



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การเพิ่มผลผลิตในการเชื่อมชิ้นส่วนยานยนต์: กรณีศึกษาการออกแบบอุปกรณ์จับยึดบริษัท โพรเกรส พาร์ท แอนด์ ได จำกัด

Increasing productivity in automotive parts welding: a case study on clamping device design at Progress Part and Die Co., Ltd

สรารุ อิศรานูวัฒน์¹ ยูธณรงค์ จงจันทร² ศรีนยา ประทีปชนะชัย³ ดนัย สอนสุภาพ^{4*}
สายันต์ สมวัน⁵

¹สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

²สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และกระบวนการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

³สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

⁴สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

⁵ประธานกรรมการผู้จัดการ บริษัท โพรเกรส พาร์ท แอนด์ ได จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

Sarawut Itsaranuwat¹ Yuthanarong Jongjun² Sarinya Prateepchanachai³ Danai Sornsuphap^{4*}
Sayan Somwan⁵

¹Department of Product Design, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University, Muang, Chachoengsao 24000

²Department of Logistics and Process Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajanagarindra Rajabhat University, Muang, Chachoengsao 24000

³Department of Industrial Management Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajanagarindra Rajabhat University, Muang, Chachoengsao 24000

⁴Department of Industrial Technical Education Faculty of Technical Education Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen Campus, Muang, Khonkaen 40000

⁵Managing Director, Progress Part and Die Co., Ltd, Muang, Chachoengsao 24000

*Corresponding author.

E-mail: Danai.so@Rmuti.ac.th; Telephone: 0861288993

วันที่รับบทความ 3 พฤษภาคม 2567; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 21 กรกฎาคม 2567; วันที่ตอบรับบทความ 9 กันยายน 2567

บทคัดย่อ

บริษัท โพรเกรส พาร์ท แอนด์ ได จำกัด ผลิตชิ้นส่วนแคลมป์เบรกให้กับผู้ประกอบการรถยนต์รายใหญ่ในประเทศ มีใบสั่งผลิต 45,000 ชิ้นต่อเดือน การผลิตขั้นสุดท้ายใช้แขนกลเชื่อมชิ้นงาน 4 ชิ้นต่อครั้ง รอบเวลาการผลิต 109 วินาที ใช้เครื่องจักร 2 เครื่องและพนักงานควบคุม 2 คน กำลังการผลิตเดิมอยู่ที่ 1,056 ชิ้นต่อวัน อัตราผลิตภาพ 132 ชิ้นต่อชั่วโมงต่อคน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยพบว่าพนักงาน 1 คนสามารถควบคุมเครื่องจักรได้ 2 เครื่อง ผู้วิจัยจึงใช้เทคนิค 5W1H ออกแบบและเพิ่มอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานอีก 1 ชุด ทำให้พนักงานทำงานต่อเนื่องขณะรอแขนกลเชื่อมชิ้นงานผลการปรับปรุงพบว่าค่าอัตราประโยชน์ของพนักงานเพิ่มขึ้นจาก 45.87% เป็น 200% ค่า

อรรถประโยชน์ของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจาก 56.73% เป็น 94.91% กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 1,056 ชิ้นต่อวัน เป็น 1,952 ชิ้นต่อวัน เพิ่มขึ้น 84.84% และอัตราผลิตภาพเพิ่มขึ้นจาก 132 ชิ้นต่อชั่วโมงต่อคน เป็น 244 ชิ้นต่อชั่วโมงต่อคน เพิ่มขึ้น 84.84%

คำสำคัญ

ค่าอรรถประโยชน์ อัตราการผลิตเพิ่มผลผลิต แผนภูมิคน-เครื่องจักร อุปกรณ์จับยึด แขนกลงานเชื่อม

Abstract

Progress Parts and Dies Co., Ltd. manufactures brake clamp parts for major automobile manufacturers in the country. They receive an order for 45,000 pieces per month. The final production step involves using a robotic arm to weld 4 pieces per batch, production cycle time 109 seconds, using 2 machines and 2 operators, with the initial production capacity at 1,056 pieces per day and a productivity rate of 132 pieces per hour per person. The objective of this research is to improve the production process. It was found that one operator can control 2 machines. Using the 5W1H technique, researchers designed and added another set of workpiece holders, allowing continuous work without waiting for the robotic arm to finish welding. The improvement results showed that the worker utilization increased from 45.87% to 200%, an increase of 154.13%. Machine utilization increased from 56.73% to 94.91%, an increase of 38.18%. Production capacity increased from 1,056 pieces per day to 1,952 pieces per day, an increase of 84.84%. Productivity increased from 132 pieces per hour per person to 244 pieces per hour per person, an increase of 84.84%.

Keywords

utilization; productivity rate; man-machine chart; clamping device; welding manipulator

1. บทนำ

อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ได้รับการส่งเสริมจากรัฐบาลไทยอย่างต่อเนื่องนับจากปี 2506 โดยระยะเริ่มแรก ภาครัฐเน้นออกมาตรการเพื่อสนับสนุนการลงทุนผลิตและใช้ชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศ โดยเฉพาะการปรับขึ้นภาษีนำเข้ารถยนต์สำเร็จรูป และขึ้นส่วนครบชุดสมบูรณ์ ต่อมาคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน ได้ออกมาตรการส่งเสริมการลงทุน อาทิ การยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล และการยกเว้นอากรขาเข้าเครื่องจักร เพื่อดึงดูดนักลงทุนต่างชาติให้เข้ามาตั้งฐานการผลิตในไทย นอกจากนี้ ภาครัฐกำหนดสัดส่วนบังคับใช้ชิ้นส่วนยานยนต์ที่ผลิตในประเทศ ในการผลิตยานยนต์ ซึ่งปัจจุบันข้อกำหนดดังกล่าวได้ถูกยกเลิกแล้วแต่การผลิตรถยนต์นั่งในไทยยังคงใช้ชิ้นส่วนที่ผลิตในประเทศคิดเป็นสัดส่วน 60-80% ของมูลค่าชิ้นส่วนยานยนต์ทั้งหมด ขณะที่รถยนต์นั่งประเภท

Eco-car และรถปิออัพใช้ชิ้นส่วนที่ผลิตในประเทศ 90% ข้อมูลจากศูนย์วิจัยกรุงศรี {1}

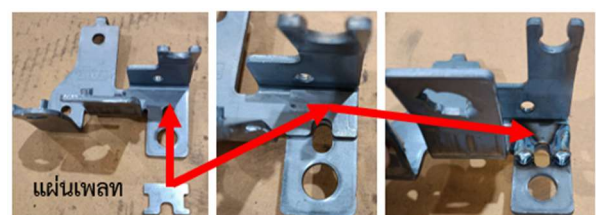
บริษัท โพรเกรส พาร์ท แอนด์ ได จำกัด (PPD) เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนให้กับบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ทั้งภายใน และนอกประเทศ ปัจจุบันมีใบสั่งผลิต (Order) ชิ้นส่วนแคลมป์เบรก (BRACET HMR 476F) จากลูกค้า 45,000 ชิ้นต่อเดือน ดังแสดงในรูปที่ 1



จุดที่เกิดปัญหาการบิดรูปหรือหักงอ

รูปที่ 1 ชิ้นส่วนแคลมป์เบรก (BRACET HMR 476F)

จากรูปที่ 1 แสดงชิ้นส่วนแคลมป์เบรก (BRACET HMR 476F) ซึ่งหลังจากผลิตแล้วส่งให้ลูกค้าไปทดลองประกอบเข้ากับรถยนต์เกิดปัญหาชิ้นส่วนแคลมป์เบรกเกิดการบิดรูปหรือหักงอเนื่องจากมีจุดที่ต้องรับแรงมากกว่าจุดอื่น ฝ่ายผลิตบริษัท โพรเกรส พาร์ท แอนด์ ได จำกัด แก้ปัญหาด้วยการเสริมแผ่นเพลทเพื่อเพิ่มความแข็งแรงตรงบริเวณจุดที่มีปัญหาดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเสริมแผ่นเพลทบนชิ้นส่วนแคลมป์เบรก (BRACET HMR 476F)

จากรูปที่ 2 การทำงานมีรอบเวลาการผลิต 109 วินาที ต่อการเชื่อม 4 ชิ้น ใช้แขนกลเชื่อม (Welding Robot) 2 เครื่อง พนักงานควบคุม 2 คน จากการสังเกตกระบวนการทำงานของพนักงานและเครื่องจักร ด้วยหลักการ 3 จี (3 gen) พบว่าขณะเครื่องจักรทำงานพนักงานเกิดเวลาที่ไร้ประสิทธิภาพ (Ineffective Time) จากการยืนรอให้เครื่องจักรทำงานเสร็จ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนแคลมป์เบรก (BRACET HMR 476F) ด้วยการออกแบบและจัดสร้างอุปกรณ์ช่วยในการทำงาน โดยมีเป้าหมายหลังจากการปรับปรุงแล้วสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานได้น้อย 50 เปอร์เซ็นต์

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เวลาที่ไร้ประสิทธิภาพ (Ineffective Time)

เวลาที่ไร้ประสิทธิภาพ (Ineffective Time) คือ เวลาที่ไม่ได้ทำอะไรและไม่เกิดผลผลิตใด ๆ ในการดำเนินการผลิต โดยทั่วไปการผลิตหรือการทำงานมักจะเกิดการรบกวนทำให้เวลาทำงานสำหรับผลิตต่อหน่วยผลิตสูงขึ้น เวลาที่มากขึ้นนี้เรียกว่า “เวลาที่ไร้ประสิทธิภาพ” ซึ่งเกิดจากการรบกวนการทำงานใด ๆ ทำให้งานผลิตหรือการทำงานต้องหยุดชะงักลงชั่วคราว โดยปราศจากการผลิตหรือผลงาน เวลาที่เสียไปดังกล่าวจึงเป็นเวลาสูญเปล่า ทำให้อัตราผลผลิตลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ อภิสร ทงบุญชุม [2] ปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตชุดควบคุมอุณหภูมิโดยมุ่งเน้นปรับปรุงขั้นตอนการเชื่อมบัดกรีวงจรแผ่นพิมพ์ด้วยมือ โดยแบ่งงานวิจัยออกเป็น 3 ระยะ คือ (1) ศึกษากระบวนการและกำหนดเวลามาตรฐาน (2) จัดทำรายงานติดตามและรายงานผลประสิทธิภาพการผลิต และ (3) ปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยหลักการอีซีอาร์เอส (ECRS) ผลการวิจัยได้เกณฑ์ในการกำหนดลำดับการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บนแผงวงจรพิมพ์ ได้รายงานการผลิตประจำวัน ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 15.84 เปอร์เซ็นต์ เวลาการผลิตลดลง 4.11 เปอร์เซ็นต์

2.2 แผนภูมิการไหลกระบวนการผลิต (Flow Process Chart)

แผนภูมิการไหลกระบวนการผลิต เป็นแผนภูมิที่นำมาใช้เพื่อทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ขั้นตอนการไหล (Flow)

ของกระบวนการทำงาน ที่เคลื่อนไปในกระบวนการพร้อมกับกิจกรรมต่าง ๆ โดยใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 สัญลักษณ์ ที่ถูกกำหนดโดยสมาคมวิศวกรรมเครื่องกลของอเมริกา โดยแบ่งกิจกรรมในวิธีการทำงานออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์มาตรฐานการไหลของกระบวนการ

สัญลักษณ์	ความหมาย
●	การปฏิบัติงาน (Operation)
■	การตรวจสอบ (Inspection)
➡	การเคลื่อนย้าย (Transportation)
⬤	การรอคอย (Delay)
▼	การจัดเก็บ (Storage)

จากตารางที่ 1 สัญลักษณ์ของแผนภูมิการไหลจะใช้ในการบันทึกข้อมูลกระบวนการอย่างละเอียดเพื่อให้ผู้วิจัยนำไปใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป สอดคล้องงานวิจัยของ ยุทธณรงค์ จงจันทร์ [3] ปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนไส้เตา โดยใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตในการเก็บข้อมูลขั้นตอนการผลิต วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพแบบใหม่เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงแก้ไขด้วยเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยหลักการอีซีอาร์เอส พบว่าลดจำนวนสถานีงานได้ 2 สถานี คิดเป็น 22.22 เปอร์เซ็นต์ ลดจำนวนพนักงานได้ 8 คน คิดเป็น 38.09 เปอร์เซ็นต์ ลดรอบเวลาการผลิตรวมได้ 1.71 นาที คิดเป็นร้อยละ 14.39 เพิ่มกำลังการผลิตได้ 7,696 ชิ้นต่อเดือน ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้น 33.04 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเพิ่มผลผลิตภาพการผลิตได้ 1.47 ชิ้น/ชั่วโมง/คน คิดเป็นเพิ่มขึ้น 106.52 เปอร์เซ็นต์

2.3 แผนภูมิคน-เครื่องจักร (Man-Machine Chart)

แผนภูมิคน-เครื่องจักร เป็นแผนภูมิกิจกรรมทวิคูณชนิดพิเศษที่ใช้ในการบันทึกเฉพาะการทำงานของคนและเครื่องจักรเท่านั้น โดยเป็นการบันทึกเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของการทำงานระหว่างคนกับเครื่องจักร ซึ่งส่วนมากเครื่องจักรจะทำงานในขณะที่คนยืนหรือนั่งดูเฉย ๆ เป็นการรอเครื่องจักรทำงาน ในขณะที่เครื่องจักรทำงานเสร็จคนถึงจะเริ่มทำงานโดยที่

เครื่องจักรจะหยุดอยู่เฉย ๆ เช่นกัน เพราะฉะนั้นหลักการในการปรับปรุงการทำงานของคนกับเครื่องจักร จึงมีแนวคิดที่ว่า “เครื่องจักรต้องไม่หยุดทำงานเพื่อรอคนและคนก็ต้องไม่หยุดทำงานเพื่อรอเครื่องจักร” [4] สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุทธิดา การเวก และคณะ [5] ปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกระบอกแรงดันน้ำให้กับผู้ผลิตเครื่องมือทางการแพทย์แห่งหนึ่ง ด้วยการเลือกใช้แผนภูมิกิจกรรมทวิคูณประเภทคน-เครื่องจักร เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมกับพนักงานสามารถควบคุมได้จำนวน 2 เครื่อง คำนวณหาค่าอัตราประโยชน์ของพนักงานเปรียบเทียบก่อน-หลังปรับปรุงพบว่าเพิ่มขึ้นจาก 42.60 เปอร์เซนต์ เป็น 168.27 เปอร์เซนต์ อัตราผลิตภาพเพิ่มขึ้นจาก 24.75 ขึ้นต่อชั่วโมงต่อคน เป็น 49.51 ขึ้นต่อชั่วโมงต่อคน เพิ่มขึ้น 24.75 ขึ้นต่อชั่วโมงต่อคน คิดเป็น 100 เปอร์เซนต์

2.3.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภูมิคนและเครื่องจักร (Man-Machine Chart)

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภูมิคนและเครื่องจักร การวิเคราะห์งานด้วยแผนภูมิคน-เครื่องจักร จะใช้กราฟแท่ง (Bar Chart) แทนกิจกรรมแต่ละประเภท โดยใช้การระบายสีหรือสัญลักษณ์แทนกิจกรรมที่เป็น อิสระ กิจกรรมร่วม หรือการว่างงาน และมีตารางสรุปเวลาการทำงานไว้ข้างล่างแผนภูมิเสมอ [6] โดยตัวอย่างสัญลักษณ์แสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สัญลักษณ์ของแผนภูมิคน – เครื่องจักร

สัญลักษณ์	ความหมาย-คำจำกัดความ
	กิจกรรมอิสระ กิจกรรมที่ คน-เครื่องจักร ทำงานอิสระต่อกัน
	กิจกรรมร่วม กิจกรรมที่ คน-เครื่องจักร ทำงานร่วมกัน
	กิจกรรมว่างงานหรือรอคอยงาน กิจกรรมที่ คน-เครื่องจักร ไม่ได้ทำงานหรือยืนเฉย ๆ

2.3.2 แนวทางการวิเคราะห์ของแผนภูมิคน-เครื่องจักร

แนวทางการวิเคราะห์ของแผนภูมิคน-เครื่องจักร เริ่มจากการบันทึกกิจกรรมและเวลาโดยแยกประเภทของกิจกรรมอิสระ กิจกรรมร่วมกัน และกิจกรรมว่างงาน ของคนและเครื่องจักร ออกจากกันโดยอาศัยสัญลักษณ์ทั้ง 3 ชนิด จากนั้น

นำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การทำงานของพนักงานและเครื่องจักรโดยใช้สมการที่ 1

$$\text{เปอร์เซ็นต์การทำงาน} = \frac{\text{เวลาทำงานจริง}}{\text{รอบเวลาการผลิต}} \times 100 \quad (1)$$

จากนั้นวิเคราะห์กิจกรรมการทำงานต่าง ๆ อย่างละเอียด เพื่อศึกษาว่ากิจกรรมอิสระใดบ้างที่สามารถสับเปลี่ยนเพื่อให้ลดการคอยงานลงหรือลดขั้นตอนการทำงานบางอย่างลงเพื่อให้เวลาการทำงานเร็วขึ้นหรือวิเคราะห์ด้วยวิธีการคำนวณหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมกับการทำงานของพนักงานที่สามารถควบคุมได้ โดยใช้สมการที่ 2

$$N_{m/c} = [(T_{m/c} + T_{MD}) / (T_{MI} + T_{MD})] \quad (2)$$

$N_{m/c}$ = คือ จำนวนเครื่องจักรที่พนักงานสามารถควบคุมได้

$T_{m/c}$ = คือ เวลาการทำงานอิสระของเครื่องจักร

T_{MD} = คือ เวลาทำงานร่วมกันของพนักงานกับเครื่องจักร

T_{MI} = คือ เวลาในการทำงานอิสระของพนักงาน

2.3.3 ค่าอัตราประโยชน์ (Utilization)

ค่าอัตราประโยชน์ คือ ร้อยละของจำนวนเวลาที่พนักงานหรือเครื่องจักรสามารถทำงานได้จริง โดยหักจำนวนเวลาทำงานทั้งหมด ด้วยเวลาที่หยุดการทำงาน โดยใช้สมการที่ 3 และค่าอัตราประโยชน์ของเครื่องจักร โดยใช้สมการที่ 4

$$\text{ค่าอัตราประโยชน์พนักงาน} = \frac{N_{m/c} \times (T_{MD} + T_{MI})}{\text{Cycle Time}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{ค่าอัตราประโยชน์เครื่องจักร} = \frac{T_{m/c}}{\text{Cycle Time}} \times 100 \quad (4)$$

2.4 การเพิ่มผลผลิต (Productivity)

การเพิ่มผลผลิต การเพิ่มผลผลิตประกอบด้วย 2 แนวคิด

(1) แนวคิดทางเศรษฐกิจและสังคมซึ่งมุ่งเน้นสามัญสำนึกทัศนคติ (Attitude) บนพื้นฐานของความเชื่อที่ว่ามนุษย์สามารถทำวันนี้ให้ดีกว่าเมื่อวาน และต้องทำวันพรุ่งนี้ให้ดีกว่าวันนี้ (2) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จะมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การหาวิธีการลดต้นทุนในการ

ผลิต การลดความสูญเสีย การปรับปรุงกระบวนการผลิต [7] การเพิ่มผลผลิตหรือบางครั้งเมื่อมีการวัดผลลัพธ์เป็นตัวเลข นิยมเรียกกันว่า “อัตราผลิตภาพการผลิต” จะแสดงในรูปอัตราส่วนระหว่างมูลค่าของสินค้าหรือบริการที่ผลิตได้ต่อมูลค่าของทรัพยากรหรือปัจจัยการผลิตที่ใช้ไป ซึ่งอาจอยู่ในรูปของจำนวน (หน่วย) หรือมูลค่า (บาท) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 5

$$\text{อัตราผลิตภาพการผลิต} = \frac{\text{ผลผลิต (Output)}}{\text{ปัจจัยการผลิต (Input)}} \quad (5)$$

สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศรีนยา ประทีปชนะชัย และคณะ [8] ศึกษากระบวนการและปรับปรุงขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนฝาสูบเครื่องยนต์ของบริษัทตัวอย่างจากปัญหาเล็วาล่วหลุดออกจากเข้าขณะหมุนแกนวาล์วซึ่งสาเหตุเกิดจากจุดทำงานมีลักษณะเป็นที่แคบพนักงานไม่สามารถกดเล็วาล์วเข้ากับสปริงได้ตลอดเวลา แก้ไขด้วยการจัดหาอุปกรณ์ที่สามารถทำงานในที่แคบได้มาช่วยในการดันเพื่อกดเล็วาล์วได้ตลอดเวลาขณะทำการประกอบเข้ากับสปริง โดยเลือกใช้แหงพลาสติกซึ่งเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง ผลการปรับปรุงอัตราผลิตภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 0.012 เครื่องต่อนาทีต่อคน เป็น 0.018 เครื่องต่อนาทีต่อคน

2.5 การวิเคราะห์งานด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H

การวิเคราะห์งานด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H เป็นวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ด้วยทักษะการค้นหาคำตอบที่มีความหลากหลายในสถานการณ์ที่จำกัด สามารถคัดเลือกวิธีการได้อย่างเหมาะสมมีเหตุมีผลอีกทั้งยังสามารถอธิบายกระบวนการและผลกระทบที่เกิดจากการเลือกวิธีการแก้ไขในแต่ละขั้นตอนได้ โดยวิเคราะห์ผ่านลำดับขั้นตอน 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย วิเคราะห์ข้อมูล และสาเหตุของปัญหา (Clarify) หาแนวคิดใหม่ในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Ideate) นำแนวคิดมาประเมินและเลือกแนวคิดที่แก้ไขปัญหาได้ดีที่สุด (Develop) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ยุทธณรงค์ จงจันทร์, ศรีนยา ประทีปชนะชัย และธนธัช มั่นมงคล [9] ศึกษาและหาแนวทางการเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตแปงตลับให้กลับมาผลิตให้ได้ตามความต้องการของลูกค้าภายในเวลา 8 ชั่วโมง/วัน ใช้หลักการ 5W1H กำหนดแนวทางเพื่อป้องกันการตกหล่นของ

ปัญหา แก้ไขด้วยเทคนิคการออกแบบอุปกรณ์จับยึด พบว่าหลังการปรับปรุงชั่วโมงทำงานลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ ลดพนักงานได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ผลิตภาพการผลิตเพิ่มขึ้น 299 เปอร์เซ็นต์

2.6 การออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการทำงาน

การออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการทำงานเป็นการออกแบบเครื่องมือที่เกี่ยวกับเครื่องจักรในอุตสาหกรรม และเครื่องมือพิเศษอื่น ๆ ทำให้การผลิตชิ้นงานทำได้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพสูง อีกทั้งยังทำให้สินค้ามีคุณภาพ ประหยัด สอดคล้องกับงานวิจัยของ เจษฎาภรณ์ ยอดเพชร และคณะ [10] ออกแบบอุปกรณ์จับยึดเพื่อกำหนดความแม่นยำบนชิ้นงานพร้อมเป็นอุปกรณ์นำทางให้เครื่องมือขึ้นรูปชิ้นงาน เพื่อแก้ไขปัญหาชิ้นงานไทเทเนียมขนาดไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตโดยใช้หลักการ CDIO เพื่อปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาขั้นตอนการปฏิบัติ หลังปรับปรุงปรากฏว่าเวลาในการตรวจสอบชิ้นงานก่อนผลิต ลดลงจาก 10,446 วินาที เป็น 1,194 วินาที และ ของเสียลดลงร้อยละ 99 สามารถเพิ่มผลผลิตและส่งมอบสินค้าเป็นไปตามเป้าหมาย

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

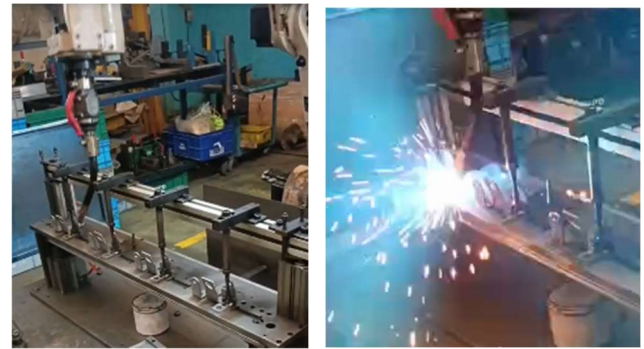
การเพิ่มผลผลิตสามารถทำได้หลายวิธีตามเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการซึ่งส่วนมากมีวัตถุประสงค์ไปในแนวทางเดียวกันคือการเพิ่มผลผลิตขึ้นอยู่กับการที่ทำการปรับปรุงว่าควรเลือกใช้เครื่องมือชนิดใดที่มีความเหมาะสมกับการแก้ไข เช่น งานวิจัยของ อมรรรัตน์ ปิ่นชัยมูล, ณัฐพล ศิริรักษ์ และศิริพงษ์ ลือชัย [11] ศึกษา และปรับปรุงสายการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ กรณีศึกษาสายการผลิต Power main APlat No.1 ซึ่งมีปริมาณการค้างส่ง 16.50 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการผลิตใช้เวลานานเกินไปเนื่องจากมีขั้นตอนการผลิตที่ยุ่งยากซับซ้อน วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยผังก้างปลา กำหนดแนวทางและดำเนินการแก้ไขด้วยเทคนิคอีซีอาร์เอส (ECRS) ผลการปรับปรุงปริมาณการค้างส่งลดลงเหลือ 13.22 เปอร์เซ็นต์ งานวิจัยของ สุชาติ อารงสุข และธนวัฒน์ มะโนหาญ [12] แก้ไขปัญหาการป้อนชิ้นรูปส่วนโค้งนูนขึ้นส่วนรถยนต์ วิเคราะห์ปัญหาด้วยการระดมสมอง และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยเทคนิคการตั้งคำถามทำไม-ทำไม พบว่าขั้นตอนการเตรียมการผลิตมีรอบเวลาในการผลิตมากเกินไป ส่งผลให้ไม่สามารถผลิตได้ตามแผน แก้ไขปัญหาด้วยการจัดลำดับงานใหม่ด้วยหลักการอีซีอาร์เอส (ECRS) ผล

การปรับปรุงพบว่าขั้นตอนทำงานลดลง 4 ขั้นตอน คิดเป็น 26.66 เปอร์เซ็นต์ เวลาที่ใช้ในการเตรียมการผลิตลดลง 14 นาที คิดเป็น 65 เปอร์เซ็นต์

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบัน

ขั้นตอนการเชื่อมแผ่นเพลทเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของชิ้นส่วนแคลมป์เบรก (BRACET HMR 476F) จะใช้พนักงาน 1 คน ควบคุมแขนกลงานเชื่อม 1 เครื่อง โดยแขนกลจะเชื่อมงานทั้งหมด 1 ชิ้น ใน 1 รอบการทำงาน 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3



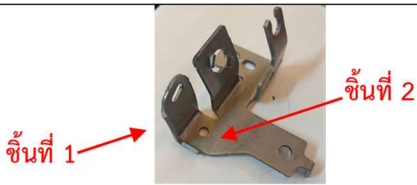
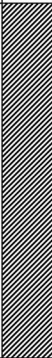
รูปที่ 3 ขั้นตอนการเชื่อมแผ่นเพลทด้วยแขนกลงานเชื่อม

จากรูปที่ 3 ใช้แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการเก็บข้อมูลขั้นตอนการทำงาน และรอบเวลา ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แผนภูมิการไหลกระบวนการขั้นตอนการเชื่อมแผ่นเพลทด้วยแขนกลงานเชื่อม

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต ☒ คน ☐ วัสดุ ☐ เครื่องจักร									
รายการ	จำนวน (คน)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์					
				●	➔	D	■	▼	
1.ใช้ลมเป่าทำความสะอาดอุปกรณ์จับยึด	1	0	4	●					
2.หยิบงานชิ้นที่ 1 ใส่อุปกรณ์จับยึดที่ 1		0	4	●					
3.หยิบงานชิ้นที่ 1 ใส่อุปกรณ์จับยึดที่ 2		0	4	●					
4.หยิบงานชิ้นที่ 1 ใส่อุปกรณ์จับยึดที่ 3		0	4	●					
5.หยิบงานชิ้นที่ 1 ใส่อุปกรณ์จับยึดที่ 4		0	4	●					
6.หยิบงานชิ้นที่ 2 ใส่อุปกรณ์จับยึดที่ 1		0	4	●					
7.หยิบงานชิ้นที่ 2 ใส่อุปกรณ์จับยึดที่ 2		0	4	●					
8.หยิบงานชิ้นที่ 2 ใส่อุปกรณ์จับยึดที่ 3		0	4	●					
9.หยิบงานชิ้นที่ 2 ใส่อุปกรณ์จับยึดที่ 4		0	4	●					
10.กดสวิทช์ล็อคชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึด		0	3	●					
11.กดสวิทช์ให้แขนกลทำงาน		0	3	●					
12.แขนกลเชื่อมงาน 4 ชิ้น 16 จุด		0	56	●					
13.แขนกลหยุดอัตโนมัติ รอแขนกลเข้าสู่ตำแหน่ง		0	3			D			
14.กดสวิทช์คลายล็อคชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึด		0	3	●					
15.หยิบชิ้นงานชิ้นที่ 1-2-3-4 ออกจากอุปกรณ์จับยึดใส่ภาชนะ		0	5	●					
รวม	1	0	109	14	0	1	0	0	

ตารางที่ 4 แผนภูมิคน-เครื่องจักร ขั้นตอนการเชื่อมแผ่นเพลทชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยแขนกลงานเชื่อม (ก่อนการปรับปรุง)

แผนภูมิคนเครื่อง-จักร (Man - Machine Chart)			ภาพผลิตภัณฑ์		
ผลิตภัณฑ์: ชิ้นส่วนรถยนต์					
กรรมวิธี: กระบวนการเชื่อมชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยแขนกลงานเชื่อม					
☒ วิธีปัจจุบัน ☐ วิธีนำเสนอ			กิจกรรม	สัญลักษณ์ กิจกรรม (Bar)	
ตำแหน่งที่ตั้ง: ฝ่ายผลิต			กิจกรรมอิสระ		
ผู้บันทึก: ยุทธณรงค์ วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2567			กิจกรรมร่วมกัน		
ผู้อนุมัติ: ถิ่นซัง วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2567			กิจกรรมว่างงานหรือรอคอยงาน		
พนักงาน			อุปกรณ์จับยึด		
Workflow activities	Time (Sec.)	Bar	Workflow activities	Time (Sec.)	Bar
ทำความสะอาดอุปกรณ์จับยึด	4		ถูกลมเป่าทำความสะอาด	4	
หยิบชิ้นงาน 1 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 1	4		ถูกใส่งานชิ้น	4	
หยิบชิ้นงาน 1 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 2	4		ถูกใส่งานชิ้น	4	
หยิบชิ้นงาน 1 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 3	4		ถูกใส่งานชิ้น	4	
หยิบชิ้นงาน 1 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 4	4		ถูกใส่งานชิ้น	4	
หยิบชิ้นงาน 2 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 1	4		ถูกใส่งานชิ้น	4	
หยิบชิ้นงาน 2 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 2	4		ถูกใส่งานชิ้น	4	
หยิบชิ้นงาน 2 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 3	4		ถูกใส่งานชิ้น	4	
หยิบชิ้นงาน 2 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 4	4		ถูกใส่งานชิ้น	4	
กดสวิทช์ล็อกชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึด	3		เคลมล็อกอุปกรณ์จับยึด	3	
กดสวิทช์ให้แขนกลทำงาน	3		รอพนักงานกดสวิทช์	3	
แขนกลเชื่อมงานอัตโนมัติ 4 ชิ้น 16 จุด	56		รอแขนกลเชื่อมงานอัตโนมัติ	56	
รอแขนกลหยุดอัตโนมัติ เข้าสู่ตำแหน่ง	3		แขนกลหยุดอัตโนมัติ เข้าสู่ตำแหน่ง	3	
กดสวิทช์คลายล็อกชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึด	3		เคลมคลายล็อกชิ้นงานจากอุปกรณ์จับยึด	3	
หยิบชิ้นงาน 1-2-3-4 ออกจากอุปกรณ์จับยึด	5		ถูกหยิบชิ้นงานออก	5	

จากตารางที่ 3 แสดงการเก็บข้อมูลขั้นตอนการเชื่อมเสริมแผ่นเพลทขึ้นส่วนแคลมป์เบรก (BRACET HMR 476F) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงด้วยแขนกลงานเชื่อมของ บริษัท โปรเกรสพาร์ท แอนด์ ได จำกัด มีทั้งหมด 15 ขั้นตอน แบ่งเป็นขั้นตอนการปฏิบัติงาน 14 ขั้นตอน ขั้นตอนการรอคอย 1 ขั้นตอน รอบเวลาการผลิต 109 วินาที ได้ชิ้นงาน 4 ชิ้น เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวเป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง คน-เครื่องจักรที่ทำงานแบบอัตโนมัติซึ่งเป็นไปได้ว่าขณะเครื่องจักรทำงานพนักงานอาจเกิดการว่างงาน ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แผนภูมิคน-เครื่องจักร ซึ่ง

เป็นแผนภูมิกิจกรรมที่ควบคุมชนิดพิเศษที่ใช้ในการบันทึกและวิเคราะห์การทำงานของคนและเครื่องจักร เพื่อวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพ และค่าอัตราประโยชน์ ของคน-เครื่องจักร ดังแสดงในตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในการทำงานระหว่าง คน-เครื่องจักร จากนั้นผู้วิจัยสรุปรวบรวมข้อมูลที่ได้จากแผนภูมิคน-เครื่องจักร (Man-Machine Chart) เพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การทำงาน และเปอร์เซ็นต์การว่างงาน ของคน-เครื่องจักร โดยใช้สมการที่ 1 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปอร์เซนต์การทำงานและเปอร์เซนต์การว่างงาน ของกระบวนการเชื่อมแผ่นเพลทขึ้นส่วนรถยนต์ด้วยแขนกลงานเชื่อม (ก่อนการปรับปรุง)

ประเภทของเวลา	พนักงาน (วินาที)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์	เครื่องจักร (วินาที)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
เวลาร่างงาน	59	54.13	3	97.24
เวลาทำงาน	50	45.87	106	2.76
ประเภทของเวลา		เวลา (วินาที)		
เวลาในการทำงานอิสระของเครื่องจักร ($T_{m/c}$)		59		
เวลาทำงานร่วมกันของพนักงานกับเครื่องจักร (T_{MD})		47		
เวลาในการทำงานอิสระของพนักงาน (T_{MI})		3		
รอบเวลาการผลิต (Cycle Time)		109		

จากตารางที่ 5 ขั้นตอนการเชื่อมแผ่นเพลทขึ้นส่วนแคลมป์เบรก (BRACET HMR 476F) มีรอบเวลาการผลิต 109 วินาที ต่อ 4 ชิ้น พนักงานมีเวลาทำงาน 50 วินาทีต่อรอบ คิดเป็น 45.87 เปอร์เซนต์ เวลาร่างงาน 59 วินาทีต่อรอบ คิดเป็น 54.13 เปอร์เซนต์ ส่วนเครื่องจักรมีเวลาทำงาน 106 วินาทีต่อรอบ คิดเป็น 97.24 เปอร์เซนต์ และมีเวลาร่างงาน 3 วินาทีต่อรอบ คิดเป็น 2.76 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นค่าคงที่เนื่องจากการทำงานอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้นคำนวณหาค่าอัตราประโยชน์หรือร้อยละของจำนวนเวลาที่พนักงานหรือเครื่องจักรสามารถทำงานได้จริงก่อนการปรับปรุง เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับค่าอัตราประโยชน์หลังการปรับปรุง ดังสมการที่ 3 และ 4

$$\begin{aligned}\text{ค่าอัตราประโยชน์พนักงาน} &= \frac{1 \times (47 + 3)}{109} \times 100 \\ &= 45.87 \text{ เปอร์เซนต์}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าอัตราประโยชน์เครื่องจักร} &= \frac{59}{109} \times 100 \\ &= 56.73 \text{ เปอร์เซนต์}\end{aligned}$$

ผลจากการคำนวณพบว่าค่าอัตราประโยชน์หรือร้อยละของจำนวนเวลาที่พนักงานสามารถทำงานได้จริงก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 45.87 เปอร์เซนต์ ผู้วิจัยได้ตั้งไว้เป็นมาตรฐานเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับหลังการปรับปรุง ส่วนเครื่องจักรความสามารถในการทำงานอยู่ที่ 56.73 เปอร์เซนต์

3.2 วิเคราะห์งานด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H

หลังจากศึกษาสภาพปัจจุบัน ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เพื่อนำมากำหนดแนวทางการแก้ไขด้วยทักษะการค้นหาคำตอบที่มีความหลากหลาย ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H

5W1H	คำถาม-คำตอบ	แนวทางการแก้ไข
What (ต้องการทำอะไร)	ปรับปรุงขั้นตอนการแผ่นเพลทชิ้นส่วนแคลมป์เบรก	ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการศึกษาสภาพปัจจุบันมาคำนวณหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมในการควบคุมเครื่องจักร เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดวิธีการปรับปรุงแก้ไข
Why (ทำไมต้องทำ)	เนื่องจากพนักงานมีเวลารอในการทำงานมากเกินไป	
Where (ทำที่ไหน)	ที่สายการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์	
Why (ทำไมต้องทำที่นั่น)	ปัญหาเกิดขึ้นที่สายการผลิตนั้น	
Who (ใครเป็นคนทำ)	วิศวกร หัวหน้างาน พนักงาน ช่วยกันระดมสมอง	
Why (ทำไมต้องเป็นคนนั้น)	เป็นผู้รับผิดชอบ และได้รับผลกระทบจากปัญหาโดยตรง	
When (ทำเมื่อไร)	หลังจากประชุม และเสนอผู้จัดการโรงงานเสร็จ	
Why (ทำไมต้องทำตอนนั้น)	เพื่อให้ผู้บริหารรับทราบเนื่องจากอาจมีต้นทุนที่ต้องใช้ในการปรับปรุง	
How (ทำอย่างไร)	คำนวณหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมในการควบคุมเครื่องจักร	
Why (ทำไมต้องทำอย่างนั้น)	เพื่อลดเวลารอของพนักงาน	

จากตารางที่ 6 การวิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ผู้วิจัยนำมาคำนวณหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมในการควบคุมเครื่องจักรโดยใช้สมการที่ 2 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

$N_{m/c}$ = จำนวนพนักงานที่เหมาะสมในการควบคุมเครื่องจักร

$$N_{m/c} = [(59 + 47) / (3 + 47)]$$

$$N_{m/c} = 2.12 \sim 2 \text{ เครื่อง}$$

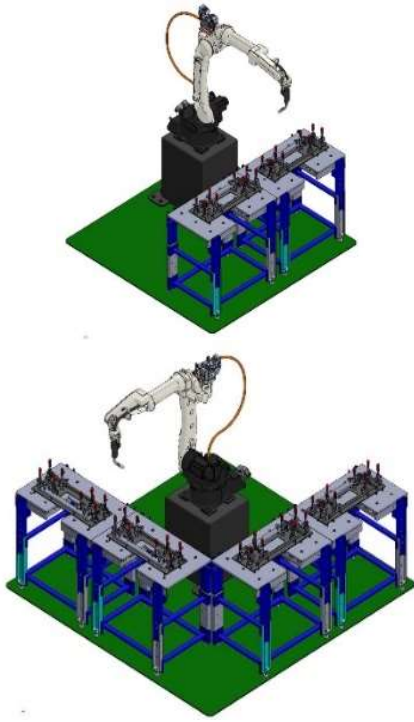
ผลการคำนวณพบว่าพนักงาน 1 คน สามารถทำงานร่วมกับเครื่องจักรได้ 2.12 ~ 2 เครื่อง ผู้วิจัยนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงแก้ไขผ่านการระดมสมองจาก วิศวกรฝ่ายผลิต, หัวหน้าฝ่ายผลิต และพนักงานผู้ปฏิบัติงาน ด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงการทำงานของพนักงาน 1 คน กับเครื่องจักร 2 เครื่อง

5W1H	คำถาม-คำตอบ	แนวทางการแก้ไข
What (ต้องการทำอะไร)	ปรับปรุงการทำงานของพนักงานควบคุมแขนกลงานเชื่อม	ออกแบบอุปกรณ์ช่วยจับยึดในการทำงาน (jig & fixture design) เพิ่ม 1 ชุด 4 ชิ้น เพื่อให้พนักงานผู้ปฏิบัติงานเดินไปใส่ชิ้นงาน รอกแขนกลเคลื่อนที่ไปเชื่อมหลังจากเชื่อม อุปกรณ์ช่วยจับยึดตัวที่ 1 เสร็จ โดยมีการตั้งค่าโปรแกรมพารามิเตอร์ของแขนกลใหม่ให้มีการทำงานแบบต่อเนื่อง
Why (ทำไมต้องทำ)	เนื่องจากพนักงานมีเวลารอจากการยื่นรอกแขนกลทำงานอัตโนมัติ	
Where (ทำที่ไหน)	ที่สายการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์	
Why (ทำไมต้องทำที่นั่น)	ปัญหาเกิดขึ้นที่สายการผลิตนั้น	
Who (ใครเป็นคนทำ)	วิศวกร, หัวหน้างาน, พนักงานควบคุมแขนกลงานเชื่อม	
Why (ทำไมต้องเป็นคนนั้น)	เป็นผู้รับผิดชอบ และได้รับผลกระทบจากปัญหาโดยตรง	
When (ทำเมื่อไร)	หลังจากเสนอผู้จัดการโรงงานเสร็จ	
Why (ทำไมต้องทำตอนนั้น)	เพื่อให้ผู้บริหารรับทราบเนื่องจากมีต้นทุนที่ต้องใช้ในการปรับปรุง	
How (ทำอย่างไร)	ออกแบบและจัดสร้างอุปกรณ์จับยึดเพิ่ม 1 ชุด และตั้งค่าแขนกลใหม่	
Why (ทำไมต้องทำอย่างนั้น)	เพื่อให้พนักงานใช้เวลาที่ว่างงานใส่ชิ้นงานอีก 1 ชุด รอกแขนกล	

3.3 ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

ผู้วิจัยนำข้อมูลแนวทางการแก้ไขจากการวิเคราะห์หามาออกแบบโดยการจำลองต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แบบจำลองการปรับปรุงงานเชื่อมแผ่นเพลท

จากรูปที่ 5 ผู้วิจัยนำไปจัดสร้างอุปกรณ์ช่วยจับยึดต้นแบบ เพื่อทำการนำไปทดลองใช้ในการผลิต การติดตั้งอุปกรณ์ช่วย

จับยึดต้นแบบในการเชื่อมแผ่นเพลทชิ้นส่วนแคลมป์เบรกโดยเลือกวางไว้ในตำแหน่งด้านข้างลักษณะเป็นรูปตัว L วิศวกรฝ่ายผลิตตั้งค่าโปรแกรมพารามิเตอร์ของแขนกลงานเชื่อมใหม่โดยให้มีการทำงานต่อเนื่องจากอุปกรณ์ช่วยจับยึดตัวที่ 1 ไปอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 2 เริ่มทดสอบผลิต ตรวจสอบคุณภาพ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การจัดสร้างอุปกรณ์จับยึดต้นแบบ

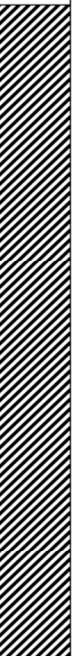
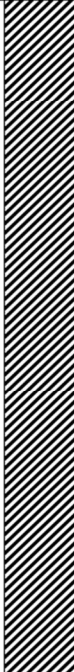
จากนั้นวิเคราะห์กระบวนการด้วยแผนภูมิคน-เครื่องจักร ดังแสดงในตารางที่ 8

จากตารางที่ 8 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในการทำงานระหว่าง คน-เครื่องจักร หลังการปรับปรุง จากนั้นผู้วิจัยสรุปรวบรวมข้อมูลที่ได้จากแผนภูมิคน-เครื่องจักร (Man-Machine Chart) เพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การทำงานและเปอร์เซ็นต์การว่างงาน ของคน-เครื่องจักร โดยใช้สมการที่ 1 ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เปอร์เซ็นต์การทำงาน และเปอร์เซ็นต์การว่างงาน ของกระบวนการเชื่อมแผ่นเพลทชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยแขนกลงานเชื่อม (หลังการปรับปรุง)

ประเภทของเวลา	พนักงาน (วินาที)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์	เครื่องจักร (วินาที)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
เวลาว่างงาน	0	0	6	5.09
เวลาทำงาน	118	100	112	94.91
ประเภทของเวลา		เวลา (วินาที)		
เวลาในการทำงานอิสระของเครื่องจักร ($T_{m/c}$)		112		
เวลาทำงานร่วมกันของพนักงานกับเครื่องจักร (T_{MD})		102		
เวลาในการทำงานอิสระของพนักงาน (T_{MI})		16		
รอบเวลาการผลิต (Cycle Time)		118		

ตารางที่ 8 แผนภูมิคน-เครื่องจักร ขั้นตอนการเชื่อมแผ่นเพลทชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยแขนกลงานเชื่อม (หลังการปรับปรุง)

☒ วิธีปัจจุบัน ☐ วิธีนำเสนอ			กิจกรรม			สัญลักษณ์กิจกรรม (Bar)					
ตำแหน่งที่ตั้ง: ฝ่ายผลิต			กิจกรรมอิสระ								
ผู้บันทึก: ยุทธณรงค์ วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2567			กิจกรรมร่วมกัน								
ผู้อนุมัติ: ถิ่นซัง วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2567			กิจกรรมว่างงานหรือรอคอย								
พนักงาน			อุปกรณ์จับยึด 1			อุปกรณ์จับยึด 2					
Workflow activities	Time (Sec.)	Bar	Workflow activities	Time (Sec.)	Bar	Workflow activities	Time (Sec.)	Bar			
เดินไปอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1	5		รอพนักงานเดินมา	5		แขนกลเชื่อมงานอัตโนมัติ	56				
กดสวิตช์คลายล็อกอุปกรณ์จับยึด 1	5		อุปกรณ์จับยึดคลายล็อก	5							
หยิบชิ้นงาน 1-2-3-4 ออกจากอุปกรณ์จับยึด	5		ถูกหยิบชิ้นงานออก	5							
ทำความสะอาดอุปกรณ์จับยึด	4		ถูกลมเป่าทำความสะอาด	4							
หยิบชิ้นงาน 1 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 1	4		ถูกใส่งานชิ้น	4							
หยิบชิ้นงาน 1 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 2	4		ถูกใส่งานชิ้น	4							
หยิบชิ้นงาน 1 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 3	4		ถูกใส่งานชิ้น	4							
หยิบชิ้นงาน 1 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 4	4		ถูกใส่งานชิ้น	4							
หยิบชิ้นงาน 2 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 1	4		ถูกใส่งานชิ้น	4							
หยิบชิ้นงาน 2 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 2	4		ถูกใส่งานชิ้น	4							
หยิบชิ้นงาน 2 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 3	4		ถูกใส่งานชิ้น	4							
หยิบชิ้นงาน 2 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 4	4		ถูกใส่งานชิ้น	4							
กดสวิตช์ล็อกอุปกรณ์จับยึด 1	5		เคลมล็อกอุปกรณ์จับยึด	5							
กดสวิตช์ให้แขนกลเชื่อมงานบนจิ๊กตัวที่ 1	3		รอแขนกลเคลื่อนที่ไปจิ๊ก 1	6		ว่าง	6				
เดินกลับไปจิ๊กตัวที่ 2	5		แขนกลเชื่อมงานอัตโนมัติ	56		รอพนักงานเดินมา	3				
กดสวิตช์คลายล็อกอุปกรณ์จับยึด 2	5					อุปกรณ์จับยึดคลายล็อก	5				
หยิบชิ้นงาน 1-2-3-4 ออกจากอุปกรณ์จับยึด	5					ถูกหยิบชิ้นงานออก	5				
ทำความสะอาดอุปกรณ์จับยึด	4					ถูกลมเป่าทำความสะอาด	4				
หยิบชิ้นงาน 1 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 1	4					ถูกใส่งานชิ้น	4				
หยิบชิ้นงาน 1 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 2	4					ถูกใส่งานชิ้น	4				
หยิบชิ้นงาน 1 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 3	4					ถูกใส่งานชิ้น	4				
หยิบชิ้นงาน 1 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 4	4					ถูกใส่งานชิ้น	4				
หยิบชิ้นงาน 2 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 1	4					ถูกใส่งานชิ้น	4				
หยิบชิ้นงาน 2 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 2	4					ถูกใส่งานชิ้น	4				
หยิบชิ้นงาน 2 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 3	4					ถูกใส่งานชิ้น	4				
หยิบชิ้นงาน 2 ใส่จิ๊กที่ 1 ช่องที่ 4	4					ถูกใส่งานชิ้น	4				
กดสวิตช์ล็อกอุปกรณ์จับยึด 2	5					เคลมล็อกอุปกรณ์จับยึด	5				
กดสวิตช์ให้แขนกลเชื่อมงานบนจิ๊กตัวที่ 2	3					รอพนักงานกดสวิตช์	3				



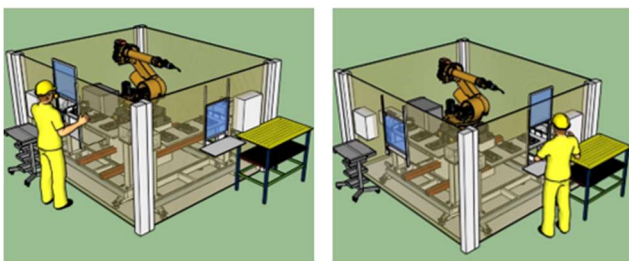
รูปที่ 6 แผงกันสะเก็ดไฟอุปสรรคในการทำงานของพนักงาน

จากรูปที่ 6 แสดงลักษณะปัญหาที่เป็นอุปสรรคในการทำงานของพนักงานซึ่งเป็นลักษณะแผงกันป้องกันสะเก็ดไฟและใช้บังแสงขณะแขนกลทำงาน ซึ่งพนักงานต้องขยับเข้าและขยับออกขณะทำงาน ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลปัญหามาทำการวิเคราะห์อีกครั้ง โดยอาศัยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์เพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงอุปสรรคในการทำงานจากแผงกันสะเก็ดไฟ และแสงที่เกิดจากการเชื่อม

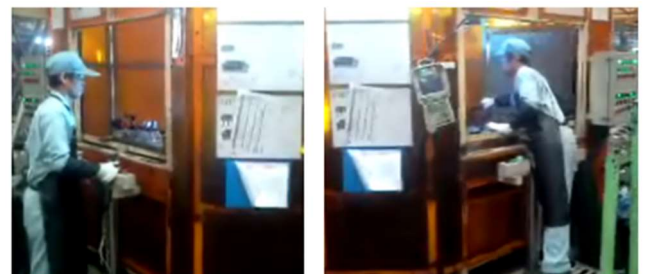
5W1H	คำถาม-คำตอบ	แนวทางการแก้ไข
What (ต้องการทำอะไร)	ปรับปรุงอุปสรรคในการทำงานของพนักงาน	ออกแบบห้องเชื่อมปิดทึบโดยเปิดช่องสำหรับใส่
Why (ทำไมต้องทำ)	เนื่องจากพนักงานต้องขยับแผงกันเข้า-ขยับออก	ชิ้นงานไว้ 2 ข้าง และออกแบบประตูให้สามารถ
Where (ทำที่ไหน)	ที่กระบวนการเชื่อมแผ่นเพลทชิ้นส่วนรถยนต์	ปิด-เปิด ด้วยระบบ Programmable Logic
Why (ทำไมต้องทำที่นั่น)	ปัญหาเกิดขึ้นที่กระบวนการผลิตนั้น	Control : PLC
Who (ใครเป็นคนทำ)	วิศวกร, หัวหน้างาน, พนักงานควบคุมแขนกลงานเชื่อม	
Why (ทำไมต้องเป็นคนนั้น)	เป็นผู้รับผิดชอบ และได้รับผลกระทบจากปัญหาโดยตรง	
When (ทำเมื่อไร)	หลังจากเสนอผู้จัดการโรงงานเสร็จ	
Why (ทำไมต้องทำตอนนั้น)	เพื่อให้ผู้บริหารรับทราบเนื่องจากมีต้นทุนที่ต้องใช้ในการปรับปรุง	
How (ทำอย่างไร)	ออกแบบและจัดสร้างห้องเชื่อม	
Why (ทำไมต้องทำอย่างนั้น)	เพื่อให้พนักงานทำงานได้สะดวก และปลอดภัยขึ้น	

จากตารางที่ 10 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ มาทำกาออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การออกแบบตู้เชื่อม 2 ช่องทำงาน

จากรูปที่ 7 คณะผู้วิจัยทำการจัดสร้างตู้ครอบแขนกลเพื่อป้องกันแสงและสะเก็ดไฟ จากการเชื่อมแผ่นเพลทชิ้นส่วนรถยนต์ พร้อมทั้งนำไปจัดสร้างเป็นอุปกรณ์ต้นแบบ และนำไปใช้ในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ตู้เชื่อมอุปกรณ์ต้นแบบ เพื่อป้องกันแสงและสะเก็ดไฟ

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

ข้อมูลจากตารางที่ 9 ผู้วิจัยนำมาหาค่าประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน และเครื่องจักร หลังการปรับปรุง พบว่ามีรอบเวลาการผลิต 118 วินาทีต่อ 8 ชิ้น พนักงานมีเวลาทำงาน 118 วินาทีต่อรอบ คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเครื่องจักรมีเวลาทำงาน 112 วินาทีต่อรอบ คิดเป็น 94.91 เปอร์เซ็นต์ และมีเวลาว่างงาน 6 วินาทีต่อรอบ คิดเป็น 5.09

เปอร์เซ็นต์ จากนั้นคำนวณหาค่าอัตราประโยชน์หรือร้อยละของจำนวนเวลาที่พนักงานหรือเครื่องจักรสามารถทำงานได้จริงหลังการปรับปรุงเพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับค่าอัตราประโยชน์ก่อนการปรับปรุง ดังสมการที่ 3 และ 4

$$\text{ค่าอัตราประโยชน์พนักงาน} = \frac{2 \times (102 + 16)}{118} \times 100$$

$$= 200 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$\text{ค่าอัตราประโยชน์เครื่องจักร} = \frac{112}{118} \times 100$$

$$= 94.91 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

การคำนวณพบว่าค่าอัตราประโยชน์หลังการปรับปรุงอยู่ที่ 200 เปอร์เซ็นต์ และความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรอยู่ที่ 94.91 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mahendran, R., Amarnath, V., Rajkumar, P., Nirmal raj, L., Karthikeyan, S. & Rajeskumar, L. [13] ใช้แผนภูมิคน-เครื่องจักร วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคน-เครื่องจักรในกระบวนการผลิตเพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขด้วยวิธีที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิต

5. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการเชื่อมเสริมแผ่นเพลทเพื่อเพิ่มความแข็งแรงชิ้นส่วนแคลมป์เบรก (BRACET HMR 476F) ของบริษัท โปเรกส พาร์ท แอนด์ ได จำกัด ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานโดยอาศัย

เครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมในการดำเนินงาน ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ ศิริรัตน์ แจ้งรักษสกุล ผ่องใส เพ็ชรรักษ์ และกิตติชัย อธิกุลรัตน์ [14] พยายามเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตสายไฟในรถยนต์ โดยศึกษาการทำงาน of พนักงาน จากนั้นใช้การวิเคราะห์กิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าและไม่เพิ่มคุณค่าในการวิเคราะห์แต่ละกิจกรรมเพื่อทำการปรับปรุงผลการดำเนินงานสามารถลดกิจกรรมลงได้ 9 กิจกรรม (ร้อยละ 11.11) ระยะทางลดลง 183 เมตร (ร้อยละ 55.29) เวลานำลดลงเหลือ 238 (ร้อยละ 33.18) และพนักงานลดลง 2 คน (ร้อยละ 11.76)

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 ค่าอัตราประโยชน์ของพนักงาน และเครื่องจักร

ค่าอัตราประโยชน์ (Utilization) หรือร้อยละของจำนวนเวลาที่ทำงานจริงของพนักงานหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นจาก 45.87 เปอร์เซ็นต์ เป็น 200 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเพิ่มขึ้น 154.13 เปอร์เซ็นต์ และค่าอัตราประโยชน์หรือร้อยละของจำนวนเวลาที่ทำงานจริงของเครื่องจักร หลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นจาก 56.73 เปอร์เซ็นต์ เป็น 94.91 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเพิ่มขึ้น 38.18 เปอร์เซ็นต์

5.2.2 กำลังการผลิต

กำลังการผลิต (Capacity) หลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้น 1,056 ชิ้นต่อวัน เป็น 1,952 ชิ้นต่อวัน เพิ่มขึ้น 896 ชิ้นต่อวัน คิดเป็น เพิ่มขึ้น 84.84 เปอร์เซ็นต์

5.2.3 อัตราผลิตภาพการผลิต

อัตราผลิตภาพการผลิต (Productivity) หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5 ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการคำนวณอัตราผลิตภาพการผลิต ก่อน และ หลังการปรับปรุง

รายการ	กำลังการผลิตต่อวัน (1)	จำนวนชั่วโมงทำงาน (2)	จำนวนพนักงาน (3)	ชิ้น/ชั่วโมง/คน (1/2/3)
ก่อนปรับปรุง	$[(28,800/109) \times 4] = 1,056$ ชิ้น	8	1	132
หลังปรับปรุง	$[(28,800/118) \times 8] = 1,952$ ชิ้น	8	1	244
เพิ่มขึ้น	896 ชิ้น	-	-	112
คิดเป็น	84.84%	-	-	84.84

จากตารางที่ 11 อัตราผลิตภาพการผลิตหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นจาก 132 ขึ้นต่อชั่วโมงต่อคน เป็น 244 ขึ้นต่อชั่วโมงต่อคน เพิ่มขึ้น 112 ขึ้นต่อชั่วโมงต่อคน คิดเป็นเพิ่มขึ้น 84.84 เปอร์เซ็นต์ คล้ายกับงานวิจัยของ อารียา ศรีวงษ์ และปริยานุช แยมจินดา [15] ศึกษา และปรับปรุงรอบเวลาในการทำงานของพนักงานในกระบวนการผลิตแผ่นกันแบตเตอรี่ในแผนก (Fleece line) โดยประยุกต์ใช้หลักการการศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหว (Time and motion study) วิเคราะห์วิธีการทำงานด้วยแผนภูมิคน-เครื่องจักร (Man-Machine Chart) ผลการปรับปรุงพบว่า สามารถลดรอบเวลาการผลิตของพนักงานที่ประจำเครื่อง F1 จาก 238.00 นาทีต่อรอบ ลดเหลือ 179.00 นาทีต่อรอบคิด เป็น 24.79 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเพิ่มกำลังการผลิตรวมจากเดิม 157,685 เมตรต่อวัน เป็น 187,610 เมตรต่อวัน คิดเป็น 18.97 เปอร์เซ็นต์

5.3 ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงกระบวนการสามารถเพิ่มค่าอรรถประโยชน์หรือร้อยละของจำนวนเวลาที่พนักงานสามารถทำงานได้จริง 100% และสามารถเพิ่มอัตราผลิตภาพการผลิตได้ จากการลดจำนวนพนักงานในสายการผลิตได้ 1 คน แต่พนักงานที่ทำงานในปัจจุบันจะทำงานอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีเวลาหยุดพัก ผู้ควบคุมการผลิตควรจัดเวลาพักหรือพนักงานสับเปลี่ยนการทำงานในบางช่วงเวลาเพื่อให้พนักงานได้พักเพื่อลดความเมื่อยล้า เพราะการทำงานต่อเนื่องโดยไม่มีเวลาพักอาจเกิดการบาดเจ็บหรือผลต่อการเกิดของเสียโดยตรงในกระบวนการผลิต

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

ควรมีการจัดตารางการทำงานที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงการพักของพนักงานเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดข้อผิดพลาดในกระบวนการผลิต

5.4 นวัตกรรมในงานวิจัย

งานวิจัยที่มีการคิดค้นวิธีการทำงานใหม่เพื่อให้พนักงานและเครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อุปกรณ์ที่จัดสร้างขึ้นสามารถทำให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้น ลดอันตรายที่เกิดจากควันและแสงจากการเชื่อมได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหาร และบุคลากร บริษัท โปเรท พาร์ท แอนด์ ไค จำกัด ที่อนุเคราะห์สถานที่เพื่อเป็นกรณีศึกษาในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ และขอขอบคุณคณะผู้บริหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์วิจัยกรุงศรี. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2566-2568: อุตสาหกรรมรถยนต์. เข้าถึงได้จาก: , <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/hi-tech-industries/auto-parts/io/auto-parts-2023-2025>. [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 1 พฤษภาคม 2567]
- [2] อภิสร ทงบุญชุม. การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชุดควบคุมอุณหภูมิ. [วิทยานิพนธ์] วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและนวัตกรรม วิทยาลัยอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2564.
- [3] Jongjun Y, Palaphan N. Production line balancing gas stove parts forming process with ECRS principles case study: a sample company. *Journal of Engineering and Innovation*. 2023; 16(4):20-34.
- [4] นิษณยานันท์ รุจิโรจน์พรกุล, กิตติชัย อธิกุลรัตน์. การเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิต กรณีศึกษา ที.ที. อินเตอร์ รีบเบอร์. *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม*. 2560. หน้า 596-611.
- [5] ยุทธณรงค์ จงจันทร์, ศรีนยา ประทีปชนะชัย, สุทธิดา ภาระเวก, ปราบปราม ผ่านสำแดง, อภิรักษ์ นาคทอง, ศักดา จินตะเวช. การหาจำนวนเครื่องจักรที่เหมาะสมกับการทำงานของพนักงานโดยใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบแรงดันน้ำ. *การประชุมวิชาการค่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2566 พัทยา จังหวัดชลบุรี*. 2566. หน้า 361-367.

- [6] สรณศิริ เรื่องโลก. การปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตสมอลล์เอิร์ทลิกเบรกเกอร์. [วิทยานิพนธ์] วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2560.
- [7] ชนาภา หันจางสิทธิ์. เพิ่มผลผลิต พืชดีประสิทธิผล ด้วย Excel. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2560.
- [8] ศรีนยา ประทีปชนะชัย, ยุทธณรงค์ จงจันทร์, สราวุธ อิศรานุวัฒน์, ภิรม พรประเสริฐ. การปรับปรุงเวลาตามมาตรฐานในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนเครื่องยนต์เพื่อเพิ่มผลผลิต. *การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2566: พัทยา จังหวัดชลบุรี*. 2566; หน้า 355-360.
- [9] ยุทธณรงค์ จงจันทร์, ศรีนยา ประทีปชนะชัย, ธนัช มั่นมงคล. การปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปแปงแผ่นอัดแข็งเพื่อลดความสูญเสีย:กรณีศึกษา สายการผลิตแปงแผ่นอัดแข็งบริษัทตัวอย่าง. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร* : 2564; 1 (1) : 1-13.
- [10] เจษฎาภรณ์ ยอดเพชร, สิทธิชัย วรรณกิจ, ชานนท์ มุลวรรณ, วีรญา กรทิพย์, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ. การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการผลิตชิ้นงานความเที่ยงตรงสูง. *การประชุมวิชาการและแสดงนิทรรศการระดับชาติ พัฒนาศาสตร์และนวัตกรรมเทคโนโลยีสู่การเป็นผู้นำพอเพียงเพื่อความยั่งยืนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ประจำปี พ.ศ. 2564*. 2564: กรุงเทพฯ; หน้า 531-539.
- [11] อมรรัตน์ ปิ่นชัยมูล, ณัฐพล ศิริรักษ์, ศิริพงษ์ ลือชัย. การปรับปรุงสายการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*. 2561; 14 (3) : 93-105.
- [12] สุชาติ อารงสุข และธนวัฒน์ มะโนหาญ, การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยเทคนิคการปรับปรุงงาน. *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษา* 1. 2564; 6 (2): 117-131.
- [13] Mahendran R, Amarnath V, Rajkumar P, Nirmal raj L, Karthikeyan S, Rajeskumar L. Productivity improvement in a manufacturing industry by using man-machine chart analysis. In *Technology Innovation in Mechanical Engineering*. Singapore: Springer, 2022: 603–613.
- [14] ศิริรัตน์ แจ่มรักษ์สกุล, ผ่องใส เพ็ชรรักษ์, กิตติชัย อธิกุลรัตน์. การเพิ่มผลผลิตในสายการผลิตสายไฟในรถยนต์. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*. 2564; (13) 7 : 87-101.
- [15] อาริยา ศรีวงษ์, ปรียานุช แยมจินดา. การลดรอบเวลาในแผนก Fleece line โดยใช้แผนภูมิคน-เครื่องจักรกรณีศึกษาโรงงานผลิตแผ่นกันเบตเตอร์. *ในการประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2565*. หน้า 483-488.