วารสารเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ
ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2566

การปรับปรุงกระบวนการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคนิค ECRS

Process Improvement of Electronic Part Assembly with ECRS technique

วรพจน์ ศิริรักษ์[1] ทัศพงศ์ นันทมัจฉา[2*] วรพจน์ แซงบุญเรือง[2] อมรรัตน์ ปิ่นชัยมูล[1] และ ชัชชัย สีตา[1]

[1]สาขาวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

[2]สาขาเทคนิคพื้นฐาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมศรีสงคราม มหาวิทยาลัยนครพนม อำเภอศรีสงคราม จังหวัดนครพนม 48150

Worapot Sirirak[1] Thassaphong Nanthamajcha[2*] Woraphod Saengbunrueang[2] Amornrat Pinchaimoon[1] and Chatchai Seeta[1]

[1]Department of Engineering and Technology, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai, Pharn, Chiang Rai, 57120

[2]Department of Basic Technique, Srisongkram Industrial Technology College, Nakhon Phanom University, Srisongkram, Nakhon Phanom, 48150

Corresponding author Email: Thassaphong@gmail.com[*]

(Received: January 13, 2023; Revised: May 8, 2023 Accepted: May 11, 2023)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดรอบเวลาการผลิตในการประกอบชิ้นงานและเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิต กระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ จากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่า กระบวนการผลิตดังกล่าวมีจำนวนทั้งสิ้น 10 สถานีงาน แต่ได้เลือกทำการศึกษา 2 สถานีงาน ที่มีรอบเวลาการผลิตชิ้นส่วนต่อชิ้นสูงเกินกว่าเป้าหมาย และทั้ง 2 สถานีงานถูกทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยหลักการ ECRS หลังจากการปรับปรุงสถานีงานพบว่าสามารถลดรอบเวลาการผลิตในการประกอบชิ้นงานขั้นตอนที่ 4 จาก 250.05 วินาทีต่อชิ้น ลดลงเหลือ 173.9 วินาทีต่อชิ้น คิดเป็นร้อยละประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น 30.23 และขั้นตอนที่ 5 จาก 285.15 วินาทีต่อชิ้น ลดลงเหลือ 242.4 วินาทีต่อชิ้น หรือคิดเป็นเวลาที่ลดลงร้อยละ 14.68 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตคิดเป็นร้อยละ 30.88 ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตเข้าใกล้ตามเป้าหมายสามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึง 2,602 ชิ้นต่อวัน

คำสำคัญ: สมดุลการผลิต เทคนิค ECRS การปรับปรุงกระบวนการ

Abstract

This research objective was to reduce the production time of the part assembly process and effectively increase the electronic part production line. From the initial study, it was found that this production has 10 stations of work but chose for case study to have 2 stations of work, and that it has a higher cycle time of part production per piece than target. The 2 work stations were analyzed for cause of problem and process

improvement by line balance with the ECRS technique. After that, workstation improvement found that it could reduce the cycle time of production in a part assembly of step 4 from 250.05 seconds per piece to 173.9 seconds per piece, or 30.23% of the cycle time reduction. And step 5 from 285.15 seconds per piece to 242.4 seconds per piece, or 14.68% of the cycle time reduction. The effectiveness of electronic parts production was increased to 30.88% of production, which was effective production nearly on target and increased productivity to 2,602 pieces per day.

Keywords: Production balance, ECRS technique, Process improvement

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมคุณภาพสูงและมีขนาดใหญ่มานานกว่า 60 ปี และเป็นห่วงโซ่อุปทานหลักของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของโลกปัจจุบันประเทศไทยมีฐานการผลิตและส่งออกกลุ่มผลิตภัณฑ์สินค้าชิ้นส่วนไฟฟ้าและชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เป็นอันดับต้น ๆ ของโลก อย่างไรก็ตามปัญหาและอุปสรรคของการผลิตด้านอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ประเทศไทยกำลังเผชิญอยู่ในขณะนี้ทั้งด้านของการลดระยะเวลาการผลิตและการเพิ่มผลผลิตให้ได้มากขึ้นตามความต้องการของลูกค้า การลดต้นทุน การปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิตและลดความเสี่ยงในขั้นตอนการผลิตสินค้า ทั้งการพัฒนาความสามารถในการผลิตสินค้าและความเติบโตในด้านอุตสาหกรรมในเวลาเดียวกัน ทำให้มีความจำเป็นอย่างมากที่ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยต้องมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการผลิตเพื่อให้สอดคล้องต่อตลาดโลกให้มากขึ้นไม่ว่าจะเป็นการปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ เน้นความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีและรูปแบบการผลิตแบบใหม่เพื่อรองรับความต้องการผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต ทำให้ผู้ผลิตต้องปรับเปลี่ยนแผนในการผลิต เพื่อให้ทันต่อความต้องการผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่จะเพิ่มขึ้น โดยต้องคำนึงถึงคุณภาพสินค้า ต้นทุนการผลิตโดยรวม การส่งมอบสินค้าให้ทันเวลาและการลดต้นทุนการผลิต ซึ่งที่ผ่านมามีการศึกษาวิธีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาความล่าช้าในการผลิตด้วยการจัดสมดุลการผลิตและเทคนิค ECRS ช่วยในการปรับปรุงการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นในการผลิต [1-6] สามารถปรับปรุงการผลิตและลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ [7-9] จากที่กล่าวมาเทคนิค ECRS เป็นเทคนิคที่ทำได้ง่ายและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้อย่างมากอีกทั้งยังช่วยในการวิเคราะห์ผลของประสิทธิภาพได้อย่างรวดเร็วหลังการปรับปรุง อย่างไรก็ตามบริษัทกรณีศึกษาได้ประสบปัญหาด้านการผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดในการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นและศึกษาสายการผลิตเบื้องต้นแสดงให้เห็นถึงกระบวนการไหลที่ไม่สมดุลมีจุดที่เป็นลักษณะคอขวด สามารถผลิตได้เฉลี่ยเพียง 2,847 ชิ้นต่อวัน คิดเป็นประสิทธิภาพของสายการผลิตเพียงร้อยละ 63.72 เสียสมดุลในการผลิตไปมากถึงร้อยละ 36.28 ทำให้กำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดรอบเวลาการผลิตในการประกอบชิ้นงานและเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิต เพื่อลดความสูญเปล่าของเวลารวมถึงการจัดสมดุลของสายการผลิต โดยจะทำการวิเคราะห์การไหลของสายการผลิตและทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยเทคนิค ECRS ให้มีความต่อเนื่องในการทำงาน ทำให้มีชิ้นงานคงค้างอยู่ระหว่างขั้นตอนการผลิตให้น้อยที่สุด

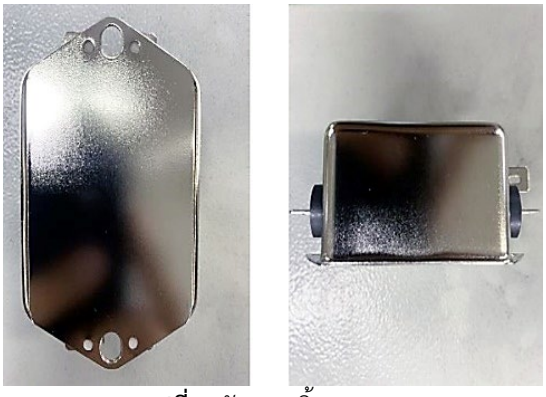
การใช้เทคนิค ECRS ในการปรับปรุงและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการประกอบ ด้วยแนวคิดการจัดสมดุลสายการผลิต รวมไปถึงการลดความสูญเปล่าด้วยเทคนิค ECRS โดยการใช้หลักในการการรวมงาน (Combine) เพื่อรวมงานที่

เกี่ยวข้องมารวมอยู่ในตำแหน่งการทำงานเดียวกัน และหลักการทำงานให้ง่าย (Simplify) ด้วยการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการทำงานให้มีความรวดเร็วในการผลิตโดยใช้ จิ๊กจับในขั้นตอนการจุ่มตะกั่ว, จิ๊กในการตรวจสอบ, จิ๊กช่วยในการบัดกรี และฟิกเจอร์ช่วยในการดัดคอยล์ เพื่อลดปัญหาความไม่สมดุลของสายการผลิตและเพิ่มผลิตภาพสูงสุดให้กับกระบวนการผลิต เพื่อลดต้นทุนการผลิตและยังคงไว้ซึ่งคุณภาพที่ตรงต่อความต้องการของลูกค้าและการตรงต่อเวลาในการตอบสนอง โดยการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วิธีการทดลอง

การศึกษาวิจัยเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีขั้นตอนของการดำเนินงานดังนี้

2.1 ศึกษาข้อมูลการผลิต โดยการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งลักษณะชิ้นส่วนที่ผลิตดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะชิ้นงาน

โดยมีการทำงาน 2 กะ โดยเวลาการทำงาน 1 กะเป็น 640.20 นาที จำนวนเป้าหมายที่ต้องการให้ผลิตอยู่ที่ 6,000 ชิ้นต่อวัน สำหรับกระบวนการผลิตนี้และมีขั้นตอนในกระบวนการที่สำคัญ รวมทั้งสิ้น 10 กระบวนการ ประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ 1 Housing Preparation คือ กระบวนการเตรียมตัวบล็อกของชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 2 Foil Preparation คือ กระบวนการตัดแผ่นฟอยล์ตามจำนวนที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 3 CU Wire Preparation คือ กระบวนการนำลวดทองแดงมาตัดเป็นเส้นตามขนาดที่ใช้ในงานแต่ละงาน

ขั้นตอนที่ 4 Winding หรือ Hand coil Preparation คือ กระบวนการพันลวดทองแดงรอบตัว Toroid ด้วยมือ แล้วนำไปเช็คค่าความเหนี่ยวนำ (Reactance)

ขั้นตอนที่ 5 Assembly คือ การประกอบชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 6 Moulding คือ การหยอดเรซินลงในตัวชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 7 Spot welding คือ กระบวนการเชื่อมติก โดยนำฝามาปิดแล้วเชื่อมเข้ากับตัวบล็อก (Housing)

ขั้นตอนที่ 8 Cleaning คือ กระบวนการทำความสะอาดหลังจากที่ทำการเชื่อม เพื่อเช็ดคราบที่เปื้อนออก

ขั้นตอนที่ 9 Final Test คือ กระบวนการทดสอบครั้งสุดท้าย หลังจากผ่านการประกอบอย่างสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 10 inspection คือ การตรวจสอบความเรียบร้อยและความเสียหายที่เกิดขึ้น

จากการศึกษากระบวนผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แสดงรายละเอียดข้อมูลแต่ละขั้นตอนดังตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาการผลิตพบว่าในการผลิต 10 ขั้นตอนจะมีรอบวัฏจักรเวลาการผลิตชิ้นงานรวมเป็น 132.78 วินาทีต่อชิ้น หรือสามารถผลิตรวมเป็น

289 ชิ้นต่อชั่วโมง แต่เมื่อพิจารณาเวลาเผื่อในการทำงานและเวลาสูญเปล่าจากการปรับตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ในการผลิตจึงปรับตั้งเป้าหมายการผลิตที่ต้องการในแต่ละชั่วโมงลดลงร้อยละ 3 จากความสามารถในการผลิตที่ 289 ชิ้นต่อชั่วโมง ทำให้เป้าหมายการผลิตในแต่ละขั้นตอนเฉลี่ยเหลือ 281 ชิ้นต่อชั่วโมง

2.2 การวิเคราะห์ปัญหา พิจารณาจากเวลาในการผลิตของแต่ละกระบวนการซึ่งจากข้อมูลตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาขั้นตอนที่ 4, 5 และ 9 เป็นขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพเวลาในการผลิตต่ำกว่าเป้าหมายกำหนดเพียงร้อยละ 61.56, 71.88 และ 98.57 ตามลำดับ โดยเฉพาะขั้นตอนการทำงานที่ 4 และ 5 เป็นขั้นตอนที่เกิดปัญหาการผลิตต่ำกว่าเป้าหมายอย่างมาก สำหรับขั้นตอนที่ 9 ถึงแม้ว่ามีค่าประสิทธิภาพเวลาที่ต่ำกว่าเป้าหมายกำหนดไว้แต่อยู่ในระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสายการผลิตล่าช้าอย่างรุนแรง ด้วยเหตุนี้ขั้นตอนการทำงานที่ 9 จึงไม่ถูกพิจารณาปรับปรุงในครั้งนี้ เมื่อสังเกตลักษณะการทำงานและพื้นที่ในการทำงานแล้วพบว่ากระบวนการที่ 4 และ 5 มีการจัดตำแหน่งการทำงานที่ไม่เหมาะสมรวมถึงขาดอุปกรณ์ช่วยในการทำงานให้ง่ายและรวดเร็วจึงทำให้เกิดคอขวดกับทั้ง 2 ขั้นตอน ซึ่งส่งผลให้กระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพลดลงซึ่งหาได้จาก

ตารางที่ 1 รายละเอียดข้อมูลรอบการผลิตแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอน	รอบเวลามาตรฐานการผลิต (วินาที/ชิ้น)	เป้าหมายที่ต้องการ (ชิ้น/ชั่วโมง)	ผลิตได้จริง (ชิ้น/ชั่วโมง)	ร้อยละประสิทธิภาพ
1.Housing Preparation	12.49	281	288	102.49
2.Foil Preparation	10.21	281	353	126.33
3.CU Wire Preparation	12.21	281	295	104.98
4.Hand coil Preparation	20.84	281	173	61.56
5.Assembly	17.82	281	202	71.88
6.Moulding	9.67	281	372	132.38
7.Spot Welding	12.48	281	288	102.49
8.Cleaning	12.36	281	291	103.55
9.Final Test	13.01	281	277	98.57
10.Inspection	11.69	281	308	109.60

สมการที่ 1 ตามอ้างอิงที่ [10] เมื่อพิจารณาจากขั้นตอนที่ 4 ที่ใช้เวลาในกระบวนการผลิตมากที่สุดจึงนำมาเป็นตัวแทนคิดประสิทธิภาพสายการผลิต และความเร็วในการผลิตของการผลิต (Takt time) คำนวณได้จากสมการที่ 2 ตามอ้างอิงที่ [10]

$$\text{ประสิทธิภาพสายการผลิต} = \frac{\text{ผลรวมของเวลาการประกอบชิ้นงาน} \times 100}{\text{สถานีงาน} \times \text{รอบเวลาการทำงานสูงสุด}} \quad (1)$$

$$\text{ประสิทธิภาพสายการผลิต} = \frac{132.79\ (\text{วินาทีต่อชิ้น}) \times 100}{10 \times 20.84\ (\text{วินาทีต่อชิ้น})}$$

$$\text{ประสิทธิภาพสายการผลิต} = 63.72\%$$

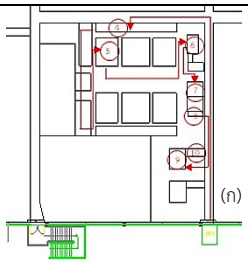
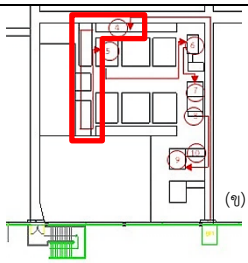
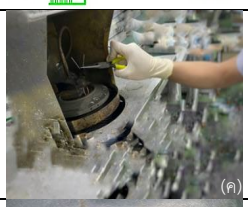
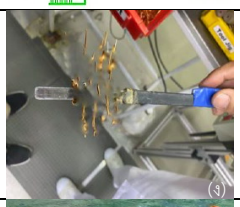
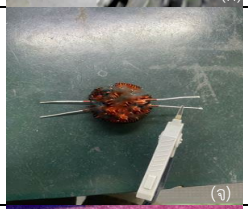
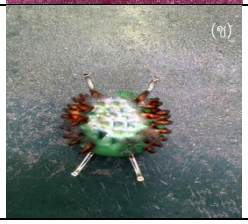
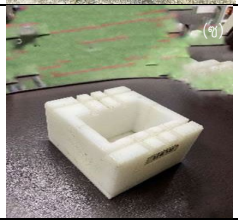
$$\text{ความเร็วในการผลิต} = \frac{\text{เวลาปฏิบัติงานประจำวัน}\ (2\ \text{กะ})}{\text{จำนวนที่ต้องการผลิตต่อวัน}} \quad (2)$$

$$\text{ความเร็วในการผลิต} = \frac{(640.20 \times 2) \times 60}{6000}$$

$$\text{ความเร็วในการผลิต} = 12.80 \text{ วินาทีต่อชิ้น}$$

ผลลัพธ์จากสมการที่1 และ สมการที่ 2 แสดงให้เห็นว่าสายการผลิตนี้มีประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 63.72 และเวลาในการผลิตที่ควรเป็นอยู่ที่ 12.80 วินาทีต่อชิ้น ในแต่ละขั้นตอน ดังนั้นจึงมุ่งแก้ปัญหาในขั้นตอนที่ 4 และ 5 โดยใช้เทคนิค ECRS ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและการทำงาน เพื่อช่วยในการสร้างสมดุลการไหลของงานให้ดีขึ้น

ตารางที่ 2 แนวทางการปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนที่ 4 และ 5

ขั้นตอนที่	ส่วนที่	รายละเอียด	รูปภาพตัวอย่าง		เทคนิค ECRS
			ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	
4	1	รูป (ก) ก่อนการปรับปรุงมีสถานีงานในขั้นตอนที่ 4 หลายจุดและอยู่ห่างกัน ทำให้มีการเคลื่อนย้ายชิ้นงานไปหลายตำแหน่งส่งผลให้เกิดความล่าช้า รูป (ข) จึงทำการรวมงานของกระบวนการเจียร์ลวด จุ่มตะกั่ว และ วัดชิ้นงานให้อยู่ในสายการผลิตเดียวกันหลังจากปรับปรุงการ	 (ก)	 (ข)	Combime ; C
	2	รูป (ค) วิธีการทำงานเดิมในการจุ่มชิ้นงานเพื่อเคลือบตะกั่ว รูป (ง) ออกแบบปรับปรุงจิ๊กจับในขั้นตอนการจุ่มตะกั่วให้สามารถจุ่มได้ครั้งละ 10 ตัว	 (ค)	 (ง)	Simplify ; S
5	1	รูป (จ) วิธีการทำงานในการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าแบบเดิมจากการวัดค่าทีละขา รูป (ฉ) ออกแบบจิ๊กในการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของชิ้นงานปรับปรุงให้วางบนจิ๊กและทำการวัดและตรวจสอบได้ทั้ง 4 ขาในครั้งเดียว	 (จ)	(ฉ)	Simplify ; S
	2	รูป (ช) วิธีการทำงานเดิมในการบัดกรีชิ้นงานจากทีละ 1 ตัว รูป (ซ) ออกแบบจิ๊กช่วยในการบัดกรีครั้งละ 20 ตัว ในการบัดกรีชิ้นงานโดยการนำ housing ไปวางบนจิ๊กแล้วจึงทำการบัดกรี			Simplify ; S
	3	รูป (ฌ) ก่อนปรับปรุงใช้แรงงานในการดัดให้ได้ตามลักษณะและตำแหน่งที่กำหนด รูป (ญ) ออกแบบฟิกเจอร์ เพื่อช่วยในการดัดคอยล์ทำให้การทำงานง่ายและเร็วขึ้น	 (ฌ)	 (ญ)	Simplify ; S

2.3 แนวทางการปรับปรุงขั้นตอนการผลิต จากการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่ก่อให้เกิดความไม่สมดุลในสายการผลิต รวมไปถึงความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ในการปรับปรุงและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ

กระบวนการประกอบ ด้วยแนวคิดการจัดสมดุลสายการผลิต รวมไปถึงการลดความสูญเปล่าด้วยเทคนิค ECRS โดยการใช้หลักในการการรวมงาน (Combine) เพื่อรวมงานที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนที่ 4 ที่มีตำแหน่งการทำงานแยกกัน นำมารวมอยู่ในตำแหน่งการทำงานเดียวกัน และ การทำให้ง่าย (Simplify) ด้วยการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการทำงานให้มีความง่ายและรวดเร็วประกอบด้วย จิ๊กจับในขั้นตอนการจุ่มตะกั่ว, จิ๊กในการตรวจสอบ, จิ๊กช่วยในการบัดกรี และฟิกเจอร์ช่วยในการดัดคอยล์ ทั้งในการทำงานของขั้นตอนที่ 4 และ 5 รายละเอียดการปรับปรุงแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งทำการปรับปรุงขั้นตอนที่ 4 ด้วยการรวมงานของกระบวนการเจียร์ลวด จุ่มตะกั่ว และ วัดชิ้นงานให้อยู่ในสายการผลิตเดียวกัน และปรับปรุงจิ๊กจับในขั้นตอนการจุ่มตะกั่วให้สามารถจุ่มได้ครั้งละ 10 ตัว และขั้นตอนที่ 5 ได้ออกแบบจิ๊กในการตรวจสอบ ค่าทางไฟฟ้าของชิ้นงาน จากก่อนปรับปรุงวัดทีละขา ปรับปรุงให้วางบนจิ๊กและทำการวัด การออกแบบจิ๊กในการบัดกรีชิ้นงานจากทีละ 1 ตัว เป็น ทีละ 20 ตัว ในการบัดกรีชิ้นงานโดยการนำ housing ไปวางบนจิ๊กแล้วจึงทำการบัดกรี และการออกแบบฟิกเจอร์ เพื่อช่วยในการดัดคอยล์ ก่อนปรับปรุงใช้แรงงานในการดัดเป็นหลัง ปรับปรุงใช้ฟิกเจอร์ในการช่วยดัด เพื่อให้การทำงานได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น จากนั้นดำเนินการเก็บข้อมูลด้านเวลาจากการทดลองการทำงานของพนักงานหลังการปรับปรุงด้วยเทคนิค ECRS จำนวน 25 ครั้ง เพื่อนำมาหาประสิทธิภาพของสายการผลิตและเพื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ

3. ผลดำเนินการวิจัย

จากการปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่ด้วยเทคนิค ECRS ทำให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้นด้วยหลักในการรวมงานเข้าด้วยกัน (Combine ; C) และหลักในการทำงานให้ง่าย (Simplify ; S) ทั้งขั้นตอนที่ 4 และ 5 โดยการปรับปรุงกระบวนการสำหรับขั้นตอนการผลิตใน ขั้นตอนที่ 4 Hand coil + Preparation มีการปรับปรุง 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ปรับปรุงผัง (Layout) ในการทำงาน โดยย้ายกระบวนการ เจียร์ลวด จุ่มตะกั่ว และ วัดชิ้นงาน ให้อยู่ในสายการผลิตเดียวกัน ในการผลิตชิ้นงาน ขั้นตอนแรกลวดทองแดงจะถูกตัดตามระยะที่กำหนดโดยเครื่องตัดเพื่อป้องกันการเหลือเศษจากการตัด เมื่อทำการตัดเสร็จสิ้นลวดทองแดงจะถูกลำเลียงโดยรถเข็มเข้าสู่ลิฟท์เพื่อเดินทางไปยังสายการผลิต ลวดทองแดงเคลื่อนย้ายมาถึงสายการผลิตพนักงานจะทำการติดตั้งคอยล์กับจิ๊กจับยึดที่ออกแบบให้พนักงานทำงานได้ง่าย เพื่อเริ่มกระบวนการพันลวดทองแดง ให้ได้ตามรอบที่กำหนดแล้วจึงเข้าสู่กระบวนการ ขัดขาลวดทองแดงที่ผ่านการพันคอยล์ นำขาลวดทองแดงที่ผ่านการพันคอยล์ไปจุ่มตะกั่ว ทำการวัดค่าไฟฟ้าและเข้าสู่กระบวนการขั้นตอนที่ 5 เป็นกระบวนการเจียร์ลวด จุ่มตะกั่ว และ วัดชิ้นงาน ที่อยู่สายการผลิตเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ลดระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายได้มาก ส่วนที่ 2 ปรับปรุงจิ๊กที่ใช้ในการจุ่มตะกั่ว จากจุ่มที่ละตัว เป็น ทีละ 10 ตัว โดยอาศัยหลักการความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ (Waste) ในขั้นตอนลดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น การจุ่มตะกั่วเริ่มต้นกระบวนการโดยการนำคอยล์ที่ผ่านการพันด้วยลวดทองแดงมาเข้าสู่ กระบวนการใส่แผ่น Foil และเข้าสู่กระบวนการขัดขาทองแดงตามมาด้วยกระบวนการจุ่มตะกั่วก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการการวัดค่าไฟฟ้า ในขั้นตอนการจุ่มตะกั่วก่อนปรับปรุงจะทำการจุ่มได้ทีละ 1 ตัว ซึ่งเกิดความล่าช้า เมื่อทำการปรับปรุงจิ๊กจับในขั้นตอนการจุ่มตะกั่วให้สามารถจุ่มได้ครั้งละ 10 ตัว ซึ่งจะสามารถลดระยะเวลาในขั้นตอนนี้ได้ เช่นเดียวกับส่วนที่ 3 ขั้นตอนการบัดกรีชิ้นงานแบบเดิมทำการบัดกรีทีละ 1 ตัว ซึ่งเกิดความล่าช้าเพื่อนำชิ้นงานที่บัดกรีแล้วเสร็จออกและเปลี่ยนชิ้นงานใหม่มาบัดกรี เมื่อออกแบบปรับปรุงจิ๊กสำหรับปฏิบัติการบัดกรีแล้วสามารถทำได้ครั้งละ 20 ตัว ซึ่งลดเวลาการทำงานได้อย่างมาก รวมถึงขั้นตอนการดัดคอยล์จากเดิมใช้คนดัดทีละขาให้มีลักษณะและตำแหน่งของขาคอยล์ที่ดัดตามแบบงานที่กำหนด เมื่อออกแบบฟิกเจอร์สำหรับการดัดคอยล์แล้วสามารถทำได้ง่ายและเร็วขึ้นเนื่องจากกำหนดตำแหน่งของขาคอยล์ที่ดัดไปตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ในฟิกเจอร์ จากการเก็บข้อมูลเวลาการทดลองในการทำงานจำนวน 25 ครั้งและนำมาหาค่าเฉลี่ยของเวลาเพื่อเปรียบเทียบเวลาการทำงานขั้นตอนที่ 4 และ 5 ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3 และผลการเปรียบเทียบผลแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ข้อมูลเวลาการทำงานก่อนและหลังปรับปรุงขั้นตอนที่ 4 และ 5

จำนวนครั้ง	ขั้นตอนที่ 4				ขั้นตอนที่ 5				
	เวลาก่อนปรับปรุง (วินาที)	เวลาการหลังปรับปรุง (วินาที)		เวลาเฉลี่ยรวมหลังปรับปรุงทั้ง 2 ส่วน	เวลาก่อนปรับปรุง (วินาที)	เวลาหลังปรับปรุง (วินาที)			เวลาเฉลี่ยรวมหลังปรับปรุงทั้ง 3 ส่วน
		ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2			ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2	ส่วนที่ 3	
1	259	203	152	177.5	270	274	242	201	239.0
2	271	213	154	183.5	301	276	255	211	247.3
3	231	233	145	189.0	273	298	243	197	246.0
4	244	199	149	174.0	286	251	252	194	232.3
5	255	223	148	185.5	302	266	270	213	249.7
6	246	205	135	170.0	299	261	240	202	234.3
7	277	180	148	164.0	267	243	228	228	233.0
8	248	186	149	167.5	280	265	272	234	257.0
9	260	193	140	166.5	260	268	268	217	251.0
10	249	198	131	164.5	283	284	279	215	259.3
11	259	191	156	173.5	267	271	248	190	236.3
12	267	195	147	171.0	288	279	237	200	238.7
13	236	221	131	176.0	292	265	245	194	234.7
14	269	191	162	176.5	307	289	251	201	247.0
15	226	213	154	183.5	319	267	255	196	239.3
16	256	208	150	179.0	323	293	248	216	252.3
17	250	186	123	154.5	276	286	256	190	244.0
18	249	192	134	163.0	279	286	252	194	244.0
19	242	189	132	160.5	292	288	243	186	239.0
20	272	220	156	188.0	266	294	252	198	248.0
21	233	205	144	174.5	285	274	243	185	234.0
22	248	211	156	183.5	279	257	258	178	231.0
23	237	207	175	191.0	251	260	243	203	235.3
24	245	186	155	170.5	292	285	252	184	240.3
25	224	179	144	161.5	290	291	249	203	247.7
เวลาเฉลี่ย	250.05	201.06	146.76	173.9	285.15	274.91	251.40	201.05	242.4
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	14.21	14.02	11.23	9.85	17.14	14.19	11.36	13.40	7.91

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลของเวลาในการทำงานขั้นตอนที่ 4 และ 5

รายละเอียด	ขั้นตอนที่ 4			ขั้นตอนที่ 5			
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง		ก่อน ปรับปรุง	หลังปรับปรุง		
		ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2		ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2	ส่วนที่ 3
เวลาเฉลี่ย (วินาทีต่อชิ้น)	250.05	201.06	146.76	285.15	274.91	251.40	201.05
Takt time (วินาทีต่อชิ้น)	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80
เวลาสมดุล (วินาทีต่อชิ้น)	20.84	16.75	12.23	17.82	17.18	15.71	12.57
ผลต่าง	+8.04	+3.95	-0.57	+5.02	+4.38	+2.91	-0.23

พบว่าเมื่อปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนที่ 4 แล้วพบว่าเมื่อปรับปรุงส่วนที่ 1 รวมงานเข้าด้วยกันมีเวลาสมดุลในการทำงานสูงกว่า takt time เท่ากับ 3.95 วินาทีต่อชิ้น และเมื่อปรับปรุงส่วนที่ 2 สร้างจิ๊กในการจุ่ม เวลาสมดุลในการทำงานลดลงต่ำกว่า takt time ทำให้ผลต่างระหว่าง takt time กับเวลาสมดุลเท่ากับ 0.57 วินาที การปรับปรุงและลดความสูญเปล่าในขั้นตอนที่ 5 Assembly ซึ่งดำเนินการปรับปรุงให้มีการทำงานที่ง่ายขึ้นโดยปรับปรุง 3 ส่วน โดยรายละเอียดเปรียบเทียบเวลาการทดลองทำงาน

ส่วนที่ 1 ออกแบบจิ๊กในการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของชิ้นงาน จากเมื่อก่อนวัดทีละขาเป็นวางบนจิ๊กและทำการวัด เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนในกระบวนการประกอบชิ้นงานจะถึงขั้นตอนการตรวจสอบค่าไฟฟ้าของชิ้นงานก่อนปรับปรุงจะทำการวัดค่าไฟฟ้าของชิ้นงานทีละขา โดยออกแบบจิ๊กวัดค่าไฟฟ้าชิ้นงานโดยการวางชิ้นงานบนจิ๊กและทำการวัดค่ารอบเดียวเพื่อความสะดวกในการวัดค่าและสามารถลดระยะเวลาและความลำบากในการวัดค่าลงได้ตาม

ส่วนที่ 2 ออกแบบจิ๊กในการบัดกรีชิ้นงานจากทีละ 1 ตัว เป็น ทีละ 20 ตัว ในการบัดกรีชิ้นงาน

ส่วนที่ 3 ออกแบบฟิกเจอร์ในการดัดคอยล์ กระบวนการนำชิ้นงานทั้งหมดประกอบใน housing ในขั้นตอนการประกอบคอยล์นั้นจะมีการดัดลวดจากคอยล์ที่นำมาประกอบก่อนนำไปบัดกรีกระบวนการนี้ก่อนปรับปรุงจะใช้แรงงานในการดัดจึงสร้างฟิกเจอร์ในการช่วยดัดคอยล์ขึ้นมาเพื่อลดความผิดพลาดระหว่างการทำงานและลดระยะเวลาในการทำงานลง

พบว่าเมื่อปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนที่ 5 แล้วพบว่าเมื่อปรับปรุงส่วนที่ 1 สร้างจิ๊กในการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้ามีเวลาสมดุลในการทำงานสูงกว่า takt time เท่ากับ 4.38 วินาทีต่อชิ้น เมื่อปรับปรุงส่วนที่ 2 ด้วยการสร้างจิ๊กในการบัดกรีชิ้นงานมีเวลาสมดุลในการทำงานสูงกว่า takt time เท่ากับ 2.91 วินาทีต่อชิ้น และส่วนที่ 3 ออกแบบฟิกเจอร์ช่วยในการดัดคอยล์เวลาสมดุลในการทำงานลดลงต่ำกว่า takt time ทำให้ผลต่างระหว่าง takt time กับเวลาสมดุลเท่ากับ 0.23 วินาที

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของการทำงานจากเวลากระบวนการผลิตที่ลดลงของทั้งขั้นตอนที่ 4 และ 5 หาได้จากสมการที่ 3 ผลของค่าประสิทธิภาพแสดงดังตารางที่ 5

$$\text{ค่าร้อยละประสิทธิภาพ} = \frac{\text{เวลาเฉลี่ยหลังปรับปรุง} - \text{เวลาก่อนปรับปรุง}}{\text{เวลาก่อนปรับปรุง}} \times 100 \qquad (3)$$

จากตารางที่ 5 ค่าประสิทธิภาพเวลาการทำงานในขั้นตอนที่ 4 และ ขั้นตอนที่ 5 มีค่าติดลบแสดงให้เห็นว่า เวลาในการทำงานของทั้ง 2 ขึ้นตอน ลดลงจากเดิมก่อนการปรับปรุง ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการทำงานได้เร็วขึ้นและสามารถทำการผลิตชิ้นงานได้เพิ่มขึ้น โดยที่ขั้นตอนที่ 4 มีร้อยละประสิทธิภาพเวลาทำงานเฉลี่ย -30.23 และขั้นตอนที่ 5 มีร้อยละประสิทธิภาพเวลาทำงานเฉลี่ย -14.68

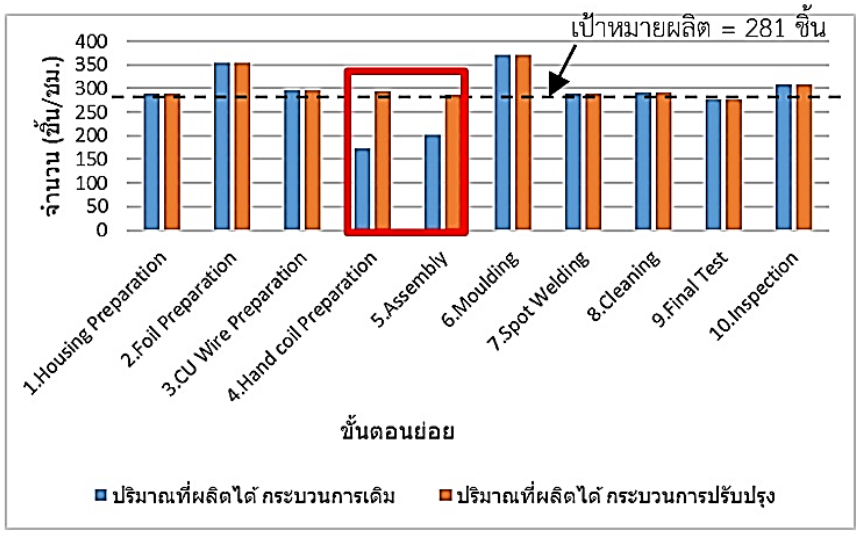
ตารางที่ 5 ค่าร้อยละประสิทธิภาพเวลาการทำงาน

จำนวนครั้ง	ขั้นตอนที่ 4			ขั้นตอนที่ 5		
	เวลาก่อนปรับปรุง (วินาที)	เวลาเฉลี่ยรวมหลังปรับปรุงทั้ง 2 ส่วน	ร้อยละประสิทธิภาพเวลาทำงาน	เวลาก่อนปรับปรุง (วินาที)	เวลาเฉลี่ยรวมหลังปรับปรุงทั้ง 3 ส่วน	%ประสิทธิภาพเวลาทำงาน
1	259	177.5	-31.47	270	239.0	-11.48
2	271	183.5	-32.29	301	247.3	-17.84
3	231	189.0	-18.18	273	246.0	-9.89
4	244	174.0	-28.69	286	232.3	-18.78
5	255	185.5	-27.25	302	249.7	-17.32
6	246	170.0	-30.89	299	234.3	-21.64
7	277	164.0	-40.79	267	233.0	-12.73
8	248	167.5	-32.46	280	257.0	-8.21
9	260	166.5	-35.96	260	251.0	-3.46
10	249	164.5	-33.94	283	259.3	-8.37
11	259	173.5	-33.01	267	236.3	-11.50
12	267	171.0	-35.96	288	238.7	-17.12
13	236	176.0	-25.42	292	234.7	-19.62
14	269	176.5	-34.39	307	247.0	-19.54
15	226	183.5	-18.81	319	239.3	-24.98
16	256	179.0	-30.08	323	252.3	-21.89
17	250	154.5	-38.20	276	244.0	-11.59
18	249	163.0	-34.54	279	244.0	-12.54
19	242	160.5	-33.68	292	239.0	-18.15
20	272	188.0	-30.88	266	248.0	-6.77
21	233	174.5	-25.11	285	234.0	-17.89
22	248	183.5	-26.01	279	231.0	-17.20
23	237	191.0	-19.41	251	235.3	-6.25
24	245	170.5	-30.41	292	240.3	-17.71
25	224	161.5	-27.90	290	247.7	-14.59
เวลาเฉลี่ย	250.05	173.9	-30.23	285.15	242.4	-14.68
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	14.21	9.85	5.77	17.14	7.91	5.53

4. สรุปและอภิปรายผล

กระบวนการผลิตชิ้นงานอิเล็กทรอนิกส์ในสายการผลิต ซึ่งประสิทธิภาพการผลิตยังไม่สามารถเป็นไปตามแผนการผลิตที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ อันเนื่องมาจากในบางกระบวนการมีความเร็วในการผลิตที่ช้ากว่ามาตรฐานซึ่งใช้เวลาสูงเกินรอบการผลิตชิ้นงานต่อชิ้น (Takt Time) ประกอบไปด้วย 2 กระบวนการด้วยกัน ประกอบไปด้วย การพันคอยล์ (Hand coil +Preparation) และกระบวนการประกอบชิ้นงาน (Assembly) จึงใช้หลักการศึกษาเวลาเพื่อลดความสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS เพื่อปรับปรุงสมดุลสายการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งทำให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้นด้วยหลักในการรวมงานเข้าด้วยกัน (Combine ; C) และหลักในการทำงานให้ง่าย (Simplify ; S) ทั้งขั้นตอนที่ 4 และ 5 โดยเวลาที่ใช้ในการผลิตของทั้ง 2 ขั้นตอน ลดลงและไม่สูงเกินรอบเวลาการผลิตต่อชิ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30.23 ในขั้นตอนที่ 4 และ ร้อยละ 14.68 ของขั้นตอนที่ 5 ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตเข้าใกล้ตามเป้าหมายกำหนด

หลังปรับปรุงสายการผลิตสามารถสรุปผลของเวลาแต่ละกระบวนการผลิต ข้างต้นแล้วนั้น โดยผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดความสูญเสียเวลาจากการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นพบว่า เวลาที่ใช้ในการผลิตลดลงเนื่องมาจากการปรับปรุงกระบวนการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและสะดวกต่อผู้ใช้งาน รวมไปถึงการจัดการกระบวนการในการรวมงานให้มีประสิทธิภาพการผลิตที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณการผลิตของขั้นตอนที่ 4 และ 5 เพิ่มขึ้น เป็น 294 ชิ้นต่อชั่วโมง และ 286 ชิ้นต่อชั่วโมง ตามลำดับแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณการผลิตก่อนและหลังปรับปรุง

และจากการจัดสมดุลการผลิต พบว่า เมื่อคิดประสิทธิภาพของสายการผลิตรวมทั้ง 10 ขั้นตอน หลังผ่านการปรับปรุงตามสมการที่ 1 สายการผลิตโดยรวมในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 63.72 เป็นร้อยละ 94.60 ซึ่งประสิทธิภาพการผลิตโดยรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 30.88 ระยะเวลาในการผลิตลดลงใกล้เคียงกับมาตรฐานที่กำหนด สามารถเพิ่มจำนวนการผลิตจาก 2,847 ชิ้นต่อวัน เป็น 5,449 ชิ้นต่อวัน เนื่องจากการรวมงานที่สามารถทำด้วยกันได้มาอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน และการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการทำงานได้ครั้งละหลายชิ้นและง่ายส่งผลให้พนักงานสามารถทำงานได้อย่าง

รวดเร็วและไม่เกิดของเสียหรือตำหนิในชิ้นงานซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอ้างอิงที่ [6,11,12] ที่ได้ใช้เทคนิค ECRS และการจัดสมดุลสายการผลิต เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตภาคอุตสาหกรรม

อย่างไรก็ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ในการผลิตอยู่ที่ 6,000 ชิ้นต่อวัน จึงควรมีการปรับปรุงพัฒนาในขั้นตอนการทำงานที่ 9 และขั้นตอนอื่นอย่างต่อเนื่องด้วยเทคนิคลีน เทคนิคการควบคุมคุณภาพ เป็นต้นเพื่อให้การทำงานมีความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในสายการผลิตให้ครบทั้ง 10 ขั้นตอนการทำงานทันสมัยอยู่เสมอซึ่งจะสามารถช่วยให้กระบวนการผลิตในการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพดีขึ้นอีกทั้งเพื่อรองรับความเปลี่ยนแปลงของเครื่องจักรการผลิตและรุ่นของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของลูกค้า

5. เอกสารอ้างอิง

[1] T. Dankhate, T. Sae-Lee and C. Pattayano. “Line Balancing for Reducing Waste of Producing: A Case Study frozen salmon Process”. in *proceeding of industrial engineering network conference 2018*, Ubon Ratchathani University, Thailand, pp. 1-6, 2018. (In Thai)

[2] Y. jongjun, Y. ketmuang and N. buripun “Production Balancing Line for Reducing Waste In Process Production Maintain Mounting Dump”, in *proceeding of industrial engineering network conference 2012*, Sripatum University, Thailand, pp. 281-288, 2012. (In Thai)

[3] J. Kongchuenjai and C. Chamnanlor. “Mixed Model Line Balancing in Automotive Industry using Mathematical Models”. *Thai Journal of Operations Research*. Vol 6(1), pp. 13-21, 2018. (In Thai)

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

[5] 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 Mix Process”. *Engineering Journal Chiang Mai University*. Vol 27(1), pp.1-1, 12020. (In Thai)

[6] W. Sirirak, N. Jaikhom, A. Pinchaimoon, T. Klongdee, and S. Sirisean. “ECRS technique using for honey filling process improvement”. *Journal of Manufacturing and Management Technology (JMMT)*. Vol 1(1), pp 1-10, 2022. (In Thai)

[7] C. Pornsing and S. Amphutsa. “Process and Plant Layout Improvement using Industrial Engineering Techniques: A Case Study Sample LED Light Factory”. *Thai Science and Technology Journal*. Vol. 27(6), pp. 1132-1146, 2019. (In Thai)

[8] C. Khambunlue, T. Pornpriphet, and K. Wongpoo. “Increasing Efficiency of Cutting Process Thai Enterprises Kanom(Krayasart) of Small Enterprises Kanom Thai Ban Tak”. *RMUTL Engineering Journal*. Vol. 4(2), pp. 45-53, 2019. (In Thai)

[9] N. Kanoksirirujisaya, S. Srininpan and S. Ratchabut. “Reducing waste reduction in parts manufacturing processes Hard disk drives (HDDs) by ECRS techniques”. *Journal of Industrial Technology and Innovation*. Vol. 1(1), pp. 1-11, 2022. (In Thai)

[10] IE Business Solution co.,ltd, (21 May 2021). Finding Takt Time for production line balancing [Online] Available : https://ieprosoft.com/

[11] P. Phichitphajongkij. "Improvement of Chassis Production Process of Truck Factory" *Engineering Journal Chiang Mai University*. Vol 25(2), pp. 55-66, 2018. (In Thai)

[12] C. Kittidecha and A. Chaiklang "The Productivity Improvement of Bottled Water Manufacturing using Work Study Technique". *Journal of Manufacturing and Management Technology (JMMT).* Vol 1(1), pp 1-9, 2022. (In Thai)