเทียบเวลาหยุดเครื่องกับเวลาเครื่องจักรทำงาน....45
รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการถอดนอตยึดตะแกรงตัวกด....48
รูปที่ 3.7 แสดงขั้นตอนการถอดแม่พิมพ์....48
รูปที่ 3.8 ระยะการติดตั้งตัวกด....49
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการติดตั้งแม่พิมพ์....49
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการทดลองประกบแม่พิมพ์....50
รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการขันนอตยึดตัวกดและตะแกรง....50
รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการยกมีดลง....51
รูปที่ 3.13 การวัดระยะตั้งบล็อกมีดตัด....51
รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการตั้งบล็อกมีดตัดกับแผ่นเขียงตั้งมีด....52
รูปที่ 3.15 ระบบทำความร้อน....53
รูปที่ 3.16 เรียกข้อมูลและเปิดอุณหภูมิเครื่องจักร....53

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.17 รถเข็นเครื่องมือ..58
รูปที่ 3.18 แผนภูมิพาเรโต..58
รูปที่ 3.19 การวิเคราะห์หาสาเหตุโดยหลักการ Why-Why Analysis..60
รูปที่ 3.20 จัดเตรียมชุดบล็อกมีดตัด..68
รูปที่ 3.21 แบ่งหน้าที่การทำงาน..74
รูปที่ 4.1 กราฟ Probability plot..81
รูปที่ 4.2 ค่าของ Variance..82
รูปที่ 4.3 ใช้สถิติ Two-Sample T-Test คำนวณด้วย Minitab..83
รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบผลของเวลาที่ลดลง..87

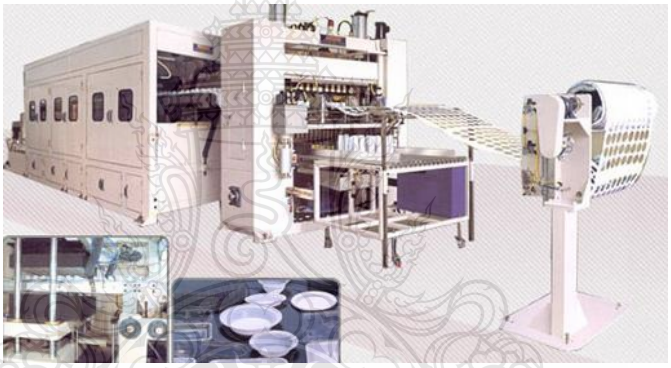
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บริษัทเกรียงไทยพลาสเท็คจำกัด ปัจจุบันสำนักงานของบริษัทกรณีศึกษาตั้งอยู่ 112/4-5 ม.11 ถ.เอกชัย บางขุนเทียน จอมทอง กรุงเทพฯ ได้จดทะเบียนและก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ.2533 ด้วยทุนจดทะเบียน 5 ล้านบาท โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อดำเนินการผลิตและจำหน่ายบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยระบบการผลิตแบบขึ้นรูปด้วยสุญญากาศ ด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัย และ มีประสิทธิภาพสูง ทำให้บริษัทกรณีศึกษาสามารถผลิตบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ได้หลายประเภท เช่น กล่องบรรจุแปรงขัดฟัน กล่องบรรจุแปรงสุขภัณฑ์ และ ถาดบรรจุชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ซึ่งสามารถให้บริการได้หลายรูปแบบสินค้าตามที่ลูกค้าต้องการบริษัทกรณีศึกษามีความมุ่งมั่นที่จะดำเนินการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้าการส่งมอบที่ตรงเวลา ราคาที่เหมาะสมนอกจากนี้บริษัทกรณีศึกษายังมุ่งเน้นในเรื่องการบริการที่เกี่ยวเนื่องต่างๆ เช่น การรับผิดชอบของเสียที่เกิดขึ้นเมื่อถูกส่งมอบให้ลูกค้าโดยการผลิตชิ้นงานดีคืนกลับไป

ปัจจุบันภาพรวมของอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติกในประเทศไทย แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ การผลิตส่งภายในประเทศ และ อีกส่วนหนึ่งคือการผลิตเพื่อส่งออก จะเห็นได้ว่ามีจำนวนผู้ประกอบการรับขึ้นรูปพลาสติกแผ่น (Thermoforming) มีจำนวนไม่น้อยที่อยู่ในวงการด้านอุตสาหกรรมพลาสติก จึงมีการแข่งขันกันเป็นอย่างมากทั้งด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เครื่องมือเครื่องจักรที่ทันสมัยสินค้าที่ออกมาก็จะได้มาตรฐาน มีความรวดเร็ว มีความผิดพลาดน้อย และ ส่งมอบตรงเวลาเป็นที่น่าพอใจต่อลูกค้าจำนวนผู้ประกอบการจำนวนมากประกอบกับผลิตภัณฑ์พลาสติกของแต่ละบริษัทก็มีความแตกต่างกัน และ ลักษณะเฉพาะผู้บริโภคตัดสินใจเลือกได้อย่างอิสระเรื่องราคาจึงเป็นเป้าหมายของอุตสาหกรรมพลาสติกไทยได้รับผลกระทบจากหลายวิกฤติทั่วโลก ทำให้มีผลกระทบต่อภาคพลังงานราคาน้ำมันที่สูงขึ้นปัญหาที่ตามมา คือ การทำให้ต้นทุนม้วนพลาสติกเพิ่มสูงขึ้น และ ยังส่งผลกระทบต่อต้นทุนการขนส่ง (Logistics) ซึ่งเท่ากับว่าต้นทุนการผลิตจะสูงขึ้นเป็นเงาตามตัวจากที่กล่าวมาล้วนเป็นปัจจัยภายนอกที่ยากต่อการควบคุมจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยการผลิตโดยต้องยึดความต้องการที่ลูกค้ากำหนด และ ส่งมอบได้ทันเวลาโดยเฉพาะความสูญเปล่าที่เป็นสาเหตุสำคัญของปัจจัยป้อนเข้าที่มีอยู่ในบริษัทกรณีศึกษามีจำนวนมาก

ดังนั้นจึงเกิดการพัฒนาระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing System) [27] ซึ่งเป็นระบบที่ได้รับการยอมรับทั่วโลกว่าเป็นระบบการผลิตที่สามารถลดต้นทุน ลดความสูญเปล่าและความสูญเสียโอกาสทางการผลิตได้ซึ่งความสูญเปล่า หรือ MUDA หรือ WASTE มีอยู่ 7 ประการด้วยกัน คือ 1) การผลิตมากเกินไป (Overproduction) 2) การรอคอย (Waiting) 3) การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น (Transporting) 4) การทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์ (Inappropriate Processing) 5) การเก็บสินค้าที่มากเกินไป (Unnecessary Inventory) 6) การเคลื่อนที่/เคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motions) และ 7) ของเสีย (Defect) ความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการนี้เป็นสิ่งที่ไม่มีความจำเป็น และ ไม่ได้ก่อให้เกิดประโยชน์แก่บริษัท ดังนั้นทุกบริษัทควรจะทำการลดความสูญเปล่าเหล่านี้ลงการลดความสูญเปล่านอกจากจะเป็นการปรับปรุงการผลิต และ สามารถเพิ่มผลผลิตแล้วยังเป็นการลดต้นทุนที่เกิดในบริษัทอีกด้วยจากการศึกษาข้อมูลเครื่องจักรบริษัทกรณีศึกษาใช้เครื่องจักรรุ่น MODEL : VFK- 80/60SFT เป็นเครื่องจักรที่มีกระบวนการผลิตแบบ (Thermoforming) ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 เครื่องจักร Thermoforming Machine [22]

คือ ให้ความร้อนแก่แผ่นพลาสติกจนพลาสติกเริ่มอ่อนตัวจากนั้นก็ใช้แรงกดอัดให้เป็นไปตามแม่พิมพ์โดยการดูดขึ้นรูป บริษัทกรณีศึกษาแบ่งสายการผลิตออกเป็น 3 ส่วนใช้เครื่องจักรจำนวน 3 เครื่อง คือ ผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน และ ถาดบรรจุชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเครื่องจักรทั้ง 3 เครื่อง ระหว่างเดือนกันยายน – พฤศจิกายน ปี 2562 พบว่าเครื่องจักร A ผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันมีจำนวนยอดการผลิตรวมเฉลี่ย 552,000 ชิ้นต่อเดือนมีการปรับตั้งเครื่องจักรทั้งหมด 2-3 ครั้งต่อเดือนเครื่องจักร B ผลิตถาดพลาสติกหน้า 20 นิ้วใส่ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีจำนวนยอดการผลิตรวมเฉลี่ย 191,833 ชิ้นต่อเดือนมีการปรับตั้งเครื่องจักรทั้งหมด 44 ครั้งต่อเดือน และเครื่องจักร C ผลิตถาดพลาสติกหน้า 18 นิ้วใส่ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีจำนวนยอดการผลิตรวมเฉลี่ย 78,667 ชิ้นต่อเดือนมีการปรับตั้งเครื่องจักรทั้งหมด 16 ครั้งต่อเดือนทำการสุ่มจับเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรของทั้ง 3 เครื่องเก็บข้อมูล 10 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรระหว่างเครื่อง A B และ C เก็บข้อมูลช่วงระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนพฤศจิกายน ปี 2562 ได้ข้อมูลเวลาการปรับตั้งดังนี้

ขั้นตอน	ผลการจับเวลา (วินาที)				
ครั้งที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
เวลาปรับตั้งเครื่องจักร A (วินาที)	4816.12	4866.97	4837.46	4814.63	4865.33
	6	**7**	**8**	**9**	**10**
	4866.98	4815.96	4863.38	4883.62	4892.41
ค่าเวลาเฉลี่ย (วินาที)	4852.29 วินาที				
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	325.77				

ขั้นตอน	ผลการจับเวลา (วินาที)				
ครั้งที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
เวลาปรับตั้งเครื่องจักร B (วินาที)	900	900	900	840	960
	6	**7**	**8**	**9**	**10**
	840	960	900	832	854
ค่าเวลาเฉลี่ย (วินาที)	888.6 วินาที				
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	46.95				

ขั้นตอน	ผลการจับเวลา (วินาที)				
ครั้งที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
เวลาปรับตั้งเครื่องจักร C (วินาที)	1800	2100	2040	1740	1500
	6	**7**	**8**	**9**	**10**
	1800	1800	1740	1789	1722
ค่าเวลาเฉลี่ย (วินาที)	1803.1 วินาที				
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	166.97				

จากตารางที่ 1.1 บริษัทกรณีศึกษาได้กำหนดเกณฑ์เวลาที่ต้องการในการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละเครื่องไว้ว่าเครื่องจักรที่ผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันจะต้องใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรไม่เกิน 4500 วินาที เครื่องจักรที่ผลิตถาดพลาสติกหน้า 20 นิ้ว จะต้องใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรไม่เกิน 900 วินาที และเครื่องจักรที่ผลิตถาดพลาสติกหน้า 18 นิ้วจะต้องใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรไม่เกิน 2400 วินาที จากตารางที่ 1.1 เครื่องจักรที่ใช้เวลาเกินที่บริษัทกรณีศึกษากำหนดได้แก่เครื่องจักร A แสดงข้อมูลดังรูป 1.2

รูปที่ 1.2 กราฟเปรียบเทียบเวลาเครื่องจักร A กับเวลาที่บริษัทกำหนด

จากรูปที่ 1.2 ด้วยเวลาที่สูญเสียไปกับการปรับตั้งเครื่องจักรเมื่อมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตก็จะต้องมีการปรับตั้งเครื่องจักรตามให้ตรงกับงานที่จะผลิตต่อไป มีผลให้พนักงานเกินการรอคอยขณะที่เครื่องจักรหยุดทำงาน และ เวลาในการเดินเครื่องจักรลดลง ทำให้เครื่องจักรขาดประสิทธิภาพในการทำงานอย่างเต็มที่ทั้งนี้ได้มีการกำหนดเป้าหมายลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรในกระบวนการผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันให้ต่ำกว่า 4500 วินาที ซึ่งเป็นการปรับเป้าหมายประจำปีโดยผู้บริหาร

ด้วยเหตุนี้จึงสนใจที่จะศึกษาขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้การปรับตั้งเครื่องจักรใช้เวลาเกิน 4500 วินาที และ ศึกษาเวลาที่สูญเสียไปจากการปรับตั้งเครื่องจักรเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขโดยการนำเทคนิควิธีการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (SMED) มาประยุกต์ใช้เพื่อแยกขั้นตอนการปฏิบัติงานที่เป็นงานภายในเปลี่ยนให้เป็นงานภายนอกเพื่อลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรและใช้หลักการ ECRS ประกอบด้วย การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และ การทำให้ง่าย (Simplify) ปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้ง่ายต่อการปรับตั้งครั้งต่อๆไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ ให้ใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องแต่ละครั้งไม่เกิน 4500 วินาที ที่บริษัทกรณีศึกษากำหนดไว้

1.2.2 เพื่อปรับปรุงขั้นตอนการทำงานปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ทำการศึกษาการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร 1 เครื่อง รุ่น MODEL : VFK- 80/60SFT เป็นเครื่องจักรที่มีกระบวนการผลิตแบบ (Thermoforming) ผู้วิจัยทำการศึกษาลดเวลาในขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์ และ ติดตั้งแม่พิมพ์ กับ ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัด และ ติดตั้งบล็อกมีดตัด

1.3.2 เก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงช่วงระหว่างเดือนกันยายน – พฤศจิกายน พ.ศ.2562 และ เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงช่วงระหว่างเดือน มกราคม – มีนาคม พ.ศ.2563

1.3.3 เปรียบเทียบผลของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรคิดเป็นร้อยละการปรับปรุง (Percentage Difference)

1.4 วิธีการดำเนินวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลทั่วไปของขั้นตอนการผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน และ ศึกษาสภาพปัญหา
2. ศึกษาขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร
3. การวิเคราะห์กระบวนการทำงานโดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)
4. วิเคราะห์กระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้ แบบฟอร์ม Quick Changeover และสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงาน
5. จัดลำดับความสำคัญของปัญหาด้วยแผนภาพพาเรโต
6. การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยใช้เทคนิค Why Why Analysis
7. ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและหาแนวทางแก้ไขโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และหลักการ ECRS
8. ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร
    8.1 แยกกิจกรรมระหว่างกิจกรรมภายนอก (External) และ กิจกรรมภายใน (Internal) โดยใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องอย่างรวดเร็ว (SMED) ร่วมกับหลักการ ECRS
9. ติดตามและประเมินผลหลังการปรับปรุง
10. ผลการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานโดยใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว SMED ร่วมกับหลักการลดความสูญเปล่า ECRS
11. ผลการทดสอบสมมติฐาน (Tests of hypothesis)
12. ผลของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ลดลงคิดเป็นร้อยละการปรับปรุง (Percentage Difference)
13. งบประมาณการจัดทำเครื่องมือช่วยในงานวิจัย
14. สรุปผลการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศลงให้ต่ำกว่า 4500 วินาที

1.5.2 บริษัทกรณีศึกษาได้รับแนวทางการปรับปรุงกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพ และ มีประสิทธิผลทำให้เครื่องจักรใช้เวลาหยุดเครื่องน้อยลง

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิทยานิพนธ์เรื่อง“การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ”ได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 การปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วโดยเทคนิค Single Minute Exchange of Die (SMED)

2.2 การลดเวลาสูญเปล่า

2.3 การศึกษางาน (Work Study)

2.4 แผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง

2.5 เครื่องมือแก้ปัญหาที่ใช้ในงานวิจัย

2.6 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis)

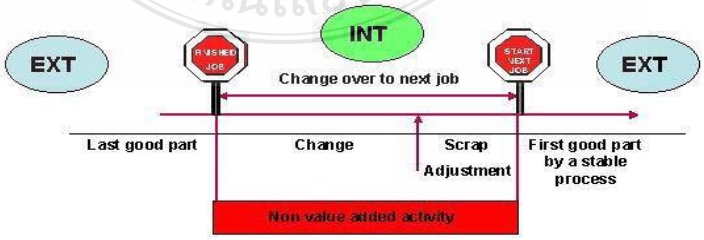
2.7 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม (5W1H)

2.8 การทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรอิสระ (2-Sample t -Test)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วโดยเทคนิค Single Minute Exchange of Die (SMED)

คือ เทคนิคในการลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรซึ่งเทคนิคนี้ได้ถูกคิดค้นขึ้นโดย Dr. Shingeo Shingo ซึ่งเป็นผู้ร่วมกันคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้าร่วมกับ Taiichi Ohno โดยจุดเริ่มต้นของการวัดเวลานั้นขึ้นอยู่กับองค์กรว่าจะวัดอย่างไร เช่น นับตั้งแต่เครื่องจักรหยุดจนกระทั่งเครื่องจักรเริ่มปฏิบัติงาน แต่ผู้เขียนเห็นว่าการวัดแบบนี้ไม่เหมาะสมเพราะจะละเลยต่อการปรับงาน (Adjustment) และ การทดลองผลิต (Trial run) ซึ่งทั้งสองส่วนนี้จะละเลยไม่ได้ ดังรูปที่ 2.1 ดังนั้นตัวชี้วัดที่เหมาะสมควรจะวัดตั้งแต่ชิ้นงานดีชิ้นสุดท้ายจนกระทั่งชิ้นงานดีชิ้นแรกได้ถูกผลิต (Last goods piece to first good piece) เป็นต้น [1]



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการวัดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร [17]

แนวความคิดพื้นฐานของเทคนิค SMED ประกอบด้วยดังนี้

2.1.1 กิจกรรมในการติดตั้งเครื่องจักรสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การตั้งเครื่องภายใน (Internal Setup) เป็นการปฏิบัติการที่ต้องการทำในขณะที่เครื่องจักรหยุดทำงาน และ การตั้งเครื่องภายนอก (External Setup) เป็นการปฏิบัติการที่สามารถทำได้ในขณะที่เครื่องจักรยังคงทำงานอยู่ ดังตารางที่ 2.1 การแยกงานใน และ งานนอกด้วยเทคนิค SMED [4]

ตารางที่ 2.1 การแยกงานใน และ งานนอกด้วยเทคนิค SMED

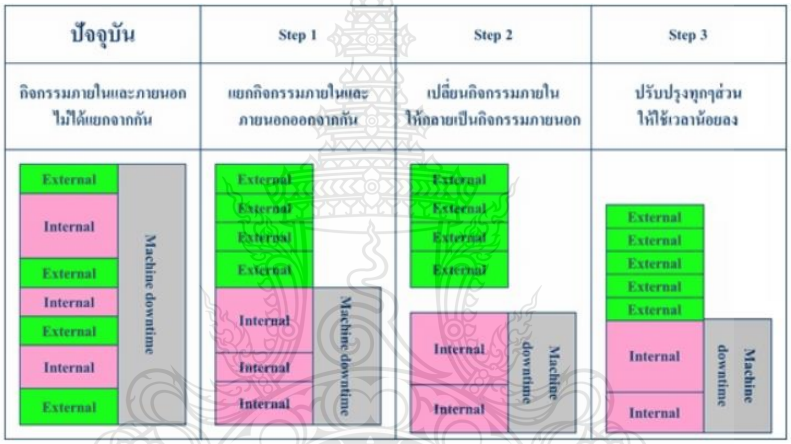
ลำดับที่	ขั้นตอนการทำงาน	งานนอก	งานใน
1	เดินไปที่เก็บอุปกรณ์หยิบไม้กวาด	X	
2	กวาดพื้น	X	
3	นำไม้กวาดไปเก็บ	X	
4	เดินไปโรงเก็บขี้เลื่อย	X	
5	ตักขี้เลื่อยใส่ถัง		X
6	นำขี้เลื่อยมาเท		X
7	เดินมาเตรียมส่วนผสม	X	
8	เดินไปที่ตาชั่ง	X	
9	นำตาชั่งมาที่เก็บส่วนผสม	X	
10	นำส่วนผสมมาชั่งตวง	X	
11	เทส่วนผสมรวมกัน	X	
12	พักส่วนผสมรอผสม	X	
13	เดินไปเกลี่ยขี้เลื่อย		X
14	เดินไปหยิบส่วนผสม	X	
15	นำส่วนผสมไปผสมกับขี้เลื่อยที่กอง		X
16	เดินไปหยิบสายยาง	X	
17	นำสายยางไปต่อก๊อกน้ำและเปิดก๊อก	X	
18	นำสายยางมาที่กองขี้เลื่อย	X	
19	รดน้ำขี้เลื่อย		X
20	คลุกขี้เลื่อยให้เข้ากัน		X
21	กองขี้เลื่อย		X
22	เดินไปที่เก็บอุปกรณ์	X	
23	เตรียมอุปกรณ์ทำก้อน	X	
24	นำอุปกรณ์มาที่กองขี้เลื่อย	X	
25	กรอกขี้เลื่อยลงถุง		X
26	ทุบมือ+ทุบขวด		X
27	ใส่จุก		X
28	ยัดสำลี		X
29	เดินไปหยิบกรงเห็ด		X
30	นำกรงเห็ดมาใส่ก้อนเห็ด		X
31	ยกกรงเห็ดเข้าเตา		X

2.1.2 เวลาที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (Changeover Time) สามารถลดลงได้โดยการแปลงการปฏิบัติการตั้งเครื่องภายในให้เป็นการปฏิบัติการตั้งเครื่องภายนอกให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ เพื่อลดเวลาการหยุดของเครื่องจักรให้น้อยลง

2.1.3 การวิเคราะห์ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักรเหตุผลหลักที่การติดตั้งเครื่องจักรแบบเก่าใช้เวลานานมากเนื่องจากการตั้งเครื่องภายใน และ การตั้งเครื่องภายนอกปะปนกันอยู่กล่าวมากมายทำให้มีการปรับตั้งเครื่องจักรของพนักงานทำงานไม่สะดวกทำงานไม่ราบรื่นเนื่องจากขั้นตอน คือ มีขั้นตอน

หลายๆอย่างที่สามารถทำได้ในขณะที่เครื่องจักรยังคงทำงานอยู่แต่กลับไม่ถูกทำจนกว่าเครื่องจักรจะหยุดทำงานก่อนที่จะเริ่มประยุกต์ใช้ SMED จึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจอย่างแท้จริงถึงการติดตั้งเครื่องจักรในปัจจุบันว่ามีขั้นตอนอย่างไร และ แต่ละขั้นตอนใช้เวลานานเท่าใดซึ่งหลักการวิเคราะห์การติดตั้ง เครื่องจักร (Setup Analysis) นี้จะช่วยวางแผนวิธีการนำ SMED มาปรับปรุงการติดตั้งเครื่องจักรได้

2.1.4 ขั้นตอนในการทำปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว ทฤษฎีในตอนเริ่มแรกของ Dr. Shingo นั้นมี 3 ขั้นตอนหลักๆเท่านั้นในภายหลังขั้นตอนอาจจะแตกออกมามากกว่านี้เพื่อให้ผู้ศึกษาเข้าใจได้ง่าย แต่ก็จะไม่หนีไปจากหลักเกณฑ์พื้นฐานมากนักโดย มี 3 ขั้นตอนดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการทำ SMED [17]

จากรูปที่ 2.2 สามารถอธิบายได้ขั้นตอนการทำ SMED ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คือ แยกงานภายในและงานภายนอกออกจากกัน (Separating Internal and External Setup) เป็นการแยกงานที่สามารถทำได้โดยไม่จำเป็นต้องหยุดเครื่องจักร เช่น การจัดเตรียมชิ้นส่วนและเครื่องมือรวมถึงการเตรียมคนที่เกี่ยวข้องออกจากงานที่จำเป็นต้องหยุดเครื่องจักรจึงสามารถทำได้ ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างมากในการทำ SMED เนื่องจากต้องมีการวิเคราะห์ที่แน่ชัดว่ากิจกรรมใดเป็นงานภายในหรือกิจกรรมใดเป็นงานภายนอกรวมทั้งเป็นการจำแนกกิจกรรมว่าเป็นกิจกรรมที่เพิ่มมูลค่าหรือไม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้านเวลาที่เพิ่มขึ้นจากการลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าการแยกงานเหล่านี้ออกจากกันและเปลี่ยนมันให้เป็นงานภายนอกสามารถช่วยลดเวลาที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรลงได้ถึง 30% – 50% ซึ่งเครื่องมือที่ช่วยในการแยกงานภายในและภายนอกออกจากกัน ได้แก่

1) การใช้ใบรายการตรวจสอบ (Check List) คือ การทำรายการตรวจสอบขั้นตอนต่างๆ ของการตั้งเครื่องโดยมีรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ ของการตั้งเครื่อง เครื่องมือที่ใช้ วิธีการ ข้อกำหนด ข้อบังคับ จำนวนชนิดของเครื่องมือ จำนวนมีด แม่พิมพ์ และ อื่นๆ ที่ใช้ในการตั้งเครื่องความดัน อุณหภูมิ ความเร็ว และ เงื่อนไขอื่นๆ โดยที่รายละเอียดต่างๆ เหล่านี้จะช่วยป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ในการตั้งเครื่องจักรทำให้สามารถหลีกเลี่ยงเวลาสูญเสียที่ต้องใช้ในการแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวได้

2) การใช้ใบรายการตรวจสอบหน้าที่ (Function Check) การใช้ใบรายการตรวจสอบเบื้องต้นนั้นมีประโยชน์ในการพิจารณาว่าสิ่งต่างๆ ที่ต้องใช้ในการตั้งเครื่องว่ามีอยู่อย่างครบถ้วนหรือไม่ แต่มิได้ระบุว่าหน้าที่การทำงานที่เกิดขึ้นนั้นสมบูรณ์และเหมาะสมหรือไม่ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตรวจสอบหน้าที่การทำงานของสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการตั้งเครื่องจักร ในกรณีที่เกิดข้อบกพร่องขึ้น จะทำให้เกิดความล่าช้าในการตั้งเครื่องจักรในสายการผลิตขึ้น เช่น เครื่องมือวัดขาดความเที่ยงตรงในการวัดหรืออุปกรณ์จับยึดชิ้นงานไม่เที่ยงตรงซึ่งบางครั้งจะต้องมีการซ่อมแซมแก้ไขจึงทำให้ต้องสูญเสียเวลาในการตั้งเครื่องใหม่

3) การปรับปรุงการขนย้ายแม่พิมพ์หรือชิ้นส่วนอื่นๆ (Improving Transportation of Dies and Other Parts) หมายถึง การขนถ่ายชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบจากที่เก็บไปยังเครื่องจักร และ การขนถ่ายผลิตภัณฑ์สำเร็จกลับไปสู่ที่เก็บจะต้องทำในขั้นตอนการตั้งเครื่องนอกสายการผลิตซึ่งอาจทำได้โดยพนักงานคุมเครื่องเป็นผู้ขนย้ายไปเองในขณะที่เครื่องจักรทำงาน หรือ พนักงานอื่นมีหน้าที่ในการขนย้าย

ขั้นตอนที่ 2 แปลงการตั้งเครื่องภายในให้เป็นการตั้งเครื่องภายนอก (Converting-Internal to External Setup) การปรับเปลี่ยนกิจกรรมงานย่อยที่ทำในขณะเครื่องจักรหยุดให้ไปเป็นงานย่อยๆ ที่สามารถทำในขณะเครื่องจักรทำงานแม้ว่าการแยกงานภายนอกที่สามารถทำได้โดยไม่จำเป็นต้องหยุดเครื่องจักร ออกจากงานที่จำเป็นต้องหยุดเครื่องจักรจึงจะสามารถทำได้ในขั้นตอนที่ 1 นั้นจะสามารถทำให้ลดเวลาสูญเปล่าที่เกิดจากการตั้งเครื่องจักรลงได้ถึง 30%-50% ก็ตามแต่การลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรเท่านี้ยังไม่ถือว่าประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายของเทคนิค SMED ในขั้นตอนที่ 2 นี้นั้นเป็นการมุ่งเน้นไปที่กิจกรรมย่อยของงานภายในที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนที่ 1 เพื่อที่จะมาดูว่าสามารถโยกย้ายหรือปรับปรุงกิจกรรมงานย่อยใดๆ ที่เกิดขึ้นในส่วนของงานภายในให้ไปเป็นงานที่สามารถทำได้ในขณะเครื่องจักรทำงาน ซึ่งมีแนวทางปรับปรุงได้ 2 แนวทางคือ

1) ทำการตรวจสอบ วิเคราะห์ต่างๆ ในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอีกครั้งหนึ่งโดยแบ่งออกเป็นงานย่อยๆ ที่เล็กหรือละเอียดขึ้นแล้วพิจารณาให้ถี่ถ้วนในแต่ละงานย่อยๆ นั้นว่างานใดสามารถทำได้ในขณะเครื่องจักรทำงาน และ งานใดต้องทำในขณะเครื่องจักรหยุดเพราะการปรับปรุงในขั้นตอน

ที่ 1 การแบ่งงานย่อยอาจจะมีขนาดใหญ่เกินไปทำให้เกิดความผิดพลาดได้ เช่น การรวมงานเข้าด้วยกัน เป็นต้น

2) การค้นหาวิธีการใหม่ๆ มาแทนวิธีการเดิมในการปรับตั้งเครื่องจักรโดยมีเป้าหมายเพื่อที่จะเปลี่ยนงานที่ทำในขณะเครื่องจักรหยุดทำงานให้เป็นงานที่ทำได้ในขณะที่เครื่องจักรทำงานอยู่ วิธีการนั้นจะต้องทำให้เป็นมาตรฐานและงานที่ได้จะต้องสร้างให้เป็นมาตรฐาน ง่ายต่อการปฏิบัติ เช่น แต่เดิมการอุ่นความร้อนให้แก่วัตถุดิบจะทำขณะเครื่องจักรหยุดงาน ก็สามารถปรับเปลี่ยนมาเป็นการอุ่นความร้อนในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงานได้ เป็นต้น เครื่องมือที่ใช้เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 2 และ 3 ได้แก่

2.1) จัดเตรียมล่วงหน้า (Preparing Operation Conditions in Advance)

2.2) การทำมาตรฐาน (Function Standardization)

2.3) การใช้ Jigs ตัวกลาง (Using Intermediary Jigs) เพื่อให้ติดตั้ง Dies บน Jigs ก่อนแล้วจึงค่อยนำไปติดตั้งบนเครื่องในขั้นตอนการติดตั้งงานภายใน

ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงการติดตั้งเครื่องจักรในทุกๆ แง่มุมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Streamlining All Aspects of the Setup Operation) การลดเวลาหรือขั้นตอนของงานที่ทำได้ในขณะเครื่องจักรทำงาน และ งานที่ทำได้ในขณะที่เครื่องจักรหยุดทำงานให้สั้นลงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ในขั้นตอนนี้จะเป็นการใช้ เทคนิคและวิธีต่างๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อให้สามารถลดเวลาและขั้นตอนของการทำงานในขณะเครื่องจักรหยุดทำงานและลดเวลา และ ขั้นตอนของการทำงานในขณะเครื่องจักรทำงานที่ได้ถูกลดลงมาแล้วจากขั้นตอนที่ 2 ให้มีน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยในส่วนของการทำงานในขณะที่เครื่องจักรหยุดทำงานนั้นสามารถทำได้โดยการปรับปรุงสถานที่เก็บเครื่องมือรวมถึงวิธีการขนย้ายเพื่อที่จะทำให้สามารถเข้าถึงเครื่องมือและอุปกรณ์อื่นๆ โดยอาจจะมีการกำหนดรหัสสีรหัสตัวเลข หรือรหัสแถบ และ ในส่วนของการลดเวลาและขั้นตอนของงานที่ทำในขณะเครื่องจักรหยุดงานนั้นจะใช้วิธีการดังนี้

1) การประยุกต์การทำงานแบบขนาน (Implementing Parallel Operation) เมื่อวิธีการปรับตั้งเครื่องมีหลายขั้นตอนที่สามารถทำพร้อมกันได้หรือมีลักษณะซับซ้อน หรืองานที่ต้องทำการติดตั้งและตรวจวัดในขณะเดียวกัน การใช้พนักงานเพิ่มขึ้นก็จะสามารถช่วยลดเวลาลงได้

2) การใช้แคลมเฉพาะหน้าที่ (Using Functional Clamps) ส่วนใหญ่ในการตั้งเครื่องแล้วสิ่งที่มักจะทำให้สูญเสียเวลาไปมาก คือ การขันโบลต์ เนื่องจากจะต้องเสียเวลาในการขันให้แน่นหรือคลายออกโดยปัญหาที่พบมาก คือ โบลต์หลวมเกินไปต้องขันมากรอบกว่าจะแน่นหรือโบลต์มีหลายขนาดทำให้มีปัญหาเมื่อเกิดการเปลี่ยนรุ่น ซึ่ง SMED แนะนำแนวทางในการแก้ไข 2 วิธี คือ วิธีการหมุนครั้งเดียว และ วิธีการขยับครั้งเดียว

3) ขจัดการปรับตั้งค่า (Eliminating Adjustment) ในส่วนนี้จะเป็นการลดระยะเวลาของการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้ในทันทีซึ่งสามารถใช้การระบุค่าที่ต้องตั้งไว้หรือหากเป็นเครื่องจักรที่สามารถตั้งโปรแกรมอัตโนมัติได้ ก็จะช่วยลดเวลาในการทดลองจนกว่าจะได้ชิ้นงานที่ดีได้

4) การใช้ระบบ (Least Common Multiple System) วิธีการนี้อาจต้องอาศัยการทำงานหรือออกแบบอุปกรณ์จับยึดหรือติดตั้งในส่วนของเครื่องจักร เพื่อทำให้สามารถรองรับต่ออุปกรณ์หรือ โมลด์-ดายส์ โดยไม่ต้องถอดเปลี่ยนซึ่งอาจเพียงแค่บิดปรับส่วนตัวเชื่อมจับก็จะสามารถระบุจุดระยะที่จะนำ โมลด์-ดายส์ เข้าไปติดตั้งได้

5) ปรับปรุงเครื่องจักร (Mechanization) เป็นการออกแบบเครื่องจักรให้สามารถรองรับการปรับเปลี่ยนรุ่นได้อย่างกว้างขวาง โดยไม่จำเป็นต้องถอดหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใดๆ โดยอาจเป็นเพียงแค่การกดปุ่มให้ตัวเครื่องจักรเองปรับเปลี่ยนชิ้นส่วน ซึ่งวิธีการนี้เป็นแนวคิดเดียวกันกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรมซึ่งส่วนใหญ่มักจะทำตั้งแต่แรกที่มีการออกแบบเครื่องจักรแล้ว

2.2 การลดเวลาสูญเปล่า

เป็นระบบกำจัดความสูญเสียและปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องในกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกิจกรรมหรืองานที่ดำเนินการกระบวนการผลิตมักจะพบว่ามีความสูญเสียต่างๆ แฝงอยู่ไม่มากก็น้อยเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกระบวนการต่ำกว่าที่ควรจะเป็น เช่น ใช้เวลานานในการผลิตสินค้าคุณภาพต่ำต้นทุนสูง ดังนั้นจึงมีแนวคิดเพื่อพยายามจะลดความสูญเสียเหล่านี้เกิดขึ้นมากมายโดยการนำเอาเรื่องการลดความสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS เป็นหลักการที่ประกอบด้วย การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และ การทำให้ง่าย (Simplify) ซึ่งเป็นหลักการง่ายๆ ที่สามารถใช้ในการเริ่มต้นลดความสูญเปล่าหรือ MUDA ลงได้เป็นอย่างดี [21]

ในองค์กรธุรกิจทั่วไปจะสามารถแบ่งรูปแบบของกระบวนการหน่วยงานออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของงานโรงงานและส่วนของงานสนับสนุนทั้ง 2 ส่วนนี้สามารถก่อให้เกิดความสูญเปล่าได้ ซึ่งอธิบายเป็นตัวอย่างได้ดังนี้ส่วนแรกคือส่วนของงานโรงงานคือส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการผลิตสินค้าของบริษัทการลดความสูญเปล่าในการผลิตเป็นสิ่งจำเป็นและควรให้ความสำคัญเป็นอย่างมากเพราะความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจะหมายถึงต้นทุนของสินค้าที่เพิ่มสูงขึ้น หากสามารถลดความสูญเปล่าลงได้ก็จะส่งผลให้ประหยัดต้นทุนการผลิตลงด้วย ผลที่ตามมาก็คือมีความสามารถในการแข่งขันกับคู่แข่งสูงขึ้นโดยแนวทางการลด MUDA ลงสามารถทำได้โดยใช้หลักการ ECRS ดังนี้

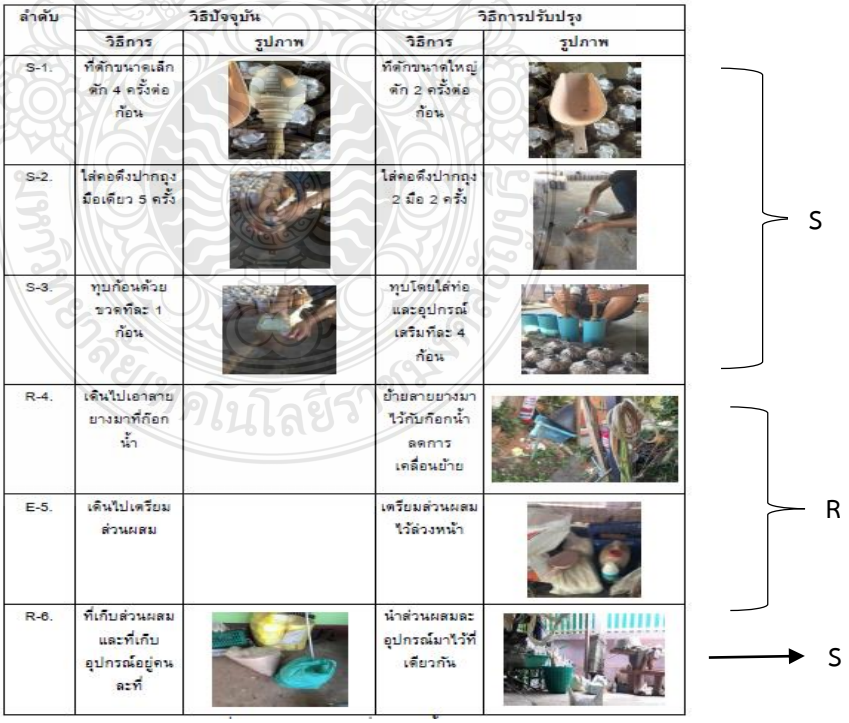
2.2.1 การกำจัด (Eliminate) หมายถึง การพิจารณาการทำงานปัจจุบันและทำการกำจัดความสูญเปล่าทั้ง 7 ที่พบในการผลิตออกไป คือการผลิตมากเกินไป การรอคอย การเคลื่อนที่/เคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น การทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์ การเก็บสินค้าที่มากเกินไป การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น และ ของเสีย

2.2.2 การรวมกัน (Combine) สามารถลดการทำงานที่ไม่จำเป็นลงได้ โดยการพิจารณาว่าสามารถรวมขั้นตอนการทำงานให้ลดลงได้หรือไม่ เช่น จากเดิมเคยทำ 5 ขั้นตอนก็รวมบางขั้นตอนเข้าด้วยกันทำให้ขั้นตอนที่ต้องทำลดลงจากเดิมการผลิตก็จะสามารถทำได้เร็วขึ้น และ ลดการเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนลงอีกด้วยเพราะถ้ามีการรวมขั้นตอนกันการเคลื่อนที่ระหว่างขั้นตอนก็ลดลง

2.2.3 การจัดใหม่ (Rearrange) คือ การจัดขั้นตอนการผลิตใหม่เพื่อให้ลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น หรือ การรอคอย เช่นในกระบวนการผลิต หากทำการสลับขั้นตอนที่ 2 กับ 3 โดยทำขั้นตอนที่ 3 ก่อน 2 จะทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ลดลง เป็นต้น

2.2.4 การทำให้ง่าย (Simplify) หมายถึง การปรับปรุงการทำงานให้ง่ายและสะดวกขึ้น โดยอาจจะออกแบบจิ๊ก (jig) หรือ fixture เข้าช่วยในการทำงานเพื่อให้การทำงานสะดวก และ แม่นยำมากขึ้น ซึ่งสามารถลดของเสียลงได้ จึงเป็นการลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นและลดการทำงานที่ไม่จำเป็น

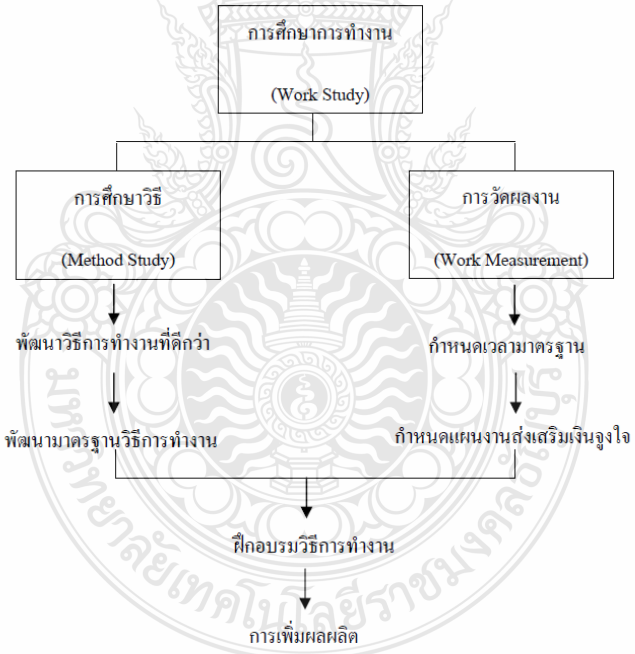
ได้ทำการการศึกษาผลงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ในการลดความสูญเปล่าขั้นตอนการผลิตก้อนเชื้อเห็ดขอนขาว แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การลดเวลาสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS [4]

2.3 การศึกษางาน (Work Study)

การศึกษางาน (Work Study) หรือชื่อเรียกแบบเดิมว่า การศึกษาการเคลื่อนไหว และ เวลา (Motion and Time Study) [2] ซึ่งมีความหมายเดียวกัน กล่าวคือ การศึกษาการเคลื่อนไหว เป็นการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นพนักงานปฏิบัติงาน เครื่องมือ และ เครื่องจักร รวมทั้งการจัดผังในการปฏิบัติงานนั้น ๆ ส่วนการศึกษาเวลา เป็นการคำนวณหาเวลาในการปฏิบัติงาน โดยใช้เครื่องมือจับเวลาขณะทำงานจริง ซึ่งจะทำการคำนวณปรับเวลาในการปฏิบัติงาน โดยมีการให้ค่าเผื่อต่าง ๆ และให้อัตราความเร็วมาตรฐานตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไว้ภายใต้สภาพเงื่อนไขที่เหมาะสม ดังนั้นนิยามของการศึกษางาน เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อขจัดงานที่ไม่จำเป็นออก และ สรรหาวิธีการทำงานที่ดีที่สุดให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการปฏิบัติงานนั้น ๆ รวมไปถึงการปรับปรุงมาตรฐานของวิธีการทำงาน สภาพการทำงาน เครื่องมือต่าง ๆ และการฝึกคนงานให้ทำงานด้วยวิธีที่ถูกต้อง รวมทั้งมีการกำหนดเวลามาตรฐานของงานด้วย ซึ่งองค์ประกอบของการศึกษางานดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 องค์ประกอบของการศึกษางาน [25]

2.3.1 การศึกษาวิธีการ (Methods Design) หรือการศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion Study) โดยเป็นการศึกษา และ วิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานแล้วหาแนวทางในการปรับปรุงวิธีการทำงานหรือออกแบบวิธีการทำงานใหม่เพื่อการทำงานได้ง่ายขึ้นและกำหนดเป็นมาตรฐานวิธีการทำงานที่ถูกต้อง ส่วนมากศึกษากระบวนการโดยอาศัยเครื่องมือที่สำคัญ คือ แผนภูมิ ที่ช่วยในการบันทึกข้อมูลได้อย่าง

ละเอียดและกระชับซึ่งแผนภูมิที่ใช้งานมีหลายประเภทแตกต่างกันออกไปตามเฉพาะงาน โดยแผนภูมิที่ดีจะทำให้สามารถวิเคราะห์กระบวนการได้อย่างชัดเจนตั้งแต่ต้นจนจบ ดังนั้น การเลือกแผนภูมิไปใช้นั้นจึงควรทำความเข้าใจถึงลักษณะงานและข้อจำกัดของแผนภูมินั้นๆ เพื่อการวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.2 การวัดงาน (Work Measurement) หรือการศึกษาเวลา (Time Study) คือ การกำหนดเวลามาตรฐานในการทำงานและกำหนดมาตรฐานในการผลิตซึ่งข้อมูลในด้านของเวลาจะนำไปสู่การคำนวณหาผลผลิตมาตรฐานของโรงงานอุตสาหกรรม ที่นำไปใช้เพื่อการบริหารจัดการวางแผนควบคุมกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเวลาคือเครื่องวัดเวลาและ ปรับค่าตามการแปรเปลี่ยนจากเวลาปกติโดยมีการเผื่อเวลาที่เหมาะสมสำหรับงานแทรกต่างๆ ความล่าช้าของเครื่องจักร การพักเหนื่อย และ ความต้องการส่วนบุคคล ควรพิจารณาถึงระยะเวลาในการเรียนรู้ของพนักงานด้วย ควรแบ่งงานที่ศึกษาออกเป็นงานย่อยซึ่งมีเนื้องานที่สม่ำเสมอกันเพื่อความสะดวกในการศึกษางานประเภทของการศึกษางาน แบ่งออกเป็น 4 ประเภท

1) Direct Time Study คือ การศึกษาเวลาโดยใช้เครื่องมือจับเวลาโดยตรงจากการ ทำงานของคนงานอาจมีการใช้กล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหวเข้ามาช่วย
2) Predetermined Motion-Time System คือ การหาเวลาโดยใช้ตารางมาตรฐานกำหนดเวลาต่าง ๆ ตามวิธีที่มีผู้คิดค้นขึ้น เช่น Motion Time Analysis (MTA)
3) Work Sampling คือ การศึกษาเวลา โดยอาศัยหลักการสุ่มตัวอย่างเชิงสถิติในการหาสัดส่วนของการทำงานและกิจกรรมอื่น ๆ
4) Standard Data คือ การศึกษาเวลาโดยอาศัยข้อมูลจากอดีตและสูตร กราฟหรือตารางช่วยในการคำนวณหาเวลา

การกำหนดจำนวนรอบของการปฏิบัติงานที่ต้องจับเวลาการศึกษาเวลาการทำงานในการปรับตั้งเครื่องจักร เป็นการจับเวลาโดยใช้นาฬิกาจับเวลาซึ่งเป็นการสุ่มตัวอย่างรูปแบบหนึ่งที่มีความต่อเนื่อง ข้อมูลอาจจะมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความแปรปรวนของงานความเร็วของพนักงานในการทำงาน และ อาจมีงานย่อยแปลกปลอม (Foreign Element) อื่นๆ รวมอยู่ด้วย ดังนั้นการหาจำนวนรอบในการจับเวลาที่เหมาะสมจะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือซึ่งการคำนวณหาจำนวนรอบการจับเวลานั้นขึ้นกับเวลา และ ความแม่นยำที่ต้องการแต่ทุกวิธีต้องอาศัยข้อมูลเบื้องต้นจำนวนหนึ่งในการหาค่าประมาณการของค่าตัวแทน (Representative Time) และ ค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณสูตรการคำนวณจึงแปรเปลี่ยนไปตามขนาดของข้อมูลเบื้องต้นที่นำมาใช้เพื่อแนะนำจำนวนรอบการวัดที่เหมาะสมขึ้น แสดงดังตารางที่ 2.2 จำนวนรอบการวัดที่เหมาะสม [2]

ตารางที่ 2.2 จำนวนรอบการวัดที่เหมาะสม

รอบเวลาการทำงาน(Cycle Time) หน่วย นาที	จำนวนครั้งของการจับเวลาแนะนำ
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
มากกว่า 40.00	3

นอกจากวิธีดังกล่าวข้างต้นยังมีอีกวิธีหนึ่งซึ่งคิดค้นขึ้นโดยบริษัท Maytag ในสหรัฐอเมริกา อาศัยหลักการเดียวกันกับวิธีการแจกแจง t-Distribution แต่ได้แปลงเป็นตารางหาค่าโดยประมาณเพื่อความรวดเร็วมีขั้นตอนดังนี้

1) จับเวลาเบื้องต้น โดย

รอบเวลาการทำงาน(นาที)	จำนวนครั้งของการจับเวลาที่แนะนำ
มากกว่า 2	5
น้อยกว่า 2	10

โดยการจับเวลาการทำงาน งานที่ใช้เวลาน้อยกว่า 2 นาที ให้จับเวลา 10 ครั้ง ส่วนงานที่ใช้เวลามากกว่า 2 นาที ให้จับ 5 ครั้ง

2) หาพิสัยของเวลาที่จับได้ พิสัย = ค่าสูงสุด-ค่าต่ำสุด

$$R = H - L \tag{2.1}$$

3) หาค่าเฉลี่ย X bar ของเวลาที่จับได้

4) หาค่าของพิสัยหารค่าเฉลี่ย

$$R / X\ bar \tag{2.2}$$

5) นำค่าพิสัยหารค่าเฉลี่ย ไปเปิดตารางที่ Maytag โดยประมาณสำหรับค่าความคลาดเคลื่อน + 5% ภายใน 95% ของความเชื่อมั่นหาจำนวนครั้งการจับเวลา แสดงดังตารางที่ 2.3 ตาราง Maytag [2]

ตารางที่ 2.3 ตาราง Maytag

$\frac{R}{\bar{x}}$	Data form Sample of		$\frac{R}{\bar{x}}$	Data form Sample of		$\frac{R}{\bar{x}}$	Data form Sample of	
	5	10		5	10		5	10
.10	3	2	.42	52	30	.74	162	93
.12	4	2	.44	57	33	.76	171	98
.14	6	3	.46	63	36	.78	180	103
.16	8	4	.48	68	39	.80	190	108
.18	10	6	.50	74	42	.82	199	113
.20	12	7	.52	80	46	.84	209	119
.22	14	8	.54	86	49	.86	218	125
.24	17	10	.56	93	53	.88	229	131
.26	20	11	.58	100	57	.90	239	138
.28	23	13	.60	107	61	.92	250	143
.30	27	15	.62	114	65	.94	261	149
.32	30	17	.64	121	69	.96	273	156
.34	34	20	.66	129	74	.98	284	162
.36	38	22	.68	137	78	1.00	296	169
.38	43	24	.70	145	83			
.40	47	27	.72	153	88			

โดยทำการศึกษางานผลงานวิจัยเพื่อสนับสนุน เรื่องการศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหว การศึกษาเวลาการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) ด้วยการจับเวลาในแต่ละงานย่อยของกระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง แสดงดังรูปที่ 2.5 เวลามาตรฐานของกระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ)

ขั้นตอนการทดสอบ	งานย่อย	S.T.	R.F	N.T	%A	Std.
1. เตรียมชิ้นทดสอบ	1. หยิบท่อ	10.8	+1.3	14.04	9 %	15.30
	2. ตัดท่อ	41.9	+1.3	54.47	9 %	59.37
	3. ลบมุมปลายท่อทั้งสองด้าน	39.0	+1.3	50.7	9 %	55.26
	4. เป่าลมทำความสะอาดท่อ	15.6	+1.3	20.28	9 %	22.10
	5. นำเศษท่อที่เหลือจากการตัดไปเก็บ	29.8	+1.3	38.74	9 %	42.22
	6. นำท่อไปยังจุดประกอบหัวทดสอบ	66.5	+1.3	86.45	9 %	94.23
2. ประกอบชิ้นทดสอบเข้ากับหัวทดสอบ	7. ทาน้ำยาหล่อลื่น	5.6	+1.3	7.28	9 %	7.93
	8. ประกอบหัวทดสอบ	111.9	+1.3	145.47	9 %	158.56
	9. เคาะหัวทดสอบให้แน่น	55.5	+1.3	72.15	9 %	78.64
	10. ขันน็อต	64.7	+1.3	84.11	9 %	91.67
3. นำชิ้นทดสอบใส่อ่างทดสอบ	11. เติมน้ำให้เต็มชิ้นทดสอบ	32.7	+1.3	42.51	9 %	46.33
	12. ประกอบสายทดสอบแรงดันกับชิ้นงานทดสอบ	15.3	+1.3	19.89	9 %	21.68
4. ควบคุมแรงดัน	13. อัดน้ำใส่ชิ้นงานทดสอบ	29.1	+1.3	37.83	9 %	41.2347
	14. ทดสอบแรงดันน้ำ (เวลาคงที่)	3,600 วินาที (ใช้เครื่องอัดแรงดันน้ำทดสอบ)				
5. นำชิ้นทดสอบออกจากอ่างทดสอบ	15. ถอดสายทดสอบแรงดัน	13.7	+1.3	17.81	9 %	19.41
	16. เทน้ำออก	24.8	+1.3	32.24	9 %	35.14
	17. ไปที่จุดประกอบหัวทดสอบ	22.3	+1.3	28.99	9 %	31.59
6. ถอดหัวทดสอบ	18. คลายน็อต	42.3	+1.3	54.99	9 %	59.93
	19. ถอดหัวทดสอบ	63.5	+1.3	82.55	9 %	89.97
	20. นำท่อที่ผ่านการทดสอบเก็บใส่รถ	5.3	+1.3	6.89	9 %	7.51

รูปที่ 2.5 เวลามาตรฐานของกระบวนการ [28]

2.4 แผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง

แผนภูมิกระบวนการไหลเป็นแผนภูมิอีกแบบหนึ่งที่มีนิยมใช้มากที่สุดแผนภูมินี้ใช้วิเคราะห์ขั้นตอนการไหลของวัตถุดิบ ชิ้นส่วน พนักงาน และ อุปกรณ์ที่เคลื่อนไหวในกระบวนการพร้อมๆ กับกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นโดยแสดงเป็นสัญลักษณ์และคำบรรยายประกอบลงในแผนภูมิกระบวนการไหล การวิเคราะห์แผนภูมิการไหลนี้ใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 ตัว ซึ่งกำหนดโดย The American Society of Mechanical Engineers (ASME) ในสหรัฐอเมริกา [18] แสดงดังรูปที่ 2.6 สัญลักษณ์และคำบรรยาย

สัญลักษณ์	ชื่อเรียก	คำจำกัดความโดยย่อ
○	Operation การปฏิบัติงาน	▪ การเปลี่ยนคุณสมบัติทางเคมีหรือฟิสิกส์ของวัตถุ ▪ การประกอบชิ้นส่วน หรือการถอดส่วนประกอบออก ▪ การเตรียมวัตถุเพื่องานขั้นต่อไป ▪ การวางแผน การคำนวณ การให้คำสั่ง หรือการรับคำสั่ง
□	Inspection การตรวจสอบ	▪ ตรวจสอบคุณลักษณะของวัตถุ ▪ ตรวจสอบคุณภาพหรือปริมาณ
⇨	Transportation การเคลื่อน	▪ การเคลื่อนวัตถุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ▪ พนักงานกำลังเดิน
D	Delay การคอย	▪ การคั่นวัสดุชั่วคราวระหว่างการปฏิบัติงาน ▪ การคอยเพื่อให้งานขั้นต่อไปเริ่มต้น
▽	Storage การเก็บ	▪ การเก็บวัสดุไว้ในสถานที่ถาวรซึ่งต้องอาศัยคำสั่งในการเคลื่อนย้าย ▪ การเก็บชิ้นส่วนที่รอเป็นเวลานาน

รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์และคำบรรยาย [30]

แนวทางการวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหล

2.4.1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ให้ชัดเจน เช่น ต้องการศึกษาเพื่อลดปริมาณการเคลื่อนย้ายหรือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เป็นต้น

2.4.2 ชี้บ่งกระบวนการที่ต้องการศึกษาพร้อมทั้งรายละเอียดของกระบวนการ ได้แก่ ชื่อกระบวนการ ชื่อผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนที่ผลิต เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของกระบวนการที่ต้องการวิเคราะห์

2.4.3 กำหนดว่าเป็นการวิเคราะห์การไหลของเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ดังนี้

1) ผลิตภัณฑ์ : การเคลื่อนย้ายของชิ้นส่วนวัตถุดิบเข้าสู่สายการผลิตจนประกอบเสร็จเป็นผลิตภัณฑ์
2) พนักงาน : การปฏิบัติงานของพนักงานคนหนึ่งในการทำงานเคลื่อนย้ายสิ่งของรวมไปถึงการเดิน
3) เครื่องมือหรืออุปกรณ์ : การโยกย้ายของเครื่องมือหรือการใช้งานของอุปกรณ์

2.4.4 เริ่มวิเคราะห์จากจุดเริ่มต้นของการไหลบันทึกงานตามที่เกิดขึ้นจริงโดยใช้สัญลักษณ์กำกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นอย่างละเอียดทุกขั้นตอน พร้อมทั้งคำบรรยายสั้นๆ ถึงลักษณะงานที่เกิดขึ้นหากมีขั้นตอนใดที่มีการทำกิจกรรมเกิดขึ้นพร้อมกันให้ใช้สัญลักษณ์ควบ

2.4.5 เก็บข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง เช่น ระยะทางที่เคลื่อนไปปริมาณในการขนย้าย ระยะเวลาในการรอคอย เป็นต้น

2.4.6 โยงเส้นระหว่างสัญลักษณ์จากบนลงล่าง

2.4.7 สรุปขั้นตอนการปฏิบัติงานลงในตารางสรุปผล

ตัวอย่างงานวิจัยเรื่อง การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียมได้นำแผนภูมิกระบวนการไหลไปใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการ แสดงดังรูปที่ 2.7 แบบฟอร์มการวิเคราะห์แผนภูมิการไหล

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Process Chart)		METHOD	SUMMART IMPROVED
หัวข้อแผนภูมิ : กระบวนการชุบโครเมี่ยม		OPERATION ○	19
แผนก : ฝ่ายการผลิต		TRANSPORT ⇨	20
ผู้รับผิดชอบ : คุณเชาว์ คุ้มชาติ		DELAYS D	1
SUMMART		HOLD □	1
DISTANCE (m)		INSPECTION ▽	5
TIME (min)	80	TOTAL	46

ขั้นตอนการผลิต	สัญลักษณ์ ○	⇨	D	□	▽
1. ตรวจรับชิ้นงานและสารเคมี					●
2 เคลื่อนย้ายชิ้นงานและสารเคมี		●			
3. การเตรียมผิวชิ้นงานก่อนชุบด้วยด่างขัด	●				
4. เคลื่อนย้ายชิ้นงานด้วยยกจากคนงาน		●			
5. ตรวจสอบงานขัด					●
6. นำชิ้นงานวางบน Jig นำ Jig วางบนเครน	●				
7. การล้างด้วยน้ำด่างร้อน (Soak Clean : บ่อที่ 1)	●				
8. ตรวจดูว่าไม่มีคราบไขมันติดอยู่ที่ผิวชิ้นงาน					●
9. เคลื่อนย้ายด้วยเครน		●			
10. ล้างชิ้นงานด้วยน้ำประปา (บ่อที่ 2-3) ตามลำดับ	●				
11. เคลื่อนย้ายด้วยเครน		●			
12. การล้างด้วยน้ำด่างร้อน (Electro Clean : บ่อที่ 4)	●				
13. เคลื่อนย้ายด้วยเครน		●			
14. ล้างชิ้นงานด้วยน้ำประปา (บ่อที่ 5-6) ตามลำดับ	●				
15. เคลื่อนย้ายด้วยเครน		●			
16. การล้างทำความสะอาดด้วยกรด (Pickling and Dipping : บ่อที่ 7)	●				
17. เคลื่อนย้ายด้วยเครน		●			
18. ล้างชิ้นงานด้วยน้ำกลั่น (บ่อที่ 8-9) ตามลำดับ	●				
19. เคลื่อนย้ายด้วยเครน		●			
20. ชุบชิ้นงานในบ่อกรด (บ่อที่ 10)	●				
21. เคลื่อนย้ายด้วยเครน		●			
22. ล้างชิ้นงานด้วยน้ำกลั่น (บ่อที่ 11)	●				
23. เคลื่อนย้ายด้วยเครน		●			

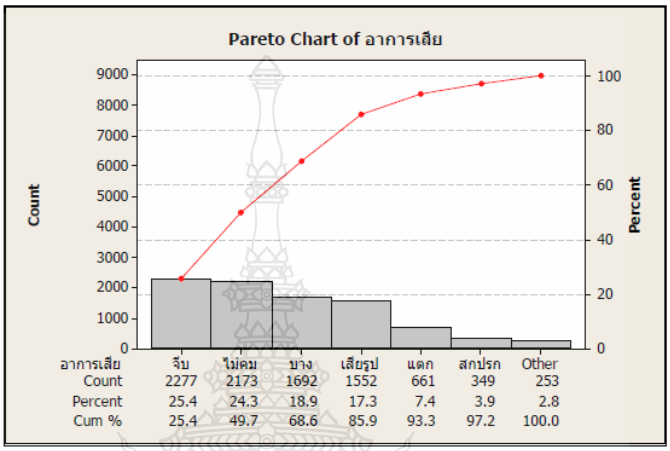
รูปที่ 2.7 แบบฟอร์มการวิเคราะห์แผนภูมิการไหล [31]

ประโยชน์ใช้งานของแผนภูมิกระบวนการไหลแผนภูมิกระบวนการไหลเป็นแผนภูมิที่มีความสำคัญมากที่สุด เป็นการวิเคราะห์รายละเอียดของการทำงานตั้งแต่ต้นจนจบที่ใช้สัญลักษณ์มาตรฐานเข้ามาเกี่ยวข้องมีรายละเอียดของข้อมูลมากพอที่จะใช้วิเคราะห์กระบวนการและเพื่อการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ซึ่งเป็นแผนภูมิที่จำแนกกิจกรรมต่างๆ ออกจากกันเป็น 5 ประเภทโดยเริ่มจากกิจกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มได้แก่ การปฏิบัติงานไปจนถึงกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าอันได้แก่ การรอคอย และ การเก็บแยกแยะกิจกรรมของพนักงานออกจากกิจกรรมที่ทำบนผลิตภัณฑ์ทำให้สามารถมองเห็นจุดเน้นในการวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจนเมื่อใช้ควบคู่ไปกับแผนภาพการไหล จะช่วยชี้ชัดให้เห็นการรอคอยและระยะทางการเคลื่อนย้ายทั้งนี้สามารถใช้แผนภูมิเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบแสดงผลก่อนและหลังปรับปรุงได้

2.5 เครื่องมือแก้ปัญหาที่ใช้ในงานวิจัย

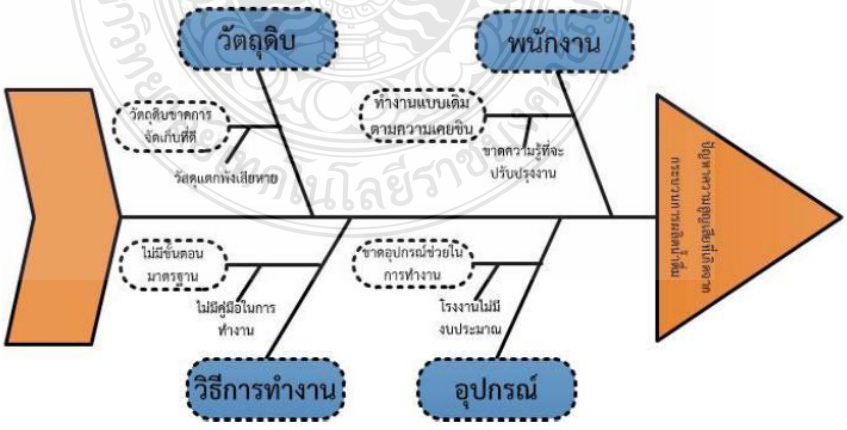
เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด [19] นับได้ว่าเป็นสิ่งที่ช่วยพัฒนา และ แก้ไขปัญหาต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพเครื่องมือเหล่านี้เป็นการรวบรวมและประยุกต์ใช้วิธีการทางสถิติการใช้หลักการทางด้านเหตุผล และศาสตร์ความรู้ในด้านต่างๆ มารวบรวมและเลือกใช้ในการจัดการกับปัญหาแต่ละชนิด เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิดนี้ มีที่มาจากองค์กรหนึ่งในประเทศญี่ปุ่น ชื่อว่า Union of Japanese Scientists and Engineers และ กลุ่ม Quality Control Research Group ซึ่งได้ถูกจัดตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1946 เพื่อค้นคว้าและทำการศึกษาตลอดจนเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบการควบคุมคุณภาพให้กับอุตสาหกรรมภายในประเทศของญี่ปุ่นโดยมีจุดหมาย เพื่อพัฒนาคุณภาพสินค้าของญี่ปุ่นให้สามารถเข้าสู่การแข่งขันในตลาดโลกได้อย่างทัดเทียมประเทศผู้นำทางเศรษฐกิจในสมัยนั้นอย่างอเมริกา และ กลุ่มประเทศยุโรปตะวันตกจากนั้นได้มีการกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standards) หรือ JIS marking system ได้นำมาบังคับใช้เป็นกฎหมายในปี ค.ศ. 1950 และ ยังได้มีการเปิดสัมมนาทางวิชาการด้านการควบคุมคุณภาพให้แก่ผู้บริหารระดับต่าง ๆ และวิศวกรในประเทศ โดยมีผู้เชี่ยวชาญระดับโลกอย่าง Dr. W. E. Deming เป็นผู้นำในโครงการนับเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาคุณภาพ ซึ่งต่อมาก็ได้มีการตั้งรางวัล Deming Prize อันมีชื่อเสียงทั่วโลกเพื่อมอบให้กับองค์กรอุตสาหกรรมหรือโรงงานที่มีการพัฒนาด้านคุณภาพดีเด่นของญี่ปุ่นต่อมาในปี ค.ศ. 1954 ทางญี่ปุ่นได้เชิญ Dr. J. M. Juran มาทำการฝึกอบรมเกี่ยวกับหลักการควบคุมคุณภาพ เพื่อสร้างรากฐานความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหารระดับสูงขององค์กรในการนำเทคนิคเหล่านี้มาใช้งานโดยได้รับความร่วมมือจากพนักงานทุกฝ่ายนับเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาและรวบรวมเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ ทั้ง 7 ชนิด ที่เรียกกันว่า 7 QC Tools มาใช้อย่างแพร่หลายจนทุกวันนี้เครื่องมือคุณภาพทั้ง 7 ชนิดที่ได้รับการยอมรับและนิยมใช้ทั่วโลกนั้น มีดังต่อไปนี้

2.5.1 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) คือแผนภูมิแบบหนึ่งที่นำมาใช้ในการแสดงให้เห็นขนาดของปัญหาและเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหาชื่อแผนภูมิมีที่มาจากชื่อของนักเศรษฐศาสตร์ชาวอิตาเลียนชื่อ Vilfredo Federico Damaso Pareto ซึ่งเป็นผู้คิดค้นหลักการนี้นั่นเอง ตัวอย่างงานวิจัยที่นำแผนภูมิพาเรโตไปวิเคราะห์ของเสียจากแผนภูมิพาเรโตแสดงอาการหลักที่ต้องแก้ไขก่อนตามลำดับของเสียที่เกิดขึ้นในการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศแสดงรูปที่ 2.8



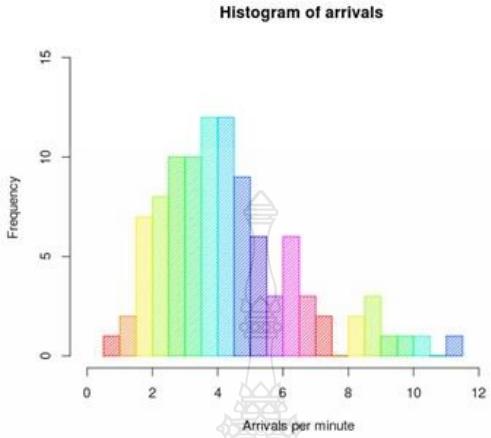
รูปที่ 2.8 วิเคราะห์ของเสียด้วยแผนภูมิพาเรโต [8]

2.5.2 ผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) หรือ ผังก้างปลา (Fishbone-Diagram) บางครั้งเรียกว่า Ishikawa Diagram ซึ่งเรียกตามชื่อของ Kaoru Ishikawa ผู้ซึ่งเริ่มนำผังนี้มาใช้ในปี ค.ศ. 1953 เป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยที่นำตัวแผนผังก้างปลาไปวิเคราะห์ปัญหาเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิตน้ำดื่มแสดงดังรูปที่ 2.9 แผนผังแสดงสาเหตุ และ ผลของปัญหา



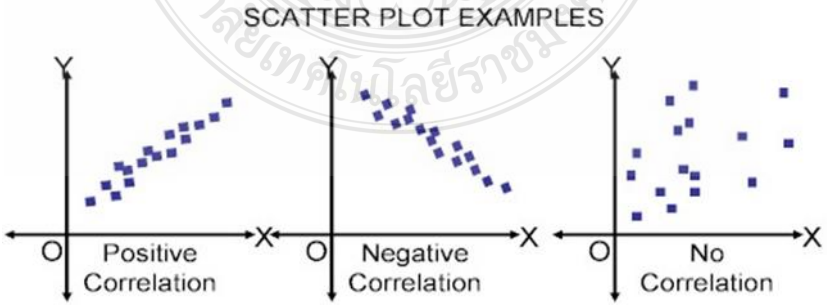
รูปที่ 2.9 แผนผังแสดงสาเหตุและผลของปัญหา [35]

2.5.3 ฮีสโตแกรม (Histogram) เป็นกราฟที่ใช้ในการสรุปข้อมูลลักษณะเป็นกลุ่มข้อมูลเพื่อจะร่วมกันวิเคราะห์ว่ากลุ่มข้อมูลที่ได้มานั้นมีลักษณะผิดปกติหรือไม่ แสดงดังรูปที่ 2.10 กราฟฮีสโตแกรม



รูปที่ 2.10 กราฟฮีสโตแกรม [34]

2.5.4 ผังการกระจาย (Scatter Diagram) ผังการกระจายนี้ที่ใช้แสดงค่าของข้อมูลที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัวว่ามีแนวโน้มไปในทางใด เพื่อที่จะใช้หาความสัมพันธ์ที่แท้จริงว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด เช่น การตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับประสบการณ์ของพนักงานว่าพนักงานที่มีอายุงานแตกต่างกันของเสียที่เกิดขึ้นจากการทำงานในแต่ละคนจะแตกต่างกันหรือไม่ โดยทั่วไปแล้วเราจะคาดว่าผู้ที่มีประสบการณ์สูงจะมีทักษะในการทำงานสูง ของเสียจะเกิดขึ้นน้อยกว่าพนักงานใหม่ซึ่งข้อสมมติฐานของตัวแปรทั้งสองสามารถเก็บข้อมูลแล้วนำมา Plot กราฟผังการกระจายเพื่อทดสอบสมมติฐานว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด เพราะว่าในสถานประกอบการบางที่อายุงานสูงอาจจะมีของเสียเท่ากับพนักงานใหม่ก็เป็นได้ ดังนั้น อายุงานหรือทักษะและประสบการณ์ของพนักงานไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องของเสียในกระบวนการผลิต อาจจะต้องไปตรวจสอบเรื่องอื่นๆ เช่น เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตมีปัญหาหรือไม่ แสดงดังรูปที่ 2.11

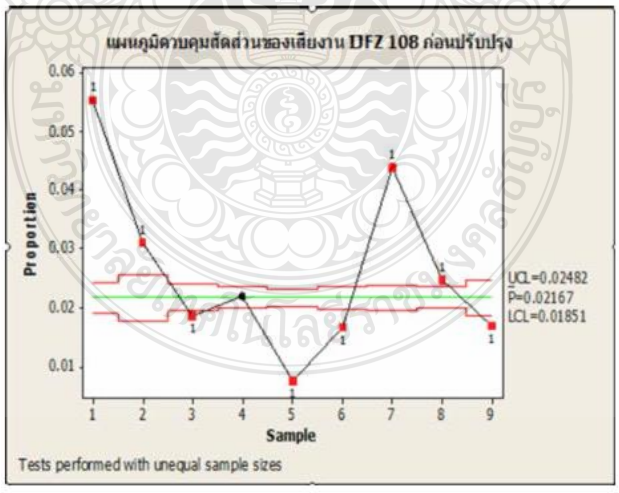


รูปที่ 2.11 ผังการกระจาย [34]

2.5.5 กราฟ (Graph) คือ แผนภาพประเภทใดประเภทหนึ่งที่เป็นการนำเสนอข้อมูลเป็นรูปภาพ แทนคำบรรยาย โดยมีเป้าหมายหลักคือ ต้องทำให้ผู้ที่ดูกราฟสามารถเข้าใจได้ง่าย และ รวดเร็วที่สุด

2.5.6 ใบตรวจสอบ (Checksheet) หรือที่นิยมเรียกกันว่า Check Sheet เป็นแผ่นงานที่ได้ออกแบบมาอย่างเฉพาะเจาะจงต่องานนั้น ๆ โดยมีจุดประสงค์ที่จะเก็บข้อมูลสำคัญๆ ได้ง่าย และ เป็นระบบ

2.5.7 แผนภูมิควบคุม (Control Chart) คือแผนภูมิที่มีการเขียนขอบเขตที่ยอมรับได้ของคุณลักษณะตามข้อกำหนดทางเทคนิค (ส่วนมากได้สูตรการคำนวณ) เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการผลิตโดยการติดตามและตรวจจับข้อมูลที่ออกนอกขอบเขต (Control limit) โดยถ้าเกิดขึ้นมูลอยู่นอกขอบเขต (Out of Control) ต้องหาสาเหตุที่ทำให้เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นผิดปกติ เช่น การบบรรจุน้ำตาลลงถุงมีค่ายอมรับได้ + , - ไม่เกิน 10 กรัมจาก 1 กิโลกรัม จากการผลิตทั้งวันเกิดการ Out of Control ในช่วง 16.30 น. เป็นต้นไปจนถึงเวลาเลิกการผลิต 17.00น. และเกิดขึ้นแบบนี้เกือบทุกๆ วัน ซึ่งจากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้ไม่ยากเนื่องจากเป็นการผลิตท้ายๆ ของวันอาจจะเกิดจากพนักงานเกิดความเมื่อยล้า หรือเครื่องจักรอุปกรณ์ทำงานเป็นเวลานานจึงเกิดความคลาดเคลื่อนซึ่งลึกๆก็ต้องค้นหาสาเหตุกันต่อไปซึ่งอาจจะใช้ผังก้างปลาเป็นตัวช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล ตัวอย่างงานวิจัยที่นำแผนภูมิควบคุมไปวิเคราะห์ของเสียในการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ แสดงรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แผนภูมิควบคุม [8]

จากเครื่องมือคุณภาพทั้ง 7 ที่ได้นำเสนอพร้อมทั้งตัวอย่างนั้นสามารถนำไปใช้กับการทำงานในภาคอุตสาหกรรมได้จริงไม่จำเป็นต้องใช้พร้อมกันทั้งหมด 7 ตัว ซึ่งในการทำงานต้องเลือกใช้เครื่องมือคุณภาพให้เหมาะสมกับสถานการณ์ทำงานจริงๆเลือกใช้ให้เป็น และ ถูกต้องจึงจะสามารถแก้ไขปัญหาด้านคุณภาพได้ ในงานวิจัยเรื่องการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศเลือกใช้แผนภูมิพาเรโตเพื่อจัดลำดับความถี่ของปัญหาเรียงลำดับจากมากสุดไปน้อยสุดแล้วเลือกแก้ไขปัญหาที่ทำให้เกิดการรอคอยขณะปรับตั้งเครื่องจักรเปลี่ยนรูปแบบการผลิต และ ใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรนาน

2.6 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis)

การวิเคราะห์ Why Why Analysis จะเป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา [20] โดยหากเราสามารถค้นพบสาเหตุรากเหง้าและกำจัดได้แล้ว ปัญหาเดิมจะไม่เกิดซ้ำหากปัญหาเดิมเกิดซ้ำแสดงว่าการวิเคราะห์ของเรานั้นมาผิดทาง หรือ อาจมีบางสาเหตุตกหล่นไปอาจจะต้องมาทำการวิเคราะห์ใหม่เครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงมากหากผู้วิเคราะห์มีความเข้าใจ และมีความชำนาญในงานที่ตนทำอยู่รวมถึงความรู้ด้านวิศวกรรมที่ Toyota 5-Why Analysis ถูกใช้เป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์ปัญหาจากประสบการณ์ของผู้เขียน พบว่า ส่วนใหญ่การใช้หลักการ Why - Why Analysis นั้น เป็นไปเพียงเพื่อนำเสนอต่อลูกค้าเมื่อเกิดปัญหาจากลูกค้าเท่านั้น แต่ปัญหาเดิมยังคงเกิดซ้ำอยู่เรื่อยๆอาศัยเพียงการตรวจสอบที่ถี่ขึ้นซึ่งก่อให้เกิดความสูญเปล่าตามมา การวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการ Why - Why Analysis นั้นเป็นเพียงเครื่องมือในการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าเท่านั้น การจะทำให้ปัญหานั้นหมดไปจึงจำเป็นจะต้องประยุกต์หลักการอื่นๆเข้ามาช่วย เช่น เทคนิคPoka Yoke, Triz เป็นต้น ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับสภาพปัญหาที่เรากำลังวิเคราะห์กันอยู่ การวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการ Why - Why Analysis มีขั้นตอนดังนี้

2.6.1 ก่อนการวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการ Why-Why Analysis จะต้องไปตรวจสอบสถานที่จริง และ ดูสภาพของจริงอันเป็นที่มาของปัญหาเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของปัญหาให้ถูกต้องชัดเจน แต่หากขอบเขตของปัญหามากเกินไปจะทำให้การวิเคราะห์กินวงกว้างเกินไปด้วยและมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากเกินไป ถึงแม้ได้ผลการวิเคราะห์ออกมาก็ตามมาตรการที่ตามมาจะมีมากเกินกว่าที่จะนำมาปฏิบัติได้

2.6.2 ทำความเข้าใจในโครงสร้าง และ หน้าที่ของส่วนที่เป็นปัญหาจะต้องทำการแจกแจงส่วนงานที่เป็นปัญหาให้ออกมาเป็นไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ของชิ้นงานแสดงความสัมพันธ์ของหน้าที่ในกรณีของงานทั่วๆไปให้เขียนภาพขั้นตอนหรือการไหลของงาน และ ทำความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่ของงานนั้นๆ ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขด้วยหลักการ Why-Why Analysis มีดังนี้

1) กำหนดหัวข้อเรื่องที่จะนำมาปรับปรุงแก้ไข

2) สำรวจความจริงของสภาพที่เป็นอยู่ของปัญหาทั้งในด้านสถิติและการไปสำรวจพื้นที่จริงที่เกิดปัญหา

3) ตั้งเป้าหมายที่จะลดปัญหาที่เกิดขึ้นให้กลายเป็นศูนย์

4) กำหนดแผนของกิจกรรม

4.1) สำรวจความจริง

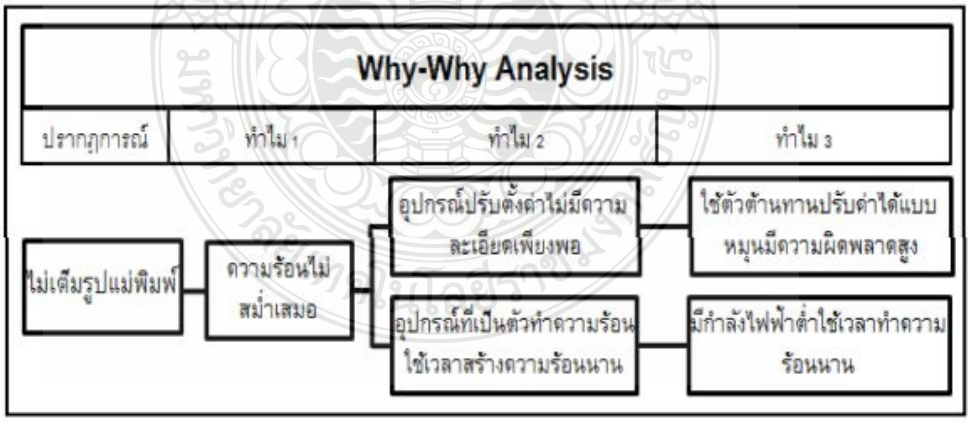
4.2) วิเคราะห์ด้วยหลักการ Why-Why

4.3) เสนอแนวทางแก้ไข

4.4) ทำการแก้ไขตามแนวทางที่ได้นำเสนอ

4.5) ตรวจสอบผลลัพธ์

โครงสร้างการเขียน Why Why Analysis จะมีโครงสร้างเหมือนกัน คือ ซ้ายสุดจะเป็นปรากฏการณ์ หรือ ส่วนแสดงปัญหาที่จะแก้ไขจากนั้นจะเริ่มถาม “ทำไม” ไปเรื่อยๆจนกว่าจะพบสาเหตุรากเหง้าของปัญหาโดยทั่วไปพบว่าหากถามทำไมอยู่ประมาณ 5 ครั้งแล้วเราจะพบคำตอบ คำถามคือว่าจำเป็นต้อง 5 ครั้งหรือไม่คำตอบคือไม่จำเป็นในหลายๆครั้งเราถามทำไมแค่ 3 ครั้งก็พบคำตอบแล้ว คำถามที่ว่าเราจะรู้ได้อย่างไรว่านี้คือสาเหตุรากเหง้าอันดับแรกให้เราถามตัวเองก่อนว่า ถ้าสาเหตุนี้ถูกแก้ไขแล้วปัญหานี้จะไม่เกิดขึ้นอีกใช่หรือไม่หรือไม่สามารถถามทำไมได้อีกแล้วจากนั้นในส่วนสุดท้ายจะเป็นการหามาตรการโต้ตอบเพื่อแก้ไขปัญหา ยกตัวอย่างงานวิจัยที่นำวิเคราะห์ปัญหาไม่เต็มรูปแม่พิมพ์โดยใช้หลักการ Why Why Analysis ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 รูปแบบการเขียนตั้งคำถาม ทำไม - ทำไม [32]

2.7 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม (5W1H)

คือเทคนิคการวิเคราะห์ปัญหาที่ใช้มากที่สุดในระดับสากลโดยเป็นการคิดวิเคราะห์ที่ใช้ความสามารถในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่างๆของปัญหาเพื่อนำมาหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบต่างๆ เหล่านั้นเพื่อค้นหาคำตอบหรือเป็นสิ่งที่สำคัญจากนั้นจึงรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาเรียบเรียงใหม่ให้ง่ายแก่การทำความเข้าใจ [29]

การวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิค 5W1H การปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS หลังจากทำการวิเคราะห์กระบวนการผลิตเพื่อตอบคาถามในปัจจุบันของกระบวนการผลิตว่าเป็นอย่างไรซึ่งเป็นขั้นตอนการตอบคำถามในอนาคตว่าเราต้องการไปที่ใดโดยการนำวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่ต้องการ จากนั้นจะต้องตอบคำถามสุดท้ายที่สำคัญคือทำอย่างไรถึงจะไปถึงวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่กำหนดไว้ได้ ซึ่งคำตอบที่ต้องการจะต้องอาศัยเครื่องมือในการกำหนดแผนปฏิบัติการโดยเครื่องมือที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการลดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า ในงานวิจัยนี้ ใช้เทคนิค 5W1H การปรับปรุงโดยใช้หลักการ ECRS ซึ่งความสัมพันธ์ของเครื่องมือทั้งสองชนิด [32] แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิค 5W1H กับปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS

ปัญหา	ปัจจัย	ปัญหาที่เกิด	มาตรการแนวทางในการแก้ไขปัญหา/	ผู้รับผิดชอบ
ไม่เต็มรูปแม่พิมพ์	คน (MAN)	1. ขาดทักษะความชำนาญเครื่อง	1. อบรมเตรียมพร้อมในการทำงาน/จัดอบรมให้แก่พนักงาน	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง
		2. ไม่ทำตามขั้นตอนที่กำหนด	2. มีมาตรการตรวจสอบการทำงานและวิธีการทำงานอย่างถูกต้อง	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง
	เครื่องจักร (MACHINE)	1. อุปกรณ์เสื่อมสภาพ	1. ตรวจสอบเครื่องจักร/ อุปกรณ์เครื่องจักร และทำการซ่อมบำรุง	แผนกซ่อมบำรุง
		2.ใช้อุปกรณ์ที่ไม่มีความเสถียร	2. ตรวจเช็คและทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่	แผนกซ่อมบำรุง
		3. การควบคุมความร้อนปรับค่ายาก	3. ปรับปรุงชุดควบคุมความร้อนใหม่โดยการวางตำแหน่งควบคุมฮีทเตอร์ให้ควบคุมได้เป็นก้อนๆ	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุงและทีมงาน
	วิธีการ (METHODS)	1.ปรับตั้งค่าไม่เหมาะสมกับเครื่อง	1. ทำการศึกษาและทดสอบสภาพเครื่องจักรและกำหนดค่าที่เหมาะสมกับเครื่องจักร	วิศวกร
		2. อุณหภูมิในการขึ้นรูปต่ำเกิน	2. ทำการตรวจสอบค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปให้ตรงตามค่าที่กำหนด	วิศวกร
	วัตถุดิบ (MATERIAL)	1. วัตถุดิบเกรดต่ำ	1.ศึกษาค่าพารามิเตอร์ของเครื่องให้เหมาะสมกับวัตถุดิบนั้น เช่น ค่าอุณหภูมิความร้อนจุดที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของวัตถุดิบแต่ละเกรด	วิศวกร

จากตารางที่ 2.4 โดยการตั้งคำถามเป็นขั้นตอนตามลำดับดังนี้

2.7.1 Who ใคร (ในเรื่องนั้นมีใครบ้าง)

2.7.2 What ทำอะไร (แต่ละคนทำอะไรบ้าง)

2.7.3 Where ที่ไหน (เหตุการณ์หรือสิ่งที่ทำนั้นอยู่ที่ไหน)

2.7.4 When เมื่อไหร่ (เหตุการณ์ หรือสิ่งที่ทำนั้น ทำเมื่อวัน เดือน ปี ใด)

2.7.5 Why ทำไม (เหตุใดจึงได้ทำสิ่งนั้น หรือเกิดเหตุการณ์นั้น ๆ)

2.7.6 How อย่างไร (เหตุการณ์หรือสิ่งที่ทำนั้นทำเป็นอย่างไรบ้าง)

เมื่อได้คำตอบจากการตั้งคำถามในแต่ละข้อแล้ว ให้เราลองใช้หลักการ “ECRS” ใน การปรับปรุง งาน ด้วย ECRS สิ่งที่ทำอยู่ให้ดีกว่าเดิม

2.7.7 E (Eliminate) ขจัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นในการทำงานออกไป (ซึ่งเป็นคำตอบที่ได้จากการตั้งคำถามชุดที่ 1 : “What” + “Why”)

2.7.8 C (Combine) หรือ R (Rearrange) ปรับขั้นตอนการทำงานใหม่โดยอาจจะรวมงานเข้าด้วยกันทำไปพร้อมๆ กัน (Combine) หรือจัดลำดับงานใหม่ (Rearrange) โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนงานในภาพรวมความเหมาะสมของสถานที่ทำงาน และ ความเหมาะสมของบุคลากร (ซึ่งเป็นคำตอบที่ได้จากการตั้งคำถามชุดที่ 2 : “When” + “Why”, การตั้งคำถามชุดที่ 3 : “Where” + “Why” และ การตั้งคำถามชุดที่ 4 : ” Who” + “Why”)

2.7.9 S (Simplify) ปรับปรุงวิธีการทำงานในแต่ละขั้นตอนให้ง่ายขึ้นรวดเร็วขึ้น (ซึ่งเป็นคำตอบที่ได้จากการตั้งคำถามชุดที่ 5 : “How” + “Why”)

2.8 การทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรอิสระ (2-Sample t -Test)

การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่ากลางของสองประชากรที่มีการกระจายแบบปกติและอิสระต่อกัน (Test Concerning a Difference Between Two Means of two normal population : Independent Samples) โดยส่วนมากเราต้องการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของสองประชากร ซึ่งถ้าใช้คำว่าประชากร บางคนอาจจะมองไม่เห็นภาพ ถ้าจะอธิบายว่า เราต้องการพิสูจน์ความแตกต่างของสองกระบวนการ (Processes) หรือต้องการพิสูจน์ผลการทดลองของสองวิธีการ (Treatments) ว่าตัวแปรหรือผลการทดลองที่เราสนใจ (Response) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ หรือว่าไม่แตกต่างกัน [36]

การตั้งสมมติฐาน

การตั้งสมมติฐานมีหลักการเช่นเดียวกันกับกรณีการทดสอบค่ากลางของหนึ่งประชากรกับค่าคงที่ดังต่อไปนี้

ในกรณีทดสอบสองด้าน (Two-tailed)

$$Ho: \mu_1 = \mu_2$$
$$Ha: \mu_1 \neq \mu_2$$

t- Distribution ที่จะใช้สำหรับทดสอบนี้ก็คือ ผลต่าง μ1= μ2 ซึ่งจริงๆ ควรจะเท่ากับ 0 เราถึงจะยอมรับสมมติฐานหลัก แต่เราใช้หลัก Confidence interval ก็จะได้ว่า ผลต่างที่ไม่เท่ากับ 0 แต่น้อยหรือมากกว่า ในระดับหนึ่งภายใน Interval นั้นเราจะยังยอมรับสมมติฐานหลักอยู่

ในกรณีทดสอบด้านเดียว (One-tailed)

ในกรณีที่เราให้สมมติฐานทางเลือก (Alternative hypothesis) เป็นมากกว่าหรือน้อยกว่า เราเรียกว่าการทดสอบสมมติฐานแบบ One tailed ซึ่งเป็นดังต่อไปนี้

ทดสอบด้านมากกว่า

$$Ho: \mu_1 = \mu_2$$
$$Ha: \mu_1 > \mu_2$$

ถ้าทดสอบด้านน้อยกว่า

$$Ho: \mu_1 = \mu_2$$
$$Ha: \mu_1 < \mu_2$$

จะเห็นว่า วิธีการทดสอบสมมติฐาน การทดสอบค่ากลางของสองประชากรก็จะคล้ายกับกรณีทดสอบค่ากลางประชากรเดียว แตกต่างกันในรายละเอียดบ้างนิดหน่อย ที่สำคัญผู้ที่จะทำการทดสอบสมมติฐานจะต้องมั่นใจว่า

1) ข้อมูลของทั้งสองกลุ่มที่จะนำมาทดสอบสมมติฐานต้องเป็นอิสระต่อกัน และแต่ละตัวข้อมูลในกลุ่มต้องถูกเก็บตัวอย่างออกมาโดยการสุ่ม

2) ข้อมูลตัวอย่างทั้งสองกลุ่มดังกล่าว จะต้องมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ (Normal distribution) เท่านั้น

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีการนำเทคนิค (SMED) มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาการใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร ได้แก่ Arun Abraham [5], และ Vipan Kumar กับ Amit Bajaj [6] ใช้เทคนิคของการปรับตั้งค่าเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (SMED) เพื่อวิเคราะห์กระบวนการและลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรมผลิตโดยงานวิจัยของวัชรากร [8]

ใช้เทคนิคของการปรับตั้งค่าเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (SMED) เพื่อวิเคราะห์กระบวนการผลิตและลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศจากการวิเคราะห์พบข้อสรุปได้การปรับตั้งเครื่องจักรส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานจึงได้จำแนกขั้นตอนการทำงานของพนักงานออกเป็นงานภายในและงานภายนอก จากนั้นเปลี่ยนงานภายในเป็นงานภายนอกด้วยเทคนิค (SMED) เพื่อลดขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรสามารถลดระยะเวลาและขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรลง 6 ขั้นตอนโดยลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรจากเดิม 345 นาทีเหลือ 281 นาทีต่อครั้งต่อการผลิต 1,000 ชิ้น ส่วนงานของธนัฐพงษ์ บุญสุวรรณโน [13] การนำเอาเทคนิค Single Minute Exchange of Die (SMED) และ (ECRS) มาเป็นแนวทางการในการปรับปรุงกระบวนการติดตั้งแม่พิมพ์ในงานฉีดพลาสติกสำหรับชิ้นส่วนประกอบของรถยนต์ ทำให้กิจกรรมการติดตั้งแม่พิมพ์ ลดเหลือ 3,903 วินาที จากก่อนการปรับปรุง 13,016 วินาทีหรือลดลง 9,113 วินาที หรือ 70.01 % ส่วนโกสินทร์, จิตรา [3] ได้พัฒนา และ ปรับปรุงกระบวนการลดเวลาการปรับตั้งลูกอัดสำหรับการผลิตไม้ฝาสังเคราะห์เนื่องจากกระบวนการดังกล่าวใช้เวลาสูงสุดในการปรับตั้งเครื่องจักรในแต่ละครั้ง โดยงานวิจัยนี้ปรับปรุงอยู่บนความรู้ด้านศึกษาเวลาและ ศึกษาวิธีการทำงานใช้เทคนิคการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรสำหรับการปรับตั้งเครื่องด้วยเทคนิค (SMED) เพื่อออกแบบและปรับปรุงการตั้งค่าการขึ้นรูปกระบวนการม้วน ดังนั้นกำลังคน 18 ต่อ 6 เครื่อง สามารถลดเวลาจาก 298-302 นาที เป็น 164-166 นาทีต่อครั้ง งานวิจัยของ Jonalee D [10] ได้ดำเนินการทำวิจัยเกี่ยวกับการลดเวลาในการเปลี่ยนรูปแบบอุตสาหกรรมการตัดเย็บเสื้อผ้าซึ่งทำการปรับปรุงขั้นตอนการเปลี่ยนรูปแบบการผลิตโดยการนำเอาเทคนิคการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วมาแยกขั้นตอนการทำงานและใช้หลักการลดความสูญเปล่า ECRS ปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถลดเวลาการปรับเปลี่ยนรูปแบบลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ พนักงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ซึ่งงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิค (SMED) และหลักการ (ECRS) ช่วยให้ลดเวลาความสูญเปล่าการรอคอยลดเวลาการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นใช้เวลาหยุดเครื่องน้อยลงเวลาการผลิตก็เพิ่มขึ้นซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ สามารถนำงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษามาไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยเรื่องการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรและปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้พนักงานทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรเมื่อมีการเปลี่ยนรุ่นการผลิต และ ทำการปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนการทำงานให้พนักงานทำงานได้อย่างรวดเร็วขึ้นเพื่อลดเวลาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร ซึ่งได้ทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ ขวัญใจ [7] ได้ทำการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของกระบวนการพิมพ์โดยใช้เทคนิคการผลิตแบบลีนซึ่งสอดคล้องกับที่จะทำการดำเนินการวิจัย เรื่อง การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศโดยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลทั่วไปของขั้นตอนการผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน และ ศึกษาสภาพปัญหา

3.2 ศึกษาขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร

3.3 การวิเคราะห์กระบวนการทำงานโดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

3.4 วิเคราะห์กระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้ แบบฟอร์ม Quick Changeover และสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงาน

3.5 จัดลำดับความสำคัญของปัญหาด้วยแผนภาพพาเรโต

3.6 ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยใช้เทคนิค Why Why Analysis

3.7 ทำการวิเคราะห์สาเหตุและหาแนวทางแก้ไขโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และหลักการ ECRS

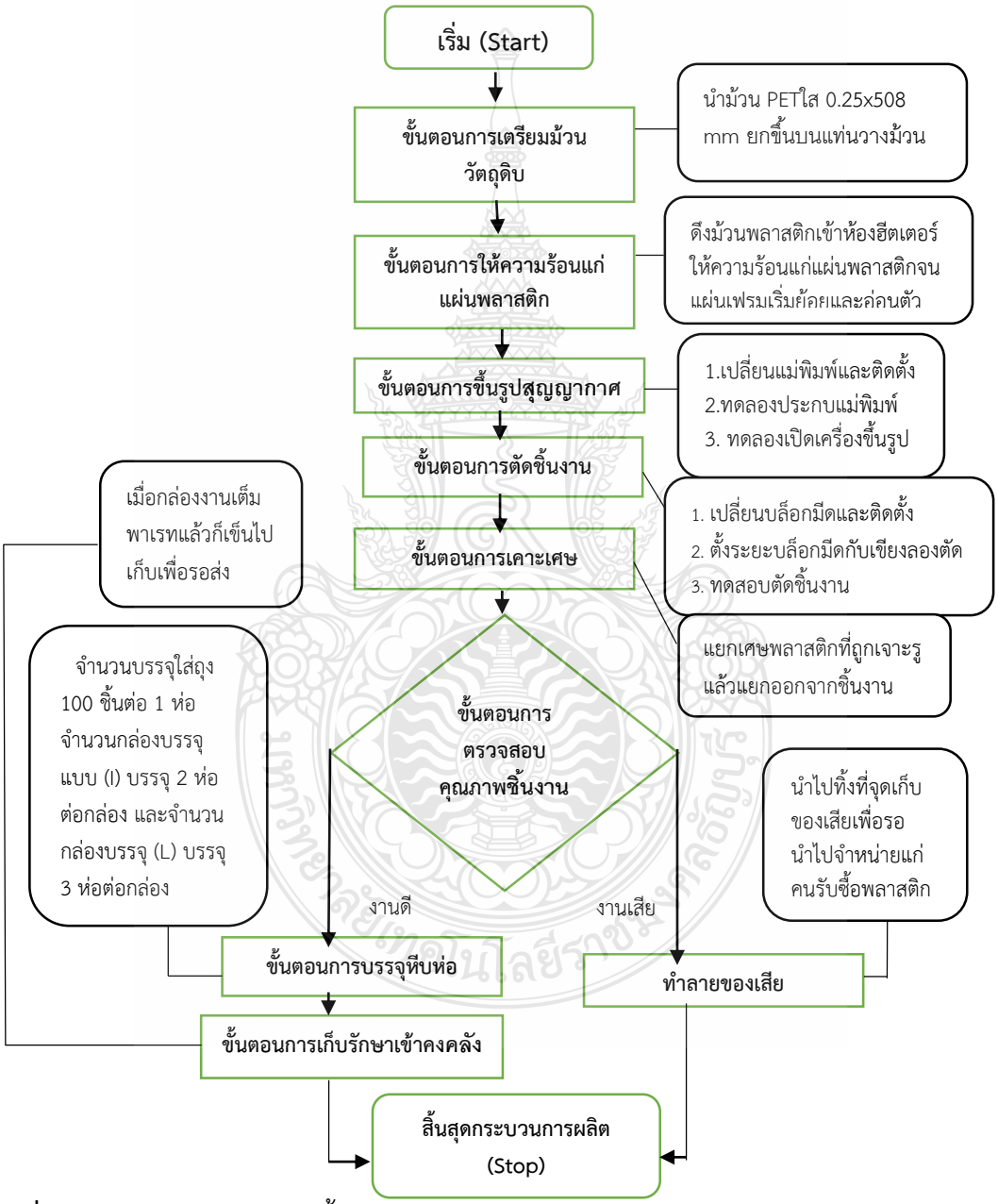
3.8 ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร

3.8.1 แยกกิจกรรมระหว่างกิจกรรมภายนอก (External) และ กิจกรรมภายใน (Internal) โดยใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องอย่างรวดเร็ว (SMED) ร่วมกับหลักการ ECRS

3.9 ติดตามและประเมินผลหลังปรับปรุง

3.1 ศึกษาข้อมูลทั่วไปของขั้นตอนการผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันและศึกษาสภาพปัญหา

ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสภาพการทำงานปัจจุบันของการทำงานผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 9 ขั้นตอน ดังนี้โดยมีแนวทางในการเขียนผังงาน แสดงขั้นตอนการผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การเขียนผังงานแสดงขั้นตอน

สามารถอธิบายรายละเอียดขั้นตอนการทำงานผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันของบริษัทกรณีศึกษามีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมม้วนวัตถุดิบ

คือ การเลือกม้วนพลาสติกที่ต้องนำมาใช้ในการผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันในการผลิตครั้งนี้ใช้ม้วนพลาสติกชนิด พลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต Polyethylene Terephthalate (PET) ขนาดและความหนาของม้วนพลาสติก 0.25 x 508 มิลลิเมตร นำม้วนมาเตรียมไว้ก่อนทำการขึ้นเครื่องจักร

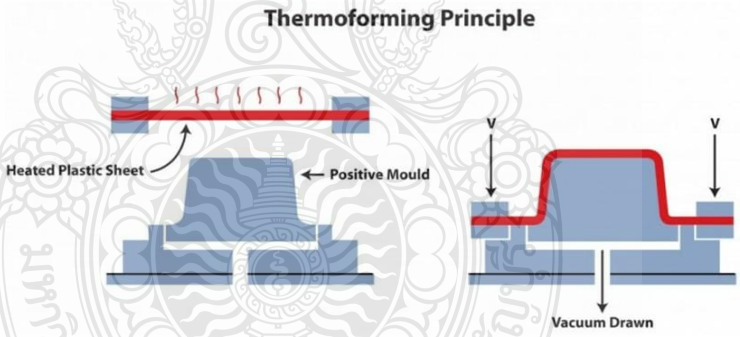
2. ขั้นตอนการให้ความร้อนแก่แผ่นพลาสติก

คือ การให้ความร้อนแก่แผ่นพลาสติกให้ความร้อนที่อุณหภูมิตามค่าที่กำหนดตามข้อมูลที่ใส่ให้กับเครื่องจักร ให้ความร้อนจนพลาสติกเริ่มอ่อนตัว

3. ขั้นตอนการขึ้นรูปแบบสุญญากาศมีขั้นตอน 3 ขั้นตอนดังนี้

3.1) ให้ความร้อนกับแผ่นฟิล์มจนถึงจุดที่เริ่มอ่อนตัว (ขึ้นอยู่กับพลาสติกฟิล์มแต่ละชนิด)

3.2) จากนั้นจึงใช้การกดหรือดันแผ่นฟิล์มให้เข้ากับแบบแม่พิมพ์แล้วใช้ลมดูดเข้าให้ติดกับแม่พิมพ์แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการขึ้นรูป [33]

3.3) การปลอดชิ้นงานออกจากพิมพ์ใช้ลมในการเป่าออกเพื่อไม่ให้แผ่นฟิล์มที่เข้ารูปแล้วเสียหายจากการแกะด้วยมือขั้นตอนนี้อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ สำหรับเครื่องขนาดเล็กแต่ในระดับอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีเพราะแรงคนไม่สามารถปลดชิ้นงานจากแม่พิมพ์ได้

4. ขั้นตอนการตัด คือ การตัดชิ้นงานด้วยเครื่องตัดอัตโนมัติส่วนประกอบในขั้นตอนนี้ประกอบด้วยมีดตัดชิ้นงาน แผ่นเขียงไม้ และ แผ่นเขียงพลาสติกลองตัด

5. ขั้นตอนการเคาะเศษ คือ การแยกเศษที่ถูกตัดแล้วออกจากชิ้นงานโดยการเคาะและเขย่าเพื่อให้เศษพลาสติกที่ไม่ใช้แล้วออกจากชิ้นงานเพื่อให้พนักงานตรวจสอบคุณภาพได้ทำงานได้ง่ายขึ้น

6. ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน คือ ตรวจดูชิ้นงานโดยพนักงานมีการตรวจดูชิ้นงานทุกชิ้นเพื่อจะแยกของดีกับของเสียให้ออกจากกัน

7. ขั้นตอนการบรรจุหีบห่อ คือ ชิ้นงานที่ถูกตรวจสอบด้วยสายตาแล้วผ่านก็นำมาบรรจุลงกล่อง

8. ขั้นตอนการเก็บรักษาเข้าคงคลัง คือ เพื่อเก็บรักษางานเพื่อรอวันส่งจะส่งงานอาทิตย์ละ 2 วัน คือวันพฤหัสบดี กับ วันเสาร์

9. ขั้นตอนทำลายของเสีย คือ งานที่ไม่ผ่านการตรวจสอบด้วยสายตาก็จะนำมาทิ้งที่จุดเก็บของเสียเพื่อรอจำหน่ายให้พนักงานเก็บเศษพลาสติก

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของขั้นตอนการผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันเรียบร้อยแล้วเมื่อมาศึกษาสภาพปัญหาพบว่า บริษัทกรณีศึกษามีรูปแบบการผลิตอยู่ 2 รูปแบบ ที่จะต้องใช้เครื่องจักรรุ่น MODEL:VFK-80/60SFT เป็นเครื่องจักรประเภทขึ้นรูปแบบสุญญากาศเมื่อผลิตชิ้นงานรูปแบบที่ 1 ครบตามยอดสั่งผลิตแล้วก็จะต้องมาปรับเปลี่ยนงานรูปแบบที่ 2 ต่อเพื่อให้ทันส่งตรงต่อเวลาที่ลูกค้ากำหนดแล้วเวลาที่สูญเสียไปจากการปรับตั้งเครื่องจักรควรใช้เวลาการปรับตั้งให้น้อยที่สุดเพื่อลดความสูญเปล่าจากการรอคอยของพนักงานตรวจสอบคุณภาพ ดังรูปที่ 3.3 รูปแบบกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน

รูปแบบที่ 1
ชื่อ กล่องบรรจุแปรงขัดฟัน แบบ ไอ
เนื่องจากมีรูปแบบของแปรงคล้ายรูปตัว ไอ จึงเรียกกล่องบรรจุแบบไอ

รูปแบบที่ 2
ชื่อ กล่องบรรจุแปรงขัดฟันแบบแอล
เนื่องจากมีรูปแบบของแปรงคล้ายรูปตัว แอล จึงเรียกกล่องบรรจุแบบแอล

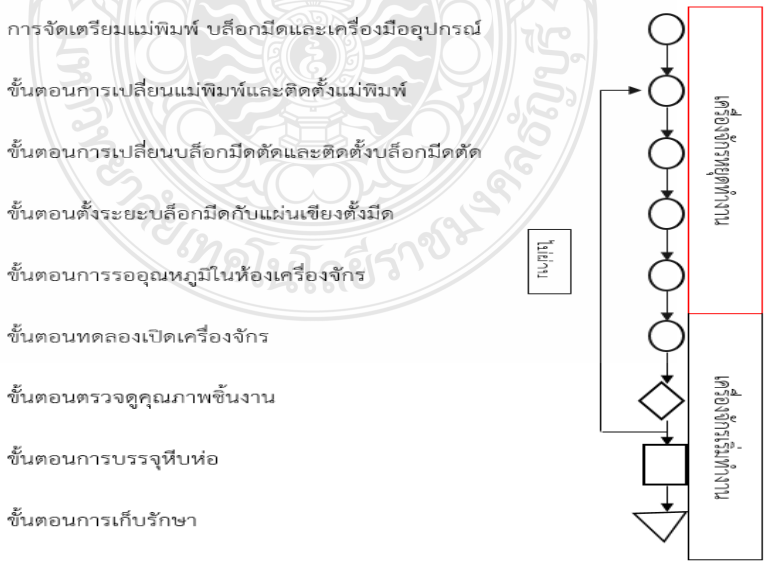
รูปที่ 3.3 รูปแบบกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน

ศึกษาขั้นตอนการผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันโดยการตั้งกล้องบันทึกวีดีโอขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรโดยมีการสุ่มเก็บข้อมูลเวลา 10 ครั้ง เก็บข้อมูลการปรับตั้งเครื่องระหว่างเดือนกันยายน – พฤศจิกายน 2562 เพื่อหาเวลาเฉลี่ยของการปรับตั้งเครื่องจักรเปรียบเทียบกับเวลาที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด พบว่ามีการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันมีการปรับตั้งเครื่องเฉลี่ยเดือนละ 3 ครั้งแสดงดังตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตชิ้นงานกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน

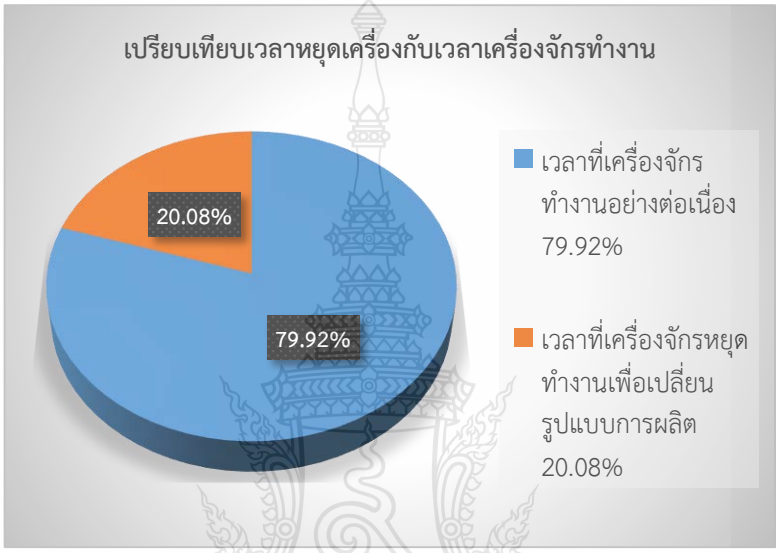
ขั้นตอน	ผลการจับเวลา (วินาที)				
ครั้งที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
เวลาปรับตั้งเครื่องจักร A (วินาที)	4816.12	4866.97	4837.46	4814.63	4865.33
	6	**7**	**8**	**9**	**10**
	4866.98	4815.96	4863.38	4883.62	4892.41
ค่าเวลาเฉลี่ย (วินาที)	4852.25 วินาที				
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	325.77				

จากตารางที่ 3.1 สามารถอธิบายได้ว่าเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรใช้เวลางานย่อยแต่ละงานไม่เท่ากัน บางก็ใช้เวลาเกิน 2 นาที บางงานใช้เวลาทำงานไม่เกิน 2 นาที ผู้วิจัยจึงทำการเก็บข้อมูลที่ 10 ครั้ง เพื่อให้เหมาะสมการเก็บข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรใช้เวลาเฉลี่ยสูงกว่าเวลาเฉลี่ยของเป้าหมายที่บริษัทกรณีศึกษา เนื่องจากใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องเกินเวลาที่กำหนดเพราะมีขั้นตอนการทำงานย่อยหลายขั้นตอน และ การทำงานยังไม่จัดลำดับขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสมให้กับพนักงาน แสดงดังรูปที่ 3.4 แผนผังขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน



รูปที่ 3.4 แผนผังขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน

จากรูปที่ 3.4 เมื่อนำเวลามาเทียบเป็นร้อยละของการทำงาน 1 วัน เวลาทำงาน 8 ชม. พบว่าเวลาในการทำงานของเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศอย่างต่อเนื่องเท่ากับ 79.92 % และเวลาในการหยุดเครื่องจักรเพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตเท่ากับ 20.08 % ซึ่งจะเห็นได้ว่าเวลาในการหยุดเครื่องจักรเพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตทำให้เกิดเวลาสูญเสียดังนั้นจึงควรปรับปรุงขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้เวลาน้อยที่สุดให้ต่ำกว่าที่บริษัทกรณีศึกษากำหนดไว้ แสดงดังรูปที่ 3.5 เปรียบเทียบเวลาหยุดเครื่องกับเวลาเครื่องจักรทำงาน



รูปที่ 3.5 เปรียบเทียบเวลาหยุดเครื่องกับเวลาเครื่องจักรทำงาน

3.2 ศึกษาขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร

จากการศึกษาแผนผังขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรมีขั้นตอน จะต้องทำงานตอนที่เครื่องจักรหยุดทำงานแล้วเท่านั้น เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรนานเกินเป้าหมายของบริษัทกรณีศึกษาส่งผลให้เกิดความสูญเปล่าจากการรอคอยการปรับตั้งเครื่องจักร ทำให้พนักงานเกิดการรอคอย มีขั้นตอนอยู่ 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

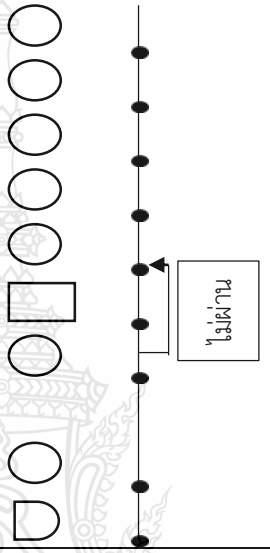
3.2.1 ขั้นตอนการจัดเตรียมแม่พิมพ์ บล็อกมีดตัดและเครื่องมืออุปกรณ์
3.2.2 ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์
3.2.3 ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด
3.2.4 ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด
3.2.5 ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร

นำ 5 ขั้นตอนหลักมาเขียนขั้นตอนการทำงานย่อยๆได้ดังตารางที่ 3.2 โดยใช้แผนผังของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร

ตารางที่ 3.2 แผนผังของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง

รายละเอียดกระบวนการย่อยๆ	สัญลักษณ์กระบวนการ	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	เวลารวม (วินาที)
1.ขั้นตอนการจัดเตรียมแม่พิมพ์ บล็อกมีดตัด และเครื่องมืออุปกรณ์			ขั้นตอนที่1
1.1 เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์		32.64	
1.2 เดินไปหยิบบล็อกมีด		31.03	115.34
1.3 เดินไปหยิบแผ่นเขียงตั้งมีดที่ห้องช่าง		51.67	
2.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์			ขั้นตอนที่2
2.1 ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก		127.70	
2.2 ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก		57.50	
2.3ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก		320.50	
2.4 ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น		148.90	951.19
2.5 ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ		50.00	
2.6 ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด		107.77	
2.7 ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น		23.31	
2.8 ใส่ตะแกรงที่ตัวกด		115.51	
3.ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด			ขั้นตอนที่3
3.1 เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก		311.10	
3.2 ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก		67.79	
3.3 ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้		181.90	
3.4 ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้		66.80	1014.38
3.5 ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้		127.58	
3.6 ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น		75.73	
3.7 ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีด		85.40	
3.8 ยกมีดขึ้นเครื่องจักร		81.19	
3.9 ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง		16.89	

ตารางที่ 3.2 แผนผังของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

รายละเอียดกระบวนการย่อยๆ	สัญลักษณ์กระบวนการ	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	เวลารวม (วินาที)
4.ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด			ขั้นตอนที่4
4.1 เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด		307.50	
4.2 ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงตั้งมีด		207.39	
4.3 ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก		43.04	
4.4 เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่		77.28	956.73
4.5 ทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า		192.22	
4.6 ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงาน		72.80	
4.7 ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด		56.50	
5.ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร			ขั้นตอนที่5
5.1.ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร		14.60	1814.61
5.2 รออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร		1800.01	

สรุปตารางที่ 3.2 สามารถสรุปกิจกรรม และ เวลาได้ดังนี้รวมเวลาทุกขั้นตอนการปฏิบัติงานได้ 4852.25 วินาที แบ่งเป็นการทำงาน 23 ขั้นตอน ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร 1 ขั้นตอน ขั้นตอนการจัดเตรียมแม่พิมพ์ บล็อกมีดตัดและเครื่องมืออุปกรณ์ 3 ขั้นตอนใช้ระยะทาง 216 เมตร และสามารถแบ่งการใช้เวลาแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

1. ขั้นตอนการจัดเตรียมแม่พิมพ์ บล็อกมีดตัด และ เครื่องมืออุปกรณ์ใช้เวลาการทำงานเท่ากับ 115.34 วินาที
2. ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์ และ ติดตั้งแม่พิมพ์ใช้เวลาการทำงานเท่ากับ 951.19 วินาที
3. ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัด และ ติดตั้งบล็อกมีดตัดใช้เวลาการทำงานเท่ากับ 1014.38 วินาที
4. ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีดใช้เวลาการทำงานเท่ากับ 956.73 วินาที
5. ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร ใช้เวลาการทำงานเท่ากับ 1814.61 วินาที

จากขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร ทั้ง 5 ขั้นตอนหลักนี้สามารถนำมาเขียนอธิบายรายละเอียดวิธีการขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรพร้อมรูปภาพประกอบรายละเอียด และ วิธีการขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรได้ดังนี้

1. ขั้นตอนการจัดเตรียมแม่พิมพ์บล็อกมีดตัด และ เครื่องมืออุปกรณ์

เมื่อมีการเขียนเปลี่ยนงานที่กระดานรายการผลิตเครื่องจักรหยุดทำงานช่างก็จะเดินค้นหาเครื่องมือ และ อุปกรณ์เพื่อจะมาปรับตั้งเครื่องจักรในขั้นตอนที่ 2, 3 และ 4 เนื่องจากมีการเปลี่ยนรูปแบบการผลิตอุปกรณ์ที่ต้องใช้ คือ แม่พิมพ์จะอยู่ที่ชั้นแม่พิมพ์บล็อกมีดตัดอยู่ที่ชั้นวางมีด แผ่นเขียงตั้งมีดอยู่ที่ห้องช่าง ไขควง เวอร์เนียคาลิเปอร์ ค้อนยาง และ ค้อนเหล็ก เป็นต้น

2. ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์ และ ติดตั้งแม่พิมพ์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

2.1 ขั้นตอนการถอดแม่พิมพ์เก่าออก

เมื่อผลิตงานครบจำนวนที่ต้องการแล้วหัวหน้าจะมาเขียนสั่งเปลี่ยนรายการผลิตช่างก็จะทำการหยุด เครื่องจักร และ ปิดอุณหภูมิเครื่องจักรจากนั้นถึงจะขันน็อต M4 สกรูหัวแฉกหัวแบนยึดตะแกรง 8 ตัวที่ตัวกดออกและขันน็อต M4 สกรูหัวแฉกหัวกลม 2 ตัว แสดงดังรูปที่ 3.6 ที่ยึดตัวกดออก จากนั้นขันน็อต M4 สกรูหัวแฉกหัวแบนยึดแม่พิมพ์เก่า 8 ตัว ออกยกแม่พิมพ์ลงแสดงดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการถอดน็อตยึดตะแกรงตัวกด

รูปที่ 3.7 แสดงขั้นตอนการถอดแม่พิมพ์

2.2 ขั้นตอนการติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่

เอาตัวกดติดตั้งที่กล่องแม่พิมพ์ล่างขันน็อต M4 สกรูหัวแฉกหัวกลม 2 ตัวหลวมๆให้ตัวกดขยับได้เล็กน้อย และ ตั้งระยะตัวกดกับขอบกล่องแม่พิมพ์ที่ขีดทำเครื่องหมายไว้ แสดงดังรูปที่ 3.8 ระยะการติดตั้งตัวกด จากนั้น ยกแม่พิมพ์ใหม่ขึ้นยึดน็อต M4 สกรูหัวแฉกหัวแบน 8 ตัวกับกล่องแม่พิมพ์ด้านบนขันน็อตให้แน่น แสดงดังรูปที่ 3.9 ขั้นตอนการติดตั้งแม่พิมพ์

รูปที่ 3.8 ระยะการติดตั้งตัวกด

รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการติดตั้งแม่พิมพ์

จากนั้นเป็นขั้นตอนการตั้งระยะประกบของแม่พิมพ์ช่างนำชิ้นงานตัวอย่างมา 10 ชิ้น ประกบเข้าด้วยกันอันละ 2 ชิ้น 5 ตัว แล้วใส่ลองไว้ที่ตัวกดทดลองประกบระหว่างแม่พิมพ์กับตัวกด แสดงดังรูปที่ 3.10

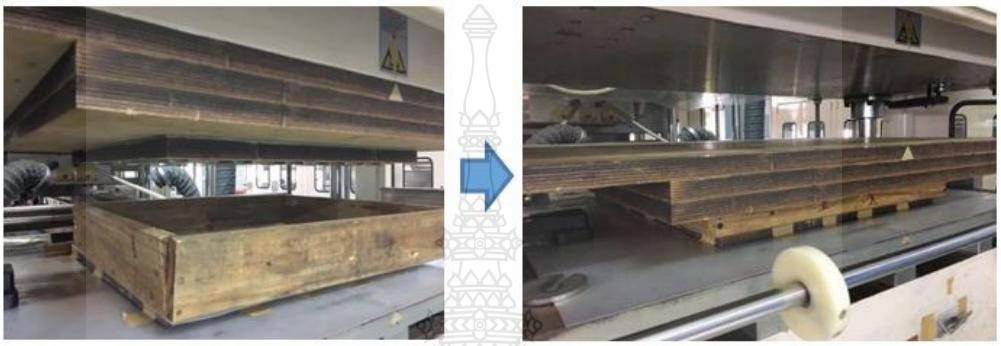
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการทดลองประกบแม่พิมพ์

เสร็จแล้วดูชิ้นงานพลาสติกที่ลองตัวกดว่ามีรอยเบียดระหว่างแม่พิมพ์กับตัวกดหรือเปล่าถ้าไม่มีขันน็อต M4 สกรูหัวแฉกหัวกลม 2 ตัวที่ยึดตัวกดให้แน่นแล้วทดลองประกบอีกหนึ่งครั้งแล้วดูชิ้นงานพลาสติกที่ลองตัวกดว่ามีรอยเบียดระหว่างแม่พิมพ์กับตัวกดหรือเปล่าจากนั้นใส่ตะแกรงยึดน็อต M4 สกรูหัวแฉกหัวแบน 8 ตัวให้แน่น แสดงดังรูปที่ 3.11 ขั้นตอนการขันน็อตยึดตัวกด และ ยึดตะแกรง

รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการขันน็อตยึดตัวกด และ ยึดตะแกรง

3. ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัด และ ติดตั้งบล็อกมีดตัด สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

3.1 ขั้นตอนการถอดมีดเก่าลงช่างจะนำฝาครอบมีดมาเพื่อลองคมมีดไว้เพื่อป้องกันคมมีดไม่ให้ช่างไปจับหรือไปโดนกดสวิตซ์ไฮโดรลิกลง เปิดวาล์วลมออกเพื่อปล่อยตัวล็อกมีดเอาแหวนล็อกออก ปิดลมกดสวิตซ์ยกไฮโดรลิกขึ้นแล้วยกไม้มีดลงจากนั้นขันสกรูเกลียวปล่อยเหล็กหัวเรียบ 4 ตัวออก และยกมีดออก แสดงดังรูปที่ 3.12 ขั้นตอนการยกมีดเก่าลง



รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการยกมีดลง

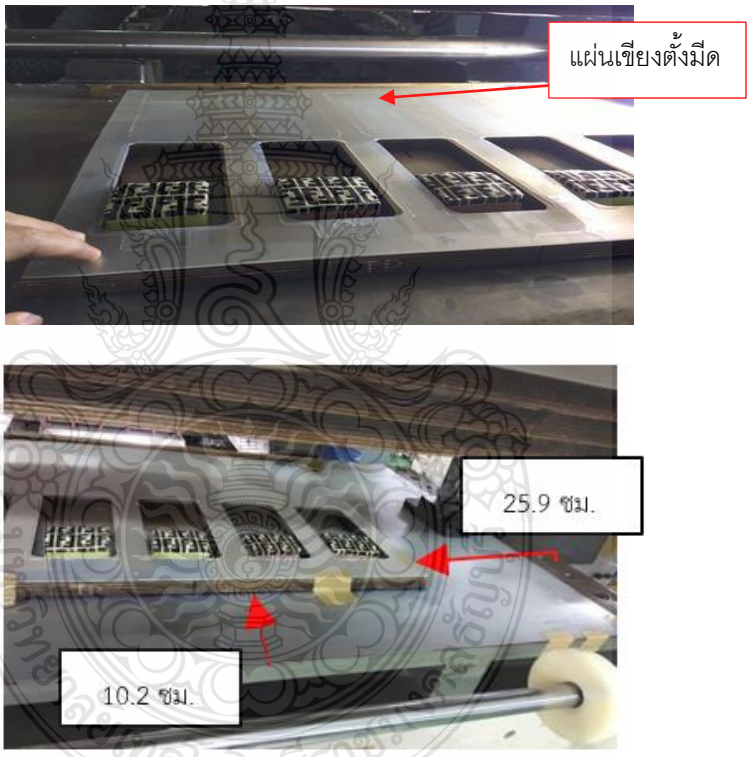
3.2 ขั้นตอนการติดตั้งมีดใหม่ ช่างนำมีดใหม่มาแล้วติดตั้งบล็อกมีดเข้ากับแผ่นไม้วัดระยะบล็อกมีดให้ระยะด้านข้างมีดเท่ากับ 110.80 mm. หรือ 111.00 mm. และ ระยะหัวของมีดเท่ากับ 102.00 mm. แสดงดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 การวัดระยะตั้งบล็อกมีดตัด

เมื่อตั้งระยะมีดเสร็จเรียบร้อยแล้วขันสกรูเกลียวปล่อยเหล็กหัวเรียบ 4 ตัวให้แน่น ใช้ฝาครอบมีดครอบที่คมมีดแล้วยกขึ้นเครื่องจักรเปิดวาล์วลมออกเพื่อปล่อยตัวล็อกมีดเอาแหวนล็อกใส่ทั้งสองข้าง ปิดลมแล้วกดสวิตซ์ยกไฮโดรลิกขึ้น

4. ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด

ช่างจะเปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีดเพื่อตั้งระยะบล็อกมีดกับเขียงรองตัดให้ขอบเสมอกันโดยใช้นิ้วจับสัมผัส และ การสังเกตด้วยตาระยะการตั้งมีดกับเขียงลองตัดจากขอบเหล็กด้านหน้ามีระยะเท่ากับ 10.2 cm. จากระยะขอบเหล็กด้านข้างซ้ายและขวาต้องมีระยะเท่ากันเท่ากับ 25.9 cm. หรือ 26 cm. ตั้งบล็อกมีดกับเขียงรองตัดเสร็จแล้วก็นำแผ่นพลาสติกที่ขึ้นรูปมาทดลองตัดเพื่อดูว่าตัดแล้วได้ชิ้นงานตามคุณภาพหรือไม่แสดงดังรูปที่ 3.14



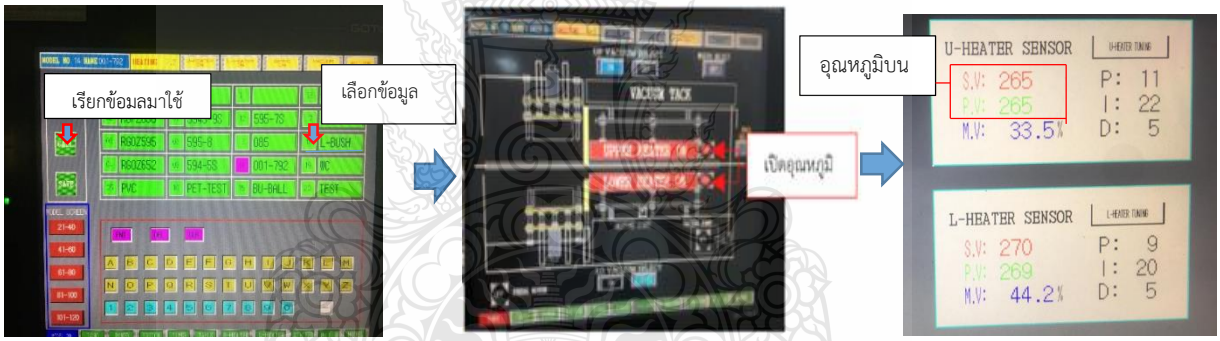
รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการตั้งบล็อกมีดตัดกับแผ่นเขียงตั้งมีด

5. ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร

ระบบทำความร้อนของเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศมีแท่งความร้อนมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมทำจากเซรามิกให้ความร้อนทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่นพลาสติกระบบทำความร้อนแบบใหม่ช่วยลดเวลาในการทำความร้อนและประหยัดพลังงานได้มากถึง 25% แสดงดังรูปที่ 3.15 ระบบทำความร้อน

รูปที่ 3.15 ระบบทำความร้อน

เมื่อตั้งมีดเสร็จเรียบร้อยแล้วช่างก็จะทำการใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักรโดยการเรียกข้อมูลที่ได้เก็บบันทึกไว้ขึ้นมา และ จากนั้นก็เปิดอุณหภูมิเครื่องจักร แล้วจะต้องรออุณหภูมิความร้อนให้ได้ตามเกณฑ์ใช้เวลาในการรออุณหภูมิอย่างน้อย 1800 วินาที ถึงจะเปิดเครื่องได้ โดยการตรวจสอบที่หน้าจอของเครื่องจักร แสดงตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.16 เรียกข้อมูล และ เปิดอุณหภูมิเครื่องจักร เมื่ออุณหภูมิได้แล้วก็ทดลองเปิดเครื่องจักรเพื่อตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานที่ขึ้นรูปว่าตรงตามคุณภาพที่กำหนดหรือไม่



รูปที่ 3.16 เรียกข้อมูล และ เปิดอุณหภูมิเครื่องจักร

ตรวจสอบค่าอุณหภูมิตามค่าต่างๆ ดังนี้

1) SV (Set Value) คือ เป็นตัวแปรที่ใช้ในการกำหนดค่าอุณหภูมิตามที่เราต้องการควบคุม ซึ่งสามารถกำหนดค่านี้ได้ที่ตัวเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
2) PV (Process Value) คือ เป็นตัวแปรที่เกิดจากการอ่านค่าอุณหภูมิผ่านทาง Sensor Input
3) MV คือ Manipulated Variable หรือ สัญญาณควบคุมที่เครื่องควบคุมคำนวณได้มีหน่วยเป็น % (0-100 %)

3.3 การวิเคราะห์กระบวนการทำงานโดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

ศึกษาขั้นตอนการทำงานการปรับตั้งเครื่องจักรทั้ง 5 ขั้นตอนแล้วสามารถนำมาเขียนแผนภูมิการไหลของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร Flow Process Chart เพื่อแบ่งกิจกรรมตามสัญญาลักษณ์ และ จดบันทึกข้อมูลเวลาเฉลี่ยของกิจกรรมย่อยสามารถนำมาเขียนเป็นกิจกรรมย่อยๆได้ดังตารางที่ 3.3 แผนภูมิการไหลของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร

ตารางที่ 3.3 แผนภูมิการไหลของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร Flow Process Chart (ก่อนการปรับปรุง)

แผนภูมิการไหลของกระบวนการ

คำอธิบาย	ระยะทาง (เมตร)	เวลา(วินาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
1.เตรียมอุปกรณ์ , เครื่องมือ				
1.1 เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์	100	32.64		พนักงาน A
1.2 เดินไปหยิบบล็อกมีด	16	31.03		
1.3 เดินไปหยิบแผ่นเขียงตั้งมีดที่ห้องช่าง	100	51.67		
2.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์				
2.1 ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก		127.70		พนักงาน A,B
2.2 ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก		57.50		
2.3 ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก		320.50		
2.4 ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น		148.90		
2.5 ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ		50.00		
2.6 ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด		107.77		
2.7 ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น		23.31		
2.8 ใส่ตะแกรงที่ตัวกด		115.51		
3.การเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด				
3.1 เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก		311.10		
3.2 ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก		67.79		
3.3 ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้		181.90		
3.4 ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้		66.80		

ตารางที่ 3.3 แผนภูมิการไหลของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร Flow Process Chart (ก่อนการปรับปรุง) (ต่อ)

คำอธิบาย	ระยะทาง (เมตร)	เวลา(วินาที)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
			○	⇨	D	□	▽	
3.5 ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้		127.58						พนักงาน A,B
3.6 ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น		75.73						
3.7 ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีด		85.40						
3.8 ยกมีดขึ้นเครื่องจักร		81.19						
3.9 ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง		16.89						
4.ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด								พนักงาน C
4.1 เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด		307.50						
4.2 ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงลองตัด		207.39						
4.3 ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก		43.04						
4.4 เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่		77.28						
4.5 ทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า		192.22						
4.6 ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงาน		72.80						
4.7 ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด		56.50						
5.การเปิดอุณหภูมิเครื่องจักร								
5.1.ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร		14.60						
5.2 รออุณหภูมิเครื่องจักร		1800.01						
รวม	**216**	**4852.25**	**23**	**3**	**1**	**2**	**-**	**3**

จากการวิเคราะห์การทำงานด้วยแผนภูมิการไหลสามารถสรุปกิจกรรม และ เวลาได้ดังนี้

1. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน 23 ขั้นตอน
2. ขั้นตอนการเคลื่อนไหว 3 ขั้นตอน
3. ขั้นตอนการรอคอย 1 ขั้นตอน
4. ขั้นตอนการตรวจสอบ 2 ขั้นตอน
5. ขั้นตอนเก็บรักษา 0 ขั้นตอน
6. จำนวนพนักงานทำงาน 3 คน

3.4 วิเคราะห์กระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรโดยใช้ แบบฟอร์ม Quick Changeover และสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงาน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงคุณภาพวิเคราะห์สาเหตุหลักๆที่ทำให้การใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรนานเกิดเวลาที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด โดยใช้หลักการของเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง 7 QC Tools โดยเริ่มจากการวิเคราะห์กระบวนการโดยใช้ แบบฟอร์ม Quick Changeover ต่อด้วยการสังเกตพนักงานในขณะปฏิบัติงาน และ ใช้แผนภูมิพาเรโตจัดลำดับความสำคัญของปัญหาเพื่อจัดทำสาเหตุของปัญหาดังนี้

1) การวิเคราะห์กระบวนการโดยใช้ แบบฟอร์ม Quick Changeover

เพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน และ แยกขั้นตอนการทำงาน ออกเป็นสองส่วน คือ งานใน และ งานนอกในกระบวนการเปลี่ยนรูปแบบการผลิต

ตารางที่ 3.4 แบบฟอร์ม Quick Changeover

Quick Changeover (QCO-SMED)				
Workstation Details Workstation or Equipment : เปลี่ยนรูปแบบการผลิตที่เครื่องขึ้นรูปแบบสุญญากาศ Referenced Workstation Instructions or Procedures: เปลี่ยนรูปแบบการผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน Quick changeover analysis Initial State:ก่อนการปรับปรุง พนักงานทำงาน : 3 คน				
งานย่อย	รายละเอียดขั้นตอน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	ประเภทของงาน
1	เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์	**100**	32.64	**งานนอก**
2	เดินไปหยิบบล็อกมีด	**16**	31.03	**งานนอก**
3	เดินไปหยิบแผ่นเชียงตั้งมีดที่ห้องช่าง	**100**	51.67	**งานนอก**
4	ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก		127.70	งานใน
5	ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก		57.50	งานใน
6	ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก		320.50	งานใน
7	ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น		148.90	งานใน
8	ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ		50.00	งานใน
9	ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด		107.77	งานใน
10	ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น		23.31	งานใน
11	ใส่ตะแกรงที่ตัวกด		115.51	งานใน
12	เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก		311.10	งานใน
13	ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก		67.79	งานใน

ตารางที่ 3.4 แบบฟอร์ม Quick Changeover (ต่อ)

งานย่อย	รายละเอียดขั้นตอน	เวลา (วินาที)	ประเภทของงาน
14	ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้	181.90	งานใน
15	ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้	66.80	งานใน
16	ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้	127.58	งานใน
17	ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น	75.73	งานใน
18	ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีด	85.40	งานใน
19	ยกมีดขึ้นเครื่องจักร	81.19	งานใน
20	ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง	16.89	งานใน
21	เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด	307.50	งานใน
22	ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงลองตัด	207.39	งานใน
23	ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก	43.04	งานใน
24	เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่	77.28	งานใน
25	ทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า	192.22	งานใน
26	ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงาน	72.80	งานใน
27	ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด	56.50	งานใน
28	ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร	14.60	งานใน
29	รออุณหภูมิเครื่องจักร	1800.01	งานใน
	เวลาเฉลี่ยรวม (วินาที)	4852.25 (วินาที)	
	ระยะทาง (เมตร)	216 (เมตร)	
	งานตั้งเครื่องภายใน	**4736.91 (วินาที)**	
	งานตั้งเครื่องภายนอก	**115.34 (วินาที)**	

จากตารางที่ 3.4 ซึ่งงานบางอย่างสามารถทำให้เสร็จก่อนที่เครื่องจะหยุดทำงานเพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิต เช่น การจัดเตรียมชิ้นส่วนเครื่องมือ และ นำเครื่องมือกับอุปกรณ์ต่างๆ เข้าใกล้เครื่องจักรสามารถแยกให้เป็นงานภายนอกได้ 3 ขั้นตอน คือ 1.เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์ 2.เดินไปหยิบบล็อกมีด และ 3.เดินไปหยิบแผ่นเขียงตั้งมีดที่ห้องช่างเมื่อมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตพนักงานก็ทำงานปรับตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์และเครื่องมือเมื่อต้องการใช้ก็จะเดินค้นหาอุปกรณ์ตามสถานที่ ที่เอาไปเก็บไว้จึงทำให้ใช้เวลาในการเดินค้นหาอุปกรณ์ 115.34 วินาทีมี ระยะทาง 216 เมตร เมื่อได้ศึกษาวิเคราะห์ปัญหาและทำการปรับปรุงแก้ไขแล้วจึงได้สำรวจอุปกรณ์ และ เครื่องมือที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรจัดเตรียมไว้ล่วงหน้าโดยการจัดเตรียมใส่ไว้ในรถเข็นเครื่องมือและอุปกรณ์แสดงดังรูปที่ 3.17 รถเข็นเครื่องมือ ส่วนขั้นตอนย่อยอื่นผู้วิจัยมองเห็นว่ายังมีงานภายนอกที่ยังประปนอยู่กับงานภายในอยู่จึงต้องทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาต่อไป

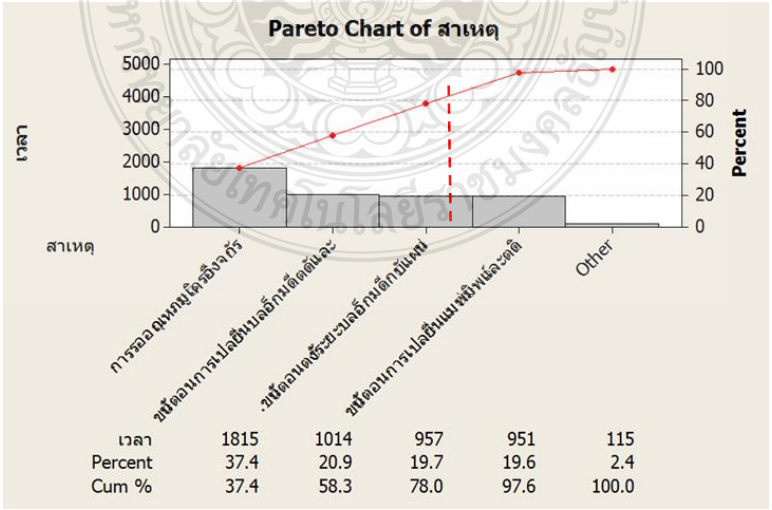
รูปที่ 3.17 รถเข็นเครื่องมือ

สังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติงาน

ซึ่งอาจจะมาจากพนักงานขาดความรู้ความชำนาญเนื่องจากมีขั้นตอนการทำงานหลายขั้นตอน ทำให้ไม่รู้ว่าควรทำงานขั้นตอนไหนก่อนทำให้พนักงานยืนเฉยๆไม่ทำงานเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรจึงนานเกินเป้าหมาย และ ยังมีขั้นตอนย่อยที่ต้องหยุดเครื่องจักรเสมอเพื่อตรวจสอบรอยตัดที่ชิ้นงานจึงทำให้เกิดการสูญเสียเวลาในการผลิต เป็นต้น

3.5 จัดลำดับความสำคัญของปัญหาด้วยแผนภาพพาเรโต

เป็นเครื่องมือที่ใช้แสดงรายละเอียดของสิ่งที่เราสนใจในรูปแบบของกราฟผสมระหว่างกราฟแท่งกับกราฟเส้นโดยเรียงลำดับของปัญหาในแต่ละหัวข้อตามลำดับความถี่มากไปหาความถี่ที่น้อยกว่า นำเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร แยกตามสาเหตุที่ใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องแสดงผลด้วยกราฟ Pareto เรียงลำดับจากใช้เวลามากที่สุดไปหาน้อยแสดงดังรูปที่ 3.18 แผนภูมิพาเรโต



รูปที่ 3.18 แผนภูมิพาเรโต

จากรูปที่ 3.18 พบว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดการใช้เวลานาน มี 4 ขั้นตอน ได้แก่

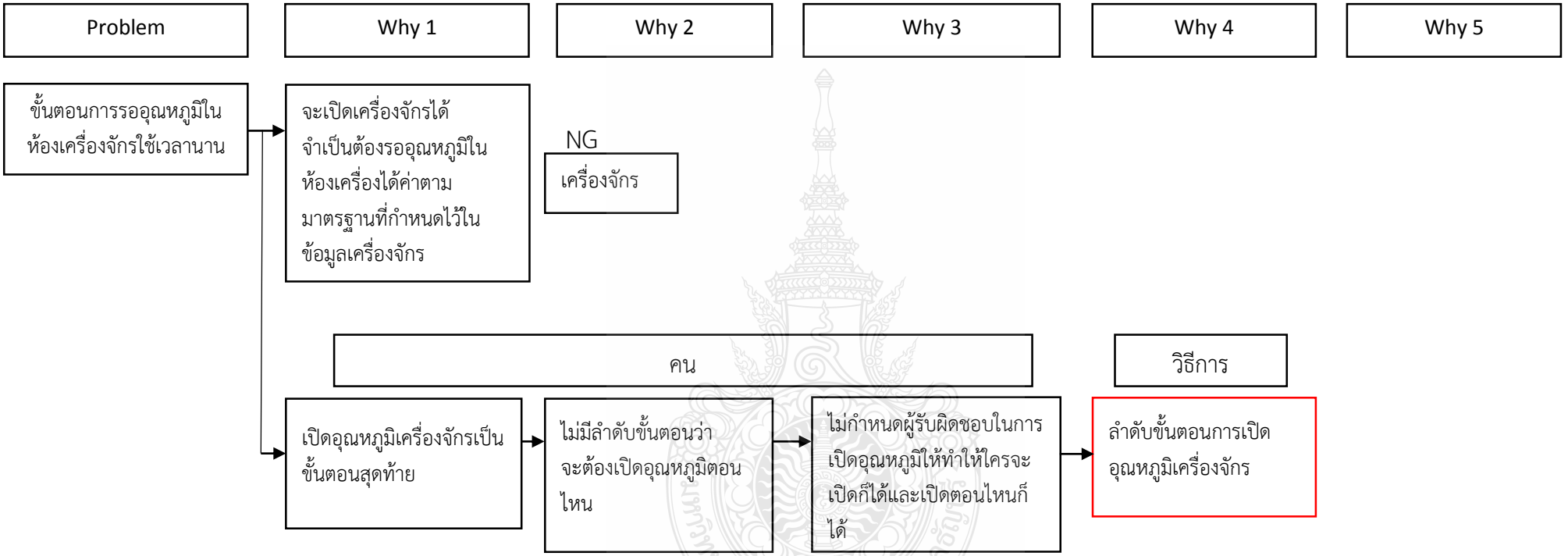
1) ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักรร้อยละ	37.4
2) ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีดร้อยละ	20.9
3) ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัด และ ติดตั้งบล็อกมีดตัดร้อยละ	19.7
4) ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์ และ ติดตั้งแม่พิมพ์ร้อยละ	19.6

ซึ่งจากกฎของพาเรโต ให้แก้ไขเลือกสาเหตุของปัญหาที่ 80 % จากขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์ และ ติดตั้งแม่พิมพ์ มี 97.6 % ผู้วิจัยจึงพิจารณาดูเวลาที่ใช้ในขั้นตอนนี้ว่ามีเวลาเฉลี่ยสูงใกล้เคียงกับขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัด และ ติดตั้งบล็อกมีดตัด จึงเลือกสาเหตุที่ 4 ด้วยเพื่อมาหาแนวทางแก้ไขลดเวลาการปรับตั้ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงโฟกัสแก้ไขสาเหตุของปัญหา 4 เรื่องนี้ก่อนจากนั้นค่อยไปแก้ไขเรื่องอื่นๆ ทีหลัง เป็นต้น

3.6 การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา

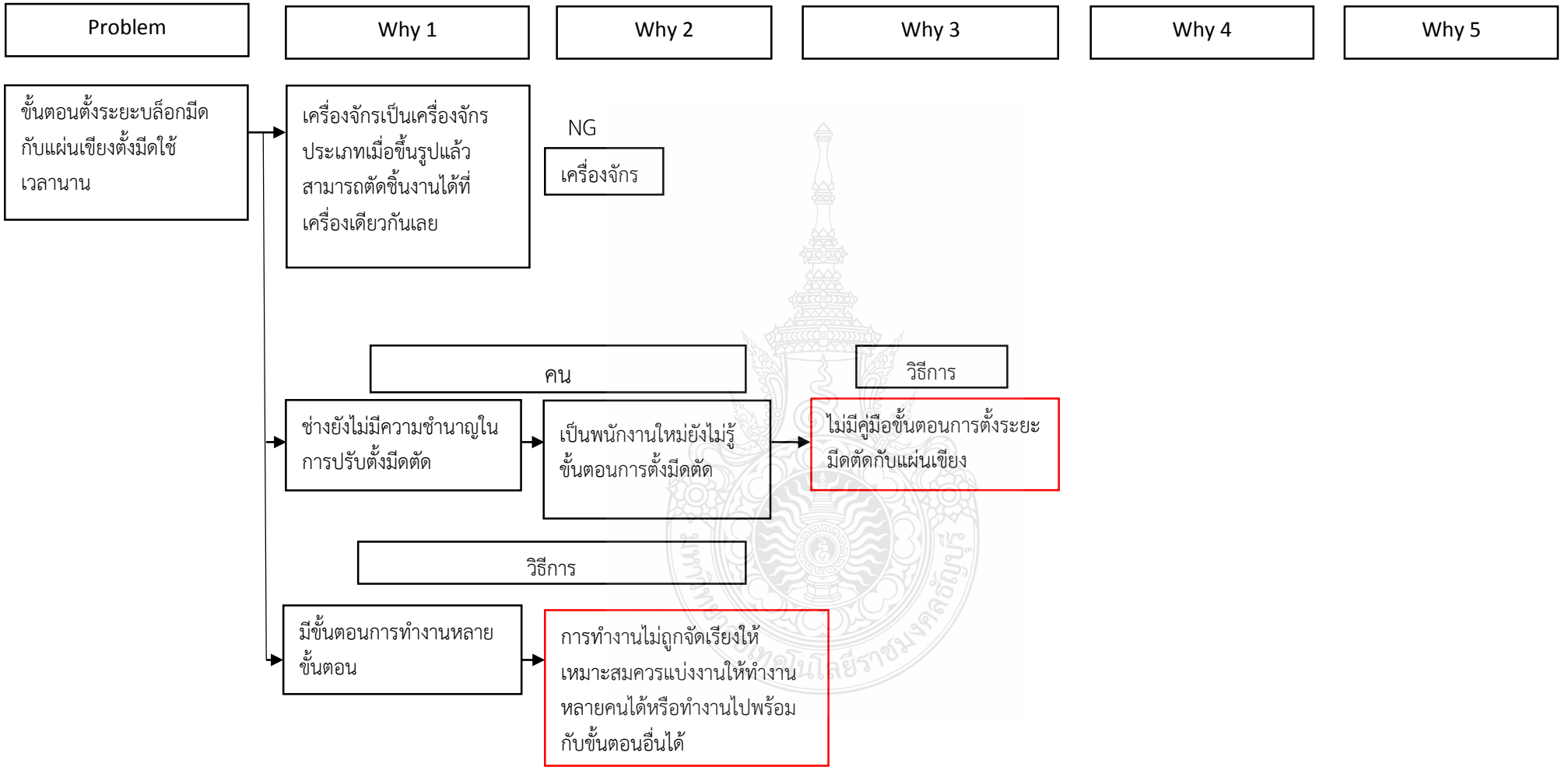
การวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริงของปัญหาทำลักษณะกิจกรรมกลุ่มย่อย (Small Group Activity) เป็นการรวมกลุ่มคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องในขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน ประกอบด้วย หัวหน้าช่างควบคุมเครื่องจักร และ ช่างซ่อมบำรุง โดยการนำหลักการ Why-Why analysis มาร่วมวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริงของปัญหาดังกล่าว ดังรูปที่ 3.19 การวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดการใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรนานเกินค่าเป้าหมายที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด โดยหลักการ Why-Why Analysis

การวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดการใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรนานเกินค่าเป้าหมายที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด โดยหลักการ Why-Why Analysis



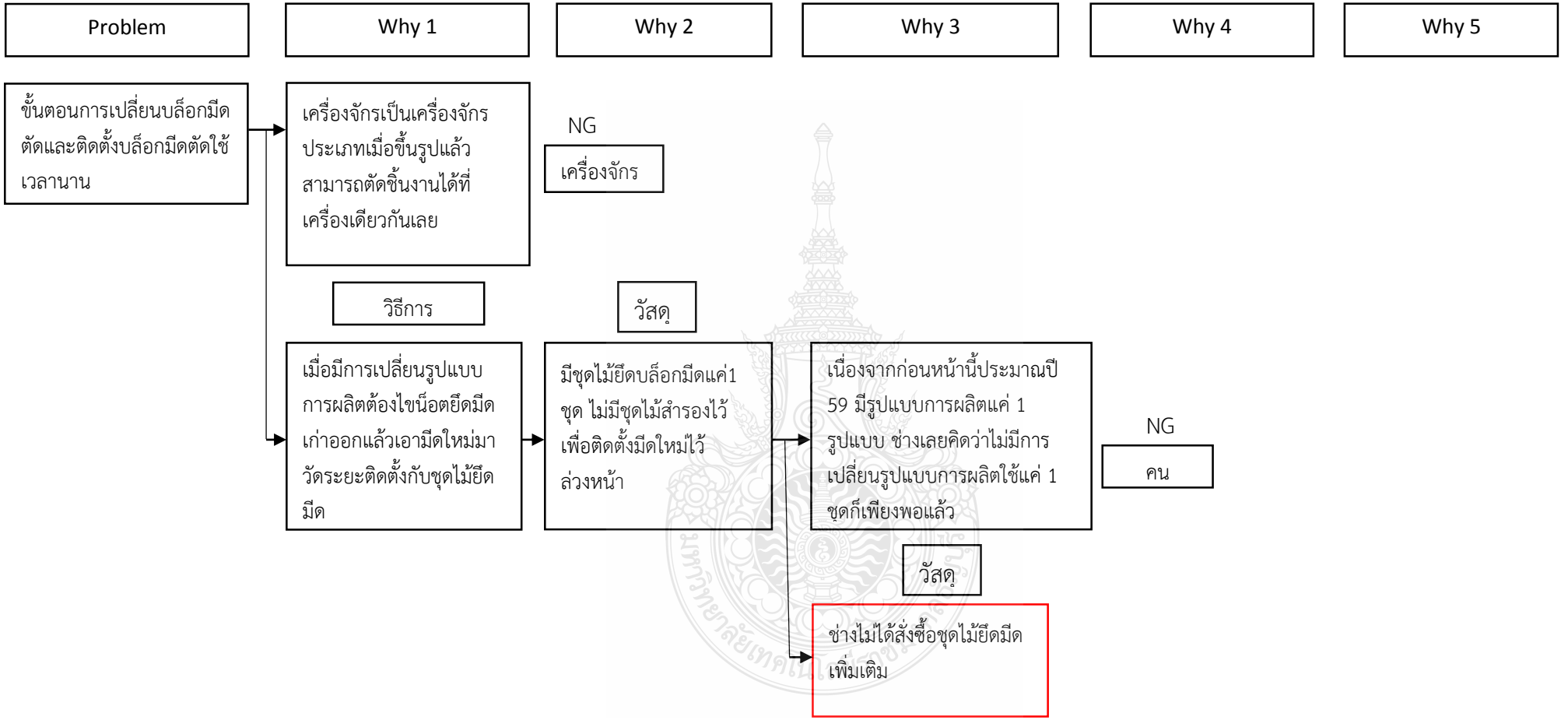
รูปที่ 3.19 การวิเคราะห์หาสาเหตุโดยหลักการ Why-Why Analysis

การวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดการใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรนานเกินค่าเป้าหมายที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด โดยหลักการ Why-Why Analysis (ต่อ)



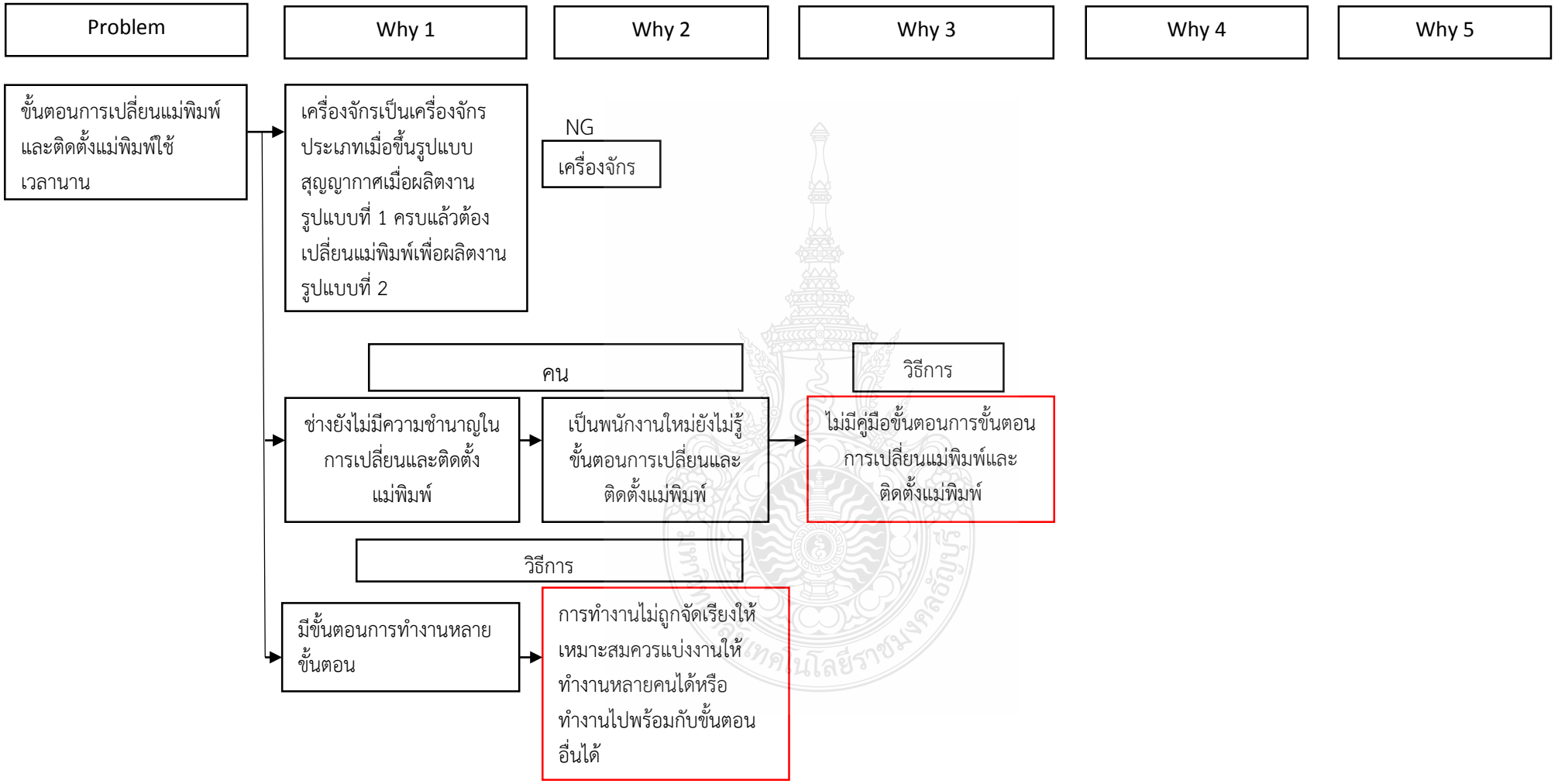
รูปที่ 3.19 การวิเคราะห์หาสาเหตุโดยหลักการ Why-Why Analysis

การวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดการใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรนานเกินค่าเป้าหมายที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด โดยหลักการ Why-Why Analysis (ต่อ)



รูปที่ 3.19 การวิเคราะห์หาสาเหตุโดยหลักการ Why-Why Analysis

การวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดการใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรนานเกินค่าเป้าหมายที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด โดยหลักการ Why-Why Analysis (ต่อ)



รูปที่ 3.19 การวิเคราะห์หาสาเหตุโดยหลักการ Why-Why Analysis

การวิเคราะห์โดยหลักการตั้งคำถามว่าทำไม และ ตอบคำถามจนถึงสาเหตุที่แท้จริงปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์สาเหตุประกอบด้วยการไปทำงานที่สถานที่ทำการจริง การดูสังเกต จับต้องชิ้นงานได้จริง และ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง คือ การใช้เวลาปรับตั้งเครื่องนานเกินบริษัทกรณีศึกษากำหนดผลการวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริงของปัญหาทั้ง 4 ประเภท สามารถสรุปสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาดังตารางที่ 3.5 แต่เนื่องจากบางสาเหตุส่งผลต่อปัญหามากกว่า 1 ปัญหา

ตารางที่ 3.5 สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาทั้ง 4 ประเภท ที่ใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องนาน

ประเภทของปัญหา	สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา
1. ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร	1.ช่างไม่มีลำดับขั้นตอนการเปิดอุณหภูมิเครื่องจักร
2.ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด	1.ไม่มีคู่มือขั้นตอนการตั้งระยะมีดตัดกับแผ่นเขียง 2.การทำงานไม่ถูกจัดเรียงให้เหมาะสมควรแบ่งงานให้ทำงานหลายคนได้หรือทำงานไปพร้อมกับขั้นตอนอื่นได้
3.ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและ ติดตั้งบล็อกมีดตัด	1.ช่างไม่ได้สั่งซื้อชุดไม้ยึดมีดเพิ่มเติม
4.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์	1.ไม่มีคู่มือขั้นตอนการขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์ และ ติดตั้งแม่พิมพ์ 2.การทำงานไม่ถูกจัดเรียงให้เหมาะสมควรแบ่งงานให้ทำงานหลายคนได้หรือทำงานไปพร้อมกับขั้นตอนอื่นได้

จากตารางที่ 3.5 ได้สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาแล้วโดยการใช้หลักการ Why-Why Analysis แล้วเพื่อไปสู่การหาแนวทางปรับปรุงแก้ไข้ โดยผู้วิจัยจึงนำเทคนิค 5W1H และ หลักการ ECRS ทำการลดความสูญเปล่าหรือ MUDA ลง ให้ใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละครั้งลดลง ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เป็นต้น

3.7 ทำการวิเคราะห์สาเหตุและหาแนวทางแก้ไขโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และหลักการ ECRS

การใช้เทคนิค 5W1H ร่วมกับหลักการ ECRS เป็นแนวทางในการตรวจพิจารณาปัญหาอย่างรอบคอบไม่ว่าปัญหานั้นจะเป็นงานวิเคราะห์ทั้งระบบหรือแค่บางส่วนของระบบโดยการวิเคราะห์ปัญหาโดยการใช้เทคนิค 5W1H ในการวิเคราะห์แบบแก้ปัญหาส่วนหลักการ ECRS เป็นหลักการที่ประกอบด้วยการกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และ การทำให้

ง่ายขึ้น (Simplify) ซึ่งเป็นหลักการง่ายที่สามารถใช้ในการเริ่มต้นลดความสูญเปล่าลงได้แสดงดังตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิค 5W1H กับหลักการ ECRS

ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิค 5W1H

ปัญหา	5W1H		
	ประเด็น	**สถานะปัจจุบัน**	**เหตุผล**
1. ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร	1.จุดประสงค์ (อะไร)	เพื่อจัดเรียงขั้นตอนการเปิดอุณหภูมิใหม่	จะเปิดเครื่องจักรได้จำเป็นต้องรออุณหภูมิในห้องเครื่องได้ค่าตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในข้อมูลเครื่องจักร
	2.สถานที่ (ที่ไหน)	ห้องทำอุณหภูมิ	เป็นที่ที่ให้ความร้อนแก่แผ่นพลาสติก
	3.ลำดับขั้น (เมื่อใด)	เปิดอุณหภูมิเป็นขั้นตอนสุดท้าย	ไม่มีลำดับขั้นตอนการเปิดอุณหภูมิเครื่องจักร
	4.บุคลากร (ใคร)	ช่าง	หน้าที่รับผิดชอบ
	5.วิธีการ (อย่างไร)	ไม่แบ่งหน้าที่การเปิดอุณหภูมิให้ทำให้ใครจะเปิดก็ได้และเปิดตอนไหนก็ได้	ไม่มีลำดับขั้นตอนการเปิดอุณหภูมิที่ชัดเจน
2.ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด	1.จุดประสงค์ (อะไร)	ปรับปรุงขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด	ให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้น
	2.สถานที่ (ที่ไหน)	เครื่องปั๊มตัด	เป็นที่ตัดชิ้นงาน
	3.ลำดับขั้น (เมื่อใด)	ตั้งมีดเสร็จแล้วมีการทดลองตัดชิ้นงานเพื่อดูรอยตัด	เพื่อตรวจดูเซ็คระยะบล็อกมีดกับเขียงลองตัด
	4.บุคลากร (ใคร)	ช่าง	หน้าที่รับผิดชอบ
	5.วิธีการ (อย่างไร)	มีขั้นตอนการทำงานย่อยๆ หลายขั้นตอน	การทำงานไม่ถูกจัดเรียงให้เหมาะสมควรแบ่งงานให้ทำงานหลายคนได้หรือทำงานไปพร้อมกับขั้นตอนอื่นได้

ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิค 5W1H (ต่อ)

ปัญหา	5W1H		
	ประเด็น	สถานะปัจจุบัน	เหตุผล
3.ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและ ติดตั้งบล็อกมีดตัด	1.จุดประสงค์ (อะไร)	ปรับปรุงขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัด และติดตั้งบล็อกมีดตัด	ให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้น
	2.สถานที่ (ที่ไหน)	หน้าเครื่องปั๊มตัด	ใกล้เครื่องจักร
	3.ลำดับขั้น (เมื่อใด)	ยกมีดเก่าที่เครื่องปั๊มตัดลงแล้วเปลี่ยนบล็อกมีดตัด	เมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบการผลิต
	4.บุคลากร (ใคร)	ช่าง	หน้าที่รับผิดชอบ
	5.วิธีการ (อย่างไร)	เมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบการผลิตต้องไขนอตยึดมีดเก่าออกแล้วเอามีดใหม่มาวัดระยะติดตั้งกับชุดไม้ยึดมีด	มีชุดไม้ยึดบล็อกมีดแค่1ชุด ไม่มีชุดไม้สำรองไว้เพื่อติดตั้งมีดใหม่ไว้ล่วงหน้า
4.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์ และ ติดตั้งแม่พิมพ์	1.จุดประสงค์ (อะไร)	ปรับปรุงขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์ และ ติดตั้งแม่พิมพ์	ให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้น
	2.สถานที่ (ที่ไหน)	ห้องขึ้นรูป	เป็นห้องขึ้นรูปซึ่งจะประกอบด้วยแม่พิมพ์ที่ทำการขึ้นรูปแบบ
	3.ลำดับขั้น (เมื่อใด)	เมื่อมีการหยุดเครื่องเพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิต	เครื่องจักรเป็นเครื่องจักรประเภทเมื่อขึ้นรูปแบบสุญญากาศเมื่อผลิตงานรูปแบบที่ 1 ครบแล้วต้องเปลี่ยนแม่พิมพ์เพื่อผลิตงานรูปแบบที่ 2
	4.บุคลากร (ใคร)	ช่าง	หน้าที่รับผิดชอบ
	5.วิธีการ (อย่างไร)	มีขั้นตอนการทำงานย่อยๆ หลายขั้นตอน	การทำงานไม่ถูกจัดเรียงให้เหมาะสมควรแบ่งงานให้ทำงานหลายคนได้หรือทำงานไปพร้อมกับขั้นตอนอื่นได้

ตารางที่ 3.7 แนวทางแก้ไขด้วยหลักการ ECRS ใช้แก้ไขแต่ละขั้นตอนการทำงาน

รายละเอียดกระบวนการย่อยๆ	สัญลักษณ์กระบวนการ	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	หลักการ ECRS
1.ขั้นตอนการจัดเตรียมแม่พิมพ์ บล็อกมีดตัดและเครื่องมืออุปกรณ์			
1.1 เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์		32.64	S
1.2 เดินไปหยิบบล็อกมีด		31.03	
1.3 เดินไปหยิบแผ่นเขียงตั้งมีดที่ห้องช่าง		51.67	
2.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์			
2.1 ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก		127.70	
2.2 ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก		57.50	
2.3 ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก		320.50	
2.4 ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น		148.90	
2.5 ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ		50.00	
2.6 ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด		107.77	
2.7 ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น		23.31	
2.8 ใส่ตะแกรงที่ตัวกด		115.51	
3.ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด			
3.1 เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก		311.10	
3.2 ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก		67.79	S
3.3 ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้		181.90	
3.4 ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้		66.80	
3.5 ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้		127.58	
3.6 ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น		75.73	
3.7 ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีด		85.40	
3.8 ยกมีดขึ้นเครื่องจักร		81.19	
3.9 ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง		16.89	
4.ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด			

ตารางที่ 3.7 แนวทางแก้ไขด้วยหลักการ ECRS ใช้แก้ไขแต่ละขั้นตอนการทำงาน (ต่อ)

รายละเอียดกระบวนการย่อยๆ	สัญลักษณ์กระบวนการ	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	หลักการ ECRS
4.1 เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด		307.50	
4.2 ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงตั้งมีด		207.39	
4.3 ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก		43.04	
4.4 เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่		77.28	
4.5 ทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า	ไม่ผ่าน	192.22	E
4.6 ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงาน		72.80	
4.7 ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด		56.50	
5.ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร			
5.1.ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร		14.60	R
5.2 รออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร		1800.01	

จากการวิเคราะห์พบว่าตารางที่ 3.7 ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรมีความสูญเสียเวลาในการเคลื่อนไหวในการจัดเตรียมเครื่องมือ,อุปกรณ์ และ ขั้นตอนการรออุณหภูมิถูกเปิดอุณหภูมิเป็นขั้นตอนสุดท้ายทำให้เสียเวลาการรอคอยโดยไม่เกิดประโยชน์ ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัด และ ติดตั้งบล็อกมีดตัดมีบางขั้นตอนย่อย คือ ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก, ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้, ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้, ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้, ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น สามารถทำให้ง่ายขึ้นโดยจัดเตรียมชุดมีดอีก 1 ชุดไว้ล่วงหน้า แสดงดังรูปที่ 3.20 จัดเตรียมชุดบล็อกมีดตัด สามารถลดเวลา และ ระยะทางเพื่อให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้น และ เร็วขึ้นสามารถสรุปสาเหตุ และหาแนวทางแก้ไขได้ดังตารางที่ 3.8

รูปที่ 3.20 จัดเตรียมชุดบล็อกมีดตัด

ตารางที่ 3.8 สรุปสาเหตุ และ หาแนวทางแก้ไข

ประเภทของปัญหา	สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา	หลักการ ECRS แนวทางแก้ไข
ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักรใช้เวลานาน	1.ช่างไม่มีลำดับขั้นตอนการเปิดอุณหภูมิเครื่องจักร	1.จัดเรียงใหม่ (Rearrange) ให้ขั้นตอนการเปิดอุณหภูมิเครื่องจักเปิดทันทีเมื่อเครื่องจักรหยุดทำงาน จัดให้เป็นขั้นตอนแรกในการเริ่มทำงานปรับตั้งเครื่องจักร
ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีดใช้เวลานาน	1.ไม่มีคู่มือขั้นตอนการตั้งระยะมีดตัดกับแผ่นเขียง 2.การทำงานไม่ถูกจัดเรียงให้เหมาะสมควรแบ่งงานให้ทำงานหลายคนได้หรือทำงานไปพร้อมกับขั้นตอนอื่นได้	1. อบรมและจัดทำคู่มือปฏิบัติงานให้กับพนักงาน 2.การกำจัด(Eliminate)ขั้นตอนทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า, ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงานและตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัดออกเป็นขั้นตอนที่ทำได้ตอนเครื่องจักรทำงานแล้วได้ 2.1 แบ่งงานให้พนังงานทำ เพื่อให้สามารถทำงานในตำแหน่งอื่นไปพร้อมกันได้
ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัดใช้เวลานาน	1.ช่างไม่ได้สั่งซื้อชุดไม้ยึดมีดเพิ่มเติมมีชุดไม้แค่ 1 ชุด	1.การทำให้ง่าย(Simplify) โดยการออกแบบชุดไม้ใหม่ให้สามารถปรับเปลี่ยนได้อย่างรวดเร็ว หรือ จัดการสั่งทำชุดไม้ยึดมีดอีก 1 ชุด ไว้เพื่อสามารถจัดเตรียมมีดอีกชุดไว้ล่วงหน้าได้ ทำให้ลดเวลาในขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัด และ ติดตั้งบล็อกมีดตัดลงได้ เหลือแค่บางขั้นตอนที่ไม่สามารถทำการจัดเตรียมได้
ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์ และติดตั้งแม่พิมพ์ใช้เวลานาน	1.ไม่มีคู่มือขั้นตอนการขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์ 2.การทำงานไม่ถูกจัดเรียงให้เหมาะสมควรแบ่งงานให้ทำงานหลายคนได้หรือทำงานไปพร้อมกับขั้นตอนอื่นได้	1. อบรมและจัดทำคู่มือปฏิบัติงานให้กับพนักงาน 2.แบ่งงานให้พนังงานทำ เพื่อให้สามารถทำงานในตำแหน่งอื่นไปพร้อมกันได้

3.8 ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร

3.8.1 แยกกิจกรรมระหว่างกิจกรรมภายนอก External และ กิจกรรมภายใน Internal โดยใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องอย่างรวดเร็ว (SMED) ร่วมกับหลักการ ECRS

งานบางอย่างสามารถทำได้อย่างเสร็จก่อนที่เครื่องจะหยุดทำงานเพื่อเปลี่ยนการจัดเตรียมชิ้นส่วน และ เครื่องมือการซ่อมแซมเพื่อนำชิ้นส่วน และ เครื่องมือต่างๆ เข้าใกล้อุปกรณ์ การแบ่งงานเหล่านี้ และ การปฏิบัติงานเหล่านี้เป็นการตั้งค่าภายนอกสามารถลดเวลาในการเปลี่ยนได้มากถึง 30% ถึง 50% แสดงดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องอย่างรวดเร็ว (SMED) ร่วมกับหลักการ ECRS

Quick Changeover (QCO-SMED)					
Workstation Details Workstation or Equipment : เปลี่ยนรูปแบบการผลิตที่เครื่องขึ้นรูปแบบสุญญากาศ Referenced Workstation Instructions or Procedures: เปลี่ยนรูปแบบการผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน Quick changeover analysis Initial State:หลังการปรับปรุง พนักงานทำงาน : 4 คน					
งานย่อย	รายละเอียดขั้นตอน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	ECRS	ประเภทของงาน
1	เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์	100	32.64		**งานนอก**
2	เดินไปหยิบบล็อกมีด	16	31.03	**S**	**งานนอก**
3	เดินไปหยิบแผ่นเขียงตั้งมีดที่ห้องช่าง	100	51.67		**งานนอก**
4	ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก		127.70		งานใน
5	ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก		57.50		งานใน
6	ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก		320.50		งานใน
7	ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น		148.90		งานใน
8	ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ		50.00		งานใน
9	ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด		107.77		งานใน
10	ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น		23.31		งานใน
11	ใส่ตะแกรงที่ตัวกด		115.51		งานใน
12	เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก		311.10		งานใน
13	ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก		67.79	**S**	**งานนอก**
14	ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้		181.90		**งานนอก**

ตารางที่ 3.9 ใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องอย่างรวดเร็ว (SMED) ร่วมกับหลักการ ECRS (ต่อ)

งานย่อย	รายละเอียดขั้นตอน	เวลา (วินาที)	ECRS	ประเภทของงาน
15	ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้	66.80	S	**งานนอก**
16	ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้	127.58		**งานนอก**
17	ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น	75.73		**งานนอก**
18	ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีด	85.40		งานใน
19	ยกมีดขึ้นเครื่องจักร	81.19		งานใน
20	ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง	16.89		งานใน
21	เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด	307.50		งานใน
22	ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงลองตัด	207.39		งานใน
23	ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก	43.04		งานใน
24	เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่	77.28		งานใน
25	ทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า	192.22	E	**งานนอน**
26	ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงาน	72.80		**งานนอก**
27	ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด	56.50		**งานนอก**
28	ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร	14.60	R	**งานใน**
29	รออุณหภูมิเครื่องจักร	1800.01		**งานใน**

เวลาเฉลี่ยรวม (วินาที)	4852.25 (วินาที)
ระยะทาง (เมตร)	216 (เมตร)
งานตั้งเครื่องภายใน	**3895.59 (วินาที)**
งานตั้งเครื่องภายนอก	956.66 (วินาที)
การกำจัด Eliminate (E)	**321.52 (วินาที)**
การรวมกัน Combine (C)	-
การจัดใหม่ Rearrange (R)	**1814.61 (วินาที)**
การทำให้ง่าย Simplify (S)	**635.14 (วินาที)**

สรุปตารางที่ 3.9 ใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (SMED) ร่วมกับหลักการ ECRS แยกงานภายในกับงานภายนอก ให้เหลือเฉพาะงานตั้งเครื่องภายในที่จะปฏิบัติงานได้เมื่อเครื่องจักรหยุดทำงานแล้วเท่านั้น เวลาที่เหลือเฉพาะงานตั้งเครื่องภายใน เท่ากับ 3895.59 (วินาที) และใช้หลักการ (ECRS) ลดเวลาความสูญเปล่าลงโดยสามารถแบ่ง ได้ดังนี้ การกำจัด Eliminate (E) การทำให้ง่าย Simplify (S) ส่วนการจัดใหม่ Rearrange (R) ยังคงเป็นงานภายในอยู่ คือขั้นตอนการใส่ข้อมูลเครื่องจักรกับรออุณหภูมิเครื่องจักรสามานำมาจัดเรียงขั้นตอนการทำงานใหม่ได้ ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 จัดเรียงขั้นตอนการทำงานใหม่ Rearrange (R)

ตารางแสดงกิจกรรมภายในหลังได้นำมาจัดกลุ่มใหม่ (Re arrange)					
ขั้นตอน	ขั้นตอนที่ไม่สามารถทำพร้อมกับขั้นตอนอื่นได้	ขั้นตอน	ขั้นตอนที่สามารถทำพร้อมกับขั้นตอนอื่นได้	เวลา (วินาท)	ประเภท
		1	ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร		
		1.1	A:ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร	14.60	**งานใน**
		1.2	A:รออุณหภูมิเครื่องจักร	1800.01	**งานใน**
		2	ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์		
		2.1	A,B:ขันนอตถอดตะแกรงตัวกดออก	127.70	**งานใน**
		2.2	B: ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก	57.50	**งานใน**
		2.3	A,B:ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก	320.50	**งานใน**
		2.4	A,B:ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น	148.90	**งานใน**
		2.5	A,B:ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ	50.00	**งานใน**
		2.6	A:ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด	107.77	**งานใน**
		2.7	B:ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น	23.31	**งานใน**
		2.8	A,B:ใส่ตะแกรงที่ตัวกด	115.51	**งานใน**
		3	ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด		
		3.1	C:เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก	311.10	**งานใน**
		3.2	T:ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีดใหม่	85.40	**งานใน**
		3.3	C:ยกมีดขึ้นเครื่องจักร	81.19	**งานใน**
		3.4	C:ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง	16.89	**งานใน**
4	ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด				
4.1	T:เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด			307.50	**งานใน**
4.2	T:ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงตั้งมีด			207.39	**งานใน**
4.3	C:ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก			43.04	**งานใน**
4.4	C:เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่			77.28	**งานใน**
			เวลารวมที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน (วินาที)	**3895.59**	**วินาที**

สรุปตารางที่ 3.10 จัดเรียงลำดับขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักรให้อยู่ขั้นตอนแรก เนื่องจากต้องใช้เวลาในการรอค่าอุณหภูมิให้ได้ตามค่าที่กำหนดตามข้อมูลของเครื่องจักรใช้เวลาการรอประมาณ 1800.01 วินาที ให้พนักงาน A เป็นคนใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักรและเปิดอุณหภูมิเครื่องทิ้งไว้ได้เลยแล้วสามารถไปทำงานขั้นตอนต่อไปได้เลย ซึ่งเหลือขั้นตอนที่ทำได้หลังจากเครื่องจักรหยุดทำงานแล้ว 18 ขั้นตอน และ ทำการแบ่งกลุ่มคน เพื่อทำงานในขั้นตอนต่างๆ จัดเป็นการทำงานแบบขนาน

สามารถทำงานขั้นตอนอื่นไปพร้อมกันได้ โดยแบ่งการทำงานให้ พนักงาน A, พนักงาน B, พนักงาน C และ ช่างเทคนิค T ให้ทำงานตามตารางที่ 3.11 แผนผังของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร แสดง ดังรูปที่ 3.21

ตารางที่ 3.11 แผนผังของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร

รายละเอียดกระบวนการย่อยๆ	สัญลักษณ์กระบวนการ	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	พนักงาน
1.ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร			
1.1 ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร		14.60	A
1.2 รออุณหภูมิเครื่องจักร		1800.01	A
2 ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์			
2.1 ขันนอตถอดตะแกรงตัวกดออก		127.70	A,B
2.2 ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก		57.50	B
2.3 ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก		320.50	A,B
2.4 ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น		148.90	A,B
2.5 ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ		50.00	A,B
2.6 ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด		107.77	A
2.7 ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น		23.31	B
2.8 ใส่ตะแกรงที่ตัวกด		115.51	A,B
3 ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด			
3.1 เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก		311.10	T,C
3.2 ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีดใหม่		85.40	T
3.3 ยกมีดขึ้นเครื่องจักร		81.19	T,C
3.4 ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง		16.89	T,C
4 ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด			
4.1 เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด		307.50	T
4.2 ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงตั้งมีด		207.39	T
4.3 ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก		43.04	C
4.4 เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่		77.28	T
เวลารวมที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน (วินาที)		**3895.59 วินาที**	

หมายเหตุ จัดเรียงลำดับขั้นตอนใหม่โดยให้ขั้นตอนการเปิดอุณหภูมิเปิดทันที่เมื่อมีการหยุดเครื่องจักรเพื่อปรับเปลี่ยนงานและสามารถทำงานขั้นตอนต่อไปได้เลย

รูปที่ 3.21 แบ่งหน้าที่การทำงาน

โดยแบ่งหน้าที่การทำงานให้ พนักงาน A, พนักงาน B, พนักงาน C และ ช่างเทคนิค T ทำเมื่อมีการปรับตั้งเครื่องจักรเพื่อให้ทำงานอย่างสะดวกและรวดเร็วมากขึ้น

3.9 ติดตามและประเมินผลหลังปรับปรุง

ขั้นตอนนี้เป็นการติดตาม ตรวจสอบ และ ประเมินผลงานที่ปฏิบัติโดยการเปรียบเทียบผลการทำงานก่อน และ หลังการทำงานว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดโดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนปรับปรุงช่วงเดือนกันยายน ถึง เดือนพฤศจิกายน ปี 2562 รายละเอียดข้อมูลดังภาคผนวก ก เปรียบเทียบกับเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงเก็บข้อมูลช่วงเดือนมกราคม ถึง เดือนมีนาคม ปี 2563 ใบเก็บข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรต่อดังภาคผนวก ข เพื่อประเมินผลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรให้ใช้เวลาการปรับตั้งไม่เกินเวลาที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด และเพื่อประเมินผลปรับปรุงขั้นตอนการทำงานปรับตั้งเครื่องจักร ข้อมูลเพิ่มเติมต่อบทที่ 4

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันพบว่าเวลาที่สูญเสียไปจากการปรับตั้งเครื่องจักร ส่วนใหญ่เกิดจากพนักงานและขั้นตอนการปฏิบัติงานทำให้การปรับตั้งเครื่องจักรล่าช้าเนื่องจากมีขั้นตอนการทำงานที่ยังไม่ถูกจัดเรียงใหม่ และ ยังขาดความพร้อมในขั้นตอนการจัดเตรียมเครื่องมือ, อุปกรณ์ ทำให้การปรับตั้งล่าช้าเครื่องจักร และ พนักงานทำงานไม่เต็มเวลา ส่งผลให้ยอดการผลิตในแต่ละครั้งที่มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตลดลงโดยมีสาเหตุมาจากพนักงาน และ วิธีการทำงาน จากการวิเคราะห์ดังกล่าวเพื่อที่จะได้ปรับปรุงแก้ไขปัญหาให้ตรงตามเป้าหมาย และขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยจะทำการปรับปรุงพัฒนาอุปกรณ์จัดเตรียม และ ปรับปรุงขั้นตอนการทำงานเพื่อช่วยให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้น สามารแสดงขั้นตอนผลการดำเนินงานวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานโดยใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว SMED ร่วมกับหลักการลดความสูญเปล่า ECRS

4.2 ผลการทดสอบสมมติฐาน (Tests of hypothesis)

4.3 ผลของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ลดลงคิดเป็นร้อยละการปรับปรุง (Percentage Difference)

4.4 งบประมาณการจัดทำเครื่องมือช่วยในงานวิจัย

4.1 ผลการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานโดยใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว SMED ร่วมกับหลักการลดความสูญเปล่า ECRS

จากการวิเคราะห์ปัญหาการปรับตั้งเครื่องจักรใช้เวลาการปรับตั้งเกินเวลาที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด สามารถปรับปรุงขั้นตอนการทำการใหม่ให้กับพนักงานเพื่อให้ทำงานง่ายขึ้น และ สะดวกมากขึ้น โดยการใช้เทคนิค SMED แยกขั้นตอนการทำงานให้เหลือเฉพาะงานภายในที่สามารถปรับตั้งเครื่องจักรได้ต่อเมื่อเครื่องจักรหยุดทำงานแล้วเท่านั้นจากนั้นจัดเรียง Rearrange (R) ลำดับขั้นตอนการทำงานใหม่โดยอาศัยหลักการ ECRS เรียงขั้นตอนการรออุณหภูมิเครื่องจักรให้ทำงานเป็นขั้นตอนแรก และ จัดพนักงานให้ทำงานตามที่ได้รับมอบหมายโดยแบ่งงานให้อย่างชัดเจน ให้สามารถทำงานแต่ละขั้นตอนไปพร้อมๆกันใช้เทคนิค SMED กับหลังการ ECRS แยกขั้นตอนการทำงานที่สามารถทำได้ในขณะที่เครื่องจักรยังทำงานอยู่กับขั้นตอนที่สามารถจัดเตรียมไว้ล่วงหน้าได้แสดงดังตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร (หลังการปรับปรุง)

รายละเอียดกระบวนการย่อยๆ	สัญลักษณ์กระบวนการ	งานใน (วินาที)	งานนอก (วินาที)
1.ขั้นตอนการจัดเตรียมแม่พิมพ์ บล็อกมีดตัดและเครื่องมืออุปกรณ์			
1.1 เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์			**32.64**
1.2 เดินไปหยิบบล็อกมีด			**31.03**
1.3 เดินไปหยิบแผ่นเขียงตั้งมีดที่ห้องช่าง			**51.67**
2.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์			
2.1 ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก		127.70	
2.2 ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก		57.50	
2.3 ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก		320.50	
2.4 ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น		148.90	
2.5 ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ		50.00	
2.6 ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด		107.77	
2.7 ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น		23.31	
2.8 ใส่ตะแกรงที่ตัวกด		115.51	

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร (ต่อ)

รายละเอียดกระบวนการย่อยๆ	สัญลักษณ์กระบวนการ	งานใน (วินาที)	งานนอก (วินาที)
3.ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด			
3.1 เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก		311.10	
3.2 ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก			**67.79**
3.3 ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้			**181.90**
3.4 ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้			**66.80**
3.5 ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้			**127.58**
3.6 ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น			**75.73**
3.7 ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีด		85.40	
3.8 ยกมีดขึ้นเครื่องจักร		81.19	
3.9 ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง		16.89	
4.ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด			
4.1 เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด		307.50	
4.2 ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงตั้งมีด		207.39	
4.3 ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก		43.04	
4.4 เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่		77.28	
4.5 ทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า			**192.22**
4.6 ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงาน			**72.80**
4.7 ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด			**56.50**
5.ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร			
5.1.ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร		14.60	
5.2 รออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร		1800.01	
เวลารวมขั้นตอนงานใน (วินาที)		3895.59 (วินาที)	
ระยะทาง (เมตร)		0 เมตร	**216 เมตร**
เวลารวมขั้นตอนงานนอก (วินาที)			**956.66 (วินาที)**

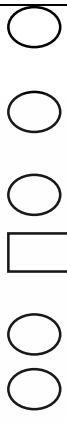
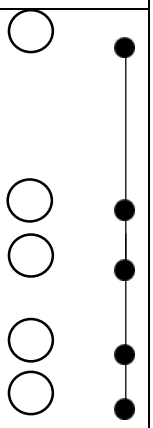
จากตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร จากขั้นตอนย่อยการปรับตั้งเครื่องจักรทั้งหมด 29 ขั้นตอน เหลือขั้นตอนการหยุดเครื่องจักรเพื่อทำงานเพียง 18 ขั้นตอน สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน จาก 4852.25 วินาที เหลือ 3895.59 วินาที ซึ่งยังต่ำกว่าเวลาที่บริษัทกรณีศึกษากำหนดไว้ที่ 4500 วินาที สามารถเปรียบเทียบขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรก่อน และหลังปรับปรุงได้ ดังตารางที่ 4.2 แผนผังขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนปรับ และ หลังปรับปรุง

ตารางที่ 4.2 แผนผังขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนปรับ และ หลังปรับปรุง

ผังขั้นตอนการปรับตั้งเครื่อง(ก่อนการปรับปรุง)		ผังขั้นตอนการปรับตั้งเครื่อง(หลังการปรับปรุง)	
รายละเอียดกระบวนการย่อยๆ	**สัญลักษณ์กระบวนการ**	**รายละเอียดกระบวนการย่อยๆ**	**สัญลักษณ์กระบวนการ**
1.ขั้นตอนการจัดเตรียมแม่พิมพ์ บล็อกมีดตัดและเครื่องมืออุปกรณ์		1.ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร	
1.1 เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์	⇨	1.1 ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร	○
1.2 เดินไปหยิบบล็อกมีด	⇨	1.2 รออุณหภูมิเครื่องจักร	D
1.3 เดินไปหยิบแผ่นเขียงตั้งมีดที่ห้องช่าง	⇨	*เปิดอุณหภูมิเครื่องจักรทิ้งไว้ได้เลยแล้วไปทำงานขั้นตอนอื่นได้เลย	
2.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์		2 ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์	
2.1 ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก	○	2.1 ขันนอตถอดตะแกรงตัวกดออก	○
2.2 ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก	○	2.1 ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก	○
2.3 ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก	○	2.3 ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก	○
2.4 ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น	○	2.4 ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น	○
2.5 ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ	○	2.5 ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ	○
2.6 ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด	○	2.6 ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด	○
2.7 ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น	○	2.7 ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น	○
2.8 ใส่ตะแกรงที่ตัวกด	○	2.8 ใส่ตะแกรงที่ตัวกด	○
3.ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด		3 ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด	
3.1 เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก	○	3.1 เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก	○
3.2 ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก	○	3.2 ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีดใหม่	□
3.3 ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้	○	3.3 ยกมีดขึ้นเครื่องจักร	○

ระยะทาง 216 เมตร

ตารางที่ 4.2 แผนผังขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนปรับ และ หลังปรับปรุง (ต่อ)

ผังขั้นตอนการปรับตั้งเครื่อง(ก่อนการปรับปรุง)		ผังขั้นตอนการปรับตั้งเครื่อง(หลังการปรับปรุง)	
รายละเอียดกระบวนการย่อยๆ	**สัญลักษณ์กระบวนการ**	**รายละเอียดกระบวนการย่อยๆ**	**สัญลักษณ์กระบวนการ**
3.4 ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้		3.4 ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง	
3.5 ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้		4 ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด	
3.6 ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น		4.1 เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด	
3.7 ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีด		4.2 ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงตั้งมีด	
3.8 ยกมีดขึ้นเครื่องจักร		4.3 ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก	
3.9 ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง		4.4 เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่	
4.ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด			
4.1 เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด			
4.2 ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงตั้งมีด			
4.3 ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก			
4.4 เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่			
4.5 ทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า			
4.6 ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงาน			
4.7 ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด			
5.ขั้นตอนการรออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร			
5.1.ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร			
5.2 รออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร			
เวลาขั้นตอนที่ต้องทำงานเฉลี่ยรวม (วินาที)	**4852.25 (วินาที)**	**เวลาขั้นตอนที่ต้องทำงานเฉลี่ยรวม (วินาที)**	**3895.59 (วินาที)**
ระยะทาง (เมตร)	**216 เมตร**	**ระยะทาง (เมตร)**	**0 เมตร**
จำนวนขั้นตอนการปรับตั้งเครื่อง	**29**	**จำนวนขั้นตอนการปรับตั้งเครื่อง**	**18**

จากตารางที่ 4.2 ผลการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุงใช้เวลาการปรับตั้งเพียง 3895.59 วินาทีจากเดิมใช้เวลา 4852.25 วินาทีสามารถขั้นตอนการทำงานลงเหลือ 18 ขั้นตอนแสดงว่าผลลัพธ์ที่ออกมาตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ สามารถนำไปจัดทำคู่มือขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรให้กับพนักงานและจัดทำมาตรฐานสำหรับการปฏิบัติงานในบริษัทกรณีศึกษา สามารถจัดทำคู่มือขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรดังภาคผนวก ค

4.2 ผลการทดสอบสมมติฐาน (Tests of hypothesis)

ต้องการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากร 2 ชุด คือ การปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน (ก่อนการปรับปรุง) และ การปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน (หลังการปรับปรุง) โดยการเก็บข้อมูลเวลาแสดงตารางที่ 4.3 กับตารางที่ 4.4 มีการแจกแจงปกติ ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 กำหนดให้ μ1 , μ2 แทนค่าเฉลี่ยของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนปรับปรุง และ หลังการปรับปรุง

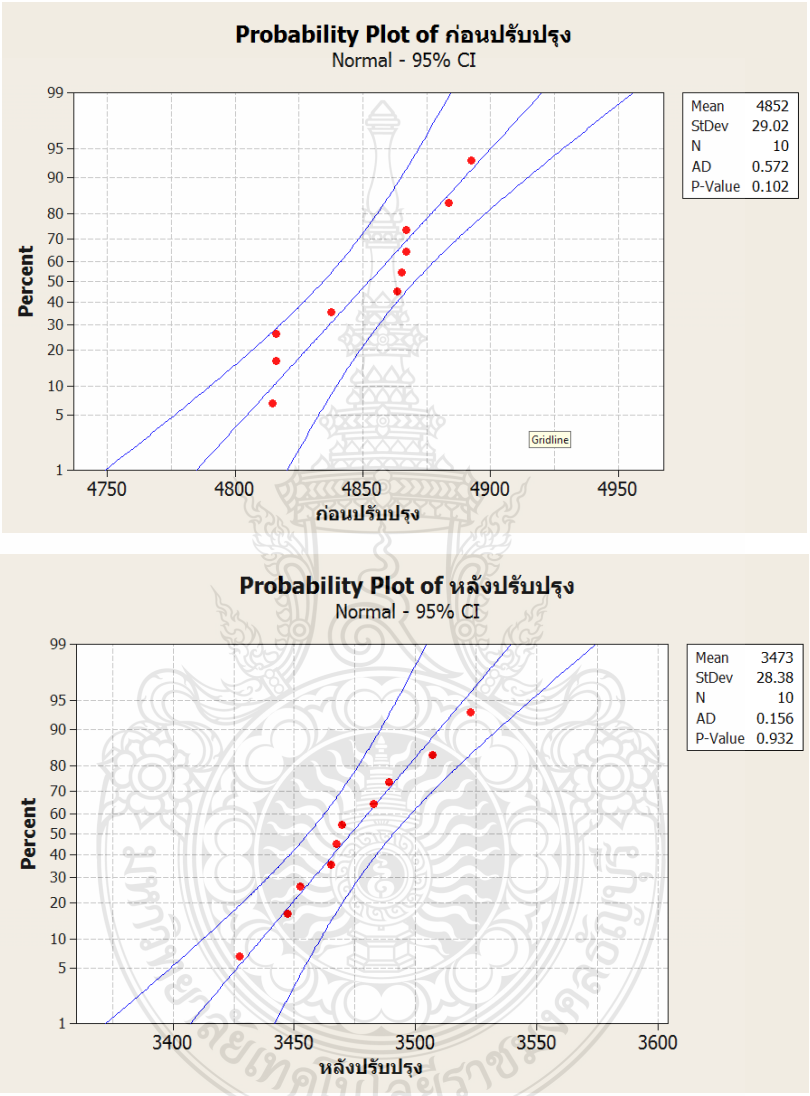
ตารางที่ 4.3 เก็บข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องช่วงเดือนกันยายน ถึง เดือนพฤศจิกายน 2562 (ก่อนการปรับปรุง)

เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร (ก่อนการปรับปรุง)					
เครื่องจักร	ผลการจับเวลาของงานย่อย (วินาที)				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
A ผลิตฝาครอบแปรงขัดฟัน	4816.12	4866.97	4837.46	4814.63	4865.33
	6	**7**	**8**	**9**	**10**
	4866.98	4815.96	4863.38	4883.62	4892.41
เวลาเฉลี่ย (วินาที) 4852.25 วินาที					
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 325.77					

ตารางที่ 4.4 เก็บข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องช่วงเดือนมกราคม ถึง เดือนมีนาคม 2563 (หลังการปรับปรุง)

เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรใช้เทคนิค (SMED)และหลักการ ECRS (หลังการปรับปรุง)					
เครื่องจักร	ผลการจับเวลาของงานย่อย (วินาที)				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
A ผลิตฝาครอบแปรงขัดฟัน	3452.51	3467.4	3522.71	3507.03	3427.47
	6	**7**	**8**	**9**	**10**
	3464.91	3488.91	3469.51	3482.81	3447.19
เวลาเฉลี่ย (วินาที) 3473.05 วินาที					
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 411.70					

นำข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร ไปคำนวณหาค่า Variance เนื่องจากไม่ทราบว่าค่าเท่ากันหรือไม่เท่ากัน แล้วพิจารณาจากกราฟ Probability plot ของทั้งสองกลุ่มข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรทั้งสองกลุ่มที่สุ่มตัวอย่างมานั้น มีการกระจายเป็นแบบปกติ (Normal distribution) แสดงดังรูปที่ 4.1 รายละเอียดการวิเคราะห์ดังภาคผนวก ง.



รูปที่ 4.1 กราฟ Probability plot

วิเคราะห์ เงื่อนไขความพอเพียง พิจารณาจากกราฟ Probability plot ได้ดังนี้

1.ข้อมูลประชากรมีการแจกแจงแบบ Normal ดูจากกราฟ Probability plot ค่า Residual กระจายตัวอยู่รอบๆเส้น Normal Line

2. ความแปรปรวนของกลุ่มประชากรค่า Residual มีการกระจายตัวแบบสุ่ม

แต่ไม่ทราบค่าของ Variance ว่าข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม เท่ากัน หรือไม่เท่ากันจงทำการทดสอบหาค่าของทั้งสองกลุ่ม ดังนี้คำนวณหาค่า Sample Statistic ของข้อมูลทั้งสองกลุ่ม (ใช้โปรแกรม Minitab) จะได้ดังรูปที่ 4.2 รายละเอียดการวิเคราะห์ดังภาคผนวก ง.

Statistics

Method

Null hypothesis Sigma(1) / Sigma(2) = 1

Alternative hypothesis Sigma(1) / Sigma(2) not = 1

Significance level Alpha = 0.05

Sample	N	StDev	Variance
1	10	325.770	106126.093
2	10	411.700	169496.890

Ratio of standard deviations = 0.791

Ratio of variances = 0.626

รูปที่ 4.2 ค่าของ Variance

สรุปได้ว่า ค่า Variance ของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม ไม่เท่ากัน เมื่อทราบค่า Variance เรียบร้อยแล้ว สามารถทำการ กำหนดสมติฐานได้ดังนี้

กำหนดให้ μ_1 , μ_2 แทนค่าเฉลี่ยของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนปรับปรุง และ หลังการปรับปรุง

μ_1 : คือค่าเฉลี่ยของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุง

μ_2 : คือค่าเฉลี่ยของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรหลังการปรับปรุง

การตั้งสมมติฐานทางสถิติ

$H_0 : \mu_2 = \mu_1$ (เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงไม่แตกต่างกัน)

$H_1 : \mu_2 < \mu_1$ (เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรหลังปรับปรุงน้อยกว่าก่อนปรับปรุง)

เลือกสถิติที่ใช้ทดสอบ

ใช้การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรอิสระนี้ 2-Sample t test สถิติที่ใช้ทดสอบคือ Two-Sample T-Test โดยใช้โปรแกรม Minitab คำนวณ ได้ค่าดัง รูปที่ 4.3 รายละเอียดการวิเคราะห์ดังภาคผนวก ง.

Two-Sample T-Test and CI

* NOTE * Graphs cannot be made with summarized data.

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
ก่อนการปรับปรุง	10	4852	326	103
หลังการปรับปรุง	10	3473	412	130

Difference = mu (1) - mu (2)

Estimate for difference: 1379

95% CI for difference: (1029, 1729)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 8.31 P-Value = 0.000 DF = 18

P-Value คำนวณได้ 0.000 < α = 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ยอมรับ H_1

รูปที่ 4.3 ใช้สถิติ Two-Sample T-Test คำนวณด้วย Minitab

จากรูปที่ 4.3 สรุปได้ว่า เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันก่อนปรับปรุง และ หลังการปรับปรุงมีความแตกต่างกัน ซึ่งมีค่าประมาณการความแตกต่างของเวลาเฉลี่ยเท่ากับ 1379 วินาที ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

4.3 ผลของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ลดลงคิดเป็นร้อยละการปรับปรุง (Percentage Difference)

การหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง คือ ที่ใช้บอกสัดส่วนความเปลี่ยนแปลงของจำนวนหนึ่งว่ามีจำนวนต่างกันอยู่กี่เปอร์เซ็นต์ คือ การหาว่าเวลาที่ลดลงจากเดิมคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์
วิธีคิดคำนวณ คือ ((ตัวเลขเดิม – ตัวเลขใหม่) ÷ ตัวเลขเดิม) X 100

จากตารางที่ 4.2 แผนผังขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนปรับ และ หลังปรับปรุง แสดงการเปรียบเทียบเวลาการปรับตั้งเครื่อง จะเห็นได้ว่าเวลาที่ลดลงหลังจากได้ทำการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานใหม่ ซึ่งส่งผลให้การหยุดเครื่องจักรน้อยลง เนื่องจากพนักงานมีประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้น และ ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม แสดงการเปรียบเทียบให้เห็นความต่างที่ชัดเจน ทำให้ใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรจาก 4852.25 วินาที ลดเหลือ 3895.59 วินาที สามารถคิดเป็นร้อยละการปรับปรุงได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละเวลาที่ลดลง} = \left[\frac{\text{เวลาที่ใช้ปรับตั้งเครื่องจักร (ก่อนปรับปรุง)} - \text{เวลาที่ใช้ปรับตั้งเครื่อง (หลังการปรับปรุง)}}{\text{เวลาที่ใช้ปรับตั้งเครื่องจักร(ก่อนปรับปรุง)}} \right] \text{ X } 100$$

$$= \left[\frac{4852.25 \text{ วินาที} - 3895.59 \text{ วินาที}}{4852.25 \text{ วินาที}} \right] \text{ X } 100$$

ดังนั้นร้อยละเวลาที่ลดลงมีค่าเท่ากับ 19.72

ดังนั้น สรุปว่าเวลาที่ลดลงจากเดิมคิดเป็นร้อยละที่ลดลงเท่ากับ 19.72

4.4 งบประมาณการจัดทำเครื่องมือช่วยในงานวิจัย

การทำงานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำที่บริษัทกรณีศึกษาที่มอบหมายให้ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันเพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรให้ต่ำกว่าเวลา 4852.25 วินาที งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงเรียบร้อยตามขั้นตอนที่ได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ ชาณิดา [9] โดยการใช้เทคนิค SMED ลดเวลาการปรับเปลี่ยนลูกกลิ้ง และ ปรับตั้งเครื่องรีดแผ่นพลาสติก

งานวิจัย เรื่องการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศครั้งนี้ใช้งบประมาณในการจัดทำเครื่อง และ อุปกรณ์ช่วยในงานวิจัยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 งบประมาณการดำเนินการวิจัย

ลักษณะค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
1. ค่าทำรถเข็นว่างเครื่องมือและอุปกรณ์	500
2. ค่าชุดไม้ยึดมีด	900
3. ค่ากระดาษพิมพ์คู่มือการปรับตั้งเครื่อง	200
4. ค่าพิมพ์เอกสาร	100
5. ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด	500
รวม	2,200

จากตารางที่ 4.5 งบประมาณที่ใช้ในการจัดทำเครื่องมือช่วยในงานวิจัยใช้เงินไปประมาณ 2,200 บาท ในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในบริษัทกรณีศึกษาซึ่งงบประมาณหลักพันนี้สามารถปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้ดีขึ้น และ ลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรลดลงจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 19.72

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสภาพปัญหาที่พบในบริษัทกรณีศึกษาพบปัญหาการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันใช้เวลาเกินค่าเป้าหมายของบริษัทกรณีศึกษาที่กำหนดการปรับตั้งเครื่องจักรควรใช้เวลาปรับตั้งไม่เกิน 4500 วินาทีต่อการปรับตั้งเครื่อง 1 ครั้ง จากการศึกษาสภาพปัญหาแล้วนำมาวิเคราะห์ทางด้านการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานและปรับปรุงขั้นตอนการเดินค้นหาเครื่องมือ ด้วยเทคนิค SMED กับหลักการ ECRS เป็นการวิจัยโดยใช้วิธีการออกแบบอุปกรณ์ช่วยให้ง่ายต่อการทำงาน และ คิดหาวิธีการจัดเรียงขั้นตอนการทำงานศึกษาขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรทุกขั้นตอนแล้วนำมาแยกงายภายในและงานภายนอกให้ออกจากกันให้เหลือเฉพาะงานภายในที่สามารถปรับตั้งได้ในขณะที่เครื่องหยุดทำงานแล้วเท่านั้น เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการใช้แผนภูมิกระบวนการไหลเพื่อเก็บข้อมูลเวลาและลักษณะการทำงานแต่ละกิจกรรมจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาจัดทำแผนภูมิพาเรโตเพื่อหาสาเหตุที่สำคัญที่สุดแล้วนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงและแก้ไขปัญหาเบื้องต้นที่ได้จากแผนภูมิพาเรโต จากนั้นใช้หลักการตั้งคำถาม Why-Why Analysis เพื่อนำเทคนิคปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว SMED และ หลักการ ECRS เข้ามาปรับปรุงแก้ไขตามสาเหตุที่แท้จริง

จากผลการดำเนินงานวิจัยของการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดจากการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดพบว่าสามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรให้ต่ำกว่าเวลาที่บริษัทกรณีศึกษากำหนดได้ และยังปรับปรุงขั้นตอนการทำงานการปรับตั้งเครื่องจักรให้พนักงานทำงานได้สะดวกและง่ายขึ้น มีขั้นตอนการทำงานที่ลดลง สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

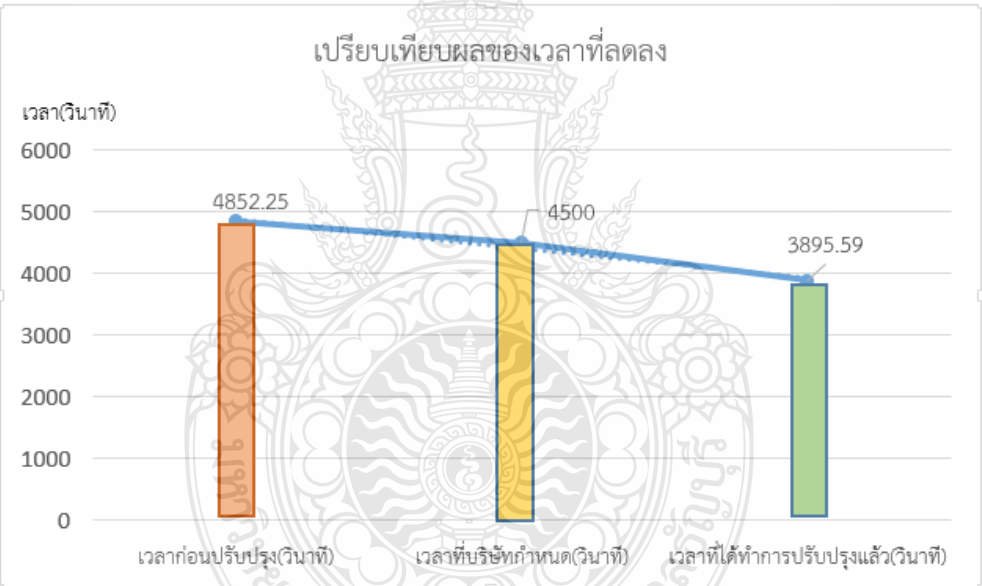
5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศให้ใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องแต่ละครั้งไม่เกิน 4500 วินาที ที่บริษัทกรณีศึกษากำหนดไว้ โดยการเปรียบเทียบผลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงกับหลังการปรับปรุง แสดงเวลาที่ลดลงและคำนวณเป็นร้อยละการปรับปรุง ดังตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบผลของเวลาที่ลดลง

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบผลของเวลาที่ลดลง

ขั้นตอน	เวลาก่อนการปรับปรุง (วินาที)	เวลาที่บริษัทกำหนด (วินาที)	เวลาที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว (วินาที)	คิดเป็นร้อยละ
การปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน	4852.25	4500	3895.59	19.72

จากตารางที่ 5.1 ผลการดำเนินการปรับปรุงสามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน ให้ต่ำกว่าเวลาที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด 4500 วินาทีได้ สามารถลดเวลาลงเหลือ 3895.59 วินาที ในการปรับตั้งเครื่องจักร 1 ครั้ง แสดงดังรูปที่ 5.1 เปรียบเทียบผลของเวลาที่ลดลง



รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบผลของเวลาที่ลดลง

5.1.2 ปรับปรุงขั้นตอนการทำงานปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน โดยการเปรียบเทียบผลของขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงกับหลังการปรับปรุง โดยการใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว SMED กับหลักการลดความสูญเปล่า ECRS เข้ามาปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน ดังตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบผลของขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรที่ลดลง

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบผลของขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรที่ลดลง

ขั้นตอน	จำนวนขั้นตอนก่อนการปรับปรุง	จำนวนขั้นตอนที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว	ขั้นตอนที่ลดลง
การปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน	29 ขั้นตอน	18 ขั้นตอน	11 ขั้นตอน

จากตารางที่ 5.2 สามารถลดขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรได้ 11 ขั้นตอนโดยแบ่งได้คือ ขั้นตอนการเดินทางจัดเตรียมอุปกรณ์ 3 ขั้นตอนปรับปรุงโดยการจัดทำรถเข็นเพื่อจัดเตรียมเครื่องมือไว้ล่วงหน้าขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัด และ ติดตั้งบล็อกมีดตัด 5 ขั้นตอน ทำการปรับปรุงโดยการจัดเตรียมชุดไม้ยึดมีดอีก 1 ชุดไว้ล่วงหน้า และ ขั้นตอนตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด 3 ขั้นตอน โดยการกำจัดงานที่ไม่จำเป็นออกหรือเป็นงานที่สามารถย้ายให้เป็นงานภายนอกได้

สรุปผลการวิจัยได้ว่าผลหลังการปรับปรุงพบว่าสามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรให้ต่ำกว่าเวลา 4500 วินาที ที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด โดยลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรเหลือ 3895.59 วินาที คิดเป็นร้อยละ 19.72 ทั้งนี้จากการปรับปรุงโดยการประยุกต์ใช้เทคนิค SMED และหลักการ ECRS ช่วยให้ลดเวลาการรอคอยการปรับตั้งเครื่องลดเวลาการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น และปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้พนักงานโดยลดขั้นตอนการทำงานลงเหลือขั้นตอนการทำงาน 18 ขั้นตอน จากขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 29 ขั้นตอน ลดลง 11 ขั้นตอน สามารถใช้เวลาหยุดเครื่องเพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตน้อยลงซึ่งทำให้เวลาการผลิตก็เพิ่มขึ้นซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และผลที่ได้จากการศึกษาสอดคล้องกับผลการศึกษาของ คุณมงคล กิตติญาณขจร [4] คุณชาณิดา พิทยานนท์ [9] และ คุณบุญสิน นาตอนดู่ [12] คือ ลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร และ ปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน

5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง

5.2.1 ควรมีการบำรุงรักษาเครื่องจักรตามแผนการปฏิบัติงานในการบำรุงรักษาเครื่องจักร และอุปกรณ์อย่างจริงจัง เพื่อลดปัญหาการรองานที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักร และ อุปกรณ์ทำงานผิดปกติ

5.2.2 สามารถนำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ไปศึกษาขั้นตอนการผลิตเพื่อลดของเสียในกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรต่อไปได้

บรรณานุกรม

[1] พรเทพ เหลือทรัพย์สุข, การปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว(QuickChangeover for - Operator: The SMED System). . กรุงเทพฯ: อี. ไอสแควร์, 2550.

[2] รศ.รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, การศึกษางานอุตสาหกรรม Industrial Work Study. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด, 2552.

[3] โกสินทร์ เจริญวรเกียรติ,และจิตรา รู้กิจการพานิช. “การลดเวลาในการปรับตั้งลูกอัดสำหรับการผลิตไม้ฝาสังเคราะห์,” วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 22.,ฉบับที่ 2., 2554. น 48-55.

[4] มงคล กิตติญาณขจร, “การประยุกต์ใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิต: กรณีศึกษา กระบวนการผลิตก้อนเชื้อเห็ด,” วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต, ปีที่ 9.,ฉบับที่ 2., 2562. น 71-89.

[5] Arun Abraham, “การลดเวลาการตั้งค่าด้วยเทคนิค SMED ในสายการผลิตการปั๊ม,” SASTECH Journal, Vol 11., No.2, 2012.

[6] Vipan Kumar,และ Amit Bajaj , “กระบวนการลดเวลาการตั้งค่าเปลี่ยนแม่พิมพ์,”วารสารระหว่างประเทศเกี่ยวกับเทคโนโลยีล่าสุดในวิศวกรรมเครื่องกลและไฟฟ้า, ,ฉบับที่ 2 , 2015.

[7] ขวัญใจ โชคไพบูลย์,และทศพล เกียรติเจริญผล, “การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของกระบวนการพิมพ์ โดยใช้เทคนิคการผลิตแบบลีน,” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 17-1 ตุลาคม 2555 ชะอำ,เพชรบุรี, ปีที่พิมพ์ 2555. หน้า 261-265.

[8] วัชรากร อรุณวิราม, บุญชัย แซ่ลิ้ว,และ ศุภรัชชัย วรรัตน์ “การลดเวลาสูญเปล่าและของเสียในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ,” การประชุมวิชาการปัญญาภิวัฒน์, ครั้งที่ประชุม 5 , 8 พฤษภาคม 2558 สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์, ปีที่พิมพ์ 2558 . หน้า 394-408.

[9] ชาณิดา พิทยานนท์, “วิธีการลดเวลาการเปลี่ยนลูกกลิ้งและปรับตั้งเครื่องรีดพลาสติกแผ่นด้วยเทคนิค SMED,”การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี , ครั้งที่ประชุม 2 , 19 พฤษภาคม 2560, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, ปีที่พิมพ์ 2560. หน้า 344-347.

[10] Jonalee D, “กรณีศึกษาในการลดเวลาในการเปลี่ยนรูปแบบอุตสาหกรรมการตัดเย็บเสื้อผ้า, การประชุมระหว่างประเทศการประชุมเทคโนโลยีการออกแบบและการวิจัยทั้งหมดของอินเดีย, ครั้งที่ประชุม 5และ26, 12-14 ธันวาคม 2014 ที่ประชุม,สถานที่ประชุม, ปีที่พิมพ์ 2014.

[11] ธนะรัตน์ รัตนกูล, “การลดเวลาปรับตั้งเครื่องพิมพ์หมึกสีในโรงงานผลิตกล่องกระดาษ,” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, การประชุมวิชาการข่ายงาวิศวกรรมอุตสาหการ, 17-19 ตุลาคม 2555 ชะอำ,เพชรบุรี, ปีที่พิมพ์ 2555.หน้า 440-445.

[12] บุญสิน นาตอนดู่, การลดเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ , วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ปีที่พิมพ์ 2555.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[13] ธนัฐพงษ์ บุญสุวรรณโน, การลดเวลาการติดตั้งแม่พิมพ์ของงานฉีดพลาสติกในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ปีที่พิมพ์2560.

[14] มานพ ครินทร์สูงเนิน, การลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตอาหารสุนัขสำเร็จรูป, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ปีที่พิมพ์ 2552.

[15] ทีมงาน Biz in Thai, Lean Manufacturing–การผลิตแบบลีน,ระบบลีน (LEAN) กำจัด 7 waste ในการผลิตเพื่อลดต้นทุนและเพื่อกำไรที่มากขึ้นของผู้ประกอบการโรงงาน (Online), Available: https://www.proindsolutions.com.(online)Available:www.bizinthai.com (20 ตุลาคม 2562).

[16] Kaizen Institute India , SMED – Single minute exchange of die – Reduceyour setup time (Online), ปีที่พิมพ์ 2014 . Available:https://in.kaizen.com/blog/post/2014/04/03/smed--single-minute - exchange-of-die--reduce-your-setup-time.html (19 พฤศจิกายน 2562).

[17] Unknown , Single Minute Exchange of Die (SMED) (Online), ปีที่พิมพ์ 2552. Available: http://leanmanufacturing- tawatchai.blogspot.com (19 พฤศจิกายน 2562).

[18] เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. , แผนภูมิกระบวนการไหล (Online), ปีที่พิมพ์ 2551. Available: www.iok2u.com (สืบค้นข้อมูล 20พฤศจิกายน 2562).

[19] ทองพันชั่ง พงษ์วารินทร์ , Easy 7QC Tools ตอนที่ 3 พาเรโต้ (Pareto) (ตอนที่1) (Online), Available: http://www.bt-training.com (สืบค้นข้อมูล 20 พฤศจิกายน 2562).

[20] Unknown ,การแก้ไขปัญหาหน้างานอย่างมีประสิทธิภาพด้วย Why Why Analysis + 5Gen (Online), ปีที่พิมพ์ 2552. Available: www.leanmanufacturing-tawatchai.blogspot.com (25 พฤศจิกายน 2562).

[21] Jutamas Pattanasil, หลักการ ECRS คืออะไร (Online), Available: www.gotoknow.org (20 พฤศจิกายน 2562).

[22] เครื่องจักร Thermoforming Machine. Availble: https://www.plastics-technology.com. (สืบค้นข้อมูลวันที่ 2 มกราคม 2562).

[23] ตัวอย่างแบบฟอร์มการวิเคราะห์แผนภูมิการไหล.Availble:http://www.thailandindustry.com (สืบค้นข้อมูลวันที่ 10 มกราคม 2562).

[24] Karam A., Liviu M., Cristina V. และ Radu H,"ลดเวลาในการปรับเปลี่ยนของเครื่องบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรมยา",ปีที่พิมพ์ 2018.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[25] อ.ธีทัต ตรีศิริโชติ, บทที่15การศึกษาเวลาโดยตรง(Online), ปีที่พิมพ์ 2014. Available: www.slideshare.net/TeeTre/15-38124697 (20พฤศจิกายน 2562).

[26] Pawar Gaurav J , Reduction in setup change time of a machine in a bearing manufacturing plant using SMED and ECRS. International Journal of Research ปีที่พิมพ์2014.

[27] Jamer P.womack, Danicl T.Jones, ดร.วิทยา สุหฤทดำรง, ยุพา กลอนกลาง (ผู้แปล), แนวคิดแบบลีน.สำนักพิมพ์ Free Press , 2007.

[28] วรพนธ์ ชีววรนนท์ตรี ,ปิยะ รนต์ละออง, และณัฐพล บุญรักษ์. “การศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหวกรณีศึกษากระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ),” วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม,มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, ปีที่ 6 .,ฉบับที่ 1., 2561. น 27-38 .

[29] ดร. วิทยา อินทร์สอน,เทคนิคการเพิ่มผลผลิตโดยลดความสูญเสีย (Online), ปีที่พิมพ์ 2539. Available: www.thailandindustry.com . (30 สิงหาคม 2563).

[32] อฐิลักษณ์ เตียวติ, บุญชัย แซ่ลิ้ว,และ ศุภรัชชัย วรรัตน์ “การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิต โดยใช้หลักควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง :กรณีศึกษาการผลิตขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ,” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 30-31 ตุลาคม 2557, สมุทรปราการ, ปีที่พิมพ์ 2557 . หน้า 4-8.

[33] Geoff, The Principle of Thermoforming (Online), ปีที่พิมพ์ 2559. Available:http://www.euroextrusions.com/the-principle-of-thermoforming. (1 ตุลาคม 2563).

[34] Nutvipa, เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) (Online), ปีทีพิมพ์ 29 กรกฎาคม 2559 Available: http://econs.co.th/index.php (สืบค้นข้อมูล 5 พฤศจิกายน 2562).

[35] คณิศร ภูนิคม “การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้วยเทคนิคการปรับปรุงงาน กรณีศึกษา: โรงงานน้ำดื่มใบไผ่เขียว,” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 12-15 กรกฎาคม 2560, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ปีที่พิมพ์ 2560. หน้า153.

[36] Statistics,การทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรอิสระ (2-Sample t -Test) (Online), ปีที่พิมพ์ 2555. Available: https://sites.google.com/site/mystatistics01/chapter4/2-sample-t--test (1 ตุลาคม 2563).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบบันทึกข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตงานกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน

(ก่อนปรับปรุง)

แบบบันทึกข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตงานกล่องบรรจุแปรงขัดฟันเก็บข้อมูล ระหว่างเดือน กันยายน ถึง พฤศจิกายน ปี 2562 ได้ข้อมูลเวลาก่อนการปรับปรุง ดังนี้

1.เก็บรวบรวมข้อมูลเวลาปรับตั้งเครื่องจักร โดยการตั้งกล้องวีดีโอเพื่อบันทึกขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร โดยมีขั้นตอนการจำบันทึกดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จากตารางที่ 1 เป็นการจับเวลา 10 ครั้งของงานย่อย นำมาคำนวณหาจำนวนครั้งที่เหมาะสม ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95% และความละเอียดแม่นยา +5% โดยมีขั้นตอน

ดังนี้ขั้นตอนที่ 1 ทำการจับเวลางานย่อย ก่อนโดยทำการจับเวลา 10 ครั้ง (เนื่องจากแต่ละงานย่อยมีการทำงานไม่ถึง 2 นาที จึงจับเวลาจำนวน 10 ครั้ง แต่ถ้างานย่อยมีการทำงานเกิน 2 นาที ให้จับเวลาจำนวน 5 ครั้ง)

ตารางที่ ก.1 การจับเวลาก่อนการปรับปรุง

งานย่อย / ครั้งที่	ผลการจับเวลาของงานย่อย (วินาที)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เวลาเฉลี่ย
1.เตรียมอุปกรณ์ , เครื่องมือ											
1.1 เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์	31.54	32.33	33.02	32.02	33.01	32.46	32.55	33.56	32.40	33.46	32.64
1.2 เดินไปหยิบบล็อกมีด	31.03	30.55	32.11	30.67	31.07	30.33	32.01	30.45	32.02	30.50	31.07
1.3 เดินไปหยิบแผ่นเขียงตั้งมีดที่ห้องช่าง	52.34	51.45	52.01	50.33	51.44	53.21	50.57	51.67	51.44	52.23	51.67
2.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์											**เวลาเฉลี่ย**
2.1 ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก	126	129	130	125	127	128	127	131	124	130	127.7
2.2 ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก	60	53	55	57	60	59	60	59	58	54	57.5
2.3 ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก	324	311	325	310	331	321	320	328	319	316	320.5
2.4 ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น	147	150	149	149	151	154	145	148	146	150	148.9

ตารางที่ ก.1 การจับเวลาก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

งานย่อย / ครั้งที่	ผลการจับเวลาของงานย่อย (วินาที)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เวลาเฉลี่ย
2.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์											
2.5 ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวม	49.20	50.0	48.70	48.30	51.00	55.40	50.17	48.97	49.00	49.30	50.00
2.6 ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด	108.60	107.23	108.50	107	107.40	108.00	109	107.5	108	106.5	107.77
2.7 ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น	22.80	23	24.01	23.50	22	25	23.45	22.33	24	23.01	23.31
2.8 ใส่ตะแกรงที่ตัวกด	114.60	115	113.3	115.5	116	115.3	114.7	115.7	117	118	115.51
3.การเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด											**เวลาเฉลี่ย**
3.1 เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก	300	330	310	298	300	297	303	302	340	331	311.1
3.2 ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก	67.2	67	68	67.5	68.7	67.7	69	67.3	67.45	68	67.79
3.3 ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้	178	180	185	178	188	183	182	181	173	191	181.9
3.4 ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้	63	65	60	67	70	75	60	73	71	64	66.8

ตารางที่ ก.1 การจับเวลาก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

งานย่อย / ครั้งที่	ผลการจับเวลาของงานย่อย (วินาที)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เวลาเฉลี่ย
3.การเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด											
3.5 ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้	126.6	130	127.3	126.7	127	131	125.7	126.4	127.1	128	127.58
3.6 ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น	74.4	75	75.2	74.7	77	78	73	75.8	76.1	78.1	75.73
3.7 ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีด	87	80	86	88	85	89	90	85	80	84	85.4
3.8 ยกมีดขึ้นเครื่องจักร	79.8	80	82	85	80.4	81.1	79	82.3	83	79.3	81.19
3.9 ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง	15.2	16.4	17	15.8	17.3	18	19	17.23	16.3	16.7	16.89
4.ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด											**เวลาเฉลี่ย**
4.1 เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด	300	320	303	298	314	300	301	310	312	317	307.5
4.2 ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงลองตัด	204.6	210	204.4	205	206.3	205.5	207	212	211.1	208	207.39
4.3 ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก	40.8	45	47	43.2	44.1	43.3	40.4	41.56	43	42	43.04
4.4 เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่	70.8	78	72.5	71.2	77	80	84	76.6	82.4	80.3	77.28

ตารางที่ ก.1 การจับเวลาก่อนการปรับปรุง (ต่อ)

งานย่อย / ครั้งที่	ผลการจับเวลาของงานย่อย (วินาที)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เวลาเฉลี่ย
4.ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด											**เวลาเฉลี่ย**
4.5 ทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า	192.6	194	180.4	197.2	195.6	189.67	184.4	198	194.3	196	192.22
4.6 ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงาน	72	80	77	74	68	78	71	65	73	70	72.8
4.7 ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด	63	50	56	61	53	54	50	59	57	62	56.5
5.การรออุณหภูมิเครื่องจักร											**เวลาเฉลี่ย**
5.1.ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร	14	14	16	16	13	15	13	15	16	14	14.6
5.2 รออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร	เวลามาตรฐานของเครื่องจักรที่ใช้อุ่นเตาก่อนเดินเครื่อง 1800.01 วินาที										

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าพิสัย (Range:) จากค่าสูงสุด (High:) ลบ ด้วยค่าต่ำสุด (Low:)
ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าเฉลี่ย จากผลรวมของเวลาในงานย่อยของทุก ๆ วัฏจักร
ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่า พิสัย/ค่าเฉลี่ย

ตารางที่ ก.2 หาจำนวนการจับข้อมูลเวลาที่เหมาะสม

ขั้นตอนหลักและงานย่อย	ค่าเฉลี่ย	ค่าพิสัย	พิสัย / ค่าเฉลี่ย	(n)
1.เตรียมอุปกรณ์ , เครื่องมือ				
1.1 เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์	32.64	2.02	0.1	2
1.2 เดินไปหยิบบล็อกมีด	31.07	1.78	0.1	2
1.3 เดินไปหยิบแผ่นเขียงตั้งมีดที่ห้องช่าง	51.67	2.88	0.1	2
2.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์				
2.1 ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก	127.7	7	0.1	2
2.2 ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก	57.5	7	0.12	2
2.3ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก	320.5	21	0.1	2
2.4 ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น	148.9	9	0.1	2
2.5 ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ	50.00	7.1	0.14	3
2.6 ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด	107.77	2.5	0.1	2
2.7 ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น	23.31	3	0.12	2
2.8 ใส่ตะแกรงที่ตัวกด	115.51	4.7	0.1	2
3.การเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด				
3.1 เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก	311.1	43	0.13	3
3.2 ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก	67.79	2	0.1	2
3.3 ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้	181.9	18	0.1	2
3.4 ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้	66.8	15	0.22	8
3.5 ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้	127.58	5.3	0.1	2
3.6 ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น	75.73	5.1	0.1	2
3.7 ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีด	85.4	10	0.1	2
3.8 ยกมีดขึ้นเครื่องจักร	81.19	6	0.1	2
3.9 ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง	16.89	3.8	0.22	8
4.ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด				
4.1 เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด	307.5	22	0.1	2
4.2 ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงลองตัด	207.39	7.6	0.1	2
4.3 ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก	43.04	6.6	0.15	4
4.4 เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่	77.28	13.2	0.17	6
4.5 ทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า	192.22	17.6	0.1	2
4.6 ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงาน	72.8	15	0.20	7
4.7 ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด	56.5	13	0.23	10

ตารางที่ ก.2 หาจำนวนการจับข้อมูลเวลาที่เหมาะสม (ต่อ)

ขั้นตอนหลักและงานย่อย	ค่าเฉลี่ย	ค่าพิสัย	พิสัย / ค่าเฉลี่ย	(n)
5.การรออุณหภูมิเครื่องจักร				
5.1 ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร	14.6	3	0.20	7
5.2 รออุณหภูมิในห้องเครื่องจักร	เวลามาตรฐานของเครื่องจักรที่ใช้อุ่นเตาก่อนเดินเครื่อง 1800.01 วินาที			

ขั้นตอนที่ 5 หลังจากได้ค่าคำนวณในขั้นตอนที่ 2,3 และ 4 แล้วนำค่า พิสัย/ค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปิดตาราง Maytag แสดงดังตารางที่ ก.3 เพื่อหาจำนวนการจับเวลาที่เหมาะสม (n) เพื่อให้ได้ระดับความเชื่อมั่น 95% และความละเอียดแม่นยำ 5% แสดงดังตารางที่ ก.3 ตาราง Maytag

$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม		$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม		$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม	
	5	10		5	10		5	10
0.1	3	2	0.42	52	30	0.74	162	93
0.12	4	2	0.44	57	33	0.76	171	98
0.14	6	3	0.46	63	36	0.78	180	103
0.16	8	4	0.48	68	39	0.8	190	108
0.18	10	6	0.5	74	42	0.82	199	113
0.2	12	7	0.52	80	46	0.84	209	119
0.22	14	8	0.54	86	49	0.86	218	125
0.24	17	10	0.56	93	53	0.88	229	131
0.26	20	11	0.58	100	57	0.9	239	138
0.28	23	13	0.6	107	61	0.92	250	143
0.3	27	15	0.62	114	65	0.94	261	149
0.32	30	17	0.64	121	69	0.96	273	156
0.34	34	20	0.66	129	74	0.98	284	162
0.36	38	22	0.68	137	78	1	296	169
0.38	43	24	0.7	145	83			
0.4	47	27	0.72	153	88			

จากตารางที่ ก.2 สรุปได้ว่าในการจับเวลาจำนวน 10 ครั้งของงานย่อยทั้งหมดมีความเพียงพอต่อความต้องการจึงไม่ต้องเก็บข้อมูลเพิ่ม (แต่ถ้าในการจับเวลาไม่เพียงพอก็ต้องให้ไปจับเวลาเพิ่ม)

ภาคผนวก ข

แบบบันทึกข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตงานกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน

(หลังปรับปรุง)

แบบบันทึกข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตงานกล่องบรรจุแปรงขัดฟันเก็บข้อมูลระหว่างเดือน มกราคม ถึง มีนาคม ปี 2563 ได้ข้อมูลเวลาหลังการปรับปรุงโดยทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิค SMED และ หลักการ ECRS ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จากตารางที่ ข.1 เป็นการจับเวลา 10 ครั้งของงานย่อยนำมาคำนวณหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95% และความละเอียดแม่นยา +5% โดยมีขั้นตอน

ดังนี้ขั้นตอนที่ 1 ทำการจับเวลางานย่อยก่อนโดยทำการจับเวลา 10 ครั้ง (เนื่องจากแต่ละงานย่อยมีการทางานไม่ถึง 2 นาทีจึงจับเวลาจำนวน 10 ครั้งแต่ถ้างานย่อยมีการทางานเกิน 2 นาทีให้จับเวลาจำนวน 5 ครั้ง)

ตารางที่ ข.1 การจับเวลา หลังการปรับปรุง

งานย่อย / ครั้งที่	ผลการจับเวลาของงานย่อย (วินาที)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เวลาเฉลี่ย
1.การรออุณหภูมิเครื่องจักร											
1.1.ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร	34.8	30	29.8	34	37.01	35	32.3	33.4	29.5	30.5	32.63
1.2 รออุณหภูมิห้องเครื่องจักร	เวลามาตรฐานของเครื่องจักรที่ใช้อุ่นเตาก่อนเดินเครื่อง 1800.01 วินาที										

หมายเหตุ : ขั้นตอนที่ 1.2 จัดเรียงลำดับขั้นตอนใหม่โดยให้ขั้นตอนการเปิดอุณหภูมิเปิดทันทีเมื่อมีการหยุดเครื่องจักรเพื่อปรับเปลี่ยนงานและสามารถทำงานขั้นตอนต่อไปได้เลย

ตารางที่ ข.1 การจับเวลา หลังการปรับปรุง (ต่อ)

งานย่อย / ครั้งที่	ผลการจับเวลาของงานย่อย (วินาที)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เวลาเฉลี่ย
2.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์											
2.1 ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก	34.8	40	36.8	38	37.5	33.5	34	37	38	36	36.56
2.2 ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก	18	16	17	20	17.4	15.8	16.9	19.4	19	18.1	17.76
2.3ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก	180	185	189.3	183	178	190	190.5	179.9	181.7	179	183.64

ตารางที่ ข.1 การจับเวลา หลังการปรับปรุง (ต่อ)

งานย่อย / ครั้งที่	ผลการจับเวลาของงานย่อย (วินาที)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เวลาเฉลี่ย
2.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์											
2.4 ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น	197.4	200	219	197.3	180.7	230.1	211	200.1	189.8	196.5	202.19
2.5 ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ	55.8	60.4	54.3	58.4	55	54.7	60	59.8	53.5	54	56.59
2.6 ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด	332.4	300	350.4	331	320.45	300.7	312	322.8	362.3	323	325.51
2.7 ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น	19	17.79	20.2	17.9	17	16.7	17.8	18.5	19.4	18.1	18.24
2.8 ใส่ตะแกรงที่ตัวกด	79.8	89.1	80.3	90	75.6	78	77.4	85.2	82.5	82.6	82.05
3 การเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด											**เวลาเฉลี่ย**
3.1 เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก	61.8	71.3	70.3	60.5	62.6	73	75.5	61.5	59.5	60.8	65.68
3.2 ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีดใหม่	5.4	5	5.1	5.22	5	6	6.1	5.6	5.9	4.88	5.42
3.3 ยกมีดขึ้นเครื่องจักร	20.4	19	18.7	20	19.8	19.5	18.2	21.4	19.1	21.1	19.72

ตารางที่ ข.1 การจับเวลา หลังการปรับปรุง (ต่อ)

งานย่อย / ครั้งที่	ผลการจับเวลาของงานย่อย (วินาที)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เวลาเฉลี่ย
3 การเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด											
3.4 ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง	41.4	42.3	41.5	42.6	40.6	40	39.6	37	44	38	40.7
4.ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด											**เวลาเฉลี่ย**
4.1 เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด	214.2	230.7	216.8	223	200	210	231.9	236.8	222	218	220.34
4.2 ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงลองตัด	128.1	131.8	131	132.1	142	127	141.6	130.4	125.6	140.1	132.97
4.3 ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก	21.6	22	21.4	24	23	18.9	20.5	19	22.1	19.5	21.2
4.4 เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่	207.6	207	220.8	230	215.8	216	203.6	201.7	208.9	207	211.84

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าพิสัย (Range:) จากค่าสูงสุด (High:) ลบด้วยค่าต่ำสุด (Low:)
ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าเฉลี่ยจากผลรวมของเวลาในงานย่อยของทุกๆวัฏจักร
ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่า พิสัย/ค่าเฉลี่ย

ตารางที่ ข.2 หาจำนวนการจับข้อมูลเวลาที่เหมาะสม (หลังการปรับปรุง)

ขั้นตอนหลักและงานย่อย	ค่าเฉลี่ย	ค่าพิสัย	พิสัย / ค่าเฉลี่ย	(n)
1.การรออุณหภูมิเครื่องจักร				
1.1.ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร	32.63	7.51	0.23	10
1.2 รออุณหภูมิห้องเครื่องจักร	เวลามาตรฐานของเครื่องจักรที่ใช้อุ่นเตาก่อนเดินเครื่อง 1800.01 วินาที			
2.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์				
2.1 ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก	36.56	6.5	0.17	6
2.2 ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก	17.76	4.2	0.23	10
2.3ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก	183.64	12.5	0.1	2
2.4 ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น	202.19	49.4	0.24	10
2.5 ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ	56.59	6.9	0.12	3
2.6 ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด	325.51	62.3	0.19	7
2.7 ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น	18.24	3.5	0.19	7
2.8 ใส่ตะแกรงที่ตัวกด	82.05	14.4	0.17	6
3 การเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด				
3.1 เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก	65.68	16	0.24	10
3.2 ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีดใหม่	5.42	1.22	0.22	8
3.3 ยกมีดขึ้นเครื่องจักร	19.72	3.2	0.16	4
3.4 ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง	40.7	7	0.17	6
4.ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด				
4.1 เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด	220.34	36.8	0.16	4
4.2 ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงลองตัด	132.97	16.4	0.12	3
4.3 ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก	21.2	5.1	0.24	10
4.4 เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่	211.84	28.3	0.13	3
เวลาเฉลี่ยรวมทุกขั้นตอน (วินาที)		**3473.05 (วินาที)**		

ขั้นตอนที่ 5 หลังจากได้ค่าคำนวณในขั้นตอนที่ 2,3 และ 4 แล้วนำค่า พิสัย/ค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปิดตาราง Maytag แสดงดังตารางที่ ก.2 เพื่อหาจำนวนการจับเวลาที่เหมาะสม (n) เพื่อให้ได้ระดับความเชื่อมั่น 95% และ ความละเอียดแม่นยำ 5%

จากตารางที่ ข.2 สรุปได้ว่าในการจับเวลาจำนวน 10 ครั้งของงานย่อยทั้งหมดมีความเพียงพอต่อความต้องการจึงไม่ต้องเก็บข้อมูลเพิ่ม (แต่ถ้าในการจับเวลาไม่เพียงพอก็ต้องให้ไปจับเวลาเพิ่ม) มีเวลาเฉลี่ยรวมการปรับตั้งเครื่องจักร เท่ากับ 3473.05 วินาที

2. แบบฟอร์ม Quick Changeover (QCO-SMED)

Quick Changeover คือวิธีที่จะวิเคราะห์กระบวนการของคุณเพื่อที่จะลดเวลา การพึ่งพาทักษะคน หรือวัสดุที่ต้องใช้ในการติดตั้ง ในตอนแรกเทคนิคนี้ใช้ในสายการผลิตโดยเฉพาะสำหรับพวกเครื่องมือและแม่พิมพ์ เร็วๆมานี้วิธีนี้ถูกนำไปใช้ในหลายๆกระบวนการทำงาน (รวมถึงขั้นตอนการซื้อขายสินค้า) ที่ต้องการเปลี่ยนรุ่นหรือติดตั้งใหม่อย่างรวดเร็ว เช่น เตียงคนไข้ในโรงพยาบาล ห้องผ่าตัด หรือการนำผู้โดยสารขึ้น/ลงเครื่องบิน. Quick Changeover ประกอบไปด้วยการวินิจฉัยขั้นตอนกระบวนการและการจัดเก็บไว้ในหนึ่งในสองประเภทนี้:

• Internal (ในกระบวนการ) – ต้องทำในเวลาที่กระบวนการนั้นหยุด

• External (นอกกระบวนการ) – สามารถทำได้ในขณะที่กระบวนการยังดำเนินการอยู่ ทั้งก่อนหรือหลังการทำการติดตั้ง

ใช้แบบฟอร์ม Quick Changeover (QCO-SMED) เพื่อที่จะเปรียบเทียบสิ่งที่เป็นขั้นตอนแบบ internal และ external ในกระบวนการเปลี่ยนรุ่น หรือติดตั้ง สำหรับทั้งกระบวนการปัจจุบันและกระบวนการที่ปรับปรุงไปแล้ว การนำเทคนิค Quick Changeover ไปใช้ องค์กรจะสามารถลดเวลาในการติดตั้งในกระบวนการลงได้ส่งผลให้ลดเวลาที่ไม่มีประสิทธิผลในกระบวนการ และทำให้เพิ่มจำนวนครั้งในการติดตั้ง, ปรับจำนวนแต่ละรุ่นการผลิตให้เล็กลง, และปรับปรุงการไหลของกระบวนการให้ดีขึ้นได้ เป้าหมายที่สองก็คือการลดเวลาในการติดตั้งทั้งหมดลงเพื่อเพิ่มเวลาให้กับคนงาน

Quick Changeover แบบฟอร์ม Quick Changeover (QCO-SMED)

เพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานและแยกขั้นตอนการทำงาน ออกเป็นสองส่วน คือ
งาน internal และ external ในกระบวนการเปลี่ยนรูปแบบการผลิต

ตารางที่ ข.3 แบบฟอร์มวิเคราะห์ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร

Quick Changeover (QCO-SMED)				
Workstation Details Workstation or Equipment : เปลี่ยนรูปแบบการผลิตที่เครื่องขึ้นรูปแบบสุญญากาศ Referenced Workstation Instructions or Procedures: เปลี่ยนรูปแบบการผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน Quick changeover analysis Initial State:ก่อนการปรับปรุง พนักงานทำงาน : 3 คน				
Work Element	**Activity Description**	**Elapsed Time (sec)**	**Type**	**Distance**
1	เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์	32.64	Internal	100M
2	เดินไปหยิบบล็อกมีด	31.07	Internal	16 M

ตารางที่ ข.3 แบบฟอร์มวิเคราะห์ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร (ต่อ)

Work Element	Activity Description	Elapsed Time (sec)	Type	Distance
3	เดินไปหยิบแผ่นเขียงตั้งมีดที่ห้องช่าง	51.67	Internal	100M
4	ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก	127.7	Internal	
5	ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก	57.5	Internal	
6	ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก	320.5	Internal	
7	ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น	148.9	Internal	
8	ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ	50.00	Internal	
9	ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด	107.77	Internal	
10	ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น	23.31	Internal	
11	ใส่ตะแกรงที่ตัวกด	115.51	Internal	
12	เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก	311.1	Internal	
13	ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก	67.79	Internal	
14	ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้	181.9	Internal	
15	ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้	66.8	Internal	
16	ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้	127.58	Internal	
17	ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น	75.73	Internal	
18	ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีด	85.4	Internal	
19	ยกมีดขึ้นเครื่องจักร	81.19	Internal	
20	ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง	16.89	Internal	
21	เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด	307.5	Internal	
22	ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงลองตัด	207.39	Internal	
23	ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก	43.04	Internal	
24	เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่	77.28	Internal	
25	ทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า	192.22	Internal	
26	ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงาน	72.8	Internal	
27	ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด	56.5	Internal	
28	ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร	14.6	Internal	
29	เปิดอุณหภูมิเครื่องจักรเมื่อเปลี่ยนแม่พิมพ์เสร็จและตั้งมีดเสร็จ	1800.01	Internal	
Total Time		**4852.25 วินาที**		
Total Distance		**216 เมตร**		
Baseline Internal Setup Times:		**4852.25 วินาที**		
Baseline External Setup Times:		**0.00 sec**		

ตารางที่ ข.4 แบบฟอร์มวิเคราะห์ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร

Quick Changeover (QCO-SMED)				
Workstation Details Workstation or Equipment : เปลี่ยนรูปแบบการผลิตที่เครื่องขึ้นรูปแบบสุญญากาศ Referenced Workstation Instructions or Procedures: เปลี่ยนรูปแบบการผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน Quick changeover analysis Initial State:หลังการปรับปรุง พนักงานทำงาน : 4 คน				
Work Element	**Activity Description**	**Elapsed Time (sec)**	**Type**	**Distance**
1	เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์	32.64	external	100M
2	เดินไปหยิบบล็อกมีด	31.07	external	16 M
3	เดินไปหยิบแผ่นเขียงตั้งมีดที่ห้องช่าง	51.67	external	100M
4	ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก	127.7	Internal	
5	ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก	57.5	Internal	
6	ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก	320.5	Internal	
7	ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น	148.9	Internal	
8	ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ	50.00	Internal	
9	ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด	107.77	Internal	
10	ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น	23.31	Internal	
11	ใส่ตะแกรงที่ตัวกด	115.51	Internal	
12	เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก	311.1	Internal	
13	ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก	67.79	external	
14	ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้	181.9	external	
15	ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้	66.8	external	
16	ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้	127.58	external	
17	ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น	75.73	external	
18	ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีด	85.4	Internal	
19	ยกมีดขึ้นเครื่องจักร	81.19	Internal	
20	ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง	16.89	Internal	
21	เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด	307.5	Internal	
22	ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงลองตัด	207.39	Internal	

ตารางที่ ข.4 แบบฟอร์มวิเคราะห์ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร (ต่อ)

Work Element	Activity Description	Elapsed Time (sec)	Type
23	ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก	43.04	Internal
24	เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่	77.28	Internal
25	ทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า	192.22	external
26	ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงาน	72.8	external
27	ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด	56.5	external
28	ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร	14.6	Internal
29	เปิดอุณหภูมิเครื่องจักรเมื่อเปลี่ยนแม่พิมพ์เสร็จและตั้งมีดเสร็จ	1800.01	Internal
27	ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด	56.5	external
Total Time		**4852.25 วินาที**	
Total Distance		**0 เมตร**	
Baseline Internal Setup Times:		**3895.59 วินาที**	
Baseline External Setup Times:		**956.66 วินาที**	

จากตารางที่ ข.4 สามารถอธิบายได้ว่า ใช้แบบฟอร์ม Quick Changeover (QCO-SMED) เพื่อที่จะเปรียบเทียบสิ่งที่เป็นขั้นตอนแบบ internal และ external ในกระบวนการเปลี่ยนรุ่น หรือติดตั้งสำหรับทั้งกระบวนการปัจจุบันและกระบวนการที่ปรับปรุงไปแล้วการนำเทคนิค Quick Changeover ไปใช้สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรลงได้ เหลือเวลางาน Baseline Internal Setup Times เท่ากับ 3895.59 วินาทีจากเดิมใช้เวลางาน Baseline Internal Setup Times: 4852.25 วินาทีสามารถลดเวลาในการติดตั้งในกระบวนการลงได้ลดขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจากเดิม 29 ขั้นตอน เหลือ 18 ขั้นตอนส่งผลให้ลดเวลาที่ไม่มีประสิทธิผลในกระบวนการ และ ปรับปรุงการไหลของกระบวนการให้ดีขึ้นได้ทำให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้นเป้าหมายที่สองก็คือการลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรให้ต่ำกว่าที่บริษัทกรณีศึกษากำหนด

ภาคผนวก ค

เล่มคู่มือขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร

เล่มคู่มือขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร

เครื่องจักรประเภท เครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ รุ่น MODEL : VFK-80/60SFT

ขั้นตอน การปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน

ขั้นตอนต่างๆ

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนการทำงาน

การจัดเตรียมแม่พิมพ์ บล็อกมีดตัดและเครื่องมืออุปกรณ์

ขั้นตอนปฏิบัติงานการปรับตั้งแม่พิมพ์และปรับตั้งบล็อกมีด

ขั้นตอนการเปิดอุณหภูมิ

ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์

ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด

ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนการทำงาน

จากที่ทำการศึกษาขั้นตอนการทำงานต่างสามารถนำมาเขียนเป็นคู่มือการทำงานให้กับพนักงานเพื่อให้พนักงานได้ทำงานตามขั้นตอนที่ได้จัดเรียงใหม่ เนื่องจากขั้นตอนนี้สามารถ ลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรได้จริง และคู่มือจัดทำขึ้นเพื่อให้พนักงานใหม่ไว้ศึกษาขั้นตอนการทำงานปรับตั้งเครื่องจักรและเป็นคู่มือให้กับพนังงานปัจจุบันด้วยเช่นกัน มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนการทำงานปรับตั้งเครื่องจักร

1.การจัดเตรียมแม่พิมพ์ บล็อกมีดตัดและเครื่องมืออุปกรณ์

ก่อนหยุดเครื่องจักรให้พนักงานเดินค้นหาอุปกรณ์จัดเตรียมเครื่องมือ,อุปกรณ์ และแม่พิมพ์ใส่รถเข็นเครื่องมือเตรียมไว้ล่วงหน้าและนำรถเข็นมาไว้ใกล้เครื่องจักรที่จะทำการปรับตั้งเครื่องจักร โดยเช็ครายการจากใบรายการตรวจสอบการปฏิบัติงานแสดงดังตารางที่ ค.1 ใบเช็ครายการการจัดเตรียมเครื่องมือ,อุปกรณ์และแม่พิมพ์

ตารางที่ ค.1 ใบเช็คราย การการจัดเตรียมเครื่องมือ,อุปกรณ์และแม่พิมพ์

ใบรายการตรวจสอบ

รายการตรวจสอบการปฏิบัติงาน

เครื่องจักร A MODEL : VFK- 80/60SFT

การปฏิบัติงาน การปรับตั้งเครื่องจักรผลิตงานฝาครอบแปรงขัดฟัน ขั้นตอนการเปิดอุณหภูมิและการถอดแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์

ตารางที่ 3.5 การตรวจสอบการปฏิบัติงาน (Check list)

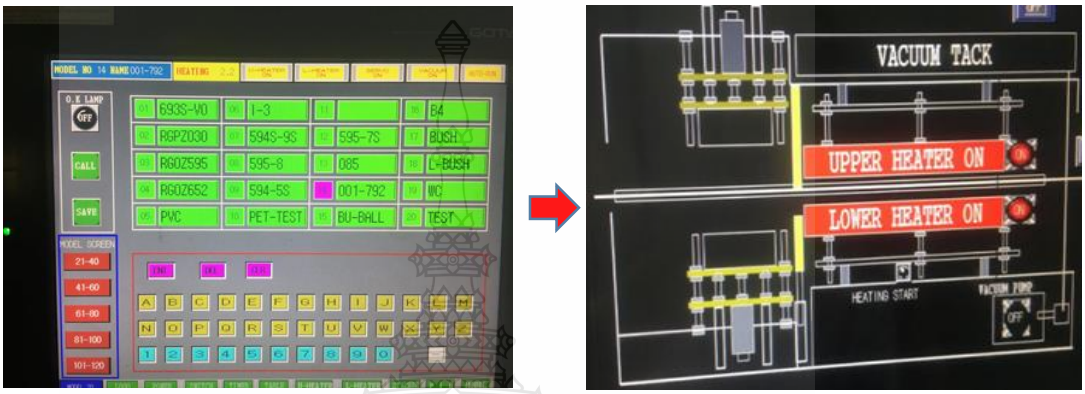
	พนักงานที่ปฏิบัติงาน 2 คน		
√	A		C
√	B		D
	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องการที่ต้องจัดเตรียมก่อนล่วงหน้า		
	ฝาครอบมีด		ค้อนเหล็ก
	แผ่นพลาสติกเขียงตั้งมีด		ไขควงสี่แฉก
	มีดคัตเตอร์		แท่งเหล็กเหลี่ยมตรงยาว 1 ฟุต
	เวอร์เนียคาริเปอร์		เทปกาวสีน้ำตาล
	ค้อนยาง		ชิ้นงานพลาสติกลองตั้งแม่พิมพ์
	เทปกาว 2 หน้า		แม่พิมพ์

รูปที่ ค.1 จัดเตรียมเครื่องมือ,อุปกรณ์และแม่พิมพ์ใส่รถเข็น

ขั้นตอนปฏิบัติงานการปรับตั้งแม่พิมพ์และปรับตั้งบล็อกมีด

2. ขั้นตอนการเปิดอุณหภูมิ

เมื่อเครื่องจักรหยุดทำงานเพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตพนักงานสามารถเริ่ม เรียกข้อมูลเวลาการเดินเครื่องจักรและเปิด on ฮีตเตอร์บนและฮีตเตอร์ล่าง ที่หน้าจอเครื่องจักร แสดงดังรูปที่ ค.2 เปิด on ฮีตเตอร์บน และ ฮีตเตอร์ล่าง



เรียกข้อมูลเดินเครื่อง ไฟเปิด

รูปที่ ค.2 เปิด on ฮีตเตอร์บนและฮีตเตอร์ล่าง

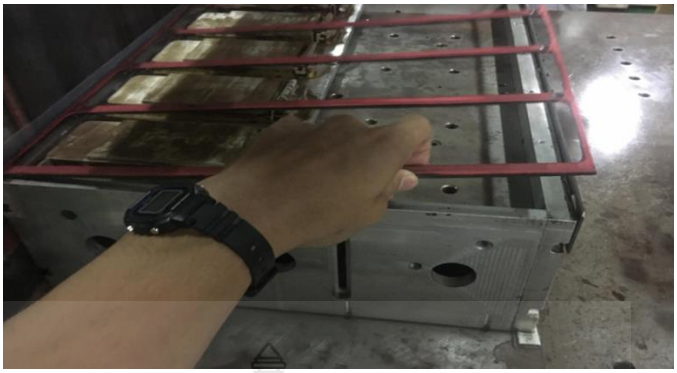
เมื่อเปิดฮีตเตอร์ เครื่องจักรเสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถทำขั้นตอนต่อไปได้เลยทันที โดยแบ่งการปฏิบัติงานออกเป็น 2 ขั้นตอน 1.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์ และ ติดตั้งแม่พิมพ์ 2. การเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด โดยการจัดพนักงานช่างเข้าปฏิบัติงาน ใช้พนักงาน 4 คน ช่าง 3 คน ผู้ช่วยช่าง 1 คน

3. ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์

สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

3.1 ขั้นตอนการถอดแม่พิมพ์เก่าออก

เมื่อผลิตงานครบจำนวนที่ต้องการแล้วหัวหน้าจะมาเขียนสั่งเปลี่ยนรายการผลิตช่างก็จะทำการหยุด เครื่องจักรและปิดฮีตเตอร์เครื่องจักรจากนั้นถึงจะขันน็อต M4 สกรูหัวแฉกหัวแบนยึดตะแกรง 8 ตัวที่ตัวกดออกและขันน็อต M4 สกรูหัวแฉกหัวกลม 2 ตัว แสดงดังรูปที่ 4 ที่ยึดตัวกดออกจากนั้นขันน็อต M4 สกรูหัวแฉกหัวแบนยึดแม่พิมพ์เก่า 8 ตัว ออกยกแม่พิมพ์ลง แสดงดังรูปที่ 5

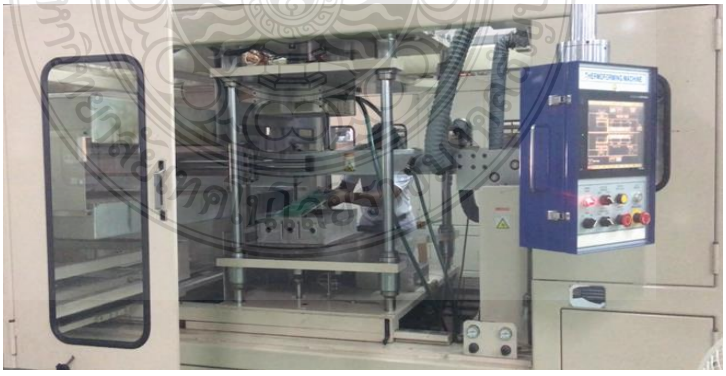


รูปที่ ค.3 แสดงขั้นตอนการถอดตัวกด

รูปที่ ค.4 แสดงขั้นตอนการถอดแม่พิมพ์

3.2 ขั้นตอนการติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่

เอาตัวกดติดตั้งที่กล่องแม่พิมพ์ล่างขันน็อต M4 สกรูหัวแฉกหัวกลม 2 ตัวหลวมๆให้ตัวกดขยับได้เล็กน้อยและตั้งระยะตัวกดกับขอบกล่องแม่พิมพ์ที่ขีดทำเครื่องหมายไว้ แสดงดังรูปที่ ค.5

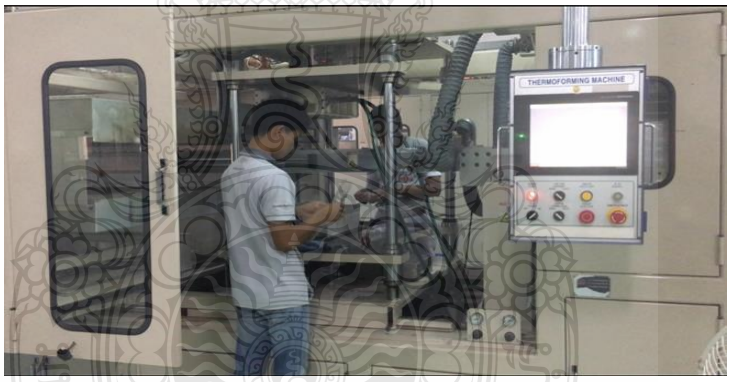


รูปที่ ค.5 ขั้นตอนติดตั้งตัวกด

ยกแม่พิมพ์ใหม่ขึ้นยึดน็อตM4 สกรูหัวแฉกหัวแบน 8 ตัวกับกล่องแม่พิมพ์ด้านบนขันนอตให้แน่นแสดงดังรูปที่ ค.6

รูปที่ ค.6 ขั้นตอนการติดตั้งแม่พิมพ์

ขั้นตอนการตั้งระยะประกบของแม่พิมพ์ช่างนำชิ้นงานตัวอย่างมา 10 ชิ้น ประกบเข้าด้วยกันอันละ 2 ชิ้น 5 ตัวแล้วใส่ลองไว้ที่ตัวกดทดลองประกบระหว่างแม่พิมพ์กับตัวกด แสดงดังรูปที่ ค.7



ระยะการตั้งตัวกด งาน I ด้านยาววัดชนตัวกดกับขอบกรอบนอก ค่าเท่ากับ 2.65 cm.ห้ามเกิน 2.68 cm. วัดด้านความกว้างวัดชนตัวกดกับขอบกรอบนอกเหล็กกั้น ค่าเท่ากับ 19.2 cm. ห้ามเกิน 19.3 cm.

รูปที่ ค.7 ขั้นตอนการทดลองประกบแม่พิมพ์

เสร็จแล้วดูชิ้นงานพลาสติกที่ลองตัวกดว่ามีรอยเบียดระหว่างแม่พิมพ์กับตัวกดหรือเปล่าถ้าไม่มีขันน็อต M4 สกรูหัวแฉกหัวกลม 2 ตัวที่ยึดตัวกดให้แน่นแล้วทดลองประกบอีกหนึ่งครั้งแล้วดูชิ้นงานพลาสติกที่ลองตัวกดว่ามีรอยเบียดระหว่างแม่พิมพ์กับตัวกดหรือเปล่าจากนั้นใส่ตะแกรงยึดน็อต M4 สกรูหัวแฉกหัวแบน 8 ตัวให้แน่น แสดงดังรูปที่ ค.8

รูปที่ ค.8 ขั้นตอนการขันนอตยึดตัวกด และ ตะแกรง

4. ขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

4.1 ขั้นตอนการถอดมีดเก่าลง ช่างจะนำฝาครอบมีดมาเพื่อลองคมมีดไว้เพื่อป้องกันคมมีดไม่ให้ช่างไปจับหรือไปโดนกดสวิตซ์ไฮโดรลิกลง เปิดวาล์วลมออกเพื่อปล่อยตัวล็อกมีดเอาแหวนล็อกออกปิดลมกดสวิตซ์ยกไฮโดรลิกขึ้นแล้วยกไม้มีดลงจากนั้นขันสกรูเกลียวปล่อยเหล็กหัวเรียบ 4 ตัวออก และยกมีดออก

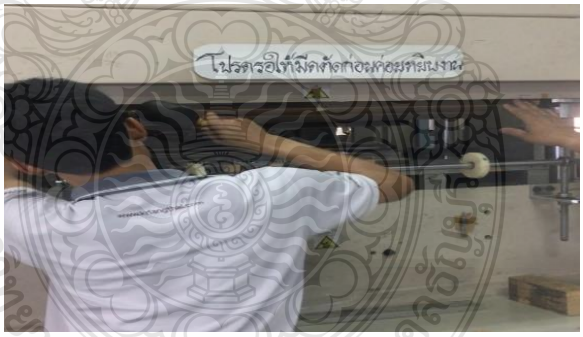
4.2 ขั้นตอนการติดตั้งมีดใหม่ ช่างนำมีดใหม่มาแล้วติดตั้งบล็อกมีดเข้ากับแผ่นไม้วัดระยะบล็อกมีดให้ระยะด้านข้างมีดเท่ากับ 110.80 mm. - 111.00 mm. และ ระยะหัวของมีดเท่ากับ 102.00 mm. แสดงดังรูปที่ ค.9

รูปที่ ค.9 การวัดระยะตั้งบล็อกมีดตัด

เมื่อตั้งระยะมีดเสร็จเรียบร้อยแล้วขันสกรูเกลียวปล่อยเหล็กหัวเรียบ 4 ตัวให้แน่นใช้ฝาครอบมีดครอบที่คมมีดแล้วยกขึ้นเครื่องจักร เปิดวาล์วลมออกเพื่อปล่อยตัวล็อกมีดเอาแหวนล็อกใส่ทั้งสองข้าง ปิดลมกดสวิตซ์ยกไฮโดรลิกขึ้นจากนั้นทำขั้นตอนต่อไปคือขั้นตอนที่ 2.4 ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด

5. ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด

ช่างจะเปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีดเพื่อตั้งระยะบล็อกมีดกับเขียงรองตัดให้ขอบเสมอกันโดยใช้นิ้วจับสัมผัสและการสังเกตด้วยสายตา ตั้งบล็อกมีดกับเขียงรองตัดเสร็จแล้วก็นำแผ่นเฟรมที่ขึ้นรูปมาทดลองตัดเพื่อดูว่าตัดแล้วได้ชิ้นงานตามคุณภาพหรือไม่ แสดงดังรูปที่ ค.10



รูปที่ ค.10 ขั้นตอนการตั้งบล็อกมีดตัดกับแผ่นเขียงตั้งมีด

การปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว

Single Minute Exchange of Die (SMED)

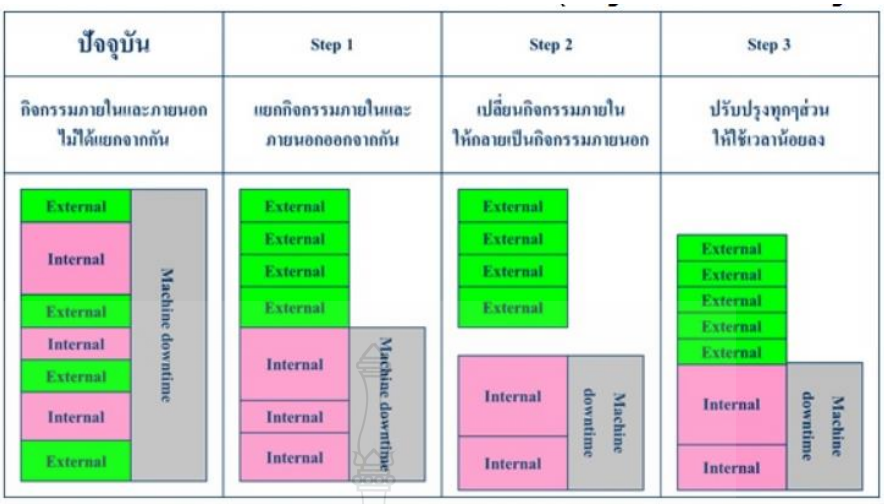
บทนำ

สถานการณ์ความต้องการของลูกค้าในปัจจุบันนั้นมีความต้องการที่หลากหลายทำให้ธุรกิจอุตสาหกรรมจำเป็นต้องผลิตสินค้าที่หลากหลายเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าแต่เนื่องจากในความต้องการที่หลากหลายแล้วลูกค้ายังต้องสินค้าที่รวดเร็วและทันเวลาที่ต้องการกระบวนการผลิตจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนรุ่นการผลิตบ่อยครั้งตามความต้องการที่หลากหลายดังกล่าว องค์กรใดใช้เวลาในการเปลี่ยนรุ่นนานก็จะทำให้ความสามารถในการต้องสนองความต้องการลูกค้าต่ำลงหรืออาจจะเกิดความล่าช้าไม่ทันเวลา

รูปที่ ค.11 การเปลี่ยนล้อรถแข่ง [17]

การปรับเปลี่ยนรุ่นการผลิตอย่างรวดเร็ว (Quick Changeover) จึงเป็นการเครื่องมือช่วยในการลดต้นทุนความสูญเปล่าจากการเปลี่ยนรุ่น โดยเฉพาะที่ระบบการผลิตแบบลีนเรียกเครื่องมือนี้ว่า SMED (Single Minute Exchange of Die)

เทคนิคนี้ได้ถูกคิดค้นขึ้น โดย Dr. Shingeo Shingo ซึ่งเป็นผู้ร่วมกันคิดระบบการผลิตแบบ โตโยต้า ร่วมกับ Taiichi Ohno โดยจุดเริ่มต้นของการวัดเวลา นั้นขึ้นอยู่กับองค์กรว่าจะวัดอย่างไร เช่น นับตั้งแต่เครื่องจักรหยุดจนกระทั่งเครื่องจักรเริ่มปฏิบัติงานทฤษฎีในตอนเริ่มแรกของ Dr,Shingo นั้นมี 3 ขั้นตอนหลักๆเท่านั้นในภายหลังขั้นตอนอาจจะแตกออกมามากกว่านี้เพื่อให้ผู้ศึกษาเข้าใจได้ง่าย แต่ก็จะไม่หนีไปจากหลักเกณฑ์พื้นฐานมากนักโดย มี 3 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 แยกการตั้งค่าทั้งภายในและภายนอกขั้นตอนที่ 2 แปลงการตั้งค่าภายในไปเป็นการตั้งค่าภายนอกขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงองค์ประกอบภายในและภายนอก



รูปที่ ค.12 ขั้นตอนการทำ SMED [17]

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมเข้าใจความหมาย และประโยชน์ของการเปลี่ยนรุ่นการผลิตอย่างรวดเร็ว
2. เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมได้เข้าใจพื้นฐาน และเทคนิคของการเปลี่ยนรุ่นการผลิตอย่ารวดเร็ว
3. เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถประยุกต์ใช้เทคนิค และแนวคิดการเปลี่ยนรุ่นการผลิตอย่างรวดเร็วเพื่อลดเวลาการเปลี่ยนรุ่นการผลิตของแต่ละเครื่องจักร

กลุ่มเป้าหมาย : หัวหน้างาน พนักงาน
อบรมโดย : ผู้จัดการโรงงาน
จำนวนผู้เข้าอบรม : 4 คน
กำหนดการอบรม
09.00-12.00 **บทนำ**

- ปัญหาของการผลิตที่เกิดจากเวลาในการตั้งเครื่อง
- SMED คืออะไร และ ประโยชน์ของการประยุกต์ใช้คืออะไร
- หลักการและแนวคิดการลดเวลาการปรับตั้ง
- 3 ขั้นตอนสำหรับ SMED

การศึกษาและเตรียมข้อมูล

- ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมปรับตั้ง
- ดำเนินการแยกรายละเอียดงาน (Job Breakdown)
- ตรวจสอบเวลาในการทำงานในแต่ละขั้นตอน

12.00-13.00 - พัก

13.00-16.30 **SMED**

- Step 1 แยกกิจกรรมภายในและภายนอกออกจากกัน
  - งานนอกและงานในคืออะไร
  - การแยกกิจกรรมภายในและภายนอกและการประเมินเวลา
- Step 2 เปลี่ยนกิจกรรมภายในให้กลายเป็นกิจกรรมภายนอก
  - เทคนิคการเตรียมความพร้อมก่อนการหยุดตั้ง
  - การพิจารณาเลือกงานภายในสู่ภายนอก
- Step 3 ปรับปรุงทุกๆส่วนให้ใช้เวลาน้อยลง
  - Kaizen เพื่อการปรับปรุงงานให้ดีขึ้น
  - การประเมินผลการปรับปรุง
- Q&A

รูปแบบการอบรม

- บรรยาย 30% Work 70%
- ดำเนินการทำกิจกรรมกลุ่มและระดมความคิด

ภาคผนวก ง

คำนวณผลทางสถิติโดยโปรแกรม Minitab

Test and CI for Two Variances

* NOTE * Graphs other than interval plot cannot be made with summarized data.

Method

Null hypothesis Sigma(1) / Sigma(2) = 1
Alternative hypothesis Sigma(1) / Sigma(2) not = 1
Significance level Alpha = 0.05

Statistics

Sample	N	StDev	Variance
1	10	325.770	106126.093
2	10	411.700	169496.890

Ratio of standard deviations = 0.791
Ratio of variances = 0.626

95% Confidence Intervals

Distribution of Data	CI for StDev Ratio	CI for Variance Ratio
Normal	(0.394, 1.588)	(0.156, 2.521)

Tests

Method	DF1	DF2	Test Statistic	P-Value
F Test (normal)	9	9	0.63	0.496

Interval Plot
Descriptive Statistics: ก่อนปรับปรุง

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3
ก่อนปรับปรุง	10	0	4852.3	9.18	29.0	4814.6	4816.1	4864.4	4871.1

Variable	Maximum
ก่อนปรับปรุง	4892.4

Probability Plot of ก่อนปรับปรุง

Probability Plot of หลังปรับปรุง

Two-Sample T-Test and CI

* NOTE * Graphs cannot be made with summarized data.

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
1	10	4852	326	103
2	10	3473	412	130

Difference = mu (1) - mu (2)

Estimate for difference: 1379

95% CI for difference: (1029, 1729)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 8.31 P-Value = 0.000 DF = 18

ภาคผนวก จ

นำเสนอผลงานการวิชาการ

1. ส่งผลงาน 30 กรกฎาคม 2563

2. ตรวจสอบสถานะบทความวิจัย2563 : Sheet 1

ตรวจสอบสถานะบทความวิจัย2563 : Sheet1

	of Thailand	
ID099	Application of Google Classroom for Learning Management of Pandemic Surveillance (COVID-19)	ไม่ผ่านการพิจารณา
ID100	Impact of COVID-19 pandemic and Tourism recovery of Phuket province from the perspective of professional tourist guides	ตอบรับบทความ
ID101	Factors Influence buying behavior of visitors In Khuan Khanun district Phatthalung province	ไม่ผ่านการพิจารณา
ID102	Low-cost Langendorff perfusion system for rat cardiomyocyte isolation	ตอบรับบทความ
ID103	Study of Mechanical Properties in The Stainless Steel of Car Body Structure on Light Rail Vehicle by Finite Element Analysis	ไม่ผ่านการพิจารณา
ID104	A Mathematical Model for Medical-glove Production Planning Problem	ตอบรับบทความ
ID105	Guideline for promotion of potential tourism in Bor Hin Subdistrict Sikao District Trang Province	ตอบรับบทความ
ID106	Effects of number of open-hole on ultimate tensile strength properties of glass fiber-reinforced composite materials	ตอบรับบทความ
ID107	Comparison of Fire Evacuation Time between Actual Evacuation and Evacuation Simulations by Pathfinder Software : Case Study Carbon Fiber Reinforced Polymers Industry	ตอบรับบทความ
ID108	PERFORMANCE ANALYSIS OF FIRE SPRINKLER SYSTEM: CASE STUDY HDP	ตอบรับบทความ
ID109	Setup Time ReductionforVacuumThermoforming Machine	ตอบรับบทความ
ID110	A Study of Water Footprint of Rice using Sprinkler and Drip Irrigation	ตอบรับบทความ
ID111	Logistics Management in Property Administration in Case Study of Snack Factory in Pathumthani Province	ตอบรับบทความ

3 ส่งคลิปวีดีโอวันที่ 20 สิงหาคมเพื่อนำเสนอผลงานวิจัยในวันที่ 28 สิงหาคม แบบออนไลน์

4.กำหนดการนำเสนอผลงานการประชุมวิชาการครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

Session 4 /*ท่านจะได้รับรหัสเข้าห้องประชุมทางอีเมล์ภายในวันที่ 27 ส.ค.

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)

Chairpersons ผศ.ดร.ธเนศ วงศ์พงส์

พิธีกร : นางอนุตรา สุนทรส/นางสาววิชุดา กุลสัมพันธ์

เวลา	ลำดับที่	ชื่อบทความ	นักวิจัย
13.45-14.00	ID092	Fire Risk Assessment: A Case Study of Building Decorated by Aluminium Composite	ปภัสรา ศรีสุขหวัง
14.00-14.15	ID093	Study on the deformation behavior of soft Kaolin clays under cyclic loadings	Paritta Suphakowit
14.15-14.30	ID095	Design and development of automatic tablet counting machine	วิฐญู ศิลาบุตร
14.30-14.45	ID096	Development Guidelines on a Labor Database System for Employers	กฤติยาภรณ์ คุณสุข
14.45-15.00	ID104	A Mathematical Model for Medical-glove Production Planning Problem	อัศพงษ์ บุรณวงศ์
15.00-15.15	ID106	Effects of number of open-hole on ultimate tensile strength properties of glass fiber-reinforced composite materials	วริศ ศิริจันธ์
15.15-15.30	ID108	PERFORMANCE ANALYSIS OF FIRE SPRINKLER SYSTEM: CASE STUDY HDP WAREHOUSE	อสิตา จอดนอก
15.30-15.45	ID109	Setup Time ReductionforVacuumThermoforming Machine	ศรายุธ ผลจันทร์
15.45-16.00	ID110	A Study of Water Footprint of Rice using Sprinkler and Drip Irrigation	ธนกาญจน์ คนังค์ด
13.45-14.00	ID092	Fire Risk Assessment: A Case Study of Building Decorated by Aluminium Composite	ปภัสรา ศรีสุขหวัง
14.00-14.15	ID093	Study on the deformation behavior of soft Kaolin clays under cyclic loadings	Paritta Suphakowit
14.15-14.30	ID095	Design and development of automatic tablet counting machine	วิฐญู ศิลาบุตร

5. นำเสนอผลงานวันที่ 28 สิงหาคม 2563

6. ได้รับใบประกาศนียบัตรและได้รับการตีพิมพ์ลงเล่มรายงาย

ที่ อว 6503.01/ว 1084

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
199 ม.6 ต.ทุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230

25 สิงหาคม 2563

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาบทความ ID109

เรียน นายตรายุธ ผลจันทร์

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเรื่อง "การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ: Set up Time Reduction for Vacuum Thermoforming Machine" เพื่อเข้าร่วมในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา The 4th KU SRC Annual Conference วันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ.2563 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา นั้น

ในการนี้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ขอแจ้งว่าบทความของท่านได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ และจะได้ตีพิมพ์ลงในเล่มรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (Proceeding)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

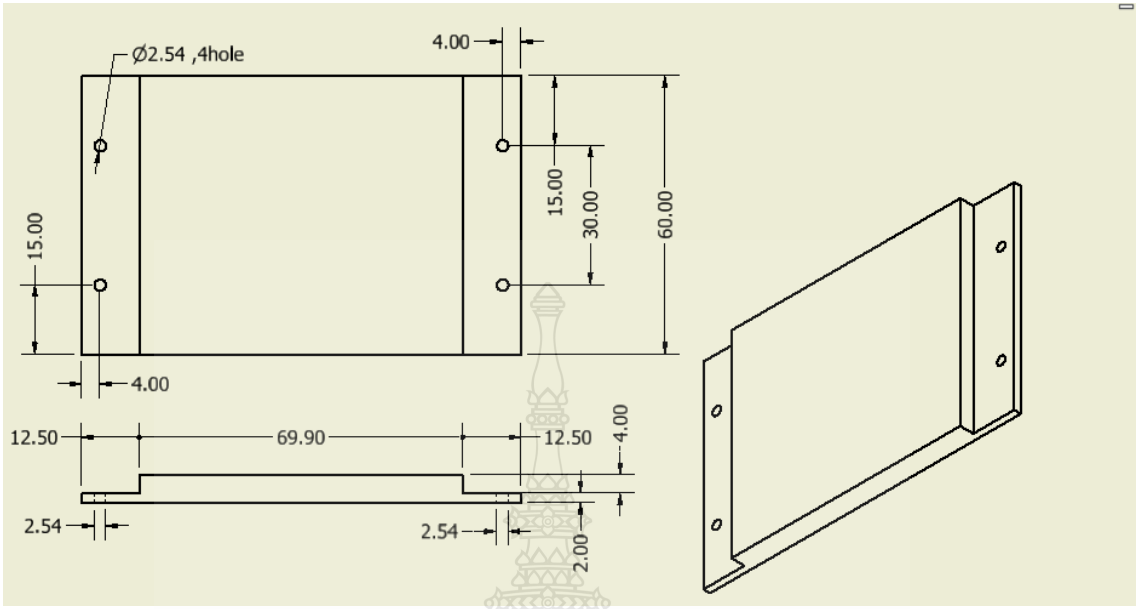
ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกวลิน มะลิ)
ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายนวัตกรรมวิจัยและบริการวิชาการ วิทยาเขตศรีราชา
ประธานกรรมการจัดงานประชุมวิชาการฯ

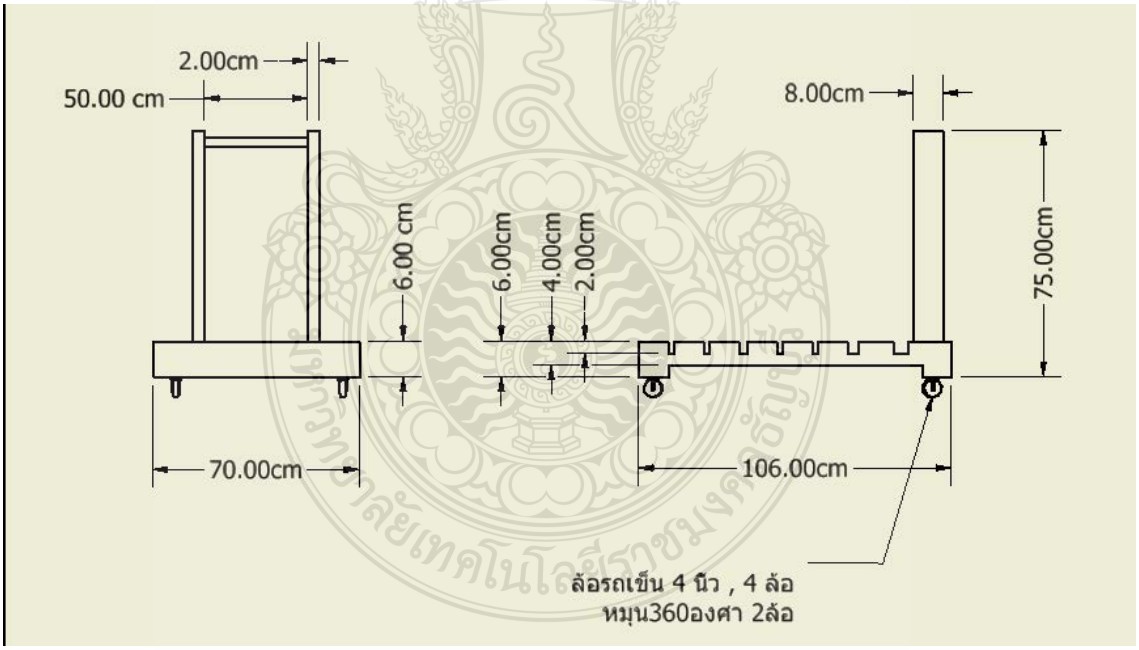
โครงการจัดตั้งกองวิจัยและบริการวิชาการ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
โทรศัพท์ 064-6281536
Email : conference@src.ku.ac.th

7. ผลงานที่เขียนส่งการประชุมวิชาการ

ภาคผนวก ฉ
แบบเครื่องมือ และ อุปกรณ์ช่วยในงานวิจัย



รูปที่ ฉ.1 แบบขนาดชุดไม้ยึดมีด



รูปที่ ฉ.2 แบบขนาดรถเข็นใส่เครื่องมือ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายศรายุธ ผลจันทร์
วัน เดือน ปีเกิด	8 ธันวาคม 2537
ที่อยู่	ต.บางน้ำจืด อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 74000
จบการศึกษา	ปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาอุตสาหกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีที่จบการศึกษา	2560
ประสบการณ์การทำงาน	ช่างควบคุมเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ Vacuum Thermoforming Machine บริษัท เกรียงไทยพลาสเท็ค พ.ศ. 2560 ถึงปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	09-1508-5168
อีเมล์	sarayut_p@mail.rmutt.ac.th Sarayuts.w.100@hotmail.co.th Pongharohero081237@gmail.com