

บทความวิจัย (Research Article)

การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยหลักการลดความสูญเสียเปล่า ECRS: กรณีศึกษา กระบวนการผลิตยางญี่ปุ่นตั้งป้ายไว้นิล

สุภาพร แสนกุล¹, ณัฏฐ์ดนัย สุพัฒน์ธนานนท์^{2,*}, เจษฎา แจ่มแสง¹, วัชรพล แสงदानุช¹,
เตวิช รุ่งนากานต์¹ และ นราธิป สุพัฒน์ธนานนท์¹

¹คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

²คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: natdhanai.su@rmu.ac.th, โทรศัพท์: 088-5997829

(รับบทความ: 11 กุมภาพันธ์ 2568; แก้ไขบทความ: 25 กุมภาพันธ์ 2568; ตอรับบทความ: 26 กุมภาพันธ์ 2568)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตยางญี่ปุ่นตั้งป้ายไว้นิลโดยใช้หลักการลดความสูญเสียเปล่า ECRS เพื่อลดเวลาและระยะทางในการผลิต รวมถึงกำหนดกระบวนการมาตรฐาน ซึ่งเริ่มต้นจากการศึกษากระบวนการผลิตในปัจจุบันด้วยแผนภูมิกระบวนการไหลและแผนภาพไดอะแกรม จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหารากที่แท้จริงของปัญหาโดยการระดมสมองร่วมกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องผ่านแผนภูมิแก๊งปลา จากนั้นระบุปัจจัยที่ทำให้เกิดความสูญเสียเปล่าด้วยหลักการ ECERS และปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เป็นมาตรฐาน การเปรียบเทียบผลการวิจัยจะพิจารณาถึงจำนวนขั้นตอน การปฏิบัติงาน เวลา และระยะทางที่ลดลง ผลการวิจัยแสดงว่า กระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงมี 39 ขั้นตอน ใช้เวลา 12 ชั่วโมง 4 นาที 29 วินาที และระยะทาง 176 เมตร หลังการปรับปรุง จำนวนขั้นตอนลดลงเหลือ 29 ขั้นตอน ใช้เวลา 8 ชั่วโมง 45 นาที 7 วินาที และระยะทาง 127.5 เมตร นั่นคือ สามารถลดขั้นตอนในการปฏิบัติงานได้ร้อยละ 25.64 เวลาในการผลิตลดลงร้อยละ 27.52 และระยะทางลดลงร้อยละ 27.56 จึงสรุปว่าการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยหลักการลดความสูญเสียเปล่า ECERS สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: การลดความสูญเสียเปล่า การเพิ่มประสิทธิภาพ การปรับปรุงกระบวนการผลิต

การอ้างอิงบทความ: สุภาพร แสนกุล, ณัฏฐ์ดนัย สุพัฒน์ธนานนท์, เจษฎา แจ่มแสง, วัชรพล แสงदानุช, เตวิช รุ่งนากานต์ และ นราธิป สุพัฒน์ธนานนท์, "การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยหลักการลดความสูญเสียเปล่า ECERS: กรณีศึกษา กระบวนการผลิตยางญี่ปุ่นตั้งป้ายไว้นิล," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 3, ฉบับที่ 1, หน้า 58-70, 2568.

บทความวิจัย (Research Article)

The Manufacturing Improvement with ECRS: A Case Study of The J Flag Manufacturing Process

Supaporn Sankul¹, Natdhanai Supattananon^{2,*}, Jatesada Jamsaeng¹, Watcharaphon Saengdanuch¹,
Tewich Rungnapanak¹ and Naratip Supattananon¹

¹ Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan, Khonkaen Campus

² Faculty of Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Khonkaen Campus

* Corresponding Author: natdhanai.su@rmuti.ac.th, Tel: 088-5997829

(Received: February 11, 2025; Revised: February 25, 2025; Accepted: February 26, 2025)

Abstract

This research aims to improve the production process of Japanese flagpoles for vinyl signboards by applying the ECRS waste reduction principle to minimize production time and distance while establishing a standardized process. The study begins with an analysis of the current production process using flow process charts and diagrams. Subsequently, data was analyzed to identify the root causes of inefficiencies through brainstorming sessions with stakeholders, utilizing a fishbone diagram. The ECRS principle is then employed to pinpoint waste factors and optimize the production process into a standardized workflow. The research results are evaluated based on reductions in the number of operational steps, time, and distance. The findings reveal that before the improvement, the production process consisted of 39 steps, taking 12 hours, 4 minutes, and 29 seconds, with a total production distance of 176 meters. After the improvement, the number of steps was reduced to 29, the production time decreased to 8 hours, 45 minutes, and 7 seconds, and the distance was shortened to 127.5 meters. This represents a 25.64% reduction in operational steps, a 27.52% decrease in production time, and a 27.56% reduction in production distance. In conclusion, the application of the ECRS waste reduction principle effectively enhances production efficiency and improves the competitiveness of the manufacturing process.

Keywords: Waste reduction, Productivity improvement, Production process improvement

Please cite this article as: S. Sankul, N. Supattananon, J. Jamsaeng, W. Saengdanuch, T. Rungnapanak and N. Supattananon, "The Manufacturing Improvement with ECRS: A Case Study of The J Flag Manufacturing Process," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 3, no. 1, pp. 58-70, 2025.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตในปัจจุบันต้องเผชิญกับความท้าทายจากการแข่งขันที่รุนแรง ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น และความต้องการของตลาดที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผู้ประกอบการจึงต้องหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุน ลดเวลาการผลิต และปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หนึ่งในแนวทางที่ได้รับความนิยมคือการนำหลักการ ECRS มาใช้เพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต [1] โดยมีการศึกษาและประยุกต์ใช้หลักการดังกล่าวในอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและความสามารถในการแข่งขันขององค์กร เช่น ในภาคอุตสาหกรรมยานยนต์มีการนำหลักการ ECRS มาปรับใช้ในการจัดการสายการผลิต ส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาการผลิตลงได้อย่างมีนัยสำคัญ และปรับปรุงการจัดการวัสดุให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [2] ในขณะเดียวกันภาคอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ECRS ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการประกอบชิ้นส่วน ลดกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า และช่วยเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยเวลาได้มากขึ้น [3] และภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอถูกนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับหลักการจัดสมดุลสายการผลิต ทำให้สามารถลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตและกระจายงานไปยังสถานงานอื่นๆ ได้อย่างเหมาะสม [4] รวมถึงสามารถทำให้บางขั้นตอนสามารถทำงานร่วมกันได้ [5] เป็นต้น กลุ่มอุตสาหกรรมดังกล่าวเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่ต้องการลดระยะเวลาการผลิต ลดต้นทุน และเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับมาตรฐานสากล นอกจากนี้ ยังมีการนำมาใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและลดระยะเวลาในการรอคอยเข้ารับบริการ ทั้งใน

ภาคการบริหารสาธารณสุข [6] และภาคการศึกษา [7] ดังนั้น การศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ในกระบวนการผลิต จึงเป็นสิ่งสำคัญที่สามารถช่วยให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถปรับปรุงกระบวนการทำงาน ลดความสูญเปล่าหรือกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งนำไปสู่ความสามารถในการแข่งขันที่สูงขึ้นและการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอนาคต [8]

กระบวนการผลิตของญี่ปุ่นตั้งป้ายไว้นิลในปัจจุบัน มีปัญหาด้านประสิทธิภาพในการผลิต ได้แก่ การใช้เวลาผลิตนานกว่าที่กำหนด การใช้ทรัพยากรที่ไม่มีประสิทธิภาพ และการผลิตที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ส่งผลให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นและเกิดความล่าช้า การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตของญี่ปุ่นตั้งป้ายไว้นิลโดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) และวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความล่าช้าในกระบวนการผลิตด้วยแผนภาพก้างปลา (Fishbone Diagram) เพื่อนำหลักการ ECRS มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีมาตรฐานและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้หลักการ ECRS เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการนำหลักการ ECRS มาประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตของญี่ปุ่นตั้งป้ายไว้นิลเพื่อลดความสูญเปล่า ลดเวลาและระยะทางในกระบวนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ซึ่งจะช่วยให้สามารถแข่งขันในตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

บทความวิจัย (Research Article)

2. การทบทวนวรรณกรรม

แนวคิดหรือหลักการ ECRS เป็นแนวทางที่ได้รับการยอมรับในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดความสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพ หลักการนี้ได้รับการศึกษาและประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตและลดต้นทุน [9] โดย ECRS มีองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการ ได้แก่ 1) การกำจัดกิจกรรมที่ไม่จำเป็น (Eliminate) 2) การรวมกิจกรรมที่สามารถทำร่วมกันได้ (Combine) 3) การจัดลำดับใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Rearrange) และ 4) การทำให้กระบวนการง่ายขึ้น (Simplify) [10]

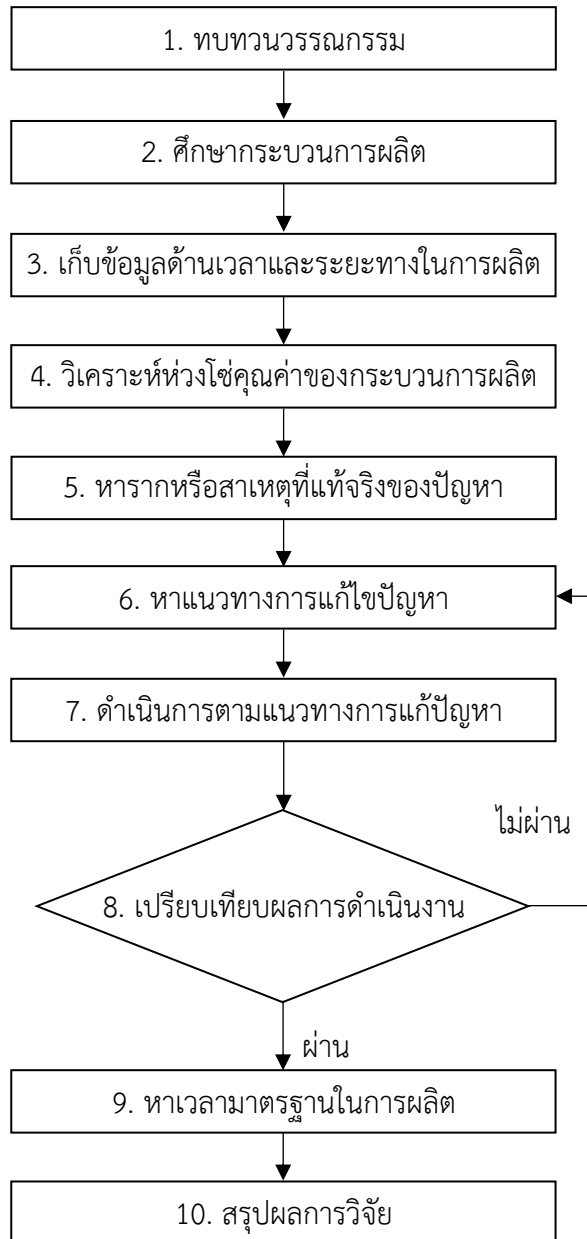
ECRS ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย เช่น ในอุตสาหกรรมยานยนต์ มีการนำหลักการนี้มาใช้ร่วมกับ Lean Manufacturing และ Six Sigma เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และลดเวลาการประกอบชิ้นส่วน [10] ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ECRC ถูกนำมาใช้เพื่อลดของเสียและปรับปรุงการจัดการวัสดุ ส่งผลให้สามารถลดการสูญเสียวัตถุดิบและเพิ่มผลผลิตได้ [3, 11] ในภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอ มีการใช้ ECRC ในการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อลดความสูญเสียและปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของสายการผลิต [4-5, 12] นอกจากนี้ หลักการ ECRC ยังถูกนำไปประยุกต์ใช้ในภาคบริการ เช่น การบริหารสาธารณสุข โดยใช้เพื่อวิเคราะห์และลดระยะเวลาการรอคอยในระบบบริการสุขภาพ [6, 13] และในอุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ มีการนำหลักการ ECRC ไปใช้ในการวิเคราะห์และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ [14-15]

สำหรับกรณีศึกษาการผลิตขาธงญี่ปุ่นตั้งป้ายไวโนล ซึ่งเป็นกระบวนการที่ยังขาดประสิทธิภาพ มีการใช้เวลาผลิตที่ยาวนานและต้นทุนที่สูง การนำหลักการ ECRC มาใช้สามารถช่วยลดความสูญเสียและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการตัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น ลดการใช้ทรัพยากรที่เกินความจำเป็น และเพิ่มความคล่องตัวของกระบวนการ ซึ่งจะส่งผลให้การผลิตมีคุณภาพสูงขึ้น ลดต้นทุน และสามารถตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้รวดเร็วขึ้น [16] ดังนั้น การประยุกต์ใช้หลักการ ECRC ในกระบวนการผลิตขาธงญี่ปุ่นตั้งป้ายไวโนล จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการลดต้นทุน ลดเวลาในการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการผลิต ซึ่งจะช่วยให้ธุรกิจสามารถแข่งขันได้ดีขึ้นในสภาพแวดล้อมที่มีการแข่งขันสูง

3. ระเบียบวิธีวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องได้ดำเนินการพิจารณาขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้โดยการเรียงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย โดยเริ่มจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง การศึกษากระบวนการผลิต เก็บข้อมูลด้านเวลาและระยะทางในการผลิต วิเคราะห์ห่วงโซ่คุณค่าของกระบวนการผลิต หารากหรือสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา หาแนวทางการแก้ไขปัญหา ดำเนินการตามแนวทางการแก้ปัญหา เปรียบเทียบผลการดำเนินงานหาเวลามาตรฐานในการผลิต ตลอดจนสรุปผลการวิจัย ดังรูปที่ 1

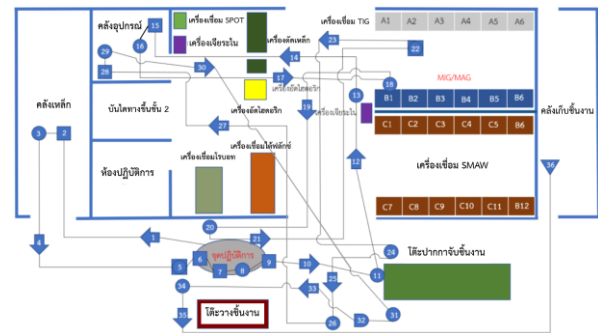
บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 การศึกษากระบวนการผลิตของญี่ปุ่นตั้งป้ายไวเนล

การศึกษานี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตของญี่ปุ่นตั้งป้ายไวเนล โดยเริ่มจากการศึกษาขั้นตอนการผลิตและบันทึกเป็นแผนภาพไดอะแกรม ซึ่งประกอบ 39 ขั้นตอน รูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการผลิตในปัจจุบัน

3.2 การเก็บข้อมูลด้านเวลาและระยะทางในการผลิต

ในขั้นตอนนี้ได้จับเวลาทั้ง 39 ขั้นตอน โดยพิจารณาว่าขั้นตอนที่ทำงานมากกว่า 2 นาที จะจับเวลา 5 รอบ ส่วนขั้นตอนที่ทำงานน้อยกว่า 2 นาที จะจับเวลา 10 รอบ [17] เพื่อหาเวลาเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอน พบว่า การผลิตของญี่ปุ่นตั้งป้ายไวเนลในปัจจุบันใช้เป็นเวลาทั้งสิ้นเฉลี่ย 43,469.19 วินาที และระยะทางทั้งหมด 176 เมตร ซึ่งสามารถยกตัวอย่างใบบันทึกเวลาได้ ดังรูปที่ 3

ใบบันทึกเวลา (TIME STUDY OBSERVATION SHEET)										
ชื่อผลิตภัณฑ์: รถญี่ปุ่น ตั้งป้ายไวเนล	วันที่: 30 มกราคม 2566									
กระบวนการ: ผลิตของญี่ปุ่น ตั้งป้ายไวเนล ขนาดสูง 1,758 mm. กว้าง 600 mm.	ผู้ปฏิบัติงาน: นายสมชาย สันติสุข									
แผนก: เซลล์ประกอบ	เพศ: ☒ ชาย ☐ หญิง									
ผู้บันทึก: นายชญา แสงเมธ	เฉลี่ย (AVG.)									
ขั้นตอน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9. นำรถชุดประกอบเข้าสาย	45.28	46.12	45.45	43.84	44.23	44.29	43.86	44.04	43.33	44.55
10. นำรถชุดประกอบเข้าสาย	5.56	6.42	6.23	6.61	6.13	6.25	5.87	6.52	5.91	6.12
11. นำรถชุดประกอบเข้าสาย	446.61	445.97	445.85	445.73	446.46					446.12
12. นำรถชุดประกอบเข้าสาย	26.36	26.14	25.43	26.24	25.59	25.74	26.18	25.69	27.11	27.08
13. นำรถชุดประกอบเข้าสาย	6.56	6.51	7.13	6.84	6.61	7.03	6.57	7.11	6.89	7.16
14. นำรถชุดประกอบเข้าสาย	10.35	10.41	11.13	11.08	10.42	10.81	11.02	11.19	10.15	11.21
15. นำรถชุดประกอบเข้าสาย	15.09	13.95	15.12	14.41	14.17	15.15	13.87	13.57	15.18	14.58
16. นำรถชุดประกอบเข้าสาย	4.49	5.26	5.14	5.06	5.08	4.45	4.61	4.68	5.24	4.85
17. นำรถชุดประกอบเข้าสาย	10.13	11.14	10.13	10.15	11.04	10.19	11.16	10.25	11.24	10.61
18. นำรถชุดประกอบเข้าสาย	51.11	49.69	50.47	49.46	50.18	49.47	50.45	50.58	49.41	50.66
19. นำรถชุดประกอบเข้าสาย	19.98	20.21	20.13	20.24	19.23	20.29	19.21	20.41	20.09	20.05
20. นำรถชุดประกอบเข้าสาย	10.12	9.12	10.16	10.19	9.14	10.13	10.51	9.91	10.41	9.82

รูปที่ 3 ใบบันทึกเวลา

บทความวิจัย (Research Article)

3.3 การวิเคราะห์ห่วงโซ่คุณค่าของกระบวนการผลิต

สำหรับในขั้นตอนนี้ได้ดำเนินการพิจารณาขั้นตอนในการผลิตทั้ง 39 ขั้นตอน โดยบันทึกในแผนภูมิกระบวนการไหล และวิเคราะห์คุณค่าของแต่ละขั้นตอน ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างได้ ดังรูปที่ 4

แผนภูมิกระบวนการไหล (FLOW PROCESS CHART)						
แผนภูมิหมายเลข 001 แผ่นที่ 1/3				สรุป		
แผนภูมิตัดตาม ☐ ผลิตภัณฑ์/วัสดุ				กิจกรรม	ปัจจุบัน	
☒ คน/พนักงาน				☐ การปฏิบัติงาน	14	
รายละเอียดสิ่งที่ติดตาม ขางงูปูน ตั้งป้ายไว้นิล ขนาดสูง 1,780 mm. กว้าง 600 mm.				☒ การเคลื่อนที่/ ย้าย	14	
ชื่อกระบวนการ ขางงูปูน ตั้งป้ายไว้นิล				☐ การรอคอย	1	
ชื่อแผนก เชื่อมประกอบ				☐ การตรวจสอบ	9	
ชื่อผู้ปฏิบัติงาน นายเสกสรร สันโธษ				☒ การจัดเก็บ	1	
กระบวนการ ☒ ปัจจุบัน ☐ ปรับปรุง				เวลารวม (วินาที)	30,124.26	
				ระยะทางรวม (เมตร)	176.00	
ชื่อผู้บันทึกนายเจษฎา แจ่มแสง				วันที่บันทึก 30 มกราคม 2566		
คำอธิบาย/ ขั้นตอน	จำนวน (หน่วย)	ระยะ (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์		หมายเหตุ
1.เดินจากจุดเตรียมงานไปติดตั้งเหล็ก		11.00	12.00	☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐	NNVA	
2.มอหวาเหล็กกล่อง 3.0*3.0 mm. เหล็กกลมไดมเตอร์ 2.0 mm. และไดมเตอร์ 3.0 mm.			10.06	☐ ☒ ☐ ☒ ☐ ☐	NNVA	
3.หยิบเหล็กทั้ง 3 ขนาด			31.17	☒ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐	NNVA	
4.นำเหล็ก 3 ขนาดไปจุดติดตั้งเหล็ก		11.00	48.98	☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐	เดินถือเหล็ก, NVA	
5.วัดขนาดและตัดเหล็กตามแบบงาน			1,104.70	☒ ☒ ☐ ☐ ☒ ☐	นำเหล็กยึดกับเครื่องตัดแล้ววัด, NVA	
6.วัดมุม 45 องศาเหล็กกล่องทั้งหมด ตามแบบงาน			144.03	☐ ☒ ☐ ☒ ☐ ☐	ทั้งสองฝั่งของเหล็กเพื่อเชื่อมคอก	
7.วัดมุม 45 องศาเหล็กกลม ไดมเตอร์ 2.0 ยาว 600 mm. 1 ชิ้น และไดมเตอร์ 3.0 ยาว 1,750 mm.			42.36	☐ ☒ ☐ ☒ ☐ ☐	ฝั่งในฝั่งหนึ่งของเหล็กกลมทั้ง 2 ขนาด, VA	
8.ตัดมุม			224.28	☒ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐	VA	
9.มาร์คจุดเจาะรูเหล็กกลม ไดมเตอร์ 3.0 ยาว 350 mm. 2 รู และยาว 60 mm. 1 รู			44.55	☐ ☒ ☐ ☒ ☐ ☐	VA	
10.นำเหล็กที่มาร์คจุดเจาะรูไปจุดเจาะ		5.00	6.16	☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐	NVA	

รูปที่ 4 แผนภูมิกระบวนการไหลและการวิเคราะห์คุณค่าของแต่ละขั้นตอน

จากการวิเคราะห์คุณค่าของแต่ละขั้นตอน พบว่ามีขั้นตอนที่เป็นกิจกรรมการปฏิบัติงาน (Operation) 14 ขั้นตอน แบ่งเป็นกิจกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added Activities; VA) 5 ขั้นตอน กิจกรรมที่ไม่สร้าง

มูลค่าเพิ่ม (Non Value Added Activities; NVA) 5 ขั้นตอน และกิจกรรมที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มแต่จำเป็น (Necessary but Non Value Added Activities; NNVA) 4 ขั้นตอน ส่วนกิจกรรมการเคลื่อนที่ (Transportation) มีทั้งหมด 14 ขั้นตอน เป็นขั้นตอนที่เป็น NVA 12 ขั้นตอน และ NNVA 2 ขั้นตอน กิจกรรมการรอคอย (Delay) มีทั้งหมด 1 ขั้นตอน ซึ่งเป็น NNVA กิจกรรมการตรวจสอบ (Inspection) มีทั้งหมด 9 ขั้นตอน แบ่งเป็น VA 6 ขั้นตอน NVA 1 ขั้นตอน และ NNVA 2 ขั้นตอน และสุดท้ายกิจกรรมการจัดเก็บ (Storage) มี 1 ขั้นตอน เป็น VA ซึ่งจะนำผลการวิเคราะห์ทั้งหมดนี้ไปการหารากหรือสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาต่อไป

3.4 การหารากหรือสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา

จากข้อที่ 3.3 พบว่า กระบวนการในการผลิตขาดงูปูนตั้งป้ายไว้นิลมีความล่าช้า ซึ่งก่อให้เกิดการผลิตที่ไม่ทันตามความต้องการ ดังนั้น จึงพิจารณากำหนดให้การผลิตที่ล่าช้าเป็นปัญหาหลักของการศึกษา และระดมสมองร่วมกับผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากรูปที่ 5 พบว่า ปัญหาหลักคือการผลิตที่มีความล่าช้า เกิดจากขั้นตอนในการดำเนินงานไม่เป็น

บทความวิจัย (Research Article)

มาตรฐาน และยังมีขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแฝงอยู่ ดังนั้น จึงประชุมระดมสมองร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อหาแนวทางการแก้ไขต่อไป

3.5 การหาแนวทางการแก้ไขปัญห

การประยุกต์ใช้หลักการ ECRS เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญห พบว่า มีกิจกรรมที่เกิดความสูญเปล่าจากการทำงานที่ซ้ำซ้อนและไม่ก่อให้เกิดมูลค่า ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เกิดจากการเคลื่อนที่และการปฏิบัติงาน จึงตัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นด้วย E-Eliminate สำหรับกิจกรรมการเคลื่อนที่ทั้งหมด 9 ขั้นตอน จากนั้นรวมขั้นตอนเข้าด้วยกันโดยใช้ C-Combine ทั้งหมด 4 ขั้นตอน ต่อมาทำการจัดเรียงลำดับงานใหม่ด้วย R-Rearrange ทั้งหมด 6 ขั้นตอน สุดท้ายทำให้ขั้นตอนการทำงานง่ายขึ้นด้วย S-Simplify 2 ขั้นตอน ซึ่งตัวอย่างแนวทางการแก้ไขปัญห ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แนวทางการแก้ไขปัญหด้วยหลักการ ECRS

ขั้นตอนที่แก้ไข	ปัญหาที่เกิดขึ้น	วิธีการทำงานก่อนการปรับปรุง	หลัก ECRS	วิธีการปรับปรุง
5. วัดขนาดและตัดเหล็กตามแบบงาน	เกิดความล่าช้าเนื่องจากใช้เวลาในการวัดขนาดและตัดเหล็กตามแบบงาน เพราะปัจจุบันมีการสั่งเหล็กในขนาดตามประสบการณ์	เดินตัวเปล่าไปคลังเหล็ก นำเหล็กไปยึดกับเครื่องตัดแล้วทำการวัดและตัด	E	สั่งเหล็กตามขนาดของแบบงาน
9.มาร์คจุดเจาะรูเหล็กกลมไดมเตอร์ 3.0 ยาว 350 มม.และยาว 60 มม.ตามแบบงาน	เกิดความสูญเปล่าในการนำไปเชื่อมต้องประกอบ และหมุนให้ตรงรู	มาร์คจุดเจาะรูแล้วนำไปเจาะรู	R	ย้ายขั้นตอนการมาร์คจุดเจาะรูไปหลังการเชื่อมประกอบเสร็จ
10.นำเหล็กที่มาร์คจุดเจาะรูไปจุดเจาะ	เกิดความล่าช้าเพราะต้องเดินไปยังจุดเจาะ	เดินถือเหล็กจากจุดตัดเหล็กไปจุดเจาะ	E	ไม่ต้องมีการเดินหรือเคลื่อนที่เนื่องจากมีการรวมจุดเจาะกับจุดเชื่อมเป็นจุดเดียวกัน
12.นำเหล็กที่เจาะรูแล้วไปจุดเชื่อม	เกิดความล่าช้าและต้องเดินกลับไปกลับมา	เดินถือเหล็กจากจุดเจาะไปจุดเชื่อม	E	สั่งเหล็กตามขนาดของแบบงาน
13.วางเหล็กที่เจาะรูไว้จุดเชื่อม	เกิดความสูญเปล่าเนื่องจากไม่จำเป็นในกระบวนการผลิต	วางเหล็กไว้จุดเชื่อม	E	ย้ายขั้นตอนการมาร์คจุดเจาะรูไปหลังการเชื่อมประกอบเสร็จ

3.6 ดำเนินการตามแนวทางการแก้ปัญห

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามหลัก ECRS พบว่า มีขั้นตอนที่เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต จึงดำเนินการปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบขั้นตอนการปรับปรุง

ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ลำดับขั้นตอนที่ 22 ขั้นตอนการใช้มือในการวัดและยึดให้ได้ฉาก 	ลำดับขั้นตอนที่ 9 ขั้นตอนการทำมุมฉากโดยทำจิ๊กฟิกซ์เจอร์ 
ลำดับขั้นตอนที่ 11 ใช้ดอกสว่านเจาะนำศูนย์ขนาด M6 	ลำดับขั้นตอนที่ 11 ใช้สกัดดอกนำศูนย์ 
ลำดับขั้นตอนที่ 9 มาร์คจุดเจาะรูก่อนนำไปเชื่อม 	ลำดับขั้นตอนที่ 10 มาร์คจุดเจาะรูหลังเชื่อมเสร็จ 

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบขั้นตอนการปรับปรุง (ต่อ)

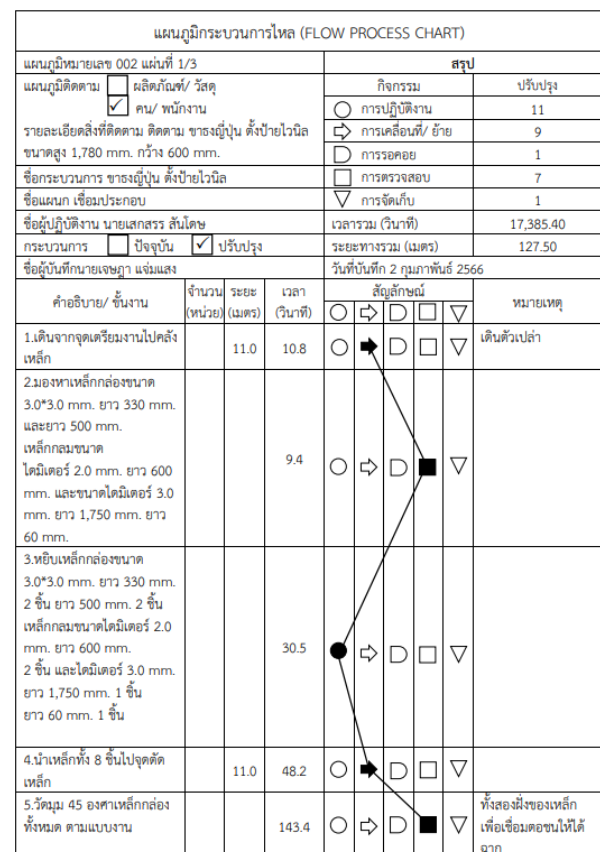
ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ลำดับขั้นตอนที่ 23 นำชิ้นงานจากจุดเชื่อมมา จุดเจียรไน 	ลำดับขั้นตอนที่ 17 นำจุดเจียรมารวมกับ จุดเชื่อม 
ลำดับขั้นตอนที่ 31 ใช้แปรงทาสี 	ลำดับขั้นตอนที่ 23 ใช้เครื่องพ่นสี 

จากตารางที่ 2 พบว่า ขั้นตอนการวัดและยึดให้ได้ฉากของชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อน จึงเปลี่ยนเป็นการทำมุมด้วยทำจิ๊กฟิกซ์เจอร์ ขั้นตอนที่ใช้ดอกสว่านเจาะนำศูนย์ก่อนใช้ดอกสว่านขนาด M6 ใช้เวลานาน จึงเปลี่ยนเป็นการใช้สกัดตอกนำศูนย์ก่อนเจาะในขั้นตอนมาร์คจุดเจาะรูก่อนนำไปเชื่อม เนื่องจากต้องหมุนรูให้ตรงกับชิ้นงาน จึงเปลี่ยนเป็นมาร์คจุดเจาะรูหลังเชื่อมเสร็จ ในขั้นตอนนำชิ้นงานจากจุดเชื่อมมาจุดเจียรทำให้ต้องเคลื่อนที่ช้าซ้อน จึงเปลี่ยนเป็นการรวมจุดปฏิบัติงานเป็นจุดเดียว ได้แก่ จุดเจาะ จุดเจียร และจุดเชื่อม ในขั้นตอนการใช้แปรงทาสีด้วยมือใช้เวลาในการทาสีและรอให้สีแห้งนาน จึงเปลี่ยนเป็นการใช้เครื่องพ่นสี ทำให้ใช้เวลาในการปฏิบัติงานเร็วขึ้น

และสีแห้งเร็วกว่าการใช้แปรงทาสีด้วยมือ จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหลเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลหลังการปรับปรุง

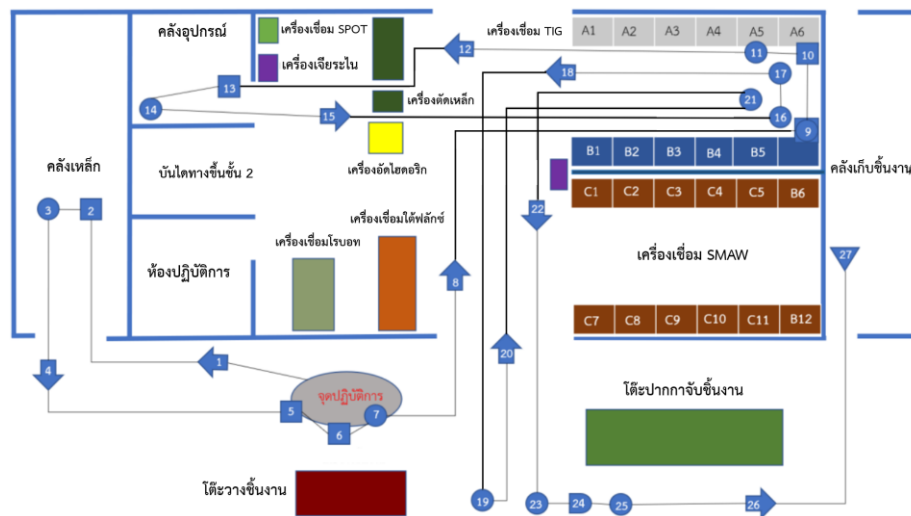
4. ผลการวิจัย

หลังจากดำเนินการแก้ไขปัญหารีบร้อยแล้ว จึงได้เก็บรวบรวมข้อมูลด้านเวลาและระยะทางในการดำเนินงาน โดยบันทึกในรูปของแผนภูมิกระบวนการไหลและบันทึกเป็นแผนภาพไดอะแกรม ดังรูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ



รูปที่ 6 แผนภูมิกระบวนการไหลหลังการปรับปรุง

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 7 กระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 6 และ 7 พบว่า ขั้นตอนการผลิตก่อนปรับปรุงมีทั้งหมด 39 ขั้นตอน ลดลงเหลือ 29 ขั้นตอน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลัง โดยพิจารณาการเปรียบเทียบ 3 รูปแบบ ได้แก่ เปรียบเทียบกระบวนการดำเนินงาน เปรียบเทียบเวลา และระยะทางที่ใช้ในกระบวนการ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

กิจกรรม	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ลดลง
ปฏิบัติงาน	14	11	3
เคลื่อนที่	14	9	5
รอคอย	1	1	-
ตรวจสอบ	9	7	2
จัดเก็บ	1	1	-
เวลารวม (วินาที)	30,124.26	17,385.40	12,738.86
ระยะทางรวม (เมตร)	176.00	127.50	48.50

หลังจากได้ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐานแล้ว ได้ดำเนินการหาเวลามาตรฐาน โดยเริ่มจากการจับเวลาในขั้นตอนที่มีการปรับปรุงใหม่ทั้งหมด จากนั้นคำนวณหาจำนวนรอบในการจับเวลา พบว่า เวลาตัวแทนของทั้ง 29 ขั้นตอน สามารถใช้เป็นตัวแทนของเวลาได้ ยกตัวอย่างเช่น ในขั้นตอนที่ 5 คือ การวัดมุม 45 องศาเหล็กกล่องทั้งหมดตามแบบงาน ใช้เวลามากกว่า 2 นาที จึงจับเวลา 5 รอบ ดังนี้ 143.55, 145.21, 145.14, 142.83 และ 143.46 วินาที ตามลำดับ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยได้เท่ากับ 143.402 วินาที และ 2.19 วินาที ตามลำดับ นั่นคือ ดังนี้ ค่า $R/\bar{x}$ เท่ากับ 0.01527 นำไปเทียบกับตาราง Maytag [17] จากนั้นดำเนินการกับทั้ง 29 ขั้นตอน พบว่า ทั้ง 29 ขั้นตอน มีจำนวนรอบที่เหมาะสมหรือเพียงพอที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถใช้ค่าเฉลี่ยดังกล่าวในขั้นตอนต่อไป

บทความวิจัย (Research Article)

การประเมินอัตราความเร็วในการทำงาน (Rating Factor; RF) ถูกประเมินโดยใช้วิธีการประเมินตามวิธีของ (Westinghouse System of Rating) ซึ่งอาศัยองค์ประกอบ 4 ด้าน และประเมินคะแนนในกรณีศึกษา [17] พบว่า พนักงานที่ปฏิบัติงานมีทักษะในการปฏิบัติงานอยู่ระหว่างระดับดีมากกับดีเยี่ยม หรือ A2 นั่นคือ +0.13 มีความพยายามในการทำงานอยู่ระหว่างระดับดีมากกับดีเยี่ยม หรือ A2 นั่นคือ +0.12 มีความสม่ำเสมอในระดับดีมาก นั่นคือ +0.03 และมีสภาพการทำงานในระดับดี นั่นคือ +0.02 จากนั้นนำค่าที่ได้จากการประเมินเป็นค่าบวกไปรวมกับค่าคงที่เท่ากับ 1 จะได้ประสิทธิภาพในการทำงานเท่ากับ 1.30 หรือร้อยละ 130 เมื่อพิจารณาค่าเวลาเผื่อ (Allowance Time; A) เท่ากับ ร้อยละ 11 กล่าวคือ Personal Allowance ร้อยละ 5 ตามอุตสาหกรรมทั่วไป Basic Fatigue Allowance ร้อยละ 4 ตามองค์การแรงงานระหว่างประเทศ และ Delay Allowance ร้อยละ 2 เนื่องจากกระบวนการไม่มีความซับซ้อน จะสามารถยกตัวอย่างการหาเวลามาตรฐาน (Std.) ได้ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เวลามาตรฐานของกระบวนการผลิตฯ

ขั้นตอน ที่	ST	NT	A	Std.
1	10.8	14.0	1.5	15.6
2	9.4	12.2	1.3	13.6
3	30.5	39.7	4.4	44.0
4	48.2	62.7	6.9	69.6
5	143.4	186.4	20.5	206.9
6	41.9	54.5	6.0	60.5
7	224.0	291.2	32.0	323.2

ตารางที่ 5 เวลามาตรฐานของกระบวนการผลิตฯ (ต่อ)

ขั้นตอน ที่	ST	NT	A	Std.
8	86.4	112.3	12.4	124.7
9	994.4	1292.7	142.2	1434.9
10	43.4	56.4	6.2	62.6
...				
29	3.4	4.4	0.5	4.9
รวม	17,385.4	22,784.16	2,545	31,507.2

จากตารางที่ 5 พบว่า เวลาในการผลิตฯของญี่ปุ่นตั้งป้ายไว้นิลหลังปรับปรุงมีมาตรฐาน คือ 31,507.2 วินาที หรือประมาณ 8 ชั่วโมง 7 นาที

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการผลิตฯของญี่ปุ่นตั้งป้ายไว้นิล พบว่า ก่อนการปรับปรุงมีกระบวนการย่อยทั้งหมด 39 ขั้นตอน แบ่งออกเป็นกิจกรรมการปฏิบัติงาน 14 ขั้นตอน การเคลื่อนที่ 14 ขั้นตอน การรอคอย 1 ขั้นตอน การตรวจสอบ 9 ขั้นตอน และการจัดเก็บ 1 ขั้นตอน ซึ่งใช้เวลารวมทั้งสิ้น 43,469.19 วินาที และใช้ระยะทางรวม 176 เมตร ต่อการผลิตฯของญี่ปุ่นตั้งป้ายไว้นิล 1 หน่วย ดำเนินการปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS ทำให้กระบวนการผลิตลดลงเหลือ 29 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 25.64 ดังนั้น จึงทำให้สามารถลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตลงได้ 11,961.99 วินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 27.52 นั่นคือ เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตฯ ที่เป็นมาตรฐานเท่ากับ 31,507.20 วินาที หรือ 8 ชั่วโมง 45 นาที นอกจากนี้ สามารถลดระยะทางเหลือ 127.5 เมตร นั่นคือ ระยะทางลดลง 48.5 เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 27.56

บทความวิจัย (Research Article)

6. อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษากระบวนการผลิตของญี่ปุ่นตั้งป้ายไว้นอกก่อนการปรับปรุง พบว่า มี 39 ขั้นตอน ใช้เวลา 43,469.19 วินาที และระยะทาง 176 เมตร ส่งผลให้เกิดความสูญเปล่า การนำหลักการ ECRS มาใช้ช่วยลดจำนวนขั้นตอนลงเหลือ 29 ขั้นตอน ลดเวลาในการผลิตลง 11,961.99 วินาที (27.52%) และลดระยะทางการทำงานลง 48.5 เมตร (27.56%) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา เช่น [9] ที่ใช้ Lean Manufacturing และ ECRS เพื่อลดความสูญเปล่าในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และ [10] ที่ใช้ ECRS ร่วมกับ MFCA ในโรงงานชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อลดของเสียและต้นทุน กล่าวคือ การลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นและการรวมขั้นตอน เช่น จุดเชื่อม จุดเจียร และจุดเจาะ ทำให้ลดเวลาการเคลื่อนที่และความซับซ้อนของงาน สอดคล้องกับการศึกษาของ [15] ที่แสดงว่า ECRS ช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอของกระบวนการผลิต นอกจากนี้ การจัดเรียงลำดับงานใหม่และการทำให้ขั้นตอนง่ายขึ้น เช่น เปลี่ยนจากแปรงทาสีเป็นกาพ่นสี ทำให้กระบวนการมีประสิทธิภาพมากขึ้น การเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง แสดงว่ากิจกรรมที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่ม (NVA) และกิจกรรมที่จำเป็นแต่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่ม (NNVA) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต [16] จึงสามารถยืนยันว่าการใช้ ECRS สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตและลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นได้

7. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในปัจจุบัน พบว่า มีขั้นตอนในการทำงานที่จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขในลำดับถัดไป ยกตัวอย่างเช่น ขั้นตอนในการรอให้สีแห้ง หลังจากการพ่นสี (หลังปรับปรุง) อาจสามารถใช้อุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่ทำให้สีแห้งเร็วขึ้น กล่าวคือ ใช้พัดลมเป่าหรือการพ่นสีในห้องอบสี ซึ่งนอกจากจะทำให้ใช้ระยะเวลาสั้นลงแล้วยังทำให้คุณภาพของสีดีขึ้น นอกจากนี้อาจจะพิจารณาเกี่ยวกับการทำหลังคาสำหรับจุดพ่นสีเพื่อป้องกันฝนรวมด้วย

ในอนาคตควรปรับปรุงกระบวนการเชื่อมให้ใช้ระยะเวลาที่น้อยลง หรือหากปริมาณงานมากขึ้นควรพิจารณาการเชื่อมด้วยหุ่นยนต์ร่วมด้วย จะสามารถช่วยลดเวลาในการปฏิบัติงานและการทำงานที่ซ้ำซ้อนซึ่งมีความหนักหน่วง และยากลำบากได้ อย่างไรก็ตาม สำหรับงานเชื่อมที่มีรูปแบบเดิมซ้ำไปเรื่อย ๆ หุ่นยนต์นั้นก็มีแนวโน้มจะมีประสิทธิภาพ ความแม่นยำ และความรวดเร็วสูงกว่ามนุษย์ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวอาจทำให้เกิดต้นทุนเพิ่มขึ้น การวิจัยในอนาคตจึงควรพิจารณาถึงความคุ้มค่าหรือจุดคุ้มทุนร่วมด้วย

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] W. Wu, C. Yang, and X. Li, "Application of extension innovation method in assembly production process optimization," *Procedia Computer Science*, vol. 214, pp. 412-419, 2022.
- [2] R. Selvaraj and V. R. Sathish Kumar, "Productivity improvement in oil free airend assembly," *Materials Today*:

บทความวิจัย (Research Article)

- Proceedings*, vol. 62, pp. 1065-1071, 2022.
- [3] N. Suranuntchai and P. Chutima, "Practical implementation of lean management techniques and ergonomic consideration to improve manual assembly process during the COVID-19 crisis," *Engineering Journal*, vol. 27, no. 2, pp. 29-43, 2023.
- [4] วิษณุตร งามสะอาด, ปิยะเนตร นาคสีดี และ ณัฐพล อิงประเสริฐ, "การปรับปรุงกระบวนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต: กรณีศึกษาบริษัท ABC จำกัด," *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, ปีที่ 19, ฉบับที่ 3, หน้า 160-176, ก.ย.-ธ.ค. 2566.
- [5] ชลาลัย วงเวียน, อลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก และ สุภารัตน์ คำสันทิยะ, "การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป กรณีศึกษาโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปแห่งหนึ่ง," *วารสารวิชาการวิทยาสารบูรณาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรมประยุกต์*, ปีที่ 17, ฉบับที่ 1, หน้า 1-14, ม.ค.-มิ.ย. 2567.
- [6] J. Ruanggoon, P. Pornpayuhakeit, and P. Opasvitayarux, "Application of lean concepts to improve consumable disbursement process to reduce waiting time in a public hospital in Bangkok," *RMUTSB Academic Journal*, vol. 8, no. 2, pp. 192-205, 2023.
- [7] R. M. Bârsan and F. M. Codrea, "Lean university: Applying the ECRS method to improve an administrative process," *MATEC Web of Conferences*, vol. 290, pp. 1-6, 2019.
- [8] P. Ketchanchai, K. Tangchaidee, and N. Kongprasert, "Lean warehouse management through value stream mapping: A case study of sugar manufacturing company in Thailand," in *IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications*, Kyoto, Japan, 2021, pp. 192-196.
- [9] B. Suhardi, N. Anisa, P. W. Laksono, and P. Lou, "Minimizing waste using lean manufacturing and ECRS principle in Indonesian furniture industry," *Cogent Engineering*, vol. 6, no. 1, 2019.
- [10] R. Saravanan, M. S. Srinivasa Rao, N. Sunkara, and T. Malyadri, "Six sigma's ECRS technique to down cost and time of manufacturing – An experimental investigation," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2283, no. 1, 2020.
- [11] C. Kasemset, C. Boonmee, and P. Khuntaporn, "Application of MFCA and ECRS in waste reduction: A case study of electronic parts factory," in *Proceedings of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2016, pp. 1844-1853.

บทความวิจัย (Research Article)

- [12] W. Wattanutchariya and A. Ounjai, "Efficiency improvement of dried longan production line using ECRS principles," in *The 7th International Conference on Logistics and Transport*, Lyon, France, 2015.
- [13] H. Kelendar and M. A. Mohammed, "Lean and the ECRS principle: Developing a framework to minimise waste in healthcare sectors," *International Journal of Public Health and Clinical Sciences*, vol. 7, no. 3, pp. 98-110, 2020.
- [14] P. Gao and J. Q. Wen, "Process optimization for wiring technology of aircraft harness based on ECRS principle," in *21st International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2014*, Atlantis Press, Paris, 2015, pp. 349-353.
- [15] A. K. Nisa, M. Hisjam, and S. A. Helmi, "Improvement of work method with eliminate, combine, rearrange, and simplify (ECRS) concept in a manufacturing company: A case study," *Materials Science and Engineering*, vol. 1096, pp. 1-10, 2020.
- [16] A. F. O. Pertiwi and R. D. Astuti, "Increased line efficiency by improved work methods with the ECRS concept in a washing machine production: A case study," *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, vol. 4, no. 1, pp. 13-29, 2020.
- [17] พรศิริ คำหล้า และคณะ, "การศึกษาเวลามาตรฐานในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จด้วยการจับเวลาโดยตรง," *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 2, หน้า 41-51, ก.ค.-ธ.ค. 2564.