การลดเวลาปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟัน กรณีบริษัทรับจ้างผลิตยาสีฟัน

Setup Time Reduction for Toothpaste Tube Filling Machine: A case study of a contract toothpaste manufacturing company

วรุตม์ บุญภักดี[1], จิรัชยา หยกวิจิตร[1], ชยุดา บัวแย้ม[1], ภัทรบดินทร์ ฉรินทร์ศักดิ์ชัย[1] และ ดวงรัตน์ หิรัญญะสิริ[2,*]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน กำแพงแสน, กำแพงแสน, นครปฐม 73140

[2]ภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ, คณะอุตสาหกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

Warut Boonphakdee[1], Jirachaya Yokwijit[1], Chayuda Buoyam[1], Pattarabadin Narinsakchai[1] and Duangrat Hirunyasiri[2,*]

[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[2]Department of Textile Science, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

***Corresponding Author E-mail:** duangrat.c@ku.th

Received: Aug 31, 2023; **Revised:** Dec 04, 2023; **Accepted:** Dec 13, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ลดเวลาสูญเปล่าและปรับปรุงขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตยาสีฟันมีหลายชนิด ทำให้กระบวนการผลิตบรรจุยาสีฟันลงหลอดจำเป็นต้องเปลี่ยนแผนการผลิตบ่อย ส่งผลให้จำนวนครั้งการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันเพิ่มขึ้น เครื่องบรรจุยาสีฟันไม่สามารถเดินเครื่องได้อย่างต่อเนื่อง จากการศึกษาพบว่าเวลาเฉลี่ยการหยุดปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟัน 157.1 นาทีต่อครั้ง มากกว่าเวลาปรับตั้งเครื่องตามแผน 67.1 นาทีคิดเป็นร้อยละ74.55 ผู้วิจัยนำเสนอหลักการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรแบบรวดเร็วและหลักการ ECRS ทำให้ลดเวลาปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันเหลือ 124.6 นาทีต่อครั้ง ลดลงร้อยละ 20.69 ผลการประเมินสมรรถนะกระบวนการก่อนและหลังปรับปรุงด้วยการวัดประสิทธิผลการใช้เครื่องจักรโดยรวมจากร้อยละ 41.66 ถึง 58.61 เพิ่มขึ้นร้อยละ 16.95

คำสำคัญ: การปรับตั้งเครื่องจักร, หลักการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรแบบรวดเร็ว,หลักการ ECRS, ประสิทธิผลการใช้เครื่องจักรโดยรวม

Abstract

This research aimed to find ways to reduce the idle time and improve the toothpaste tube filling machine setup procedure. The toothpaste manufacturing industry has many kinds of products nowadays, so the production process would need to frequently change its production plan, thus causing the number of machine setup times to increase. As such, the toothpaste tube filling machine would be unable to run simultaneously. According to the study, the average machine setup time on the filling machine was 157.1 minutes per time. This was more than the planned machine setup time of about 67.1 minutes, or 74.55 percent. The researchers presented the single-minute exchange of die and the eliminate, combine, reduce, and simplify approaches to reduce the average time of the machine setting by about 124.6 minutes per time, or 20.69

percent. The evaluation results of the process performance before and after the improvement by measuring the overall equipment efficiency from 41.66 percent to 58.61 percent increased by 16.95 percent.

Keywords: Machine setting, single minute exchange of die approach, ECRS approach, overall equipment efficiency

1. บทนำ

การปรับตั้งเครื่องจักรที่ใช้เวลามากจะทำให้เวลาในกระบวนการผลิตนั้นลดลง การปรับตั้งเครื่องจักรต้องเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การปรับปรุงผลิตภาพมีหลากหลายเทคนิคที่ใช้ใน การพัฒนาและแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มผลผลิต เช่น ระบบการผลิตแบบลีน สร้างมาตรฐานในการทำงาน กิจกรรมไคเซ็น บริษัทกรณีศึกษาเป็นผู้รับจ้างผลิตในกลุ่ม ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก ผลิตภัณฑ์ดูแลผิวพรรณและเส้นผม สายการผลิตยาสีฟันเป็นสินค้าหลักของบริษัท เนื่องจากบริษัทนี้มีการผลิตแบบ Original Equipment Manufacturer (OEM) จึงทำให้มีการเปลี่ยนสายการผลิตอยู่ตลอด ส่งผลให้กระบวนการผลิตบรรจุยาสีฟันลงหลอดจำเป็นต้องเปลี่ยนแผนการผลิตบ่อย จำนวนครั้งการปรับตั้งเครื่องจักรเพิ่มขึ้น เครื่องจักรไม่สามารถเดินเครื่องได้อย่างต่อเนื่องผู้วิจัยทำการศึกษาและเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการบรรจุยาสีฟันลงหลอดซึ่งมีขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันลงหลอดก่อนการเดินเครื่องใช้เวลาหยุดเครื่องตามแผน 90 นาทีต่อครั้ง แต่ในการทำงานจริงพบว่าใช้เวลาปรับตั้งเครื่องเฉลี่ยถึง 157.1 นาทีต่อครั้ง มากกว่าแผนถึงร้อยละ 74.5ทำให้เวลาเดินเครื่องบรรจุยาสีฟันลดลง ส่งผลให้จำนวนหลอดยาสีฟันที่ผลิตได้น้อยกว่าตามแผนการผลิตถึงร้อยละ 42.23

วัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้นำเสนอลดเวลาสูญเปล่าในการเตรียมอุปกรณ์และการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟัน (Toothpaste tube filling machine) และการปรับปรุงขั้นตอนการปรับตั้งเครื่อง เพื่อให้ประสิทธิผลการใช้เครื่องจักรโดยรวมสูงขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรมีดังนี้

การศึกษาเรื่องการใช้วิธีการจัดสมดุลสายการผลิตร่วมกับหลักการ ECRSโดยงานวิจัยกระบวนการผลิตติดตั้งดั๊มพ์ (Mounting dump) ของบริษัทกรณีศึกษา พบว่าการทำงานของพนักงานยังไม่มีเวลามาตรฐาน และเอกสารการปฏิบัติงานไม่เป็นมาตรฐาน เกิดของเสียในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดต้นทุน (Cost)ในการนำงานกลับมาซ่อมใหม่ รอบเวลาการผลิตเกินกว่าค่า Takt time ที่ 30 นาที ผู้วิจัยวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหาพบว่าพนักงานไม่มีความชำนาญ ไม่มีคู่มือการปรับเครื่องเชื่อม และมีขั้นตอนการเชื่อมไฟฟ้าทำให้เกิดสะเก็ดไฟติดชิ้นส่วนพลาสติก ดำเนินการแก้ไขคือ จัดการอบรมพนักงานให้มีความชำนาญ จัดทำขั้นตอนการทำงานมาตรฐานใช้หลักการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยหลักการ ECRS รวมขั้นตอนเชื่อมS/F และเชื่อมอุปกรณ์ล็อคฝาท้าย ขั้นตอนติดตั้งอุปกรณ์ล็อคฝาท้ายรวมกับขั้นตอนตัดท้าย ทำให้รอบเวลาการผลิตไม่เกิน 30 นาทีผลการปรับปรุงทำให้จำนวนของเสียลดลงร้อยละ 100 ทำให้ต้นทุนงานซ่อมโดยรวมลดลง 410,459บาทต่อเดือน [1]

งานวิจัยนำเสนอการให้หลักการ SMED การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร จากการศึกษาแนวทางลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของกระบวนการพิมพ์ พบว่า เวลาสูญเปล่าเกิดจากการปรับตั้งเครื่องจักรมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 36 ของเวลาสูญเปล่าทั้งหมด ใช้หลักการ SMED แยกขั้นตอนการทำงานล่วงหน้าได้ เช่น การเตรียมอุปกรณ์การผสมสี การทำความสะอาดลูกกลิ้งและฟิล์ม สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจาก 6,306 วินาทีเหลือเพียง 2,604 ลดลงร้อยละ 59[2]

งานวิจัยนำเสนอหลักการ ECRS ปรับปรุงการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต โดยการปรับปรุงสายการบรรจุผลิตภัณฑ์ แป้ง Johnson Baby Powder กลิ่น Classic พบว่าแผนการผลิตต้องการ 240 กล่องต่อวัน แต่สามารถบรรจุได้เพียง 214 กล่องต่อวัน จากนั้นวิเคราะห์แผนภูมิการทำงานด้วยมือซ้าย-ขวา แล้วนำเสนอแนวทางการปรับปรุงขั้นตอนติดบาร์โค้ด ใส่ซองฟิล์มพลาสติกและป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องเป่าพลาสติกและใช้หลักการ ECRSลดขั้นตอนการทำงานไม่จำเป็น เช่น จัดวางโต๊ะอุปกรณ์ใหม่ลดการใช้แขนเอื้อมหยิบแป้ง และรวมขั้นตอนแกะกล่องผลิตภัณฑ์และติดบาร์โค้ด ขั้นตอนใส่ซองฟิล์มพลาสติกรวมกับใส่ผลิตภัณฑ์ของแถม และขั้นตอนติดสติ๊กเกอร์รวมกับบรรจุใส่กล่อง หลังการปรับปรุงช่วยลด

จำนวนพนักงานจาก 15 คน เหลือ 12 คนและสามารถบรรจุกล่องเพิ่มจาก 214 กล่องต่อวันเป็น 278 กล่องต่อวัน [3] งานวิจัยหาแนวทางลดเวลาปรับตั้ง

เครื่อง เจียร์แหวนตลับลูกปืน ดำเนินการคัดแยกขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องด้วยวิธี Two minute analysis จาก 13 ขั้นตอนคงเหลือ 8ขั้นตอนหลักที่นำมาปรับรุงด้วยหลักการ ECRS เช่น ตรวจสอบแหวน ติดตั้งแหวน ขัดแผ่น Driving plate ปรับแกนหมุน เวลาว่างงาน การค้นหาเครื่องมือใช้ในงานประกอบตลับลูกปืน ปรับแผ่น Driving plate และการทำความสะอาด สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรจากเดิม 195 นาที เหลือ 114 นาที ลดเวลาร้อยละ 41.53 [4]

งานวิจัยนำหลักการ SMEDร่วมกับ ECRSลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร โดยมีงานวิจัยเสนอแนวทางลดเวลาติดตั้งแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกชิ้นส่วนของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ซึ่งใช้เวลาประมาณร้อยละ20 ต่อ เวลาทำงาน 8 ชั่วโมง ใช้เทคนิค SMED แยกขั้นตอนการทำงานภายนอกสามารถทำงานล่วงหน้าก่อนได้จำนวน 20 ขั้นตอน ลดเวลาได้ 5,313 วินาทีและใช้หลักการ ECRS เป็นแนวทางปรับปรุง เช่น ลดกิจกรรมการค้นหาอุปกรณ์ด้วยใช้รถเข็นสำหรับเตรียมอุปกรณ์ ลดเวลาได้ 679 วินาทีปรับปรุงการติดตั้งท่อน้ำหล่อเย็นโดยใช้ข้อต่อสวมเร็วแทนการใช้สายรัดท่อน้ำ ลดเวลาได้ 416 วินาที และปรับขั้นตอนการติดตั้งท่อน้ำหล่อเย็นทุกครั้งเป็นติดตั้งท่อน้ำเย็นถาวร ลดเวลาได้ 834 นาที ดังนั้นการปรับปรุงขั้นตอนและอุปกรณ์ ทำให้เวลาติดตั้งแม่พิมพ์ลดลงร้อยละ 70.01[5] งานวิจัยนำเสนอการปรับปรุงและลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนของบริษัทผลิตดิสก์เบรกรถยนต์การผลิตต้องมีการปรับตั้งแม่พิมพ์อย่างต่อเนื่อง เกิดจากกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนมีการเปลี่ยนรุ่นการผลิตเฉลี่ย 15 ครั้งต่อวัน และใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องนานที่สุด นำแนวทางปรับปรุงด้วยเทคนิค SMED ร่วมกับหลักการตั้งคำถาม 5W1H พบว่าขั้นตอนขับรถโฟล์คลิฟท์ยกแม่พิมพ์ไปทำความสะอาด ขับรถโฟล์คลิฟท์ยกแม่พิมพ์ชุดใหม่จากตู้อุ่นไปยังเครื่องพิมพ์ร้อน สามารถทำงานนอกเวลาล่วงหน้าได้ และใช้หลักการ ECRSปรับปรุงตัวเครื่องจักร ทำให้ลดระยะทางการขนย้ายแม่พิมพ์จาก 134.28 เมตร เหลือ 95.68 เมตร ลดเวลาปรับตั้งแม่พิมพ์จาก 942.2 วินาที ลดลง 492.8 วินาที คิดเป็นร้อยละ 52 [6] งานวิจัยหาแนวทางการลดเวลาการสูญเปล่าในการปรับตั้งเครื่องจักรของกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์หัวเชื้อเครื่องดื่มชนิดผงพบว่า กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ผสมแล้วลงซอง มีเวลาการทำงานที่สูญเปล่าจากขั้นตอนการเปลี่ยนม้วนกระดาษอลูมิเนียมฟอยล์มากที่สุด เกิดจากไม่มีมาตรฐานการทำงานที่ชัดเจน ผู้วิจัยเสนอการปรับปรุงด้วยการเปลี่ยนงานในมาเป็นงานนอกตามเทคนิค SMED และใช้หลักการ ECRS จัดเรียงงานใหม่กำจัดงานที่ไม่จำเป็นออกและจัดหาอุปกรณ์ช่วยทำงานได้ง่ายขึ้นอุปกรณ์ช่วยลดเวลาสูญเปล่าในขั้นตอนการเปลี่ยนม้วนกระดาษอลูมิเนียมฟอยล์ลดลงร้อยละ67จากเวลาเดิมก่อนการปรับปรุงทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น16,143 ซองต่อวัน [7] งานวิจัยหาแนวทางลดเวลาปรับตั้งเครื่องขึ้นรูปแบบสุญญากาศ และปรับปรุงขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน ใช้หลักการ SMEDนำขั้นตอนการจัดเตรียมแม่พิมพ์บล็อกมีดตัด แผ่นเขียงตั้งมีด และขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อคมีดตัดและติดตั้งบางส่วนเป็นการทำงานล่วงหน้าได้และนำหลักการ ECRS ปรับปรุงและลดขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อคมีดตัดและติดตั้งบล็อคมีดตัด ทำให้ลดเวลาปรับตั้งเครื่องได้ 956.66 วินาที คิดเป็นร้อยละ 19.71 [8]

งานวิจัยนำเสนอการประเมินประสิทธิผลการใช้เครื่องจักรโดยรวม ในกรณีลดความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักรและลดเวลาเปลี่ยนรุ่นการผลิต การลดความสูญเสียในกรณีหยุดเดินเครื่องจักรกระบวนการพิมพ์แบบออฟเซ็ทนั้น ได้ทำการสนทนากลุ่มร่วมกับผู้ปฏิบัติงาน มีข้อสรุปให้ดำเนินการจัดทำคู่มือมาตรฐานในการปฏิบัติงาน การจัดอบรมและวางแผนงานการใช้ เครื่องจักรของฝ่ายผลิต การพัฒนาความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานรวมทั้งการเปิดโอกาสผู้ปฏิบัติงานได้มีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหา ส่งผลให้สามารถลดความสูญเสียจากการหยุดเดินเครื่องจักรจาก 135 ชั่วโมงเป็น 112 ชั่วโมง ค่า OEE สามารถลดความสูญเสียจากการหยุดเดินเครื่องจักรจาก 135 ชั่วโมงเป็น 112 ชั่วโมง ค่า OEE เพิ่มขึ้นจากร้อยละ67.91 เป็น ร้อยละ 72.25[9]งานวิจัยลดเวลาเปลี่ยนรุ่นการผลิตใช้หลักการ SMED แยกขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์เครื่องฉีดพลาสติกเป็นงานภายนอกและภายในแล้วจัดขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์ใหม่ ทำให้ลดเวลาการ

เปลี่ยนจาก 8.99 นาที เหลือ 3.88 นาที ทำให้ ค่า OEE เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 65.47 เป็นร้อยละ 68.73 คิดเป็นร้อยละ 3.26[10]

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า มีนำการจัดสมดุลสายการผลิตร่วมกับหลักการ ECRSการใช้หลักการSMED และหลักการ ECRS หรือใช้ร่วมกันทั้งสองหลักการ และการใช้หลักการ SMED แล้วประเมินผลด้วย OEE ดังนั้นงานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการลดเวลาปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันประยุกต์หลักการ SMED ร่วมกับหลักการ ECRS และแผนภูมิกระบวนการไหลแล้ววัดประเมินผลก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยOEE ซึ่งทำการประเมินด้านอัตราการเดินเครื่องจักร ประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักร และอัตราคุณภาพ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การปรับตั้งเครื่องจักรจะเกิดขึ้นเมื่อแผนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงชนิดผลิตภัณฑ์ หรือช่วงเวลาแรกหลังจากการหยุดเครื่องเป็นเวลานาน แผนการผลิตเปลี่ยนชนิดผลิตภัณฑ์บ่อยครั้ง ส่งผลให้ระยะเวลาในการปรับตั้งเครื่องมากขึ้น ประสิทธิผลการผลิตลดลง ดังนั้นการนำหลักการลดเวลาการทำงานของเครื่องจักรมาประยุกต์ใช้ เช่น หลักการ SMED , ECRS และแผนภูมิกระบวนการไหล เป็นต้น

2.1 การปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (Single minute exchange of dies, SMED)

เป็นเทคนิคที่ช่วยให้สามารถดำเนินการติดตั้งและปรับเปลี่ยนเครื่องจักรให้ได้ภายในเวลาที่เป็นเลขหลักเดียว เป็นวิธีการที่มีประสิทธิผลที่สุดที่ทำให้เวลาในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรสั้นลง แนวความคิดพื้นฐานของระบบ SMED ประกอบด้วยการปฏิบัติการติดตั้งเครื่องจักรสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) การตั้งเครื่องภายใน (Internal setup) การปฏิบัติการที่ต้องการทำในขณะที่เครื่องจักรหยุดทำงาน
2) การตั้งเครื่องภายนอก (External setup) การปฏิบัติการที่สามารถทำได้ในขณะที่เครื่องจักรยังคงทำงานอยู่

เวลาการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (Changeover time) สามารถลดลงได้โดยการแปลงการปฏิบัติการตั้งเครื่องภายในให้เป็นการปฏิบัติการตั้งเครื่องภายนอกให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ เพื่อลดเวลาการหยุดของเครื่องจักรให้น้อยลง [11]

2.2 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow process charts)

แผนภูมิกระบวนการไหลเป็นแผนภูมิอีกแบบหนึ่งที่มีการใช้มากที่สุด แผนภูมินี้ใช้วิเคราะห์ขั้นตอนการไหลของวัตถุดิบ ชิ้นส่วน พนักงาน และอุปกรณ์ที่เคลื่อนไหวในกระบวนการพร้อมๆ กับกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยแสดงเป็นสัญลักษณ์และคำบรรยายประกอบลงในแผนภูมิกระบวนการไหลการวิเคราะห์แผนภูมิการไหลนี้ใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 ตัว ซึ่งกำหนดโดย The American society of mechanical engineers ในสหรัฐอเมริกา [12] ดังแสดงใน**ตารางที่ 1**

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์แผนภูมิกระบวนการไหล

สัญลักษณ์	ชื่อเรียก	คำจำกัดความโดยย่อ
	การปฏิบัติงาน	-การเตรียมวัตถุ -การประกอบชิ้นส่วน/ ถอดส่วนประกอบออก
	การตรวจสอบ	-การตรวจสอบ คุณภาพ หรือปริมาณ
	การเคลื่อนที่	-การเคลื่อนวัตถุจาก จุดหนึ่งไปยังอีกจุด หนึ่ง
	การรอคอย	-การรอคอย
	การเก็บ	-การเก็บรักษา

2.3 การปรับปรุงกระบวนการหลักการ ECRS

ECRS เป็นแนวคิดที่นำมาใช้ในการบริหารการจัดการอย่างมีประสิทธิผล โดยมุ่งเน้นที่การมีส่วนร่วมของพนักงานทุกคน สภาพแวดล้อมในการทำงานให้ดีขึ้นอยู่เสมอหัวใจสำคัญอยู่ที่ต้องมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นแนวคิดที่จะช่วยรักษามาตรฐานที่มีอยู่เดิม และปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

1) E (Eliminate) คือ การตัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นในกระบวนการออกไป

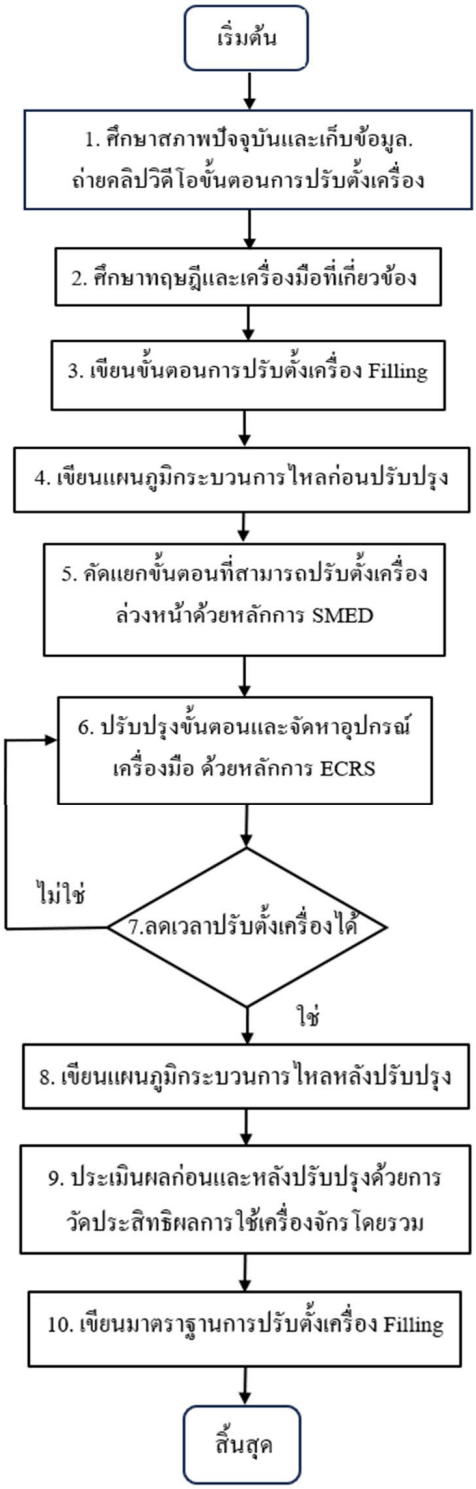
3) C (Combine) คือ การรวมขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกัน เพื่อประหยัดเวลาหรือแรงงานในการทำงาน

4) R (Rearrange) คือ การจัดลำดับงานใหม่ให้เหมาะสม

5) S (Simplify) คือ ปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือสร้างอุปกรณ์ช่วยทำงานได้ง่ายขึ้น [9]

3. ระเบียบการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาการปรับตั้งเครื่องจักร และกระบวนการบรรจุหลอดยาสีฟันลงหลอด ของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อนำข้อมูลมาหาแนวทางการลดเวลาการปรับตั้งเครื่อง Filling โดยมีขั้นตอนการวิจัย ดังแสดงใน**รูปที่ 1**



รูปที่ 1 ระเบียบการวิจัย

3.1 ขั้นตอนปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟัน

1) ศึกษาขั้นตอนและเขียนวิธีการปรับตั้งเครื่อง

2) เก็บข้อมูลระยะเวลาการทำงานก่อนปรับปรุงในแต่ละขั้นตอน

3) สร้างแผนภูมิการไหลของขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องก่อนปรับปรุง ระบุระยะเวลาการปฏิบัติงาน การเดินของพนักงาน และการตรวจสอบการเดินเครื่อง

4) ทำการแยกขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องทำงานภายในและภายนอก แล้วดำเนินการเปลี่ยนจากการปรับตั้งเครื่องภายในเป็นการปรับเครื่องภายนอกให้มากที่สุด เพื่อลดเวลาสูญเปล่าการเตรียมและประกอบอุปกรณ์ โดยใช้หลักการ SMED

5) ทำการปรับปรุงขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องและจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือ เพื่อให้เครื่องบรรจุยาสีฟันเดินเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้หลักการ ECRS

6) เก็บข้อมูลระยะเวลาการทำงานหลังปรับปรุงในแต่ละขั้นตอน

7) เปรียบเทียบเวลาสูญเปล่าก่อนและหลังการปรับปรุง

7.1) ในกรณีสามารถลดเวลาสูญเปล่าโดยการปรับปรุงขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องและจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือ ให้เขียนแผนภูมิการไหลของขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องหลังปรับปรุง

7.2) ในกรณีไม่สามารถลดเวลาสูญเปล่าได้ ให้ปรับแก้ไขวิธีการเตรียมและประกอบอุปกรณ์ การปรับปรุงขั้นตอน รวมทั้งการจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือ

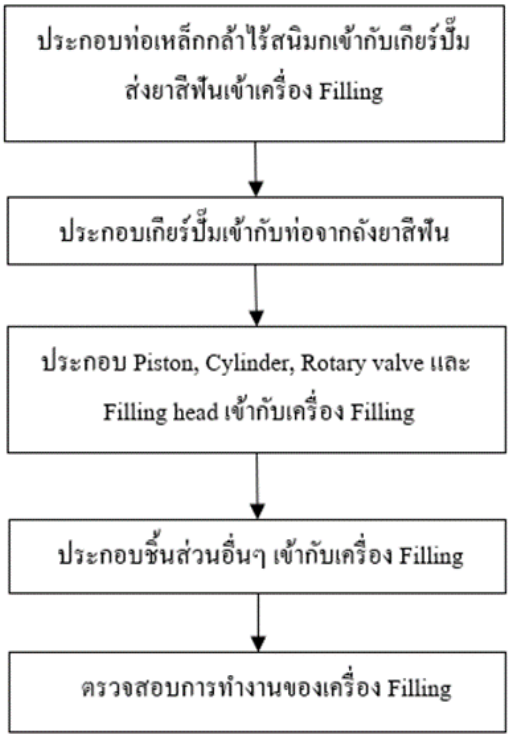
8) สร้างแผนภูมิการไหลของขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องหลังปรับปรุง

9) ประเมินผลก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยการวัดประสิทธิผลการใช้เครื่องโดยรวม

10) เขียนมาตรฐานการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟัน

3.2 ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรบรรจุยาสีฟันลงหลอด

จากการศึกษาการปรับตั้งเครื่องจักรของกระบวนการบรรจุยาสีฟันใส่หลอด เขียนเป็นขั้นตอนการทำงานหลัก ได้ดังนี้ (ดัง**รูปที่ 2**)



รูปที่ 2 ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟัน

การทำงานของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร สามารถแบ่งขั้นตอนได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ประกอบท่อเหล็กกล้าไร้สนิมจากเครื่องปั๊มเข้าเครื่อง Filling เริ่มต้นด้วยการประกอบท่อจากเครื่องปั๊มเข้าเครื่อง Filling พนักงานไม่มีความชำนาญในการประกอบท่อ ทำให้ใช้เวลามาก และพบว่ามีขั้นตอนการเดินเพื่อหยิบอุปกรณ์มาก เนื่องจากรถเข็นที่เก็บอุปกรณ์ไม่สามารถเข้าถึงการทำงานหน้าเครื่องได้

2) ประกอบเครื่องปั๊มและต่อท่อจากถังวัตถุดิบเข้าเครื่องปั๊ม ประกอบหัวก๊อก อุปกรณ์หางปลาไหล ฝาปิดเครื่องปั๊ม และท่อยางที่ทำหน้าที่เป็นทางผ่านจากถังวัตถุดิบเข้าเครื่องปั๊ม

3) ประกอบ Piston, Cylinder, Rotary valve และ Filling Head เข้ากับเครื่อง Filling เป็นชิ้นส่วนที่จะต้องนำไปประกอบเข้ากับเครื่อง Filling ขั้นตอนการประกอบมีความซับซ้อนมาก อาศัยความชำนาญในการประกอบชิ้นส่วน

4) ติดตั้งเครื่อง Filling ให้พร้อมใช้งาน ติดตั้งชิ้นส่วนที่เหลือเข้ากับเครื่อง Filling ประกอบด้วย การติดตั้ง Hopper, ติดตั้งใบพัดกวนส่วนผสม, ติดตั้งที่วางหลอดยาสีฟัน, ติดตั้งเซนเซอร์, ติดตั้งเครื่องฉีดลมร้อน และปรับตั้งสายพานสำหรับนำหลอดยาสีฟันเข้าเครื่อง Filling

5) ตรวจสอบการทำงานเครื่อง Filling เดินเครื่องเพื่อทดสอบการทำงานของเครื่อง Filling พบว่าปั๊มไม่สามารถดูดยาสีฟันจากถังวัตถุดิบได้ ต้องทำการถอดท่อยาง และเปิดฝาปั๊มเพื่อใส่ยาสีฟันเข้าไปให้ปั๊มมีแรงดูดมากขึ้น จึงปิดฝาปั๊มและประกอบท่อยางเข้าตามเดิม

ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟัน ดัง**รูปที่ 2** ดำเนินการจับเวลาการแต่ละขั้นตอน คำนวณเวลาทำงานเฉลี่ย สามารถเขียนแผนภูมิกระบวนการไหลก่อนปรับปรุงดังแสดงใน**ตารางที่ 2**

ตารางที่ 2 แผนภูมิกระบวนการไหลของขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันก่อนปรับปรุง

ลำดับที่	กิจกรรม	กิจกรรมย่อย	ระยะทาง (เมตร)	เครื่องหมาย	เวลา (นาที)/ครั้ง
1	ประกอบท่อเหล็กกล้าไร้สนิมเข้ากับเกียร์ปั๊มเข้าเครื่อง Filling	ขั้นตอนปฏิบัติงาน	1		35
		ขั้นตอนการเดิน			0.5
2	ประกอบเกียร์ปั๊มและท่อต่อออกจากถังเก็บยาสีฟันเข้าเครื่อง Filling	ขั้นตอนปฏิบัติงาน	1		55
		ขั้นตอนการเดิน			3
3	ประกอบ Piston, Cylinder,Rotary Valve และ Filling Head เข้ากับเครื่อง Filling	ขั้นตอนปฏิบัติงาน	1		36
		ขั้นตอนการเดิน			0.5
4	ประกอบชิ้นส่วนอื่นๆของเครื่อง Filling	ขั้นตอนปฏิบัติงาน	1		12
		ขั้นตอนการเดิน			1.5
5	ตรวจสอบการทำงานเครื่อง Filling	ขั้นตอนปฏิบัติงาน			3.6
		ขั้นตอนการตรวจสอบ			10
6	เริ่มเดินเครื่อง Filling				

3.3 การเก็บข้อมูลการเดินเครื่องบรรจุยาสีฟัน ก่อนปรับปรุง

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลการเดินเครื่องบรรจุยาสีฟันจำนวน 20ครั้ง ในวันที่ 6, 13, 16, 20, 23 และ27 มิถุนายน 565 วันที่ 5, 8, 12, 17, 19, 26 และ 29 กรกฎาคม วันที่ 2, 5, 9, 16, 18, 23 และ30สิงหาคม 2565ข้อมูลระยะ เวลาเฉลี่ยการปรับตั้งเครื่องแต่ละขั้นตอนหลัก(**รูปที่ 2**) ข้อมูลการสรุปผลการวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหลก่อนปรับปรุงดังแสดงใน**ตารางที่ 3**

ตารางที่ 3 สรุปผลการวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหลก่อนปรับปรุง

สัญญาลักษณ์	ความหมาย	เวลาเฉลี่ย (นาที)	ร้อยละ
○	การปฏิบัติงาน	141.6	90.13
⇨	การเคลื่อนย้าย	5.5	0.35
D	การรอคอย	-	-
□	การตรวจสอบ	10	0.62
▽	การเก็บ	-	-
เวลาทั้งหมด		157.1	100

จาก**ตารางที่ 3** พบว่าใช้ระยะเวลาเฉลี่ยปรับตั้งเครื่องทั้งหมด 157.1นาที เวลาเฉลี่ยของขั้นตอนปฏิบัติงานคิดเป็นร้อยละ 90.13ดังนั้นผู้วิจัยดำเนินการลดเวลาในขั้นตอนการปฏิบัติงานดังแสดงในหัวข้อ 3.3

4. ผลการวิจัย

4.1 แนวทางลดเวลาการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันลงหลอดด้วยหลักการ SMED

ขั้นตอนของการประกอบชิ้นส่วนเครื่องบรรจุยาสีฟัน สามารถแบ่งแยกเป็นงานภายในเวลา และทำงานนอกเวลา ดัง**ตารางที่ 4**

ตารางที่ 4 การแยกงานนอกเวลาและงานในเวลาด้วยหลักการ SMED

ลำดับ	กิจกรรม	งานในเวลา	งานนอกเวลา
1	ประกอบท่อเหล็กกล้าไร้สนิมเข้ากับเครื่องบรรจุยาสีฟัน		**X**
2	การประกอบเครื่องปั๊มและท่อต่อจากถังวัตถุดิบเข้าเครื่องบรรจุยาสีฟัน	**X**	
3	การประกอบ Piston, Cylinder, Rotary valve และ Filling head กับเครื่องบรรจุยาสีฟัน		**X**
4	ประกอบส่วนอื่นๆของเครื่องบรรจุยาสีฟัน	**X**	
5	ตรวจสอบการทำงานของเครื่องบรรจุยาสีฟัน	**X**	

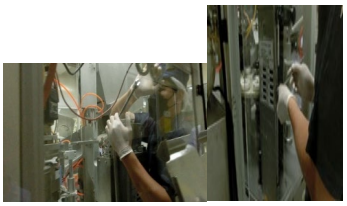
ขั้นตอนการประกอบท่อเหล็กกล้าไร้สนิมเข้ากับเครื่อง Filling และขั้นตอนการประกอบ Piston, Cylinder, Rotary valve, Filling head เข้ากับเครื่องFilling ผู้วิจัยเสนอให้ทำงานประกอบล่วงหน้าในวันก่อนหน้า แล้วนำไปติดตั้งเครื่อง Filling ในวันทำงานถัดไป ทำให้สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่อง เพราะมีชิ้นส่วนเครื่องจักรพร้อมนำไปติดตั้งได้ทันที ดังนั้นผู้วิจัยกำหนดให้ขั้นตอนนี้เป็นงานนอกเวลา

การปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันด้วยหลักการ SMED ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันดังหัวข้อ 3.1 มีแนวทางการปรับปรุงดังแสดงใน**ตารางที่ 5** ดังนี้

ตารางที่ 5 การปรับปรุงปรับตั้งเครื่องจักรด้วยหลักการ SMED

ลำดับ			
	วิธีปัจจุบัน		
	วิธีการ	เวลา(นาที)	รูปภาพ
SMED-1	ลดขั้นตอนประกอบข้อต่อท่อยางกับถังยาสีฟัน	6 นาที	ข้อต่อเหล็กกล้าไร้สนิมแบบเดิม

ตารางที่ 5 การปรับปรุงปรับตั้งเครื่องจักรด้วยหลักการ SMED (ต่อ)

<table>
<tr><td colspan="5">ลำดับ</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td colspan="4">วิธีการปรับปรุง</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>วิธีการต่อเนื่อง</td><td>เวลา (นาที)</td><td>รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>เตรียมข้อต่อสวมเร็ว (Quick coupling)เข้ากับท่อยางและเกียร์ปั๊ม เตรียมข้อต่อสวมเร็วเข้ากับท่อยางกับถังยาสีฟันล่วงหน้า</td><td>ใช้ข้อต่อสวมเร็วเหล็กกล้าไร้สนิมแทนข้อต่อเหล็กกล้าไร้สนิมแบบเดิม</td><td>1</td><td>
ข้อต่อเหล็กกล้า ไร้สนิมสวมเร็ว</td></tr>
<tr><td rowspan="5">SMED-2</td><td colspan="4">วิธีปัจจุบัน</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>เวลา(นาที)</td><td colspan="2">รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>ประกอบPiston, Cylinder, Rotary valve และ Filling head</td><td>12.5</td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="4">วิธีการปรับปรุง</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>วิธีการต่อเนื่อง</td><td>เวลา (นาที)</td><td>รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>ประกอบPiston, Cylinderและ Filling headล่วงหน้า เมื่อต้องการใช้งานจะได้นำไปติดตั้งได้ทันที</td><td>จัดหาRotary valve สำรอง เพื่อไม่ต้องรอให้ชิ้นส่วนของRotary valve ชุดแรกที่ล้างไว้ให้แห้งถึงจะมาประกอบได้</td><td>7.8</td><td>  </td></tr>
</table>

SMED-1 หมายถึง การเตรียมข้อต่อสวมเร็วเหล็กกล้าไร้สนิมเข้ากับท่อยางและเกียร์ปั๊ม แทนการใช้ข้อต่อเหล็กกล้าไร้สนิม ลดเวลาจากเดิม 5 นาที เหลือ 1นาที ลดลง 4 นาที

SMED-2 หมายถึง การเตรียมประกอบ Piston, Cylinder, Rotary valve และ Filling head ไว้ก่อนล่วงหน้า เมื่อต้องการติดตั้งชิ้นส่วนดังกล่าวในเวลาต่อมา สามารถติดตั้งได้ทันที ลดเวลาจากดิม 12.5 นาที เหลือ 4.7 นาที ลดลง 7.8 นาที

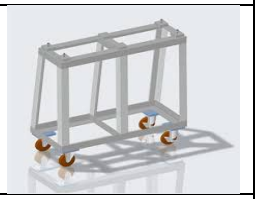
4.2 แนวทางลดเวลาการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันลงหลอดด้วยหลักการ ECRS

การปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันด้วยหลักการ ECRS ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันดังหัวข้อ 3.1 มีแนวทางการปรับปรุงดังแสดงใน**ตารางที่ 6** ดังนี้

ตารางที่ 6 การปรับปรุงปรับตั้งเครื่องจักรด้วยหลักการ ECRS

<table>
<tr><td colspan="6">ลำดับ</td></tr>
<tr><td rowspan="6">R-1</td><td colspan="5">วิธีปัจจุบัน</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td colspan="2">เวลา(นาที)</td><td colspan="2">รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>เมื่อต่อเสื้อเกียร์ปั๊มและท่อยางจากนั้นเดินปั๊มแต่ยาสีฟันไม่ไหลออกจากถัง</td><td colspan="2">12</td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">วิธีการปรับปรุง</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>วิธีการต่อเนื่อง</td><td>เวลา(นาที)</td><td colspan="2">รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>เติมยาสีฟันในเสื้อเกียร์ปั๊มและท่อยางเพื่อให้เกิดแรงดูดยาสีฟันไหลออกจากถัง</td><td>เพิ่มขั้น ตอนการใส่ยาสีฟันในเสื้อเกียร์ปั๊มและท่อยางก่อนเดินเครื่องเกียร์ปั๊มทุกครั้ง</td><td>3</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="6">S-1</td><td colspan="5">วิธีปัจจุบัน</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td colspan="2">เวลา(นาที)</td><td colspan="2">รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>พนักงานประกอบท่อยังขาดความชำนาญ</td><td colspan="2">8</td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">วิธีการปรับปรุง</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>วิธีการต่อเนื่อง</td><td>เวลา(นาที)</td><td colspan="2">รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>อบรมวิธีการประกอบท่อ</td><td>-</td><td>3</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="6">S-2</td><td colspan="5">วิธีปัจจุบัน</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td colspan="2">เวลา(นาที)</td><td colspan="2">รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>การขันแหวนล็อคท่อไม่ถูกต้อง</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="5">วิธีการปรับปรุง</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>วิธีการต่อเนื่อง</td><td>เวลา(นาที)</td><td colspan="2">รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>การใช้เครื่องมือไม่ถูกต้อง ต้องให้ค้อนไนล่อนแทนการใช้ประแจ</td><td>เตรียมประ กอบท่อส่วนที่ 1 และ 2 ล่วงหน้าในแนวตรงก่อน</td><td>-</td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td rowspan="3">S-3</td><td colspan="5">วิธีปัจจุบัน</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td colspan="2">เวลา(นาที)</td><td colspan="2">รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>การต่อท่อถ่ายยาสีฟันลงถังต้องเลื่อนปั๊มเพื่อให้ยาสีฟันลงถังพอดี</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2"> </td></tr>
</table>

ตารางที่ 6 การปรับปรุงปรับตั้งเครื่องจักรด้วยหลักการ ECRS(ต่อ)

<table>
<tr><td colspan="5">ลำดับ</td></tr>
<tr><td rowspan="3">S-3</td><td colspan="4">วิธีการปรับปรุง</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>วิธีการต่อเนื่อง</td><td>เวลา(นาที)</td><td>รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>เส้นกำหนดตำแหน่งเกียร์ปั๊มเพื่อให้ท่อถ่ายยาสีฟันอยู่ในตำแหน่งลงถังพอดี</td><td></td><td>-</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">S-4</td><td colspan="4">วิธีปัจจุบัน</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>เวลา(นาที)</td><td colspan="2">รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>กล่องใส่อุปกรณ์ไม่สะดวกต่อการใช้งาน มีการเดินมาหยิบเปลี่ยนอุปกรณ์</td><td>-</td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="4">วิธีการปรับปรุง</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>วิธีการต่อเนื่อง</td><td>เวลา(นาที)</td><td>รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>-</td><td>สวมใส่เสื้อหรือเข็มขัดเพื่อใส่เครื่องมือที่จำเป็นเช่น ประแจปากตาย ไขควง เป็นต้นลดเวลาในการค้นหาเครื่องมือ</td><td>-</td><td> </td></tr>
<tr><td rowspan="6">S-5</td><td colspan="4">วิธีปัจจุบัน</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>เวลา(นาที)</td><td colspan="2">รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>การจัดเก็บท่อ Rotary valve และอุปกรณ์อื่นในกระบะเดียว</td><td>-</td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="4">วิธีการปรับปรุง</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>วิธีการต่อเนื่อง</td><td>เวลา (นาที)</td><td>รูปภาพ</td></tr>
<tr><td></td><td>จัดทำรถเข็น จัดเก็บท่อวางแนวตั้ง</td><td>-</td><td>  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">S-6</td><td colspan="4">วิธีปัจจุบัน</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>เวลา(นาที)</td><td colspan="2">รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>การขันน็อตใช้ประแจปากตาย 5 จุด</td><td>5</td><td colspan="2"> </td></tr>
</table>

ตารางที่ 6 การปรับปรุงปรับตั้งเครื่องจักรด้วยหลักการ ECRS(ต่อ)

<table>
<tr><td colspan="5">ลำดับ</td></tr>
<tr><td rowspan="3">S-6</td><td colspan="4">วิธีการปรับปรุง</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>วิธีการต่อเนื่อง</td><td>เวลา(นาที)</td><td>รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>ใช้บล็อคลมแทนการใช้ประแจปากตาย</td><td>-</td><td>2</td><td> </td></tr>
<tr><td rowspan="5">S-5</td><td colspan="4">วิธีปัจจุบัน</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>เวลา(นาที)</td><td colspan="2">รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>การเคลื่อน ย้ายบันไดเหล็กไม่สะดวก</td><td>-</td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="4">วิธีการปรับปรุง</td></tr>
<tr><td>วิธีการ</td><td>วิธีการต่อเนื่อง</td><td>เวลา(นาที)</td><td>รูปภาพ</td></tr>
<tr><td>ใส่ล้อเป็นและล้อตาย</td><td>-</td><td>--</td><td> </td></tr>
</table>

R-1หมายถึง ขั้นตอนการต่อเสื้อเกียร์ปั๊มกับท่อยางจากถังเก็บยาสีฟันต้องเติมยาสีฟันในตัวเกียร์ปั๊มและท่อยางให้เต็มทุกครั้ง เพื่อป้องกันการเดินปั๊มตัวเปล่า (Run dry) ทำให้ยาสีฟันไม่ไหลเข้าสู่ Rotary valve ได้ นำไปเป็นขั้นตอนการทำงานมาตรฐานปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟัน ลดเวลาจากเดิม 12 นาที เหลือ 3 นาที ลดลง 9 นาที

S-1 หมายถึง พนักงานฝ่ายผลิตยังขาดความชำนาญงานประกอบและถอดท่อยางกับกับเกียร์ปั๊มและถังยาสีฟัน ดำเนินการอบรมวิธีการประกอบและถอดท่อยางที่ถูกต้องโดยพนักงานช่างซ่อมบำรุง ลดเวลาจากเดิม 8 นาที เหลือ 3 นาที ลดลง 5 นาที

S-2 หมายถึง การใช้เครื่องมือประกอบท่อไม่ถูกต้อง เช่น การใช้ประแจปากตายขันน็อคหน้าแปลน แล้วใช้ค้อนหัวเหล็กทุบประแจปากตาย แทนการใช้ค้อนหัวไนล่อนหรือพลาสติก ตามข้อกำหนด GMP ไม่มีผลต่อเวลาการทำงาน

S-3,4,7 หมายถึง ข้อแนะนำในกำหนดตำแหน่งเกียร์ปั๊มให้แน่นอน บันไดเหล็กใส่ล้อ และจัดหาเสื้อกั๊กมีกระเป๋าใส่เครื่องมือประกอบท่อ เช่น ไขควง ประแจปากตาย เป็นต้น ไม่มีผลต่อเวลาการทำงาน

S-5 หมายถึง การจัดเก็บท่อ, Rotary valve และชิ้นส่วนอื่น ให้เป็นระเบียบบนชั้นวางท่อแนวตั้งแทนวางในกระบะใบเดียว ทำให้การค้นหาและมองเห็นได้ง่ายไม่มีผลต่อเวลาการทำงาน

S-6 หมายถึง การใช้บล็อกลม (Air impact wrench)ขันหัวโบลต์ 5 ตำแหน่ง แทนการใช้ประแจปากตาย ช่วยให้การขันโบลต์ได้สะดวกขึ้น ลดเวลาจากเดิม 5 นาที เหลือ 2 นาที ลดลง 3 นาที

4.3 ผลการปรับปรุงปรับตั้งเครื่อง Filling ด้วยหลักการ SMED และ ECRS

หลังจากดำเนินการปรับปรุงปรับตั้งเครื่องFilling โดยการจัดซื้ออุปกรณ์ อบรมพนักงาน และเขียนขั้นตอนการทำงานปรับตั้งเครื่องเป็นมาตราฐาน จากดำเนินการเก็บข้อมูลการเดินเครื่อง Filling จำนวน 15 ครั้ง ในวันที่ 1,8,15,22 และ 29เดือนพฤศจิกายน 2565 วันที่ 6,13,15,20 และ 23 ธันวาคม และวันที่ 4,11,13,18 และ25 มกราคม 2566 ข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยการปรับตั้งเครื่องแต่ละขั้นตอนหลัก (**รูปที่ 2**) ดังแสดงใน **ตารางที่ 7**และสรุปผลวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหลเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง ดังแสดงใน**ตารางที่ 8**

ตารางที่ 7 แผนภูมิกระบวนการไหลการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันก่อนและหลังการปรับปรุง

ลำดับที่	กิจกรรม	กิจกรรมย่อย	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)/ครั้ง		หมายเหตุ
				ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
1	ประกอบท่อเหล็กกล้าไร้สนิมกับเกียร์ปั๊มเข้าเครื่อง Filling	ขั้นตอนปฏิบัติงาน	1	35	32	S-1, S-2
		ขั้นตอนการเดิน		0.5	0.5	
2	ประกอบเกียร์ปั๊มและท่อต่อจากถังยาสีฟันเข้าเครื่องFilling	ขั้นตอนปฏิบัติงาน	1	55	36	SMED-1, R-1, S-1, S-2, S-3, S-4
		ขั้นตอนการเดิน		3	2.5	
3	ประกอบ Piston,Cylinder,Rotary Valve และ Filling Head เข้ากับเครื่อง Filling	ขั้นตอนปฏิบัติงาน	1	36	25.5	SMED-2, S-5, S-6, S-7
		ขั้นตอนการเดิน		0.5	0.2	
4	ประกอบชิ้นส่วนอื่นๆของเครื่อง Filling	ขั้นตอนปฏิบัติงาน	1	12	12.8	S-6
		ขั้นตอนการเดิน		1.5	1.5	
5	ตรวจสอบการทำงานเครื่อง Filling	ขั้นตอนปฏิบัติงาน		3.6	3.6	
		ขั้นตอนการตรวจสอบ		10	10	
6	เริ่มเดินเครื่อง Filling					

ตารางที่ 8 สรุปผลวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหลเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

สัญญาลักษณ์	ความหมาย	เวลาเฉลี่ย(นาที)		เวลาลดลง	
		ก่อน	หลัง	นาที	ร้อยละ
	การปฏิบัติงาน	141.6	109.9	31.7	22.39
	การเคลื่อนย้าย	5.5	4.7	0.8	14.54
	การรอคอย	-	-	-	-
	การตรวจสอบ	10	10	-	-
	การเก็บ	-	-	-	-
เวลาทั้งหมด		157.1	124.6	32.5	20.69

จาก**ตารางที่ 8** เวลาเฉลี่ยการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันทั้งหมดลดลงจาก 157.1 นาทีเป็น 124.6 นาที ลดลง 32.5 นาที คิดเป็นร้อยละ 20.69ของเวลาการทำงานก่อนการปรับปรุงโดยใช้หลักการ SMED และ ECRS ปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องบรรจุยาสีฟันดัง**ตารางที่5** และ**ตารางที่ 6**

4.4 การประเมินผลการปรับปรุงด้วยการวัดประสิทธิผลการใช้เครื่องจักรโดยรวม (Overall Equipment Efficiency, OEE)

การคำนวณ OEE ก่อนและหลังปรับปรุง โดยเก็บข้อมูลการเดินเครื่อง Filling เป็นเวลา 20 วัน (20 ครั้ง) และ15 วัน (15 ครั้ง) ตามลำดับ การคำนวณOEE ก่อนปรับปรุงใช้ข้อมูลเวลาทำงานเฉลี่ยของเครื่องจักรในหนึ่งวันแสดงใน **ตารางที่ 9**

ตารางที่ 9 ข้อมูลเวลาทำงานเฉลี่ยของเครื่องจักรในหนึ่งวันก่อนการปรับปรุง

เวลาทั้งหมด	480	นาที/วัน
เวลาหยุดเครื่องตามแผน	240	นาที/วัน
เวลาหยุดเครื่องจักรจริง	307.11	นาที/วัน
เวลาเครื่องจักรทำงาน	173.29	นาที/วัน
เป้าหมายการผลิต	8,400	หลอด/วัน
จำนวนที่ผลิตได้จริง	4,852	หลอด/วัน

เวลาหยุดเครื่องตามแผน = เวลาปรับตั้งเครื่องตามแผน + เวลาล้างเครื่องจักรตามแผน + เวลาพักตามแผน
= 90 + 90 +60
= 240 นาที/วัน

เวลาหยุดเครื่องจักรจริง = เวลาปรับตั้งเครื่องจักร + เวลาล้างเครื่องจริง + เวลาในกาพักจริง
= 157.11 + 90 + 60
= 307.11 นาที/วัน

เวลาเครื่องจักรทำงานจริง = เวลาทั้งหมด – เวลาหยุดเครื่องจักรจริง
= 480 - 307.11
= 173.29 นาที / วัน

1) การคำนวณอัตราการเดินเครื่องจักร(Availability Rate:A)อัตราการเดินเครื่องจักร= เวลาในการผลิตชิ้นงาน/เวลารับภาระงาน

เวลารับภาระงาน = เวลาทำงานทั้งหมด – เวลาที่เครื่องจักรหยุดตามแผน
= 480 - 240
= 240 นาที/วัน

เวลาในการผลิตชิ้นงาน = เวลารับภาระงาน - (เวลาที่เครื่องจักรหยุดจริง – เวลาที่เครื่องจักรหยุดตามแผน)
= 240 – (307.11 – 240)
= 173.29 นาที/วัน

อัตราการเดินเครื่อง $= \frac{173.29}{240} \times 100\%$
= ร้อยละ 72.20

2) การคำนวณประสิทธิภาพเครื่องจักร (Performance Efficiency: P)

ประสิทธิภาพเครื่องจักร = จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้/จำนวนชิ้นงานที่สั่งผลิต
$= \frac{4,852.12}{8,400} \times 100\%$
= ร้อยละ 57.76

3) การคำนวณอัตราคุณภาพ (Quality: Q)

อัตราคุณภาพ = (จำนวนชิ้นงานทั้งหมด – จำนวนชิ้นงานที่เสีย)/จำนวนชิ้นงานที่ทำทั้งหมด
$= \frac{4,852-0}{4,852} \text{x} 100\%$

อัตราคุณภาพ = ร้อยละ 100

ดังนั้น OEE = A × P × Q
= 0.722 × 0.577 × 1 × 100%
= ร้อยละ 41.66

ขั้นตอนการบรรจุยาสีฟันลงหลอดจะนำยาสีฟันที่คงค้างในหัวจ่าย ระบบท่อ และถัง Hopper นำมาบรรจุลงหลอดได้ทั้งหมด จึงไม่เกิดของเสียในขั้นตอนการบรรจุยาสีฟันลงหลอด อัตราคุณภาพจึงคิดเป็นร้อยละ 100

การคำนวณ OEE หลังการปรับปรุง คำนวณได้จากข้อมูลการทำงานเฉลี่ยของเครื่องจักรในหนึ่งวัน ดังแสดงใน **ตารางที่ 10**

ตารางที่ 10 ข้อมูลเวลาทำงานเฉลี่ยของเครื่องจักรในหนึ่งวันหลังการปรับปรุง

เวลาทั้งหมด	480	นาที/วัน
เวลาหยุดเครื่องตามแผน	240	นาที/วัน
เวลาหยุดเครื่องจักรจริง	274.6	นาที/วัน
เวลาเครื่องจักรทำงาน	205.4	นาที/วัน
เป้าหมายการผลิต	8,400	หลอด/วัน
จำนวนที่ผลิตได้จริง	5,751	หลอด/วัน

เวลาหยุดเครื่องจักรจริง = เวลาปรับตั้งเครื่องจักร + เวลาล้างเครื่องจริง + เวลาในการพักจริง
= 124.6 + 90 + 60
= 274.6 นาที/วัน

เวลาเครื่องจักรทำงานจริง = เวลาทั้งหมด – เวลาหยุดเครื่องจักรจริง
= 480 – 274.6
= 205.4 นาที / วัน

1) การคำนวณอัตราการเดินเครื่องจักร (Availability Rate:A)

อัตราการเดินเครื่องจักร = เวลาในการผลิตชิ้นงาน/เวลารับภาระงาน
$= \frac{205.4}{240} \times 100\%$

อัตราการเดินเครื่อง = ร้อยละ 85.6

2) การคำนวณประสิทธิภาพเครื่องจักร (Performance Efficiency: P)

ประสิทธิภาพเครื่องจักร = จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ / จำนวนชิ้นงานที่สั่งผลิต
$= \frac{5,751}{8,400} \times 100\%$
= ร้อยละ 68.47

3) การคำนวณอัตราคุณภาพ (Quality: Q)

อัตราคุณภาพ = (จำนวนชิ้นงานทั้งหมด – จำนวนชิ้นงานที่เสีย)/จำนวนชิ้นงานที่ทำทั้งหมด
$= \frac{5,751-0}{5,751} \times 100\%$

อัตราคุณภาพ = ร้อยละ 100

OEE = A × P × Q
= 0.856 × 0.6847 × 1 × 100%
= ร้อยละ 58.61

หลังจากคำนวณ OEE ก่อนและหลังการปรับปรุง นำมาเปรียบเทียบผลการปรับปรุง ดังแสดงใน**ตารางที่ 11**

ตารางที่ 11 สรุปผลการปรับปรุงด้วยการวัดประสิทธิผลการใช้เครื่องจักรโดยรวม (Overall Equipment Efficiency, OEE)

รายการ	ก่อน	หลัง	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
อัตราการเดินเครื่อง	72.20	85.6	+13.4
ประสิทธิภาพเครื่องจักร	57.76	68.47	-+10.71
อัตราคุณภาพ	100	100	-
OEE	41.66	58.61	+16.95

อัตราการเดินเครื่องหลังปรับปรุงเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.4 เนื่องจากเวลาการหยุดเครื่องเพื่อปรับตั้งเครื่อง filling ลดลงจาก 157.11 นาที เหลือเพียง 124.6 นาที ลดลงร้อยละ 20.7 ส่งผลให้ประสิทธิภาพเครื่องจักรหลังปรับปรุงเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.71 ในขณะที่อัตราคุณภาพร้อยละ 100 ดังนั้นผลการวัดประสิทธิผลการใช้เครื่องจักรโดยรวมเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 41.66 เป็นร้อยละ 58.61 คิดเป็นร้อยละ 16.95

5. สรุปผลการวิจัย

การปรับตั้งเครื่องจักรสามารถลดเวลาจากเดิม 157.1 นาที เหลือ 124.6 นาที ลดลงร้อยละ15.72โดยใช้หลักการ SMEDดำเนินการเตรียมท่อยางเพื่อประกอบข้อต่อสวมเร็วแทนการขันน๊อตหน้าแปลนต่อท่อส่งยาสีฟันเข้าเกียร์ปั๊ม และการเตรียมประกอบPiston, Cylinder, Rotary valve ไว้ก่อนล่วงหน้า เพื่อนำไปประกอบเข้ากับเครื่อง Filling ในวันถัดไป และใช้หลักการ ECRS ดำเนินการปรับขั้นตอนโดยการจัดลำดับงานใหม่ให้เหมาะสม เพิ่มขั้นตอนใส่ยาสีฟันในเกียร์ปั๊มและท่อจากถังยาสีฟันทุกครั้งเพื่อป้องกันปัญหาเดินเกียร์ปั๊มแล้วยาสีฟันไม่ไหลเข้าปั๊มดำเนินการปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือสร้างอุปกรณ์ช่วยทำงานได้ง่าย

ขึ้น ได้แก่ อบรมวิธีการประกอบท่อให้แก่พนักงาน การใช้เครื่องมือไม่ถูกต้อง เช่นใช้ค้อนไนล่อนแทนการใช้ประแจตีเส้นกำหนดตำแหน่งเกียร์ปั๊มเพื่อให้ท่อถ่ายยาสีฟันอยู่ในตำแหน่งลงถังพอดี สวมใส่เสื้อหรือเข็มขัดใส่เครื่องมือที่จำเป็นเช่น ประแจปากตาย ไขควง ช่วยลดเวลาในการค้นหาเครื่องมือจัดทำรถเข็นจัดเก็บท่อวางแนวตั้ง และใช้บล็อคลมแทนการใช้ประแจปากตาย

จากผลการวัดประสิทธิผลการใช้เครื่องจักรโดยรวมหลังปรับปรุงพบว่า เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ41.66 เป็นร้อยละ 58.61 อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพเครื่องจักรหลังปรับปรุงยังคงมีค่าเพียงร้อยละ68.47 ส่งผลให้จำนวนหลอดยาสีฟันบรรจุแล้วยังมีจำนวนต่ำกว่าแผนการผลิตถึง ร้อยละ31.53

แนวทางการปรับปรุงในอนาคตเพื่อลดเวลาหยุดเครื่องจักรคือ ลดเวลาขั้นตอนการถอดล้างเครื่องจักรตามแผนให้น้อยกว่า 90 นาที โดยใช้หลักการ SMED และ ECRS

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนวิจัยจากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เอกสารอ้างอิง

[1] Y. Jongjun, Y. Ketmuang and N. Buripun, “Production Balancing Line for Reducing Waste in Process Production Maintain Mounting Dump,” in *IE Network Conference*, Petchaburi, Thailand, Oct.17–19, 2012, pp. 281–288.

[2] K. Chokpaiboon and T. Kiatcharoenpol, “Reduction of Machine Set-Up Time of Printing Process by Using Lean Technique,” in *IE Network Conference*, Petchaburi, Thailand, Oct. 17–19, 2012, pp. 261–265.

[3] T. Sunarak, “Production line efficiency improvement: The case study of power product packing line,” *Thai Industrial Engineering Network Journal*, vol. 2, no. 3, pp. 51–60, 2016.

[4] G. J. Pawar, N. S. Sirdeshpande, A. B. Atram and P. R. Patil, “Reduction in setup change time of a machine in a bearing manufacturing plant using SMED and ECRS,” *International Journal of Engineering Research*, vol. 3, no. 5, pp. 321– 323, 2014.

[5] N. Boonsuwanno and S. Suntitherakul, “Reducing Mold Installation Time of Plastic Injection Molding in Automotive Parts Industry,” in *the 1st Academic Conference on Industrial Engineering*, Chiang Mai, Thailand, Jul. 26, 2017, pp. 1–4.

[6] P. Lerdsakwanich and P. Klomjit, “Setup Time Reduction for Hot Pressing Mold Changeover,” *Journal of Engineering, RMUTT,* vol. 18, no. 2, pp. 47–58, 2020.

[7] M. Kittiyankajon, M. Wongharjuk and M. Susomboon, “Application of Single Minute Exchange of Die and ECRS Techniques to Reduce Machine Set up Time: A Case Study of Powdered Drink Mik Process,” *Engineering* Journal Chiang Mai University, vol. 27, no. 1, pp. 1–11, 2020.

[8] S. Ponjan, “Setup Time Reduction for Vacuum Thermoforming Machine,” M.Eng. Thesis, Indus. Eng. Dept., Rajamangala Univ. Technol. Thanyaburi, Phathumthani, Thailand, 2020.

[9] P. Suttikulsombat and P. Ruangchoengchum, “The Loss Reduction from Downtime by Improving Overall Equipment Effectiveness and Speed Controlling in the Offset Printing Process.” *Journal of Accountancy and Management*, vol. 12, no. 3, pp. 143–156, 2020.

[10] T. Haddad1, B. W. Shaheen and I. Németh, “Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach,” *Manufacturing Technology*, vol. 21, no. 1, pp. 55–64, 2021, doi: 10.21062/mft.2021.006.

[11] N. Kittikul, “Improvemet of Overall Equipment Effectiveness for Automotive Carpet Production

Process," M.Eng. Thesis, Indus. Eng. Dept., Bur. Univ., Chonburi, Thailand, 2017.

[12] K. Sriyom, P. Chantawee and S. Petcharat, "The Reduction in the Loss of Rubber Latex Process by Flow Process Chart," *The Journal of Industrial Technology* Suan Sunandha Rajabhat University, vol. 6, no. 2, pp. 13–23, 2018.