RESEARCH ARTICLE ISSN 2985-2641 (Online)

การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตประตูเหล็กกันไฟ

EFFICIENCY IMPROVEMENT IN THE PROCESS OF FIREPROOF STEEL DOORS

สุภานัน สีสะไหล*, พิชญา อนันต์ธนโชติ, อนุวัฒน์ จุติลาภถาวร, นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์*

Suphanan Sisalai*, Pichaya Anantanachot, Anuwat Jutilarptavorn, Ninlawan Choomrit*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University.

**Corresponding author, e-mail: Suphanan.Sisalai@gmail.com*

Received: *30 May 2023;* ***Revised:*** *10 November 2023;* ***Accepted:*** *14 November 2023*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ประตูเหล็กกันไฟ สินค้าของบริษัทกรณีศึกษามียอดสั่งซื้อเพิ่มขึ้นในขณะที่กำลังการผลิตมีอยู่อย่างจำกัด ทำให้ไม่สามารถผลิตและจัดส่งได้ทันตามแผนที่กำหนด ในกระบวนการผลิตยังพบว่ามีบางกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่า การดำเนินงานวิจัยเริ่มต้นด้วยการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการผลิต จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้หลักการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทำไม-ทำไม และทำการปรับปรุงแก้ไขโดยใช้หลักการลดความสูญเปล่าด้วยการกำจัด การรวมกัน การจัดใหม่ และการทำให้ง่ายขึ้น จากการศึกษาพบว่า ในบางกระบวนการยังทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ มีการว่างงานของพนักงานระหว่างกระบวนการ จึงทำการปรับปรุงงานด้วยการจัดลำดับงานใหม่ และการใช้อุปกรณ์ช่วยลดการเคลื่อนย้าย เช่น รถเข็น ถังใส่ชิ้นส่วนประกอบประตู หลังจากทำการปรับปรุง สามารถลดเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนประกอบ จากเดิม 396.87 นาที ลดลงเหลือ 320.17 นาที และประสิทธิภาพสมดุลย์ของสายการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 74.81% เป็น 75.98% เป็นผลให้สามารถเพิ่มผลผลิตจากเดิม 28 บานต่อสัปดาห์เป็น 34 บานต่อสัปดาห์ หรือเพิ่มขึ้น 21.42%

คำสำคัญ: การศึกษาการทำงาน; ประตูเหล็กกันไฟ; การเพิ่มประสิทธิภาพ

Abstract

The objective of this research is to increase the efficiency of fireproof steel door process. The company's products have increased orders while production capacity is limited. It is therefore not possible to produce and deliver on schedule. It was discovered that some processes in the production process resulted in waste. The research process begins with studying thoroughly all fireproof steel door process. Then, use the Why-why Analysis principle to identify the root causes and the ECRS principle to find potential solutions.

According to the data analysis, some processes were still not operating at their maximum potential. Some employees did not work with full capability. Consequently, the process can be improved by rearranging the task orders and use tools to minimize travel distance such as trolley and buckets of door components. After improvement with a decrease in production time of components from 396.87 minutes to 320.17 minutes, increase line balancing efficiency from 74.81% to 75.98%, and increase productivity from 28 doors per week to 34 doors per week, or by 21.42%.

Keywords: Work Study; Fireproof Steel Door; Efficiency Improvement

บทนำ

จากการเข้าไปศึกษาโรงงานตัวอย่างเป็นโรงงานที่มีการผลิตและจำหน่ายประตูเหล็กกันไฟ ประตูเหล็ก ประตูเหล็กฉีดโฟม หน้าต่างเหล็ก บานเกล็ดเหล็ก และมีการให้บริการติดตั้งผลิตภัณฑ์หลังการขาย ผู้วิจัยเลือกศึกษาผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่างคือ ประตูเหล็กกันไฟ จากการศึกษากระบวนการผลิตของประตูเหล็กกันไฟ พบว่าทางโรงงานกำลังประสบปัญหาผลิตสินค้าไม่ทันตามความต้องการของลูกค้า เนื่องจากในสถานีงานประกอบมีงานรอคอยระหว่างกระบวนการผลิตมาก ซึ่งการรอคอยส่งผลให้การผลิตประตูเหล็กกันไฟไม่เป็นไปตามกำหนดการผลิต และมีการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน ทำให้เกิดความสูญเปล่าของเวลาและการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจะช่วยให้สามารถเพิ่มปริมาณการผลิต ลดเวลารอคอยของงานในกระบวนการผลิต เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้า วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมีอยู่หลายวิธี ซึ่งการนำหลักการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทำไม-ทำไม (Why-why Analysis) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต เป็นหนึ่งในวิธีการแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต [1] และการนำหลักการศึกษาการทำงาน (Work Study) ในเรื่องของการศึกษาเวลา (Time Study) การลดเวลาสูญเปล่าด้วยการกำจัด การรวมกัน การจัดใหม่ และการทำให้ง่ายขึ้น (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify: ECRS) และแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการผลิต และหาแนวทางการปรับปรุงขั้นตอนของกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น [2-4] กระบวนการผลิตหากมีการบริหารจัดการที่ไม่ดีพอ จะก่อให้เกิดความสูญเปล่าซึ่งเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มและทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องกำจัดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตให้ดีขึ้น

ความสูญเปล่าคือการกระทำใด ๆ ที่ใช้ทรัพยากรแล้วไม่เกิดมูลค่าเพิ่มหรือคุณค่าในตัวผลิตภัณฑ์เท่าเดิม หลักการ ECRS เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพด้วยการลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในการผลิตหรือการบริการ [5-6] ประกอบด้วย

- การกำจัด (Eliminate All Unnecessary Work) เป็นการลดความสูญเปล่าในกระบวนการด้วยการกำจัดกิจกรรมที่ไม่เกิดคุณค่า เช่น มีการใช้เวลารอคอยมาก การเดินไปหยิบอุปกรณ์ ผลิตชิ้นงานที่เสียหรือจำนวนมากจนต้องเก็บไว้ในพื้นที่ทำงาน เป็นต้น

- การรวมกัน (Combine Operation of Element) เป็นการรวมงานเพื่อลดกิจกรรมที่ไม่จำเป็นหรือลดจำนวนขั้นตอนลง ส่งผลให้กระบวนการผลิตรวดเร็วและการเคลื่อนย้ายระหว่างสถานีงานลดลง

- การจัดใหม่ (Rearrange or Change Sequence of Operations) เป็นการจัดลำดับของกิจกรรมใหม่เพื่อให้เกิดการไหลของงานผลิตหรืองานบริการที่รวดเร็วขึ้น การรอคอยลดลง

- การทำให้ง่าย (Simplify Necessary Operations) เป็นการปรับวิธีการทำงานให้ง่ายและสะดวก ลดข้อผิดพลาดหรืองานเสียโดยเลือกใช้จิ๊กหรืออุปกรณ์เสริม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ตัวอย่างเช่น กระบวนการผลิตตัวรับส่งสัญญาณอัลตร้าบอร์ดแบรนด์ [7] บางสถานีงานใช้เวลานานในการรอคอยชิ้นงาน เกิดการสะสมของงานระหว่างกระบวนการ การปรับปรุงโดยใช้หลักการศึกษาการทำงาน และใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ ทำให้เวลารอคอยลดลงและจำนวนผลผลิตเพิ่มขึ้น หรือการลดความสูญเปล่าในสายการผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS [8] ลดการไหลงานที่ไม่จำเป็น ลดงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม ผลการปรับปรุงทำให้ลดจำนวนพนักงานลง เวลาการว่างงานลดลง และประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้น หรือการจัดสมดุลสายการผลิตโครงอลูมิเนียมในบริษัทกรณีศึกษา [9] โดยประยุกต์ใช้หลักการ ECRS มีการออกแบบตัวจับยึดใหม่ที่ช่วยลดเวลาของกระบวนการ CNC ออกแบบรถเข็นช่วยลำเลียงและคัดแยกประเภทโครงอลูมิเนียม หลังปรับปรุงพบว่าจำนวนสถานีงานลดลงและประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้น การนำเทคนิค ECRS เข้ามาปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสไดร์ฟ [10] ซึ่งพบการรอคอยในบางกระบวนการ บางสถานีงานมีการทำงานที่ไม่เหมาะสม การสลับลำดับงาน การรวมงานที่ไม่สร้างคุณค่าเพิ่ม ทำให้เวลาการผลิตลดลงและเพิ่มผลผลิตมากขึ้น การปรับปรุงกระบวนการผลิตใบพัดเครื่องจักรกล [11] มีการปรับปรุงโดยนำหลักการศึกษาการทำงานในเรื่องของ กระบวนการทำงาน การศึกษาวิธีการ การวัดเวลาการออกแบบอุปกรณ์จับยึด และการวิเคราะห์ต้นทุนเข้ามาใช้ พบว่าช่วยกำจัดเวลาที่เสียไปและลดปริมาณงานที่รอคอยลงได้ และมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น การศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพในสายการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป [12] มีการปรับปรุงด้วยเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี Ranked Positional Weight พบว่าเวลารอคอยลดลง ประสิทธิภาพและกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น การเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตเครื่องซักผ้า [13] มีการปรับปรุงโดยใช้หลักการ ECRS และการจัดสมดุล (Line Balancing) ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อช่วยแก้ปัญหาที่เกิดสภาวะคอขวดและมีงานรอคอยระหว่างกระบวนการผลิตมาก พบว่าสามารถช่วยลดเวลาการทำงาน ลดรอบเวลาในการผลิต ลดเวลาการรอคอยและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

จากการสำรวจงานวิจัยข้างต้นพบว่าเทคนิค ECRS ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตหลากหลายประเภท โดยจะช่วยลดความสูญเปล่า ลดงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม และช่วยจัดสมดุลของสายการผลิต ผลการปรับปรุงจากการนำเทคนิค ECRS ไปใช้ จะทำให้รอบเวลาการผลิตและระยะทางลดลง กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น และสามารถผลิตสินค้าได้ทันตามความต้องการของลูกค้า งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS เพื่อช่วยลดเวลาสูญเปล่าจากการรอคอยงาน การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น ทำให้ปริมาณการผลิตประตูเหล็กกันไฟเพิ่มขึ้นและจัดส่งได้ทันตามกำหนด ผลการวิจัยจะวัดจากเวลาในการผลิตที่ลดลงและประสิทธิภาพสมดุลย์ของสายการผลิตที่เพิ่มขึ้น โดยเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

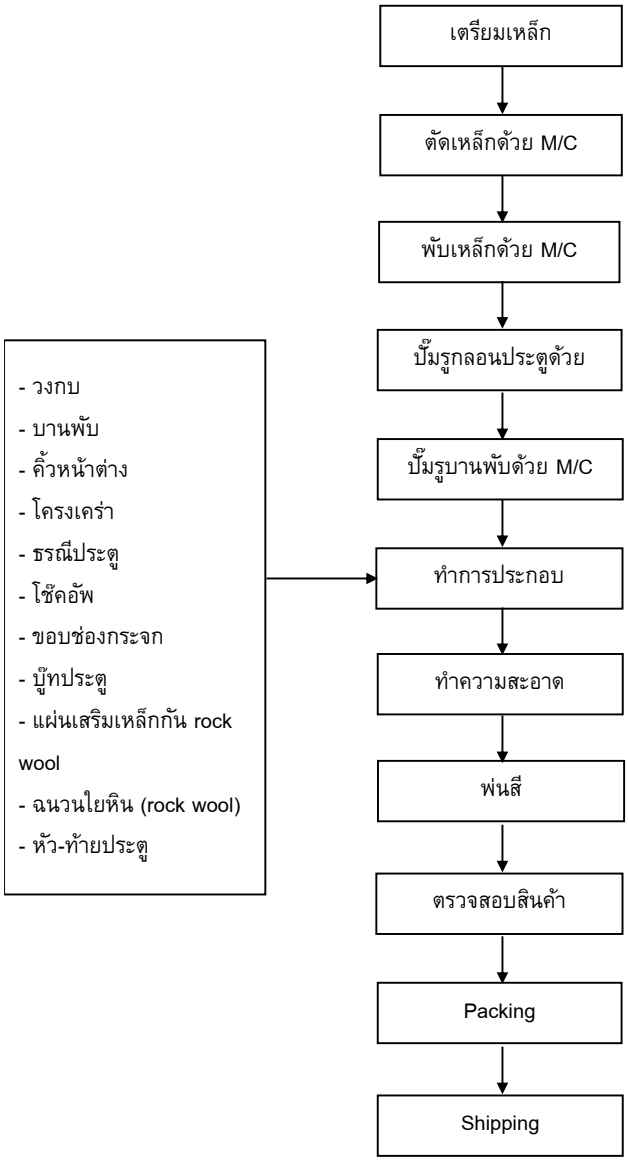
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ประตูเหล็กกันไฟ

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษากระบวนการผลิต

จากการศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่าง สามารถสรุปขั้นตอนในการผลิต ผลิตภัณฑ์ประตูเหล็กกันไฟ ดังภาพที่ 1

Flow Chart การผลิตประตูเหล็ก

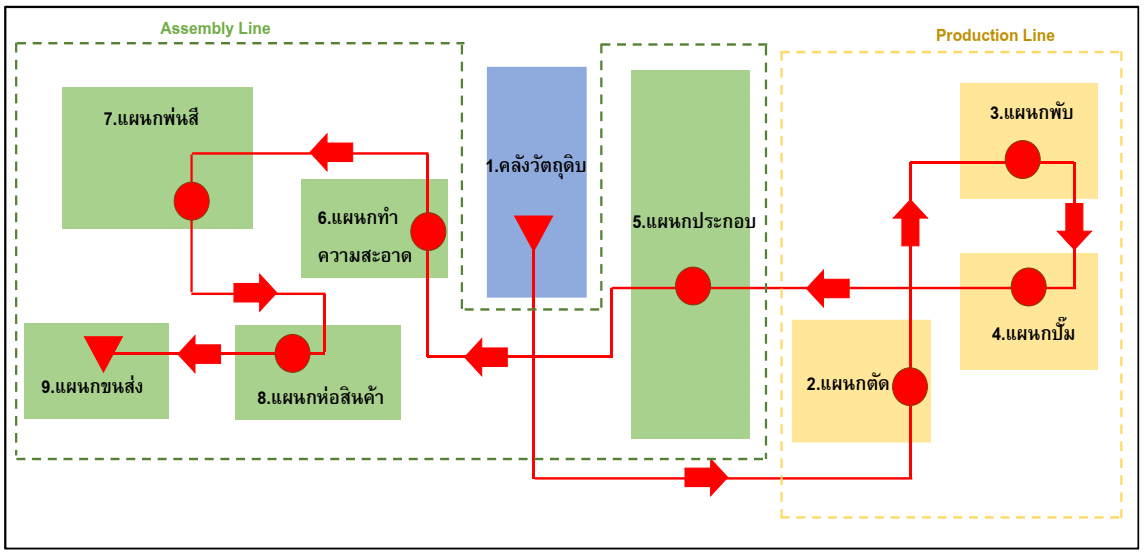


ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตประตูเหล็กกันไฟ

กระบวนการผลิตประตูเหล็กกันไฟเริ่มจากการเตรียมเหล็กแผ่นใหญ่เพื่อนำเข้าสู่กระบวนการตัดทำการตัดให้เป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ ของประตูตามที่ได้ตั้งค่าเครื่องจักรไว้ กระบวนการพับทำการพับเหล็กที่ถูกตัดแล้วเข้ามุม

กระบวนการปั๊มทำการปั๊มรูกลอนประตูและรูบานพับ จากนั้นชิ้นส่วนต่าง ๆ จะถูกประกอบเป็นประตูในกระบวนการประกอบ โดยชิ้นส่วนที่นำมาประกอบคือ วงกบ บานพับ คิ้วหน้าต่าง โครงเคร่า ธรณีประตู โช๊คอัพ ขอบช่องกระจก บู๊ทประตู แผ่นเสริมเหล็กกันฉนวนใยหิน ฉนวนใยหิน และหัวท้ายประตู มาประกอบเข้าด้วยกัน แล้วส่งไปยังกระบวนการทำความสะอาดเพื่อทำความสะอาดบานประตู กระบวนการพ่นสีเพื่อทำการพ่นสีที่บานประตูตามความต้องการของลูกค้า กระบวนการตรวจสอบเพื่อทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ และกระบวนการบรรจุสินค้า

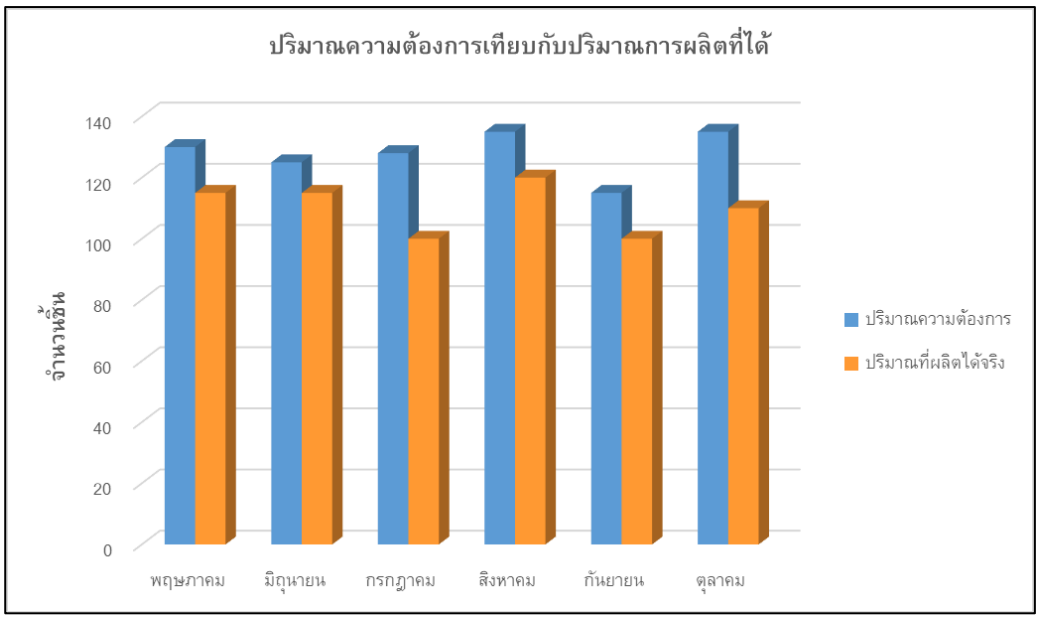
รูปแบบการจัดผังโรงงานของโรงงานตัวอย่าง เป็นการวางผังตามกระบวนการผลิต (Process Layout) เป็นการจัดวางเครื่องจักรให้เป็นหมวดหมู่ตามลักษณะของกระบวนการผลิต เช่น เครื่องตัด เครื่องพับ เครื่องปั๊มรู การวางผังตามกระบวนการนี้ ชิ้นงานที่ผลิตจะต้องเคลื่อนย้ายไปตามกระบวนการต่าง ๆ ตามขั้นตอนในการผลิตชิ้นงานนั้น ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพการไหลของงานผลิตประตูเหล็กกันไฟชนิดบานเดี่ยว

สภาพของปัญหา

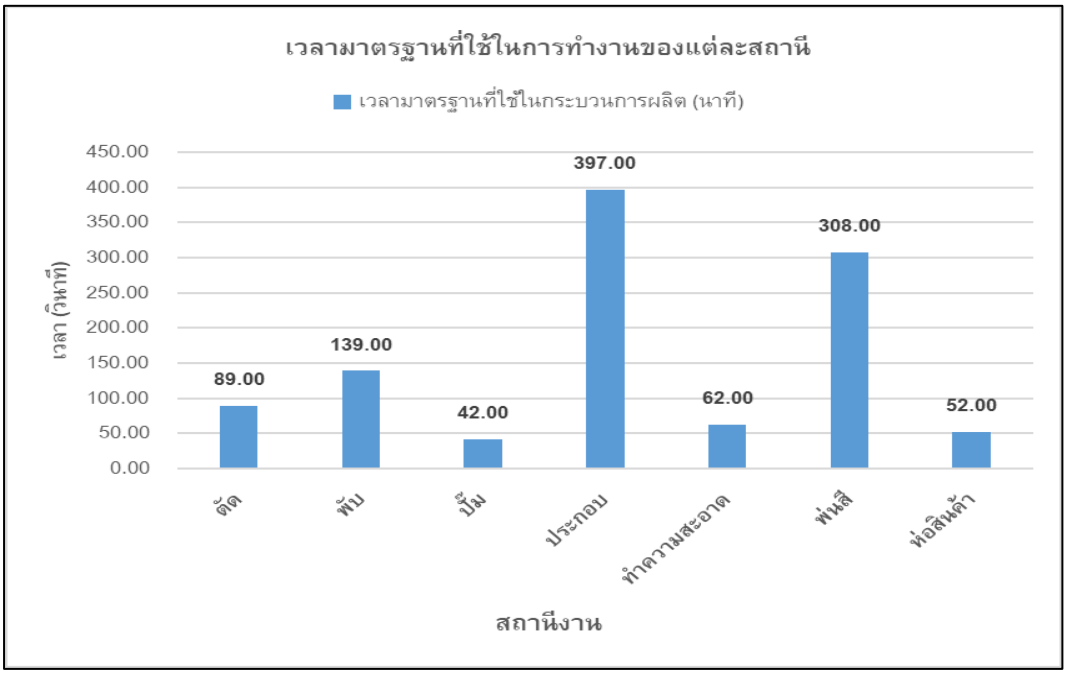
หลังจากที่เข้าไปศึกษากระบวนการทำงานของโรงงานตัวอย่าง พบว่าโรงงานตัวอย่างที่ทำการศึกษานั้นมีปัญหาหลักที่เกิดขึ้นภายในโรงงาน ได้แก่ การผลิตสินค้าไม่ทันตามความต้องการของลูกค้า แสดงดังภาพที่ 3 โดยเป็นการรวบรวมข้อมูลความต้องการสินค้าตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2565 เป็นระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งจากการสังเกตกระบวนการผลิตพบว่ามีหลายขั้นตอนที่ใช้เวลานานโดยเฉพาะขั้นตอนการประกอบงาน จึงทำให้มีงานรอคอยระหว่างกระบวนการผลิตเกิดขึ้นมาก ซึ่งทางโรงงานจะผลิตสินค้าตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ไม่มีการผลิตไว้ล่วงหน้า และเป็นงานที่ใช้ระยะเวลานานในการผลิตแต่ละชิ้น จึงทำให้ปริมาณการผลิตที่ได้ไม่สอดคล้องต่อความต้องการของลูกค้า



ภาพที่ 3 ปริมาณความต้องการเทียบกับปริมาณการผลิตที่ได้

การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

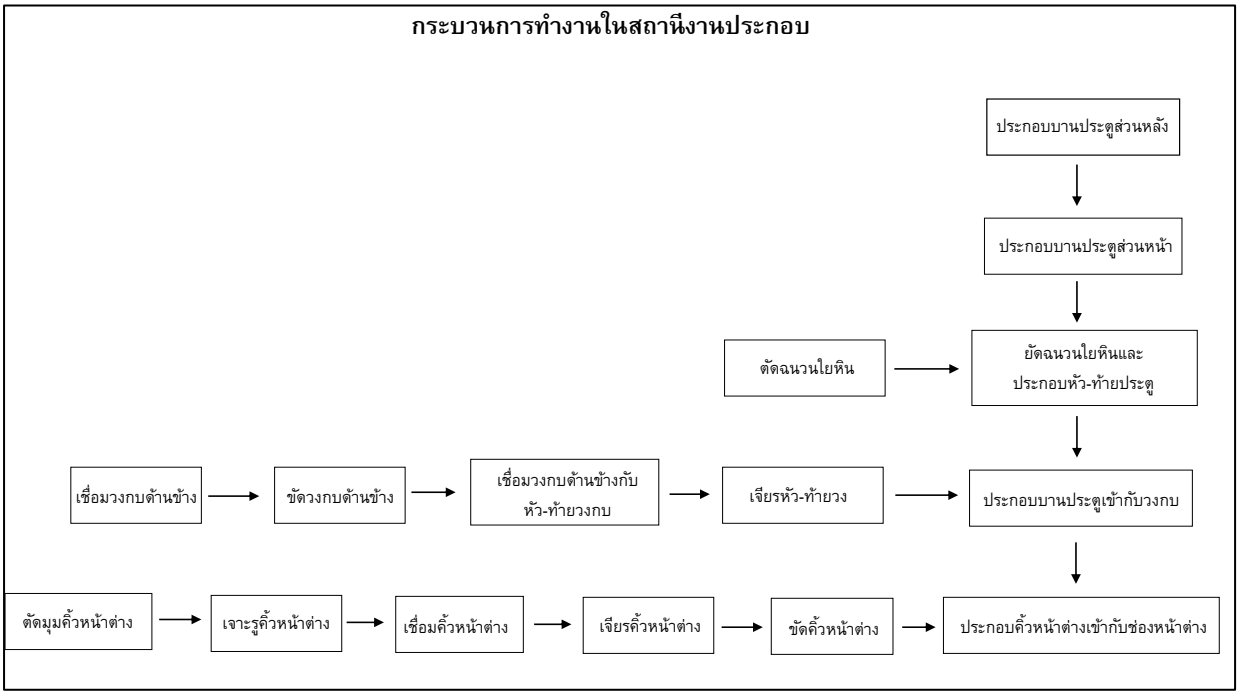
จากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านเวลาของกระบวนการผลิตประตูเหล็กกันไฟในกระบวนการตัดเหล็ก กระบวนการพับเหล็ก กระบวนการปั๊ม กระบวนการประกอบ กระบวนการทำความสะอาด กระบวนการพ่นสี และกระบวนการห่อสินค้า โดยจับเวลาเฉลี่ยของการทำงานในแต่ละขั้นตอน บวกเวลาเผื่อ (Allowance Time) เป็น 5% ตามสภาพการทำงานที่เป็นงานค่อนข้างหนักหรืองานในที่ร้อน แล้วนำมาคำนวณเป็นเวลามาตรฐาน ได้ผลการเก็บข้อมูลดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เวลามาตรฐานที่ใช้ในการทำงานของแต่ละสถานีงาน

จากการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ประตูเหล็กกันไฟ พบว่าสถานีงานประกอบใช้เวลามากกว่าสถานีงานอื่น เนื่องจากมีขั้นตอนการทำงานที่ไม่เหมาะสม และมีการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน จึงส่งผลให้เกิดการสะสมของงานระหว่างกระบวนการ ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์เจาะลงไปในสถานีงานประกอบว่ามีขั้นตอนการทำงานอย่างไร ซึ่งในสถานีประกอบจะมีการประกอบหลัก 5 ขั้นตอนและการประกอบย่อย 10 ขั้นตอนดังนี้ แสดงดังภาพที่ 5

1. ประกอบบานประตูส่วนหลัง
2. ประกอบบานประตูส่วนหน้า
3. ยัดฉนวนใยหินและประกอบหัว-ท้ายประตู
   3.1) ตัดฉนวนใยหิน
4. ประกอบบานประตูเข้ากับวงกบ
   4.1) เชื่อมวงกบด้านข้าง
   4.2) ขัดวงกบด้านข้าง
   4.3) เชื่อมวงกบด้านข้างเข้ากับหัว-ท้ายวงกบ
   4.4) เจียรหัว-ท้ายวงกบ
5. ประกอบคิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง
   5.1) ตัดมุมคิ้วหน้าต่าง
   5.2) เจาะรูคิ้วหน้าต่าง
   5.3) เชื่อมคิ้วหน้าต่าง
   5.4) เจียรคิ้วหน้าต่าง
   5.5) ขัดคิ้วหน้าต่าง



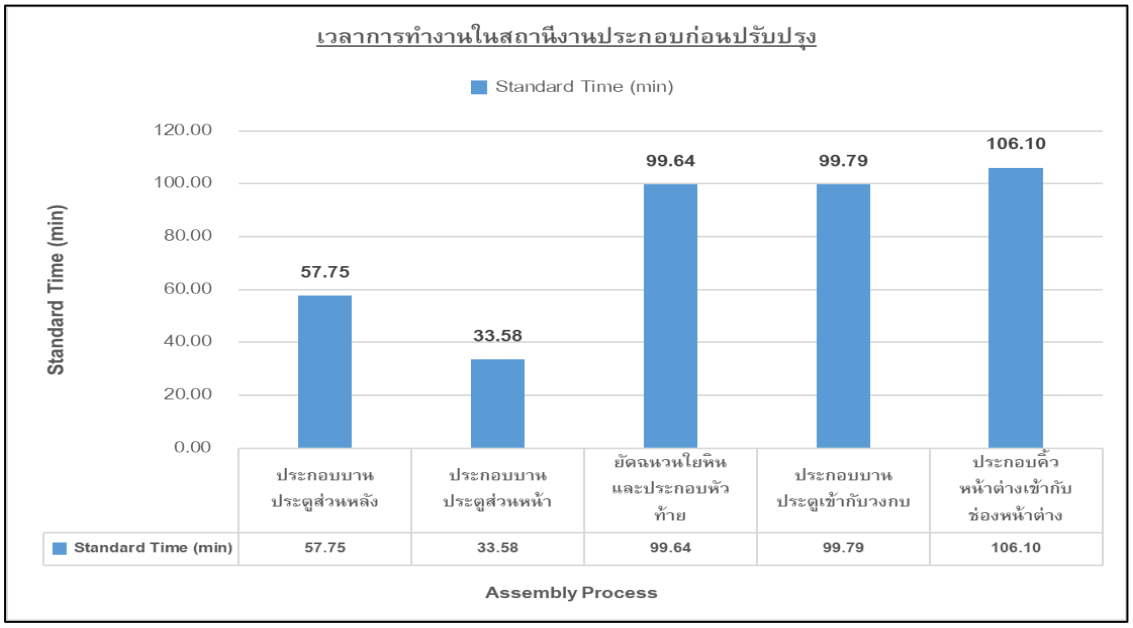
ภาพที่ 5 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการประกอบทั้งหมด

การวิเคราะห์สายการผลิตในปัจจุบันก่อนปรับปรุง

จากข้อมูลการทำงาน ณ ปัจจุบันของโรงงาน แสดงดังภาพที่ 6 และจากข้อมูลเวลาที่ใช้ในการทำงานของสถานีงานประกอบ จะสามารถสร้างเป็นกราฟแสดงเวลาการทำงานของสถานีงานประกอบดังภาพที่ 7

เวลา / วันที่	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11.00- 12.00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	16.00- 17.00
จันทร์	สถานีงานตัด				พักกลางวัน	สถานีงานพับ+สถานีงานปั๊ม			
อังคาร	สถานีงานประกอบ					สถานีงานประกอบ			
พุธ	สถานีงานทำความสะอาด		สถานีงานพ่นสี			สถานีงานพ่นสี			สถานีงานห่อสินค้า
พฤหัสบดี	สถานีงานตัด					สถานีงานพับ+สถานีงานปั๊ม			
ศุกร์	สถานีงานประกอบ					สถานีงานประกอบ			
เสาร์	สถานีงานทำความสะอาด		สถานีงานพ่นสี			สถานีงานพ่นสี			สถานีงานห่อสินค้า

ภาพที่ 6 เวลาในการทำงานของพนักงาน



ภาพที่ 7 เวลาการทำงานของสถานีงานประกอบก่อนปรับปรุง

จากภาพที่ 7 เมื่อพิจารณาเวลาของแต่ละกระบวนการที่ใช้ในการประกอบชิ้นงาน พบว่ากระบวนการยัดฉนวนใยหินและประกอบหัวท้าย กระบวนการประกอบบานประตูเข้ากับวงกบ และกระบวนการประกอบคิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง ใช้เวลามากกว่ากระบวนการอื่น เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าและผลิตไม่ทันตามแผนที่กำหนด ปัจจุบันผลิตสินค้าได้ 28 บานต่อสัปดาห์ ซึ่งความต้องการเฉลี่ยของลูกค้าคือ 32 บานต่อสัปดาห์ (จากภาพที่ 3 ความต้องการเฉลี่ยต่อเดือนคือ 128 บาน) ทำให้ต้องมีการทำงานล่วงเวลาเกิดขึ้น เพื่อให้สามารถผลิตสินค้าได้ทันตามความต้องการของลูกค้า สามารถคิดค่าใช้จ่ายการทำงานล่วงเวลาได้ ดังนี้

ค่าใช้จ่ายในการทำงานล่วงเวลา

$$\text{ค่าทำงานล่วงเวลา 1 คน} = \frac{\text{ค่าจ้างต่อวัน}}{\text{ชั่วโมงทำงานปกติ}} \times 1.5 \times \text{จำนวนชั่วโมงล่วงเวลา}$$

$$= \frac{500}{8} \times 1.5 \times 2.5 = 234.38 \text{ บาทต่อคน}$$

ดังนั้นค่าทำงานล่วงเวลาของพนักงาน 7 คนเท่ากับ 234.38 × 7 = 1,640.66 บาทต่อสัปดาห์

ตารางที่ 1 เวลาทำงานของแต่ละกระบวนการในสถานีงานประกอบ (ก่อนปรับปรุง)

กระบวนการ	เวลาทำงานในแต่ละกระบวนการ (นาที) ต่อ 12 บาน
ประกอบบานประตูส่วนหลัง	57.75
ประกอบบานประตูส่วนหน้า	33.58
ยัดฉนวนใยหินและประกอบหัวท้าย	99.64
ประกอบบานประตูเข้ากับวงกบ	99.79
ประกอบคิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง	106.10
รวม	396.87

จากการศึกษาข้อมูลของเวลาในแต่ละขั้นตอนในสถานีงานประกอบ สรุปผลก่อนปรับปรุงได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณการผลิตชิ้นงานต่อวัน} = \frac{\text{เวลาในการผลิตทั้งหมด (นาทีต่อวัน)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการผลิต (นาทีต่อบาน)}}$$

$$= \frac{480}{33} = 14 \text{ บาน}$$

ประสิทธิภาพสมดุลย์ของสายการผลิต (Line Balancing Efficiency)

$$= \frac{\text{ผลรวมเวลาของการประกอบชิ้นงาน} \times 100}{\text{จำนวนสถานีงาน} \times \text{รอบเวลาการทำงานสูงสุด}}$$

$$= \frac{396.87 \times 100}{5 \times 106.10} = 74.81\%$$

ประสิทธิผลของสายการผลิต (Line Production Effectiveness)

$$= \frac{\text{ปริมาณที่ผลิตได้ต่อสัปดาห์} \times 100}{\text{ปริมาณที่ต้องการต่อสัปดาห์}}$$

$$= \frac{28 \times 100}{32} = 87.50\%$$

สรุปความสามารถของการผลิตชิ้นงานในปัจจุบันคือ ปริมาณการผลิตชิ้นงาน 14 บานต่อวัน ประสิทธิภาพสมดุลย์ของสายการผลิต 74.81% และประสิทธิผลของสายการผลิต 87.50% ในขณะที่ความต้องการสินค้าคือ 32 บานต่อสัปดาห์ แต่ผลิตได้จริง 28 บานต่อสัปดาห์ ซึ่งผลิตไม่ทัน อาจทำให้ลูกค้าปฏิเสธสินค้าอันเนื่องมาจากเหตุของการผิดสัญญาจ้าง ส่งผลต่อการเสียโอกาสด้านการขาย ดังนั้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการได้ครบจำนวนและทันเวลา จึงหาแนวทางการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา Why-Why Analysis

เมื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาการทำงานว่าการผลิตสินค้าไม่ทันตามความต้องการของลูกค้าเกิดจากอะไร พบว่าสาเหตุมาจากมีงานรอคอยระหว่างกระบวนการผลิตมากและมีการรับคำสั่งของฝ่ายผลิตไม่แน่นอน จึงทำให้เกิดปัญหาการผลิตสินค้าไม่ทันเกิดขึ้น ทางผู้วิจัยเลือกที่จะแก้ปัญหาในส่วนของการมีงานรอคอยระหว่างกระบวนการมาก เนื่องจากเป็นปัญหาที่ทางโรงงานประสบปัญหามานาน และเป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้โดยการแก้ที่กระบวนการผลิตเป็นหลัก เมื่อวิเคราะห์หาสาเหตุดังตารางที่ 2 พบว่าในสถานีงานประกอบมีการเคลื่อนที่มากเกินความจำเป็นและมีขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน จึงต้องมีการออกแบบรถเข็นและถังใส่อุปกรณ์ประกอบประตูที่มีขนาดเล็กเพื่อลดระยะทางการเคลื่อนที่และลดเวลาที่ใช้ในการผลิต ซึ่งรวมไปถึงการจัดการทำงานใหม่ในสถานีงานประกอบ ให้มีการทำงานและเวลาที่เหมาะสมกับความต้องการผลิตและมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น

ตารางที่ 2 วิเคราะห์สาเหตุปัญหาจาก Why-why Analysis

ลักษณะของปัญหา	Why 1	Why 2	Why 3	แนวทางการแก้ไข
ผลิตไม่ครบจำนวนและจัดส่งไม่ทันกำหนด	1. มีงานรอคอยระหว่างกระบวนการผลิตมาก	สถานีงานประกอบใช้เวลาในกระบวนการผลิตมากเกินไป	1. มีการเคลื่อนที่มากเกินความจำเป็น 2. มีขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน	1. ออกแบบรถเข็นและถังใส่อุปกรณ์ 2. จัดการทำงานใหม่โดยใช้หลัก ECRS
	2. การรับคำสั่งของฝ่ายผลิตไม่แน่นอน	ขาดการวางแผนปริมาณการผลิต	-	วางแผนการผลิตใหม่โดยการนำ Aggregate Planning เข้ามาช่วยในการวางแผนการผลิต

แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพ

การใช้หลักการลดความสูญเปล่าด้วย ECRS

- Eliminate กำจัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็น จากเดิมจะมีการเคลื่อนที่เพื่อไปหยิบเครื่องเจียรจากอีกโต๊ะแล้วจึงเคลื่อนกลับมายังโต๊ะประกอบ เปลี่ยนเป็นสามารถหยิบเครื่องเจียรจากใต้โต๊ะที่ทำการประกอบได้เลย

- Rearrange จัดลำดับงานใหม่ด้วยการเพิ่มงานในสถานีงานก่อนหน้าคือสถานีงานปั๊มทำแทนในส่วนของการเตรียมฉนวนใยหินใส่รถเข็นไว้ให้พร้อมต่อการใช้งาน

- Simplify ทำการเพิ่มอุปกรณ์ช่วยให้ทำงานได้สะดวกขึ้นได้แก่ถังใส่อุปกรณ์ประกอบบานประตูที่มีขนาดเล็กและรถเข็น โดยได้เสนอแนวคิดนี้ร่วมกับทางหัวหน้างานฝ่ายผลิตและทางบริษัทได้ดำเนินการออกแบบและผลิตจริง แสดงดังภาพที่ 8

ภาพที่ 8 รถเข็นที่ใช้ในการทำงาน

การให้พนักงานที่ว่างงาน ณ ขณะนั้นเข้ามาทำงานพร้อมกัน

จากเดิมจะมีพนักงานสอดฉนวนใยหินและประกอบหัวท้ายประตูเพียงคนเดียว เปลี่ยนเป็นให้พนักงานที่ว่างงาน ณ ขณะนั้นเข้ามาทำงานพร้อมกัน โดยจะเป็นการสอดฉนวนใยหินและประกอบหัวท้ายประตูพร้อมกันทั้งสองด้าน ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการทำงานของกระบวนการ

การให้พนักงานใช้มือทั้ง 2 ข้างให้เกิดประโยชน์สูงสุด

จากเดิมพนักงานจะต้องเคลื่อนที่ไปหยิบสว่านขันน็อตและเครื่องขัดทีละรอบกัน เปลี่ยนเป็นให้พนักงานเคลื่อนที่ไปหยิบสว่านขันน็อตและเครื่องขัดมาพร้อมกันใน 1 รอบ เป็นไปตามหลักการเศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหว (Motion Economy) [14-15] เป็นหลักการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดความเครียดของพนักงาน ทำให้ลดเวลาในการทำงานของกระบวนการ และลดจำนวนรอบในการเคลื่อนที่

สรุปผลการปรับปรุงและกระบวนการ

หลังจากดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการศึกษาการทำงาน (Work Study) ให้กับสถานีงานประกอบ พบว่าเวลาและระยะทางในกระบวนการผลิตลดลง โดยผู้วิจัยได้ใช้แผนภูมิกระบวนการไหล เพื่อแสดงถึงการลดขั้นตอนการทำงาน แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 9 และสามารถสรุปผลการปรับปรุงเวลาทำงานของแต่ละกระบวนการในสถานีงานประกอบหลังการปรับปรุง แสดงดังตารางที่ 3

แผนภูมิกระบวนการไหล
Flow Process Chart

แผนภูมิหมายเลข: 37 แผนที่: 1
กระบวนการ: ประกอบ (คิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง) (ต่อชุด : 12 บาน)
☒ ปัจจุบัน ☐ ปรับปรุง
ผู้บันทึก: สุภานัน สีสะไหล

สรุป			
สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	ปรับปรุง	เพิ่มขึ้น
การปฏิบัติงาน ○	12		
การขนส่ง ⇨	9		
การรอคอย D	1		
การตรวจสอบ □	-		
การเก็บ ▽	-		
ระยะทาง (เมตร)	573.48		
เวลา (วินาที)	3344.76		

ลำดับ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
1	เคลื่อนไปที่คิ้วหน้าต่าง	31.80	24.36	○ ⇨ D □ ▽	
2	หยิบคิ้วหน้าต่าง	-	11.28	● ⇨ D □ ▽	
3	เคลื่อนไปที่ประตู	31.80	25.32	○ ⇨ D □ ▽	
4	ใส่คิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง	-	62.76	● ⇨ D □ ▽	
5	เคลื่อนไปที่เครื่องเชื่อม	49.92	40.92	○ ⇨ D □ ▽	
6	หยิบหัวเชื่อม	-	10.08	● ⇨ D □ ▽	
7	เคลื่อนไปที่ประตู	49.92	38.88	○ ⇨ D □ ▽	
8	เชื่อมคิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง	-	716.16	● ⇨ D □ ▽	
9	เคลื่อนไปที่สว่านขันน็อต	32.40	29.04	○ ⇨ D □ ▽	จะมีการปรับปรุงโดยการให้พนักงานใช้มือทั้ง 2 ข้างให้เกิดประโยชน์สูงสุด
10	หยิบสว่านขันน็อต	-	8.88	● ⇨ D □ ▽	
11	เคลื่อนไปที่ประตู	32.40	28.44	○ ⇨ D □ ▽	
12	ยึดน็อตคิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง	-	380.16	● ⇨ D □ ▽	
13	วางสว่านขันน็อต	-	11.16	● ⇨ D □ ▽	
14	เคลื่อนไปที่เครื่องขัด	32.40	30.48	○ ⇨ D □ ▽	จะมีการปรับปรุงโดยการให้พนักงานใช้มือทั้ง 2 ข้างให้เกิดประโยชน์สูงสุด
15	หยิบเครื่องขัด	-	10.44	● ⇨ D □ ▽	
16	เคลื่อนไปที่ประตู	32.40	30.96	○ ⇨ D □ ▽	
17	ขัดประตู	-	977.76	● ⇨ D □ ▽	
18	วางเครื่องขัด	-	11.52	● ⇨ D □ ▽	
19	ยกรปะตูขึ้น	-	31.80	● ⇨ D □ ▽	
20	เคลื่อนย้ายประตูไปสถานีทำความสะอาดโดยใช้คนยก	280.44	830.28	○ ⇨ D □ ▽	จะมีการปรับปรุงด้วยวิธี Simplify
21	วางประตูลง	-	34.08	● ⇨ D □ ▽	
22	ประตูรอทำความสะอาด	-	-	○ ⇨ ● □ ▽	
	รวม	573.48	3344.76		(55.75 นาที)

(ก่อนปรับปรุง)

แผนภูมิกระบวนการไหล
Flow Process Chart

แผนภูมิหมายเลข: 37 แผนที่: 1
กระบวนการ: ประกอบ (คิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง) (ต่อชุด : 12 บาน)
☐ ปัจจุบัน ☒ ปรับปรุง
ผู้บันทึก: สุภานัน สีสะไหล

สรุป			
สัญลักษณ์	ปัจจุบัน	ปรับปรุง	ลดลง
การปฏิบัติงาน ○	12	12	-
การขนส่ง ⇨	9	7	2
การรอคอย D	1	1	-
การตรวจสอบ □	-	-	-
การเก็บ ▽	-	-	-
ระยะทาง (เมตร)	573.48	226.01	347.47
เวลา (วินาที)	3344.76	2424.39	920.37

ลำดับ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
1	เคลื่อนไปที่คิ้วหน้าต่าง	31.80	24.96	○ ⇨ D □ ▽	
2	หยิบคิ้วหน้าต่าง	-	11.04	● ⇨ D □ ▽	
3	เคลื่อนไปที่ประตู	31.80	25.20	○ ⇨ D □ ▽	
4	ใส่คิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง	-	60.00	● ⇨ D □ ▽	
5	เคลื่อนไปที่เครื่องเชื่อม	49.92	42.72	○ ⇨ D □ ▽	
6	หยิบหัวเชื่อม	-	10.20	● ⇨ D □ ▽	
7	เคลื่อนไปที่ประตู	49.92	37.32	○ ⇨ D □ ▽	
8	เชื่อมคิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง	-	702.00	● ⇨ D □ ▽	
9	เคลื่อนไปที่สว่านขันน็อตและเครื่องขัด	3.24	2.38	○ ⇨ D □ ▽	ปรับปรุงโดยการให้พนักงานใช้มือทั้ง 2 ข้างให้เกิดประโยชน์สูงสุด
10	หยิบสว่านขันน็อตและเครื่องขัด	-	1.25	● ⇨ D □ ▽	
11	เคลื่อนไปที่ประตู	3.24	2.40	○ ⇨ D □ ▽	
12	วางเครื่องขัด	-	1.18	● ⇨ D □ ▽	
13	ยึดน็อตคิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง	-	376.80	● ⇨ D □ ▽	
14	วางสว่านขันน็อต	-	1.08	● ⇨ D □ ▽	
15	หยิบเครื่องขัด	-	1.14	● ⇨ D □ ▽	
16	ขัดประตู	-	973.20	● ⇨ D □ ▽	
17	วางเครื่องขัด	-	1.06	● ⇨ D □ ▽	
18	ยกประตูใส่รถเข็น	-	29.28	● ⇨ D □ ▽	
19	เคลื่อนย้ายประตูไปสถานีทำความสะอาดโดยใช้รถเข็น (แบ่งขน 2 รอบ รอบละ 6 บาน)	46.74	121.18	○ ⇨ D □ ▽	ปรับปรุงโดยวิธี Simplify โดยการเพิ่มรถเข็นเข้ามาช่วยในการเคลื่อนย้ายแทนการใช้คนยก
20	ประตูรอทำความสะอาด	-	-	○ ⇨ ● □ ▽	
	รวม	226.01	2675.37		(40.41 นาที)

(หลังปรับปรุง)

ภาพที่ 9 ตัวอย่างของการวิเคราะห์งานย่อยก่อนและหลังปรับปรุง (การประกอบคิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง)

ตารางที่ 3 เวลาการทำงานของแต่ละกระบวนการในสถานีงานประกอบ (หลังปรับปรุง)

กระบวนการ	เวลาการทำงานในแต่ละกระบวนการ (นาที) ต่อ 12 บาน
ประกอบบานประตูส่วนหลัง	48.94
ประกอบบานประตูส่วนหน้า	33.58
ยัดฉนวนใยหินและประกอบหัวท้าย	71.96
ประกอบบานประตูเข้ากับวงกบ	81.42
ประกอบคิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง	84.27
รวม	320.17

จากการปรับปรุงสายการผลิตข้างต้นพบว่าเวลาที่ใช้ในการผลิตลดลง ส่งผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลของสายการผลิตที่เพิ่มขึ้น จำนวนการผลิตชิ้นงานต่อวัน และรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการผลิต สรุปได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณการผลิตชิ้นงานต่อวัน} = \frac{\text{เวลาในการผลิตทั้งหมด (นาทีต่อวัน)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการผลิต (นาทีต่อบาน)}}$$

$$= \frac{480}{26.68} = 17 \text{ บาน}$$

ประสิทธิภาพสมดุลย์ของสายการผลิต (Line Balancing Efficiency)

$$= \frac{\text{ผลรวมเวลาของการประกอบชิ้นงาน} \times 100}{\text{จำนวนสถานีงาน} \times \text{รอบเวลาการทำงานสูงสุด}}$$

$$= \frac{320.17 \times 100}{5 \times 84.27} = 75.98\%$$

ประสิทธิผลของสายการผลิต (Line Production Effectiveness)

$$= \frac{\text{ปริมาณที่ผลิตได้ต่อสัปดาห์} \times 100}{\text{ปริมาณที่ต้องการต่อสัปดาห์}}$$

$$= \frac{34 \times 100}{32} = 106.25\%$$

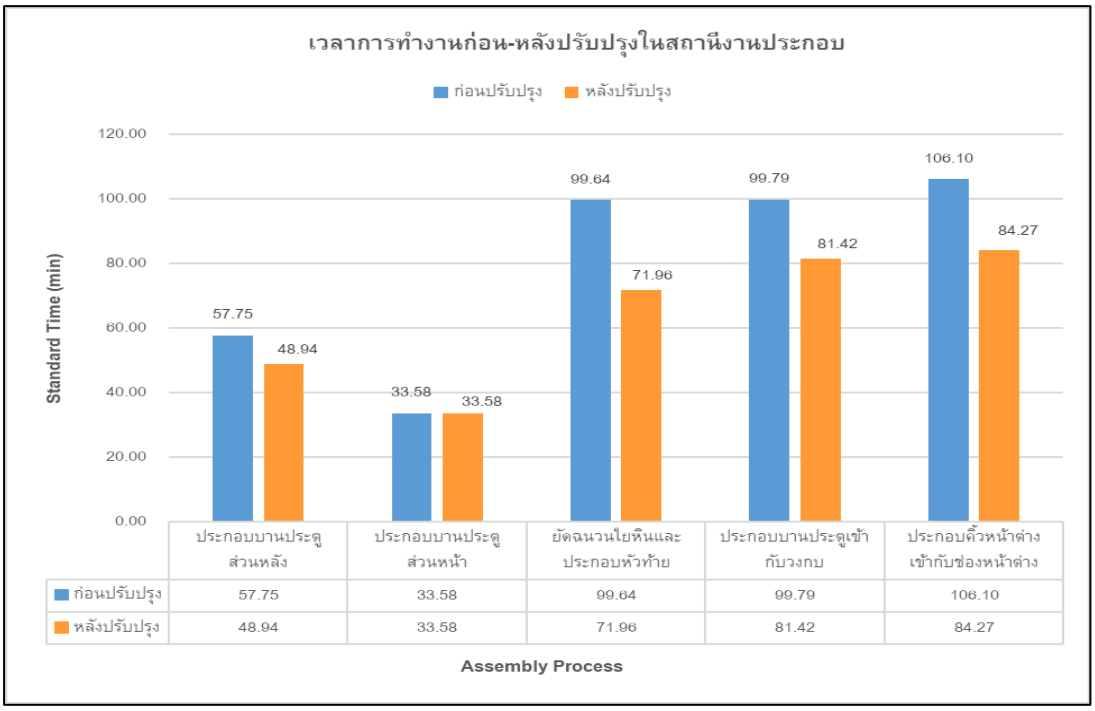
จำนวนประตูที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นเท่ากับ 6 บานต่อสัปดาห์ ราคาประตูต่อบานเท่ากับ 6,500 บาท

รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการผลิต = จำนวนประตูที่ผลิตได้เพิ่มขึ้น × ราคาประตู

= 6 บาน × 6,500 บาท = 39,000 บาทต่อสัปดาห์

ก่อนการปรับปรุงพบว่าเวลาที่ใช้ในการประกอบชิ้นงานหนึ่งชุดของกระบวนการยัดฉนวนใยหินและประกอบหัวท้าย กระบวนการประกอบบานประตูเข้ากับวงกบ และกระบวนการประกอบคิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่างใช้เวลามาก ทำให้ไม่สามารถผลิตได้ทันตามกำหนด หลังปรับปรุงพบว่าเวลาที่ใช้ในการประกอบลดลงทำให้ประสิทธิภาพการ

ผลิตเพิ่มขึ้น ปริมาณการผลิตชิ้นงานต่อวันเพิ่มขึ้นเป็น 17 บานต่อวัน ประสิทธิภาพสมดุลย์ของสายการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 75.98% ประสิทธิผลของสายการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 106.25% และมีรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการผลิต 39,000 บาทต่อสัปดาห์ การเปรียบเทียบของเวลาก่อนและหลังการปรับปรุงแสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ข้อมูลเวลาการผลิตก่อน – หลังปรับปรุง

จากภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่าหลังปรับปรุงวิธีการทำงานในสถานีงานประกอบ พบว่าเวลาที่ใช้ในการประกอบชิ้นงานลดลง ส่งผลให้ทางโรงงานผลิตสินค้าได้ทันตามความต้องการของลูกค้า สามารถผลิตสินค้าเพิ่มขึ้นเป็น 34 บานต่อสัปดาห์

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษากระบวนการผลิตประตูเหล็กกันไฟของบริษัทกรณีศึกษาพบว่ามีหลายขั้นตอนที่ใช้เวลานานเกิดความสูญเปล่าในการทำงานจากการเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น ทำให้ไม่สามารถส่งสินค้าได้ทันกำหนดสถานีงานประกอบเป็นสถานีงานที่ใช้เวลานานที่สุด ประกอบด้วย 5 กระบวนการได้แก่ การประกอบบานประตูส่วนหลัง การประกอบบานประตู การยัดฉนวนใยหินและประกอบหัวท้าย การประกอบบานประตูเข้ากับวงกบ และการประกอบคิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง จึงหาแนวทางการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการศึกษาการเคลื่อนที่และเวลา และหลักการ ECRS โดยลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็น จัดลำดับงานใหม่ และใช้อุปกรณ์ช่วยให้งานง่ายขึ้น หลังปรับปรุงพบว่าเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตลดลง เปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังการปรับปรุง สรุปได้ดังนี้

(1) กระบวนการประกอบบานประตูส่วนหลัง

เวลาของกระบวนการก่อนปรับปรุง 57.75 นาที หลังปรับปรุง 48.94 นาที ลดลง 8.81 นาที

(2) กระบวนการยัดฉนวนใยหินและประกอบหัว-ท้ายประตู

เวลาของกระบวนการก่อนปรับปรุง 99.64 นาที หลังปรับปรุง 71.96 นาที ลดลง 27.68 นาที

(3) กระบวนการประกอบบานประตูเข้ากับวงกบ

เวลาของกระบวนการก่อนปรับปรุง 99.79 นาที หลังปรับปรุง 81.42 นาที ลดลง 18.37 นาที

(4) กระบวนการประกอบคิ้วหน้าต่างเข้ากับช่องหน้าต่าง

เวลาของกระบวนการก่อนปรับปรุง 106.10 นาที หลังปรับปรุง 84.27 นาที ลดลง 21.83 นาที

หลังการปรับปรุงพบว่าเวลาที่ใช้ในการผลิตลดลง จากเดิม 396.87 นาที เป็น 320.17 นาที ประสิทธิภาพสมดุลย์ของสายการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 74.81% เป็น 75.98% ประสิทธิผลของสายการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 87.50% เป็น 106.25% และปริมาณการผลิตต่อสัปดาห์เพิ่มขึ้นเป็น 34 บานต่อสัปดาห์ จากเดิม 28 บานต่อสัปดาห์ คิดเป็น 28.57% และมีรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการผลิต 39,000 บาทต่อสัปดาห์ จากการปรับปรุงสรุปผลการเพิ่มประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลการเพิ่มประสิทธิภาพ

ผลการปรับปรุง	ก่อน	หลัง	ผลต่าง	% ที่เพิ่มขึ้น(ลดลง)
1. เวลาในการผลิต (นาที)	396.87	320.17	76.70	ลดลง 19.33%
2. ปริมาณการผลิต (บาน)	28	34	6	เพิ่มขึ้น 21.42%
3. รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการผลิต (บาท)	182,000	221,000	39,000	เพิ่มขึ้น 21.43%
4. ประสิทธิภาพสมดุลย์ของสายการผลิต (%)	74.81	75.98	1.17	เพิ่มขึ้น 1.17%
5. ประสิทธิผลการผลิต (%)	87.50	106.25	18.75	เพิ่มขึ้น 18.75%
6. ค่าทำงานล่วงเวลา (บาท)	1,640.66	-	1,640.66	ลดลง 100%

ผลการวิจัยแสดงถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต ทำให้เวลาในการผลิตลดลงและเพิ่มผลผลิตมากขึ้น แต่อาจมีปัจจัยบางประการที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพไม่เป็นไปตามเดิมถ้าขาดการควบคุมดูแลการปฏิบัติงานของพนักงานให้เป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้ การไม่ได้ใช้งานหรือขาดการบำรุงรักษาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ออกแบบไว้เพื่อช่วยในการทำงานให้เร็วขึ้น และการปรับปรุงพื้นที่ของการปฏิบัติงานให้สะดวกและง่ายต่อการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน นอกจากนี้การศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต ควรมีการศึกษาในเรื่องของการวางแผนการผลิตเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า ควรมีการศึกษาในเรื่องของความปลอดภัยในการทำงาน และหลักการยศาสตร์ (Ergonomics) โดยพิจารณาการใช้รถเข็นในการเคลื่อนย้ายประตูไปประกอบในแต่ละสถานีงาน รวมทั้งการเพิ่มช่องสำหรับใส่เครื่องมืออุปกรณ์ที่พร้อมใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

[1] Suwanbutwipha, T. (2009). *Strategies for Efficient Production Line Balancing.* Bangkok: Intelrific Institute.

[2] Sitticharoen, W. (2004). *Work Study* (4th ed.). Bangkok: National Innovation Agency.

[3] Rijiravanich, W. (2005). *Work Study: Principles and Case Studies* (3rd ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Press.

[4] Kanjanapanyakhom, R. (2009). *Industrial Work Study*. Bangkok: Top Publishing.

[5] Buaphan, S. (2020). *Productivity Improvement in the Electronics Industry* [Unpublished Master's Thesis]. Silpakorn University.

[6] Muangngeon, A. (2019). *An Application of Lean Technique (ECRS+IT) to Efficient Book Return Process for Library and Information Center, NIDA*. Bangkok: NIDA. Retrieved from https://www.km.nida.ac.th/th/images/PDF/research/atire.pdf

[7] Sansamat, Y., Chunama, C., and Choomrit, N. (2022). Efficiency Improvement of Ultra Broadband Transceiver Manufacturing Process. *Journal of Engineering and Innovation*, *15*(3), 130-141.

[8] Kanoksirirujisaya, N. (2021). Wastes Reduction in HDD Part Production Line Using ECRS Techniques. *Journal of Science and Technology Thonburi University*, *5*(1), 77-91.

[9] Keaitnukul, W. (2018). A Line Balancing of the Aluminium Frame Assembly Processes Case Study: A Sample Company. *Thai Industrial Engineering Network Journal*, *4*(1), 49-58.

[10] Nisa, A. K., Hisjam, M., and Helmi, S. A. (2021). Improvement of work method with eliminate, combine, rearrange, and simplify (ecrs) concept in a manufacturing company: A case study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1096*, 1-10, https://doi.org/10.1088/1757-899X/1096/1/012016

[11] Mayank, S., Shah, S., Patel, S., Patel, R., and Pansuria, A. (2012). To Improve Productivity by Using Work Study & Design a Fixture in Small Scale Industry. *International Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering*, *1*(2), 75-81.

[12] Mengistu, M. (2019). Line Balancing Techniques for Productivity Improvement. *International Journal of Mechanical and Industrial Technology*, *7*(1), 89-104.

[13] Asariella, F., and Rahmaniyah, D. (2020). Increased Line Efficiency by Improved Work Methods with the ECRS Concept in a Washing Machine Production: A Case Study. *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, *4*(1), 13-29.

[14] Technology Promotion Association (Thailand-Japan). (2018). Kaizen Society: Motion Economy. *TPA News*. Retrieved from https://www.tpa.or.th/tpanews/upload/mag_content/141/ContentFile2785.pdf

[15] Wattanasungsuth, N., and Meethom, W. (2021). Improvement of Pressing Process in Automotive Industry. *The Journal of Industrial Technology*, *17*(3), 79-98.