

การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยเทคนิคการปรับปรุงงาน Efficiency Improvement in Automotive Parts Manufacturing Process by Work Improvement Techniques

สุชาติ ชำรงสุข¹ และธนวัฒน์ มะโนหาญ²

Suchadee Tumrongsuk¹ and Thanawat Manohan²

¹⁻² ภาควิชาการบริหารอุตสาหกรรมการผลิตและบริการ คณะพัฒนาธุรกิจและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800

Department of Manufacturing and Services Industry Management, Faculty of Business and Industrial Development,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

¹ Corresponding Author: E-mail: suchadee.t@bid.kmutnb.ac.th

Received: 23 Jul. 2021; Revised: 8 Dec. 2021; Accepted: 8 Dec. 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษากระบวนการทำงาน 2) ค้นหาสภาพปัญหาและความสูญเสียเปล่า และ 3) สร้างมาตรฐานในการทำงานในกระบวนการปั๊มชิ้นรูปส่วนโค้งงอ โดยโรงงานกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ในจังหวัดนนทบุรี ขั้นตอนในการวิจัยเริ่มจากการทำการศึกษาระบบการผลิตเพื่อตรวจสอบกระบวนการใดผลิตได้ไม่ตรงตามแผนมากที่สุด วิเคราะห์ปัญหาด้วยการระดมสมอง (Brainstorm) และหลักการทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis) พบว่าขั้นตอนการเตรียมการผลิตกระบวนการปั๊มชิ้นรูปส่วนโค้งงอใช้เวลานาน ส่งผลให้ไม่สามารถผลิตได้ตามแผน จากนั้นได้ทำการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานโดยใช้หลักการ ECRS แล้วจัดทำเป็นมาตรฐานการทำงาน (Work Instruction)

หลังจากการปรับปรุง พบว่า ขั้นตอนการเตรียมการผลิตกระบวนการปั๊มชิ้นรูปส่วนโค้งงอลดลงจาก 15 ขั้นตอน เหลือ 11 ขั้นตอน ระยะทางในการเคลื่อนที่จากเดิม 35 เมตร ลดลงเหลือ 12 เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 65.70 และ เวลาที่ใช้ในการเตรียมการผลิตจากเดิม 20 นาที ลดลงเหลือ 7 นาที คิดเป็นร้อยละ 65

คำสำคัญ : หลักการ ECRS คู่มือการทำงาน การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

Abstract

The objectives of this project were to: 1) study the working process, 2) explore the problems and wastes, and 3) set a standard for working in the process of convex pressing in the pump production line. The case study factory in this research was an automobile parts factory in Nonthaburi Province. Initially, the production process was studied to find out which process failed to produce as planned.

The problem was then analyzed by brainstorming with why- why analysis. It was found that the pre production process of convex pressing took too much time resulting in inefficiency in production as planned. Then, the procedure was improved by using the ECRS technique and the working process was standardized in a work instruction format.

After the improvement, the convex pressing pre-production process was reduced from 15 steps to 11 steps. The motion distance was shortened from 35 meters to 12 meters or 65.70 percent and the preparation time of 20 minutes was reduced to 7 minutes or 65 percent.

Keywords : ECRS Principle, Work Instruction, Production Efficiency Improvement

1. บทนำ

อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันสูงและมีกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนหลายรูปแบบที่ต้องใช้ชิ้นส่วนอุปกรณ์จำนวนมากมาประกอบกัน และต้องใช้เครื่องมือและเครื่องจักร ดังนั้นในกระบวนการแต่ละขั้นตอนยังต้องมีการวางแผนที่ดี ในการวางแผนการผลิตและพยายามรักษาคุณภาพในการผลิตที่สูง เพื่อให้ผลผลิตออกมาตรงตามที่แผนการผลิตและตามที่ถูกกำหนด การที่จะได้รับความเชื่อถือจากลูกค้าและสิ่งที่ลูกค้าต้องการ คือ คุณภาพตามที่กำหนด ต้นทุนต่ำที่แข่งขันได้ ส่งมอบตรงต่อเวลาตามที่ต้องการ ด้านความปลอดภัย [1] ปัจจุบันการแข่งขันเรื่องราคามีความสำคัญมากต่อความมั่นคงขององค์กร สิ่งที่สำคัญที่องค์กรจะต้องทำ คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพในสายการผลิตโดยลดความสูญเสียทั้ง 8 ประการ (8 Waste) เพื่อให้ได้มาซึ่ง

ต้นทุนที่ต่ำที่สุด เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าปัจจุบันมีการแข่งขันที่สูง การที่จะทำให้ได้ในสิ่งที่ลูกค้าต้องการและความเชื่อถือจากลูกค้าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญยิ่งในการประกอบธุรกิจทุกประเภท ดังนั้นผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จึงต้องรักษาประสิทธิภาพ การทำงานของตนให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า [2,3,4]

จากการศึกษาสภาพการทำงานในบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยผู้วิจัยได้ทำศึกษาในส่วนการผลิตของเสื้อปั๊ม (Case Pump) พบว่ามีปัญหาด้านประสิทธิภาพที่ยังไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ได้วางแผนงานเอาไว้ ดังตารางที่ 1 แสดงจำนวนยอดการผลิตต่อวันกับแผนที่วางเอาไว้ พบว่าปริมาณการผลิตไม่เป็นไปตามแผนที่วางเอาไว้ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน 2563

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบแผนการผลิต เดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน 2563

การผลิตของเสื้อปั๊ม	ปี 2563			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
จำนวนต่อเดือน	135,935	160,161	131,421	172,379
แผนผลิตต่อวัน	7,000	7,000	7,000	7,000
ผลิตได้เฉลี่ยต่อวัน	6,473	6,160	6,571	6,630

จากการศึกษาและเก็บข้อมูลในส่วนการผลิตเสื้อปั๊ม (Case Pump) พบว่าในกระบวนการเตรียม การผลิตของกระบวนการปั๊มขึ้นรูปส่วนโค้งนูนยังไม่มีมาตรฐานในการทำงาน โดยในการปฏิบัตินั้นพนักงานจะอาศัยเพียงประสบการณ์เท่านั้น ส่งผลให้เกิดความสูญเสียไปด้านการเคลื่อนไหวมากเกินไป (Motion Lost) และการ

มีกระบวนการมากเกินไป (Extra Processing Lost) [3] และจากเวลาที่สูญเสียไปทำให้ผลิตได้ไม่ตรงตามเป้าหมายที่กำหนดมากที่สุด จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการลดความสูญเสียเปล่า เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยจะมุ่งเน้นศึกษาในส่วนการผลิตเสื้อปั๊ม (Case Pump) กระบวนการปั๊มขึ้นรูปส่วนโค้งนูน โดยการนำเทคนิค

การลดความสูญเสียเปล่าด้วยหลักการระบบ ECRS มาประยุกต์ใช้เพื่อลดเวลาสูญเสียเปล่า เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้ผลิตได้ตามเป้าหมายหรือใกล้เคียงเป้าหมายมากที่สุดและจัดทำคู่มือการทำงาน (Work Instruction) ให้เป็นมาตรฐาน สามารถทำการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษากระบวนการทำงานการป้อนชิ้นส่วนโค้งนูน กรณีศึกษาส่วนการผลิตเสื้อปั๊ม

2.2 เพื่อค้นหาสภาพปัญหาและความสูญเสียเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

2.3 เพื่อสร้างมาตรฐานในการทำงานโดยใช้คู่มือปฏิบัติงาน (Work Instruction)

ตารางที่ 2 กระบวนการผลิตเสื้อปั๊ม

กระบวนการ	การดำเนินงาน	ผู้รับผิดชอบ
1. เตรียมวัตถุดิบที่รับจากบริษัทผู้ขาย	รับวัตถุดิบจากบริษัทผู้ขาย	แผนก
2. เจียรระโนผวนอก	นำวัตถุดิบเข้าเจียรระโนด้วยเครื่องเจียรระโนอัตโนมัติ Centerless Grinding ให้ได้ขนาดที่กำหนด	ผู้ควบคุมเครื่องจักร
3. กลึง	กลึงชิ้นงานด้วยเครื่องกลึง CNC ให้ได้ขนาดที่แบบกำหนด	ผู้ควบคุมเครื่องจักร
4. ป้อนชิ้นส่วนโค้งนูน	กระบวนการนี้ใช้หุ่นยนต์ช่วยในการผลิต พนักงานมีหน้าที่นำกล่องงานใส่ในรางและนำกล่องงานที่ป้อนเสร็จไปจัดเก็บ	ผู้ควบคุมเครื่องจักร
5. ตรวจสอบชิ้นงาน	ตรวจสอบขนาดของชิ้นงานและส่วนโค้งนูน	พนักงานที่ตรวจสอบ
6. ชุบผิว	ชิ้นงานจะถูกส่งต่อเพื่อเข้าสู่กระบวนการชุบ	บริษัทชุบผิวภายนอก
7. บรรจุงานและจัดส่ง	ชิ้นงานถูกส่งกลับมาที่ศูนย์กระจายสินค้าของบริษัท ศูนย์กระจายสินค้าและส่งให้ลูกค้า	

ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นการปรับปรุงที่เกี่ยวกับการทำงานกับเครื่องจักรโดยตรง โดยกระบวนการที่ใช้เครื่องจักรในส่วนการผลิตเสื้อปั๊ม (Case Pump) มี 3 กระบวนการ คือ 1) การเจียรระโนผวนอก 2) กลึง และ 3) การป้อนชิ้นส่วนโค้งนูน เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและการตรวจสอบชิ้นงานจะใช้คนในการดำเนินการ ขั้นตอนการ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย โดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.1 ศึกษากระบวนการป้อนชิ้นส่วนโค้งนูนส่วนการผลิตเสื้อปั๊ม ผู้วิจัยทำการศึกษาข้อมูลของกระบวนการป้อนชิ้นส่วนโค้งนูนส่วนการผลิตเสื้อปั๊ม เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและแนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต เนื่องจากการผลิตยังไม่เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ โดยการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาในสายการผลิตเสื้อปั๊ม (Case Pump) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนของเครื่องจักรยานยนต์แบบคาบูเรเตอร์ ในส่วนการผลิตนี้จะมีขั้นตอนการผลิตตั้งแต่รับวัตถุดิบมาทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังตารางที่ 2

ชุบผิวและการจัดส่งจะดำเนินการโดยส่วนงานอื่น ผู้วิจัยจึงได้เก็บข้อมูลผลผลิตในเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 และแสดงการเปรียบเทียบระหว่างจำนวนการผลิตตามแผนกับจำนวนที่ผลิตได้จริงเฉลี่ยต่อเดือนของทั้ง 3 กระบวนการ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบจำนวนการผลิต

กระบวนการ	จำนวนชิ้นที่ผลิตได้เฉลี่ยต่อวัน			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
เจียรไนผิวนอก	7,199	7,764	7,524	7,632
กลึง	6,742	6,649	6,862	6,987
ปั๊มขึ้นรูป	6,473	6,160	6,571	6,630

จากการเปรียบเทียบข้อมูลการผลิตจะเห็นว่าจำนวนที่ผลิตได้ในกระบวนการกลึงและปั๊มขึ้นรูปส่วนโค้งนูน นั้นยังไม่ได้ตามแผนที่ตั้งไว้ โดยผู้วิจัยได้ทำการเลือกกระบวนการผลิตที่ยังไม่ได้ตามแผนมากที่สุดนั้นคือ กระบวนการปั๊มขึ้นรูปส่วนโค้งนูน โดยกระบวนการ

ปั๊มขึ้นรูปส่วนโค้งนูน พนักงานจะปฏิบัติงานร่วมกับหุ่นยนต์ พนักงานจะใส่กล่องบรรจุงานลงในรางส่งและหุ่นยนต์จะทำหน้าที่จับชิ้นงานเข้าไปยังเครื่องปั๊ม จากนั้นพนักงานจะยกกล่องงานที่ปั๊มเสร็จไปจัดเก็บเพื่อส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไป ดังภาพที่ 1



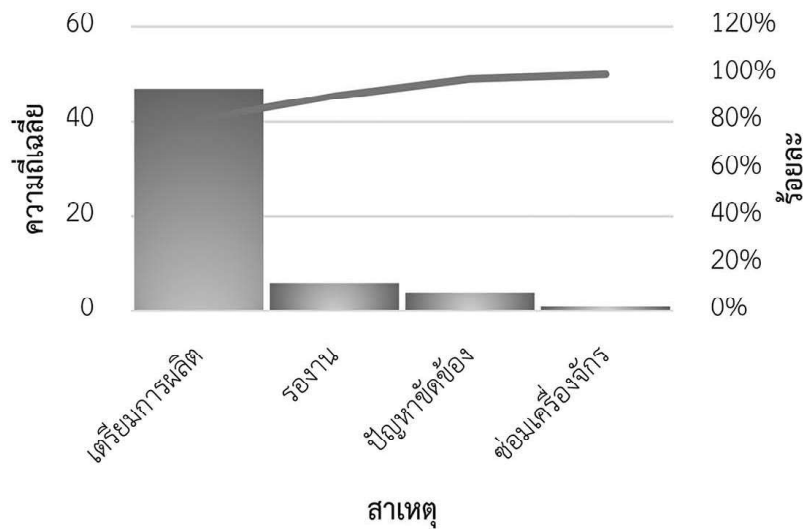
ภาพที่ 1 ขั้นตอนของกระบวนการปั๊มขึ้นรูป

หลังจากเลือกกระบวนการที่จะปรับปรุงแล้วจึงได้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากข้อมูลในเอกสารที่พนักงานบันทึกในช่วงเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2563

พบว่า สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการสูญเสีย คือ การเตรียมการผลิต การแก้ไขปัญหาคัดข้อง การซ่อมแซม และการรอกาน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสูญเสียกระบวนการปั๊มขึ้นรูปส่วนโค้งนูน

สาเหตุ	ความถี่เฉลี่ย (ครั้ง/เดือน)	ร้อยละ	เวลาเฉลี่ย (นาที/เดือน)
เตรียมการผลิต	47	81	937
ปัญหาขัดข้อง	4	7	439
ซ่อมเครื่องจักร	1	2	384
รอกาน	6	10	236



ภาพที่ 2 ความสูญเสียกระบวนการป้อนชิ้นส่วนโค้งงู

จากภาพที่ 2 หลักการของแผนผังพาเรโต ใช้หลัก 80 : 20 [5] ความถี่สะสมส่วนสำคัญคือ 80% กิจกรรมที่มีความถี่สูญเสียต่อเดือนมากที่สุด คือ การเตรียมการผลิต มีความถี่มากที่สุดสะสม 81% และใช้เวลาสูญเสียต่อเดือนมากที่สุด 937 นาที ผู้วิจัยมุ่งเน้นที่จะลดเวลาสูญเสียเนื่องจากการเตรียมการผลิต จึงได้ศึกษาและเก็บข้อมูลในแต่ละขั้นตอนการซึ่งมีทั้งหมด 2 กิจกรรม คือ 1) การตรวจสอบเซนเซอร์ตรวจวัดความยาวชิ้นงาน 2) การตั้งโปรแกรมหุ่นยนต์และเริ่มทำงาน

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมในการผลิต ผู้วิจัยได้

ตารางที่ 5 ผลการระดมความคิด

ตำแหน่ง	ปัญหา
ผู้จัดการ	ทั้ง 2 ขั้นตอนมีการเคลื่อนที่มาก
วิศวกร	ขั้นตอนยุ่งยาก มีขั้นตอนที่ไม่จำเป็น
ช่างเทคนิค	กิจกรรมการตั้งโปรแกรมที่อุปกรณ์ควบคุมใช้เวลานาน

เก็บข้อมูลกิจกรรมย่อยในทั้ง 2 กิจกรรมและทำการจับเวลาโดยตรง จากนั้นจึงนำขั้นตอนงานย่อยของการเตรียมการผลิตมาวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิ Flow Process Chart เพื่อวิเคราะห์กระบวนการและเวลา (ดังตารางที่ 6 และ 7) หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมย่อยของแต่ละขั้นตอน ผู้วิจัยจึงได้จัดการระดมสมอง ร่วมกันวิเคราะห์และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาการเตรียมการผลิตที่ใช้เวลานาน สามารถสรุปความคิดเห็นของแต่ละคน (Brainstorming) [6,7] ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 6 แผนภูมิการไหลขั้นตอนการตรวจสอบเซนเซอร์ตรวจวัดความยาวชิ้นงาน (ก่อนปรับปรุง)

กิจกรรม	เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	Operate	Transport	Delay	Inspect	Store
			●	➡	◐	■	▼
1. หยิบชิ้นงานต้นแบบที่ตู้	4.59	4		●			
2. นำชิ้นงานไปที่เครื่อง	4.58	4		●			
3. ไปที่ตู้ควบคุมเครื่องปั๊ม	6.90	6		●			
4. เปิดปั๊มลม, เครื่องปั๊ม	4.06	-	●				
5. ไปที่ตู้ควบคุมหุ่นยนต์	4.24	4		●			
6. เปิดเครื่องหุ่นยนต์	6.90	-	●				
7. เข้าไปในเครื่องปั๊ม	3.58	3		●			
8. ตรวจสอบเซนเซอร์ตรวจวัด ความยาว	944.83	-				●	
9. ตรวจสอบเซนเซอร์ พินช์ ดาย	7.14	-				●	
10. ออกจากเครื่องปั๊ม	2.44	2		●			
รวม	989.25	23	2	6	-	2	-

ตารางที่ 7 แผนภูมิการไหลของการตั้งโปรแกรมหุ่นยนต์และเริ่มทำงาน (ก่อนปรับปรุง)

กิจกรรม	เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	Operate	Transport	Delay	Inspect	Store
			●	➡	◐	■	▼
1. ตั้งโปรแกรมที่อุปกรณ์ควบคุม	88.11	-	●				
2. เดินไปจุดใส่งาน	4.77	5		●			
3. ยกชิ้นงานใส่ราง	11.98	-	●				
4. ไปที่ตู้ควบคุมหุ่นยนต์	6.89	7		●			
5. กดปุ่มเริ่มต้นการผลิต	2.01	-	●				
รวม	113.76	12	3	2	-	-	-

3.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์สาเหตุที่มีผลกระทบที่ทำให้การเตรียมการผลิตในใช้เวลานานซึ่งเกิดจากสาเหตุหลัก คือ 1) ระยะทางการเคลื่อนที่ของทั้ง 2 ขั้นตอนมีมาก 2) ขั้นตอนในการทำงานมีความ

ซับซ้อน และ 3) กิจกรรมย่อยที่ต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมในการทำงานใช้เวลานาน จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่ได้จากการระดมสมอง โดยอาศัยหลักการ Why-Why Analysis [8] ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 หลักการ Why-Why Analysis

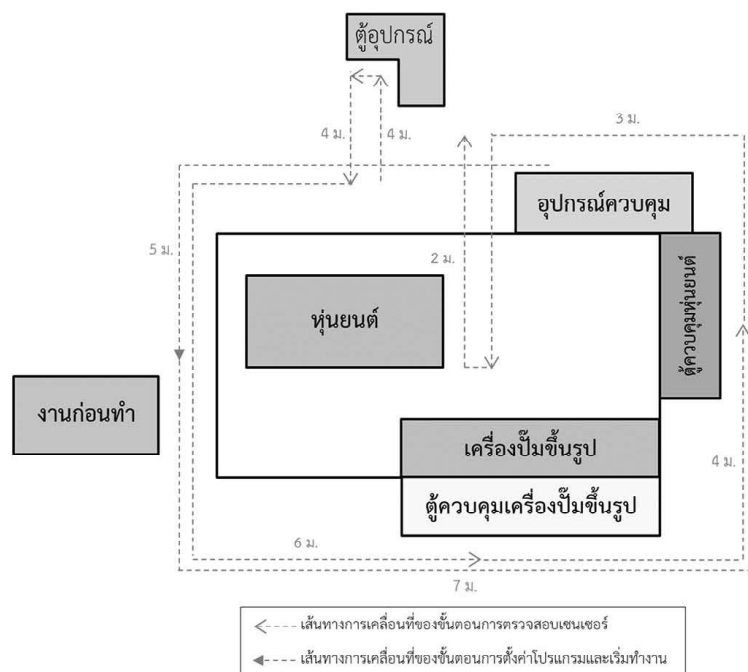
WHY 1	WHY 2	WHY 3	การแก้ไข
- มีระยะทางในการเดินเยอะ	- พนักงานเคลื่อนที่ไปหลายจุด	- จัดลำดับการทำงานที่ยังไม่ดี	- ลำดับการเคลื่อนที่ชิ้นใหม่ให้ทั้ง 2 ขั้นตอนทำร่วมกันได้
- การทำงานนั้นมีความยุ่งยาก	- พนักงานทำงานตามความเคยชิน	- ไม่มีการกำหนดการปฏิบัติงานที่ทำเป็นมาตรฐาน	- นำขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นออกและทำขั้นตอนการทำงานให้เกิดเป็นมาตรฐาน
- ขั้นตอนที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมใช้เวลานาน	- วิธีการที่จะใช้อุปกรณ์ควบคุมมีความยาก	- ปัจจุบันไม่มีคู่มือการปฏิบัติงาน	- ออกแบบขั้นตอนการปฏิบัติให้ง่ายขึ้น

3.4 ออกแบบวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิต ผู้วิจัยออกแบบวิธีการแก้ไขด้วยหลัก ECRS หลังจากวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้นำเทคนิคการลดความสูญเสียเปล่าด้วยหลักการระบบ ECRS มาประยุกต์เพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น ดังนี้

1) งานที่สามารถจัดออกไปได้ (Eliminate) ในขั้นตอนการตรวจสอบเซนเซอร์ตรวจวัดความยาวก่อนเริ่มงาน เมื่อเริ่มงานพนักงานที่ทำหน้าที่จะต้องเดินไปหยิบชิ้นงานต้นแบบที่ตู้อุปกรณ์ (จากตารางที่ 6 ลำดับงานที่ 1 2) และเดินกลับมาที่เครื่องจักรเป็นระยะทั้งหมด 8 เมตร (ภาพที่ 3) ซึ่งเป็นระยะทางที่มาก ผู้วิจัยจึงกำหนด

แนวทางที่จะจัดโดยนำชิ้นงานต้นแบบจัดวางให้ใกล้กับเครื่องจักรมากที่สุดด้วยการติดตั้งช่องเก็บของขนาดเล็กในเครื่องจักรแล้วนำชิ้นงานต้นแบบไปจัดวางไว้

2) งานที่สามารถทำร่วมกันได้ (Combine) และจัดเรียงใหม่ (Rearrange) ในขั้นตอนการตรวจสอบเซนเซอร์ตรวจวัดความยาวก่อนเริ่มงานและขั้นตอนการตั้งโปรแกรมหุ่นยนต์เพื่อเริ่มทำงาน จากการวิเคราะห์ปัญหาได้กำหนดแนวทางให้จัดลำดับการทำงานของทั้ง 2 ขั้นตอนใหม่โดยกำหนดให้ทั้ง 2 ขั้นตอนสามารถดำเนินไปพร้อมกันได้ เนื่องจากทั้ง 2 ขั้นตอนมีลักษณะการเคลื่อนที่ที่คล้ายคลึงกัน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะการเดินของทั้ง 2 ขั้นตอน

3) การทำให้งานง่ายขึ้น (Simplify) จากการสำรวจการทำงานของทั้ง 2 ขั้นตอนพบว่ากิจกรรมย่อยที่ใช้เวลานานที่สุดจะเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมในการทำงานคือ 3.1) ตรวจสอบเซนเซอร์ตรวจวัดความยาวด้วย ชิ้นงานต้นแบบ ในขั้นตอนการตรวจสอบเซนเซอร์ตรวจวัดความยาวก่อนเริ่มงาน และ 3.2) ตั้งค่าโปรแกรมหุ่นยนต์ที่อุปกรณ์ควบคุมในขั้นตอนการตั้งโปรแกรมหุ่นยนต์และเริ่มทำงาน เนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานในการทำงาน พนักงานทำงานในขั้นตอนนี้โดยอาศัยประสบการณ์การทำงานเท่านั้น ผู้วิจัยและผู้ที่เกี่ยวข้องจึงร่วมกันกำหนดขั้นตอนมาตรฐานในการดำเนินงานใน

กิจกรรมย่อยนี้และจัดทำเป็นคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction: WI)

3.1) ตรวจสอบเซนเซอร์ตรวจวัดความยาวด้วยชิ้นงานต้นแบบพนักงานจะต้องตรวจสอบเซนเซอร์ที่จะตรวจวัดความยาวของชิ้นงานด้วยชิ้นงานต้นแบบที่มีทั้งหมด 3 ชิ้นประกอบไปด้วย 1) Master OK คือ ชิ้นงานที่มีความยาวถูกต้องตามที่ออกแบบ 2) Master Lower คือ ชิ้นงานที่สั้นกว่าที่กำหนด และ 3) Master Over คือ ชิ้นงานที่ยาวกว่าที่กำหนด จากนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดขั้นตอนในการปฏิบัติงานขึ้นมาโดยมุ่งเน้นให้ลดความยุ่งยากเพื่อให้พนักงานสามารถทำได้ รายละเอียดดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การตรวจสอบเซนเซอร์ตรวจวัดความยาว

ลำดับ	ขั้นตอน
1	หน้าหลักของอุปกรณ์ควบคุม เข้าโหมดบายพาส
2	กลับมาที่หน้าหลัก เลือกส่วนนำเข้าชิ้นงาน
3	วางชิ้นงานต้นแบบไว้ที่ส่วนนำเข้าชิ้นงาน
4	เลือกปุ่ม ทำงาน ที่หน้าต่างส่วนนำเข้าชิ้นงาน
5	กลับมาที่หน้าหลักเลือกตั้งค่า จากนั้นกดปุ่มตั้งค่าเริ่มต้น
6	กลับมาส่วนนำเข้าชิ้นงาน อ่านค่าความยาวที่อุปกรณ์ควบคุมและกดปุ่มกลับเพื่อนำชิ้นงานต้นแบบออกมาจากเซนเซอร์

3.2) ตั้งค่าโปรแกรมหุ่นยนต์ที่อุปกรณ์ควบคุม พนักงานจะทำการกำหนดว่าเครื่องจักรจะเริ่มต้นผลิตชิ้นงานอย่างไรโดยขั้นตอนนี้จะปฏิบัติเตรียมการผลิตและหลังจากแก้ไขปัญหาขัดข้อง หากกำหนดขั้นตอนมาตรฐานในการทำงานแล้วสามารถลดเวลาการปฏิบัติ

ลงได้ นอกจากจะลดเวลาในการเตรียมการผลิตได้แล้วยังสามารถลดเวลาในการแก้ไขปัญหาขัดข้องของเครื่องจักรด้วยเช่นกัน กำหนดขั้นตอนในการปฏิบัติงานขึ้นมาโดยมุ่งเน้นให้ลดความยุ่งยากเพื่อให้พนักงานสามารถทำได้ รายละเอียดดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การตั้งค่าโปรแกรมหุ่นยนต์ที่อุปกรณ์ควบคุม

ลำดับ	ขั้นตอน
1	ที่อุปกรณ์ควบคุม กดปุ่มเตรียมการผลิต
2	เลือกเมนูการดำเนินการอื่น เลือกซ่อมบำรุง
3	เลือกปุ่มคืนความจำให้หุ่นยนต์อยู่ในค่าเริ่มต้นการทำงาน
4	เลือก AUX 1 และ AUX 2 เพื่อตรวจสอบว่าอยู่ในค่าเริ่มต้นแล้วหรือไม่

3.5 จัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction: WI) ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนมาตรฐานในการดำเนินงานให้อยู่ในรูปแบบคู่มือการปฏิบัติงาน เพื่อให้พนักงานปฏิบัติงานตามมาตรฐานในรูปแบบใหม่ ซึ่งคู่มือการปฏิบัติงานจะประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญ ดังนี้ 1) ขั้นตอนการผลิตของกระบวนการปั๊มชิ้นรูปส่วนโค้งนูนส่วนการผลิตเสื้อปั๊ม 2) ภาพประกอบในการปฏิบัติงาน 3) จุดสังเกตด้านคุณภาพ และ 4) ข้อควรระวังด้านความปลอดภัยของพนักงาน

4. ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้หลักการทำไม ทำไม (Why-Why Analysis) เพื่อหาสาเหตุที่ส่วนการผลิตเสื้อ

ปั๊ม (Case Pump) ไม่สามารถผลิตได้ตามแผนที่วางไว้ ผู้วิจัยได้ออกแบบวิธีการปรับปรุงขั้นตอน การทำงานโดยการประยุกต์ใช้หลักการ ECRS และจัดทำเป็นมาตรฐานในการทำงานในรูปแบบคู่มือการทำงาน (Work Instruction) เพื่อลดขั้นตอนที่ทำให้เกิดเวลาสูญเสีย เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สามารถผลิตได้ใกล้เคียงเป้าหมายมากที่สุด โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

4.1 ผลการปรับปรุงกระบวนการ จากการที่ผู้วิจัยได้วางแผนจัดการเคลื่อนไหวนที่ไม่จำเป็นออก คือ การที่พนักงานต้องเคลื่อนที่ไปหยิบชิ้นงานต้นแบบที่ตู้อุปกรณ์และเดินกลับมาที่เครื่องจักร ผู้วิจัยจึงได้ทำการติดตั้งช่องเก็บของขนาดเล็กในเครื่องจักร แล้วนำชิ้นงานต้นแบบไปจัดวางไว้ ดังภาพที่ 4



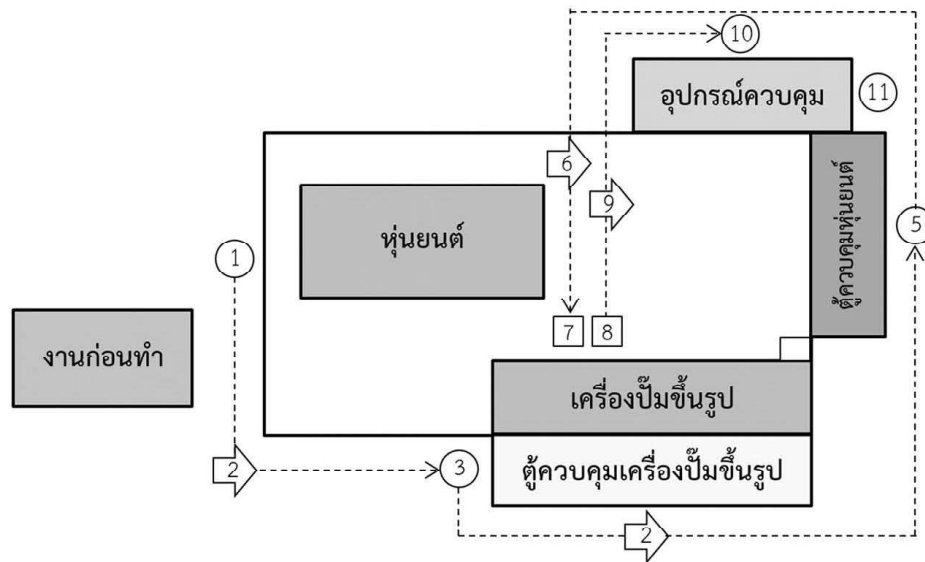
ภาพที่ 4 ช่องเก็บชิ้นงานต้นแบบ

จากการที่ผู้วิจัยได้ลำดับขั้นตอนการทำงานทั้ง 2 ขั้นตอน คือ การตรวจสอบเซนเซอร์ตรวจวัดความยาวก่อนเริ่มงาน และการตั้งโปรแกรมหุ่นยนต์เพื่อเริ่มทำงานสามารถดำเนินการร่วมกันและทำการจัดเรียงขั้นตอนใหม่โดยจากการดำเนินการปรับปรุงได้ผลดังตารางที่ 11 และภาพที่ 6 จากที่ได้นำขั้นตอนมาทำการรวมกันและจัดเรียงขั้นตอน

ใหม่ โดยพนักงานจะเริ่มเคลื่อนที่จากจุดแรกคือจุดใส่งานก่อนโดยมีระยะทางรวมทั้งหมด 12 เมตร ซึ่งระยะทางก่อน การปรับปรุงขั้นตอนการเตรียมการผลิตทั้ง 2 ขั้นตอนรวมกัน คือ 35 เมตร โดยหลังการปรับปรุงพนักงานจะประหยัดระยะทางการเคลื่อนที่จากเดิมได้ถึง 23 เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 65.71

ตารางที่ 11 ขั้นตอนการเตรียมการผลิต (หลังปรับปรุง)

ขั้นตอน	การทำงาน	ระยะทาง
1. ยกงานใส่รางลำเลียง	●	-
2. ไปที่ตู้ควบคุมเครื่องปั๊ม	➔	3
3. เปิดปั๊มลมกับเครื่องปั๊ม	●	-
4. ไปที่ตู้ควบคุมหุ่นยนต์	➔	4
5. เปิดเครื่องหุ่นยนต์	●	-
6. พนักงานเดินเข้าไปในเครื่องปั๊มขึ้นรูป	➔	3
7. ตรวจสอบเซนเซอร์ตรวจวัดความยาวด้วยชิ้นงานต้นแบบ	■	-
8. ตรวจสอบเซนเซอร์ พันช์ ดาย	■	-
9. ออกจากเครื่องปั๊ม	➔	2
10. ตั้งค่าโปรแกรมที่อุปกรณ์ควบคุม	●	-
11. กดปุ่มเพื่อเริ่มต้นกระบวนการผลิต	●	-
รวม		12



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการเตรียมการผลิต (หลังปรับปรุง)

4.2 ผลจากการทำคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) จากการที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานพบว่ากิจกรรมย่อยที่พนักงานต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมนั้นใช้เวลามากที่สุด ผู้วิจัยจึงกำหนดขั้นตอนมาตรฐานในการดำเนินงานในกิจกรรมย่อยนี้และจัดทำเป็นคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction: WI) เพื่อ

การดำเนินการมีมาตรฐานและให้พนักงานปฏิบัติงานในแบบเดียวกัน [9] จากนั้นผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเวลาหลังการปรับปรุง การกำหนดขั้นตอนมาตรฐานโดยอ้างอิงทฤษฎี Maytag ถ้าวัฏจักรสั้นกว่า 2 นาที จะจับเวลาทั้งหมด 10 ค่าและยาวกว่า 2 นาที ให้จับเวลาทั้งหมด 5 ค่า [10] ได้ผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การตรวจสอบเซนเซอร์วัดความยาวด้วยชิ้นงานต้นแบบ (หลังปรับปรุง)

ครั้ง	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
เวลา (วินาที)	301	293	310	284	291	296

จากผลการดำเนินงานในขั้นตอนนี้จะเห็นได้ว่าพนักงานสามารถปฏิบัติงานในกิจกรรมย่อยที่ต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมโดยใช้เวลาน้อยลงกว่าก่อนที่จะกำหนดขั้นตอนมาตรฐาน โดยกิจกรรมย่อยการตรวจสอบ

เซนเซอร์ตรวจวัดความยาวด้วยชิ้นงานต้นแบบก่อนปรับปรุงใช้เวลาอยู่ที่ 944 วินาที หลังการปรับปรุงใช้เวลาไปเฉลี่ย 296 วินาที ระยะเวลาที่ไต่ลดไป 648 วินาทีหรือคิดเป็นร้อยละ 68.64

ตารางที่ 13 การตั้งค่าโปรแกรมหุ่นยนต์ที่อุปกรณ์ควบคุม (หลังปรับปรุง)

ครั้ง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
เวลา (วินาที)	49	44	50	49	45	48	51	46	41	50	47

ตารางที่ 14 แผนภูมิการไหลขั้นตอนการเตรียมการผลิต เครื่องปั๊มขึ้นรูปส่วนโค้งนูน (หลังปรับปรุง)

กิจกรรม	เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	Operate	Transport	Delay	Inspect	Store
			●	➡	◐	■	▼
1. ยกงานใส่ราง	11.98	-	●				
2. ไปตู้ควบคุมเครื่องปั๊มขึ้นรูป	3.77	3		●			
3. เปิดปั๊มลมเครื่องปั๊มขึ้นรูป	4.06	-	●				
4. เดินไปที่ตู้ควบคุมหุ่นยนต์	4.24	4		●			
5. เปิดเครื่องหุ่นยนต์	6.90	-	●				
6. เข้าไปในเครื่องปั๊ม	3.58	3		●			
7. ตรวจสอบเซนเซอร์ตรวจวัดความยาวชิ้นงาน	296.07	-				●	
8. ตรวจสอบเซนเซอร์ ฟันซ์ ดาย	7.14	-				●	
9. ออกจากเครื่องปั๊ม	2.44	2		●			
10. ตั้งค่าหุ่นยนต์ที่อุปกรณ์ควบคุม	47.35	-	●				
11. กดปุ่มเริ่มการผลิต	2.01	-	●				
รวม	387.53	12	5	4	-	2	-

จากตารางที่ 13 และ 14 พบว่ากิจกรรมย่อยของพนักงานตั้งค่าโปรแกรมหุ่นยนต์ที่อุปกรณ์ควบคุมก่อนปรับปรุงใช้เวลาอยู่ที่ 88 วินาที หลังการปรับปรุงใช้เวลา

ไปเฉลี่ย 47 วินาที แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาที่ไต่ลดไป 41 วินาทีหรือคิดเป็นร้อยละ 46.59

5. สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

1) การศึกษาการทำงานกระบวนการปั๊มขึ้นรูปส่วนโค้งนูนส่วนการผลิตเสื้อปั๊ม งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษเกี่ยวกับกระบวนการปั๊มขึ้นรูปส่วนโค้งนูนส่วนการผลิตเสื้อปั๊ม เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและประสิทธิผลในกระบวนการผลิตให้ดียิ่งขึ้น และให้ทันต่อความต้องการของลูกค้า โดยจะมุ่งเน้นลดความสูญเปล่าต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน นำหลักการการศึกษางานและการศึกษาเวลาในการทำงาน ใช้หลักการ ECRS มาปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน รวมไปถึงการจัดทำเป็นมาตรฐานการทำงานในรูปแบบคู่มือการปฏิบัติงาน

2) ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตลดเวลาสูญเสียในกระบวนการปั๊มขึ้นรูปส่วนโค้งนูน

2.1) ด้านขั้นตอนการทำงาน จากขั้นตอนการทำงานก่อนการปรับปรุงมีปัญหาคือ ขั้นตอนมีความซับซ้อนและไม่มีมาตรฐานส่งผลให้พนักงานทำงานตามประสบการณ์จึงทำให้ใช้เวลาในการเตรียมการผลิตนาน

โดยก่อนการปรับปรุง การเตรียมการผลิตมีขั้นตอนการทำงาน 15 ขั้นตอน หลังจากปรับปรุงด้วย ECRS ลดลงเหลือ 11 ขั้นตอน ลดลงคิดเป็นร้อยละ 26.66 ดังตารางที่ 15

2.2) ด้านเวลาการเตรียมการผลิตจากข้อมูลก่อนการปรับปรุงนั้นพบว่าเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานาน ส่งผลให้มีเวลาสูญเสียเกิดขึ้นและไม่สามารถผลิตได้ตามแผนที่วางไว้ โดยจากการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานและการเคลื่อนที่ในหลังการปรับปรุง เดิมใช้เวลาในการเตรียมการผลิตอยู่ที่ 20 นาที ภายหลังการปรับปรุงใช้เวลาเฉลี่ย 7 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 65 ดังตารางที่ 15

2.3) ด้านระยะทาง การเคลื่อนที่ก่อนปรับปรุงพบว่าพนักงานเคลื่อนที่บ่อยครั้งส่งผลให้เป็นระยะทางที่มาก โดยหลังการปรับปรุงด้วยการรวมขั้นตอนการทำงานและจัดเรียงชิ้นใหม่ พบว่าระยะทางลดลง โดยก่อนการปรับปรุงพนักงานจะเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 35 เมตร หลังการปรับปรุงลดลง 13 เมตร เหลือเพียง 12 เมตร หรือลดลงคิดเป็นร้อยละ 65.71 ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบผลการปรับปรุง

วิเคราะห์งาน	ขั้นตอนการทำงาน	เวลา	ระยะทาง
ก่อนปรับปรุง	15 ขั้นตอน	20 นาที	35 เมตร
หลังปรับปรุง	11 ขั้นตอน	7 นาที	12 เมตร

จากการปรับปรุงทั้ง 3 ด้าน พบว่ากระบวนการผลิตสามารถผลิตได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ได้เป็นอย่างดี โดยแผนการผลิตตั้งเป้าหมายต่อวันไว้ที่ 7,000 ชิ้น โดยก่อน

การปรับปรุงสามารถผลิตได้ต่อวันเฉลี่ย 6,459 ชิ้น และหลังปรับปรุง สามารถผลิตได้เพิ่มเป็นเฉลี่ยต่อวันที่ 7,440 ชิ้น ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบจำนวนชิ้นที่ผลิตได้ ขั้นตอนการปั๊มขึ้นรูปส่วนโค้งนูน

กระบวนการปั๊มขึ้นรูปส่วนโค้งนูน	ก่อนการปรับปรุง					หลังการปรับปรุง	
	ส.ค. 63	ก.ย. 63	ต.ค. 63	พ.ย. 63	ธ.ค. 63	ม.ค. 64	ก.พ. 64
แผนการผลิตต่อวัน	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
ผลิตได้เฉลี่ยต่อวัน	6,473	6,160	6,571	6,630	7,256	7,744	7,319
จำนวนเฉลี่ย	6,459 ชิ้น					7,440 ชิ้น	

3) การสร้างมาตรฐานในการทำงานโดยใช้คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) จากการที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานพบว่า กิจกรรมย่อยที่พนักงานต้องใช้อุปกรณ์ควบคุม จึงได้กำหนดขั้นตอน

มาตรฐานในการดำเนินงานในกิจกรรมย่อยนี้และจัดทำเป็นคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction : WI) เพื่อการดำเนินการมีมาตรฐานและให้พนักงานปฏิบัติงานในแบบเดียวกันต่อไป

WORK INSTRUCTION (คู่มือการทำงาน)	
WORK INSTRUCTION NAME	
Prepare Process of Press Dabo Machine ขั้นตอนการเตรียมการผลิตกระบวนการขึ้นรูป Dabo	
1. ยกงานก่อนทำใส่รางลำเลียงงาน 1.1 ยกงานจากกรงใส่งานให้เต็มทางลำเลียง 1.2 ใส่ได้สูงสุด 5 กล่อง จะต้องเริ่มงานเมื่อกล่องเหลือ 2-3 กล่อง	
2. ไปที่ตู้ควบคุม เปิดบีมลัมและเครื่องบีบขึ้นรูป 2.1 หมุนที่เปิดบีมลัมไปที่ตำแหน่ง ON 2.2 สับสวิทช์ไปที่ ON สังเกตไฟสีแดงต้องติด	
3. ไปตู้ควบคุมโรบอท เปิดเครื่องโรบอท 3.1 หมุนสวิทช์โรบอทให้สุด อยู่ที่ตำแหน่ง ON	
ข้อควรระวังด้านความปลอดภัย (นำสัญลักษณ์ใส่ในกระบวนการนั้นๆ)	ข้อควรระวังด้านคุณภาพ (นำสัญลักษณ์ใส่ในกระบวนการนั้นๆ)
 Safety first จดปฏิบัติงานที่ห้องระ ระวังความปลอดภัยของพนักงาน	 จดข้อควรระวังด้านคุณภาพ

ภาพที่ 7 ตัวอย่างคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction: WI)

5.2 อภิปรายผล

ในการศึกษาโครงการในครั้งนี้ผู้ศึกษาได้อภิปรายผลการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ เวลาและระยะการเคลื่อนไหวในขั้นตอนการเตรียมการผลิตของกระบวนการป้อนชิ้นส่วนโค้งนูนและส่วนที่ 2 คือ ประสิทธิภาพการผลิตของกระบวนการป้อนชิ้นส่วนโค้งนูน

1) การปรับปรุงตามแผนที่ได้ออกแบบมาโดยประยุกต์ใช้หลักการ ECRS และจัดทำมาตรฐานในการทำงานในรูปแบบคู่มือการทำงาน (Work Instruction) ส่งผลให้ขั้นตอนการเตรียมการผลิตกระบวนการป้อนชิ้นส่วนโค้งนูนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถลดเวลาและระยะทางที่ใช้ในการดำเนินการ โดยลดระยะทางจากเดิมที่พนักงานต้องปฏิบัติขั้นตอนการเตรียมการผลิตทั้ง 2 ขั้นตอนโดยต้องเดินรวมเป็นระยะทาง 35 เมตร โดยวิธีการทำงานหลังการปรับปรุงระยะทางลดลงเหลือ 12 เมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 65.71 และลดเวลาในการปฏิบัติโดยทั้ง 2 ขั้นตอน เวลารวมกันจากเดิมใช้เวลา 1,103 วินาที หรือ 18 นาที 38 วินาที หลังการปรับปรุงใช้เวลาเพียง 387 วินาที หรือ 6 นาที 27 วินาที เร็วขึ้นคิดเป็นร้อยละ 64.91 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธารชуда [7] และสรณ์ศิริ [10] ที่ประยุกต์ใช้ ECERS ในการปรับปรุงงาน ส่งผลให้เวลามาตรฐานหลังการปรับปรุงพบว่าลดลงจากเดิมเป็นอย่างมาก

2) การปรับปรุงการทำงานส่งผลในประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยจากการเก็บข้อมูลการผลิตหลังการปรับปรุงพบว่าเวลาที่สูญเสียลงจากการลดกิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าโดยหลังปรับปรุงในเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม พบว่าเวลาเตรียมการผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 264 นาทีต่อเดือน เปรียบเทียบกับก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 937 นาทีต่อเดือน ซึ่งลดลงร้อยละ 71.82 ซึ่งสอดคล้องกับดาริกา [2] ใช้หลักการปรับปรุงการทำงานโดยใช้ ECERS สามารถลดเวลาสูญเสียลงได้ และพบว่าจำนวนชิ้นงานในการผลิตต่อวันเพิ่มมากขึ้น โดยข้อมูลก่อนทำการปรับปรุงในเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายนเฉลี่ยอยู่ที่ 6,459 ชิ้นต่อวัน พบว่าหลังการปรับปรุงเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคมเฉลี่ยอยู่ที่ 7,440 ชิ้นต่อวัน เพิ่มขึ้นจากก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ร้อยละ 15.18

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ในการศึกษครั้งนี้พบว่ายังมีอีกหลายปัญหาที่ต้องปรับปรุง และเพื่อรองรับจำนวนงานที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นควรนำระบบการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) มาปรับใช้ในกระบวนการทั้งสายการผลิต

2) หัวหน้างานควรวางแผนและหาวิธีการเพื่อให้พนักงานปฏิบัติและทำความเข้าใจในการทำงานใหม่ ลดความเคยชินจากการทำงานแบบเดิม

3) หัวหน้างานควรจัดการฝึกอบรมให้พนักงานทำความเข้าใจคู่มือการปฏิบัติงานกับการทำงานด้วยวิธีใหม่

เอกสารอ้างอิง

- [1] เอกชัย บุญจง. (2551). การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์โดยใช้เทคนิคการควบคุมคุณภาพและการปรับสมดุลการผลิต กรณีศึกษา : บริษัท เคียวคุโย อินดัสเตรียล (ประเทศไทย) จำกัด. สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร.
- [2] ดาริกา อวะภาค ศุภชัย ภิธัชเพ็ญ และ มณฑิรา เอียดเสน. (2554). การลดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตไอศกรีมแท่ง. ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (น. 199-207). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- [3] เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. (2561). [ออนไลน์]. Lean ความสูญเสีย 8 ประการ (8 Wastes DOWNTIME). [สืบค้นเมื่อวันที่ 4 ตุลาคม 2563]. จาก [https://www.iok2u.com/index.php/article/industry/243 8 8 wastes downtime](https://www.iok2u.com/index.php/article/industry/243%208%20wastes%20downtime).
- [4] คณิต เฉลยจรรยา. (2543). ความสูญเสีย 7 ประการ (7 Waste). กรุงเทพมหานคร: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

- [5] บิสซิเนส บูลเลทีน เซอร์วิส. (2559). [ออนไลน์]. เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools). [สืบค้นเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม 2563]. จาก <http://econs.co.th/index.php/2016/07/29/7-qc-tools/>.
- [6] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2552). การศึกษางานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: ท็อป.
- [7] ธารชุตตา พันธันกุล ดวงพร สังฆะมณี และปรีดาภรณ์งามสง่า. (2557). การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้วยเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม กรณีศึกษา: โรงงานประกอบรถจักรยาน. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี พ.ศ. 2557 วันที่ 30-31 ตุลาคม 2557 น. 227-334, สมุทรปราการ.
- [8] ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ. (2562).[ออนไลน์]. Why Why Analysis. [สืบค้นเมื่อวันที่ 4 ตุลาคม 2563]. จาก <http://qd.swu.ac.th/Portals/2077/Why%20Why%20Anlysis.pdf?ver=2562-05-24-082545-380>.
- [9] ณัฐนนท์ จิระไพศาลพงศ์. (2555). การปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินการด้านห่วงโซ่อุปทานของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก. สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, กรุงเทพมหานคร.
- [10] สรณศิริ เรืองโลก. (2560). การปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตสมอลล์แอร์ทรีคเบรกเกอร์, การค้นคว้าอิสระวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.