การเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ กรณีศึกษากระบวนการเชื่อมคานกันกระแทกด้วยแขนกล

Productivity Improvement in the Auto Parts Industry : A Case Study Welding Process of the Impact Bar Using Mechanical Arms

วัชรุตม์ ชีววิริยะนนท์[1] ณฐา คุปตัษเฐียร[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ เฉพาะชิ้นส่วนคานกันกระแทกประตูรถยนต์ส่วนล่างของบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์แห่งหนึ่ง ส่วนประกอบของคานกันกระแทกมีทั้งหมด 3 ส่วน แต่ละส่วนเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ปัจจุบันกำลังการผลิตของบริษัทตอบสนองได้เพียง 300 ชิ้นต่อวัน แต่ลูกค้ามีความต้องการเพิ่มขึ้นเป็น 580 ชิ้นต่อวัน ทำให้ทางบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ต้องเพิ่มกำลังการผลิตชิ้นส่วนจากเดิม 1 กะต่อวัน มาเป็น 2 กะต่อวัน ส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตของบริษัทสูงขึ้นจากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่ทำการศึกษากระบวนการเชื่อมคานกันกระแทกด้วยแขนกล เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้สามารถผลิตได้ทันความต้องการของลูกค้าที่สูงขึ้น โดยใช้กำลังการผลิตเท่าเดิมคือ 1 กะต่อวัน จากการวิเคราะห์กระบวนการเชื่อมคานกันกระแทกด้วยแขนกลพบว่า การทำงานของคนกับเครื่องจักรทำงานไม่สมดุลกัน ส่งผลให้รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) สูง ดังนั้นจึงนำเทคนิคแผนผังสาเหตุและผล (Fish bone diagrams) หาสาเหตุของกระบวนการคอขวด นำเทคนิค ECRS ปรับปรุงวิธีการทำงาน และนำเทคนิคจิ๊กและฟิกซ์เจอร์มาออกแบบเครื่องมือช่วยในการทำงาน จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตทำให้รอบเวลาการผลิตลดลงจาก 76.68 วินาทีต่อชิ้น เหลือ 42.13 วินาทีต่อชิ้น หรือลดลงร้อยละ 45.05 ทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นตามที่ลูกค้าต้องการ โดยใช้กำลังผลิตเท่าเดิม

คำสำคัญ: การเพิ่มผลผลิต, แผนภูมิการทำงานของ คน-เครื่องจักร, แผนผังสาเหตุและผล, เทคนิค ECRS

Abstract

This research is conducted to study the production of auto parts: impact bar, the part of the car of an auto parts company. There are three components of the impact bar which each component is connected together. The current production capacity of the company supports demand of only 300 pieces per day, but customers demand has increased to 580 units per day. As a result, the company increases the auto parts production from one shift per day to two shifts per day which results in higher production costs of the company. For this reason, researchers have studied the process of the impact bar to improve production process which can produce up to higher customer demand by using the same capacity. The analysis of the process of the impact bar shows an unbalanced between the people working and the machinery working which results in the high cycle time. Therefore, the researchers employ a Fish Bone Diagrams technique to determine the cause of the bottleneck, an ECRS technique to improve performance and a Jig Fixture technique to design tools in

[1]นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

assisting in the work. The improvement of the production process effects to a decrease in cycle time from 76.68 seconds per piece to 42.13 seconds per piece, or a 45.05 percent decrease which results in the increased yield to customer requirements by using the same capacity.

Keywords: productivity, man-machine chart, fish bone diagram, ECRS

1. บทนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์ได้ถูกกำหนดจากภาครัฐให้เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนาในภาคอุตสาหกรรม และการส่งออกของประเทศที่มีการพัฒนาเคียงคู่กันมาตลอดระยะเวลากว่า 30 ปีที่ผ่านมา จากวิกฤตน้ำท่วมในช่วงปลายปี 2554 ส่งผลทำให้โรงงานผลิตรถยนต์และชิ้นส่วนหลายแห่งหยุดการผลิตชั่วคราวเนื่องจากต้องเผชิญกับความเสียหายที่รุนแรง ทั้งที่เกิดจากผลกระทบของน้ำท่วมโดยตรง และผลกระทบทางอ้อมจากการขาดชิ้นส่วนป้อนโรงงาน จนต้องชะลอการผลิตแต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์เริ่มทยอยฟื้นตัวเป็นลำดับ หลังจากเริ่มมีการฟื้นฟูโรงงานจนเริ่มทยอยกลับมาเดินเครื่องผลิตได้อีกครั้ง ล่าสุดยอดการผลิตรถยนต์เดือนมีนาคม 2555 มากขึ้นถึงระดับ 1.9 แสนคันหรือเพิ่มขึ้น 11% เมื่อเทียบกับช่วงทรุดตัว ซึ่งเป็นยอดผลิตรถยนต์รายเดือนที่สูงสุดในรอบ 50 ปี สัญญาณดังกล่าวบ่งชี้ถึงการกลับมาฟื้นตัวอย่างแท้จริงอีกครั้งของอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ สำหรับบริษัทกรณีศึกษาเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมยานยนต์ซึ่งผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น คานรับเฟรม คานกันกระแทก ตัวยึดพวงมาลัย ฯลฯ ธุรกิจเกี่ยวกับยานยนต์มีความแข่งขันสูงทางบริษัท จึงไม่สามารถเพิ่มราคาขายได้ดังนั้นเราต้องเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต โดยลดต้นทุนการผลิตเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่น

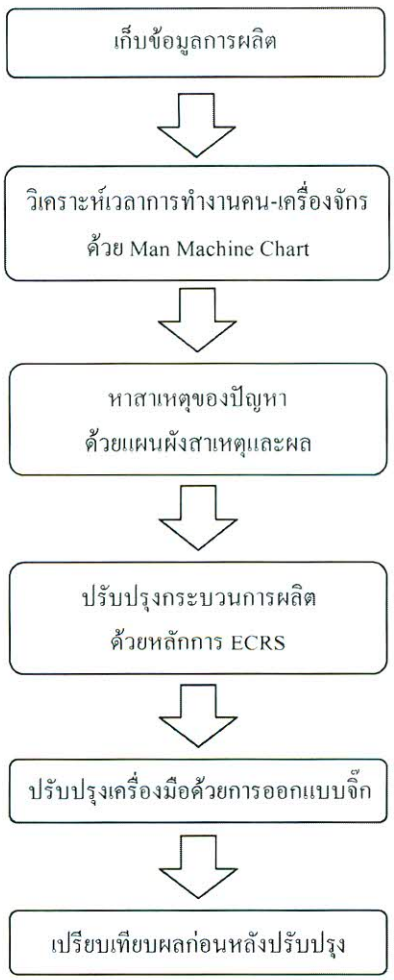
บริษัทกรณีศึกษาเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยแบ่งกระบวนการผลิตออกเป็น 2 กระบวนการคือ กระบวนการ Stamping Part และกระบวนการ Assembly Part สำหรับผลิตภัณฑ์หลักของบริษัทได้แก่ชิ้นส่วนโลหะขึ้นรูป เช่นคานรับเฟรมตัวยึดพวงมาลัยคานกันกระแทกอุปกรณ์ยึดจับชิ้นงาน ชิ้นส่วนพลาสติกประเภทฉีดและเป่า และระบบไฟฟ้ารถยนต์ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่ารวมสูงสุดของบริษัท คือ คานกันกระแทก ซึ่งมีการผลิตจำนวน 2 รุ่น คิดเป็น 45 % โดยประมาณ ดังนั้นจึงทำการศึกษากระบวนการผลิตคานกระแทก จากกระบวนการเชื่อมคานกันกระแทกด้วยแขนกลในหน่วยงาน Assembly Part

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการเพิ่มผลผลิตของกระบวนการเชื่อมคานกันกระแทกด้วยแขนกล ให้เพียงพอกับความต้องการของลูกค้า โดยเริ่มจากการศึกษากระบวนการทำงานของการเชื่อมคาน กันกระแทกโดยใช้การวิเคราะห์กระบวนการทำงานของคน-เครื่องจักร [1] (Man-Machine Chart) เพื่อดูสัดส่วนการทำงานของคนกับเครื่องจักร และนำแผนผังสาเหตุและผล (Fish bone Diagram) มาหาสาเหตุของปัญหาแล้วปรับปรุงกระบวนการทำงานของเครื่องจักรโดยใช้หลักการ ECRS โดยจะพยายามให้กระบวนการผลิตเกิดความสมดุลมากที่สุด สามารถเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานให้กับบริษัทกรณีศึกษา

3. ขั้นตอนการวิจัย

เมื่อทำการเลือกผลิตภัณฑ์เพื่อทำการศึกษาแล้ว รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย เริ่มต้นเก็บข้อมูลการผลิต แล้วนำเทคนิคการวิเคราะห์กระบวนการทำงานของคน-เครื่องจักร มาวิเคราะห์เวลาในการทำงานแต่ละขั้นตอนจากนั้นนำแผนผังเหตุและผล มาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา แล้วนำเทคนิค ECRS มาปรับปรุงวิธีการทำงานและนำการออกแบบจิ๊กมาออกแบบเครื่องมือช่วยในการผลิต แล้วทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 เก็บข้อมูลกระบวนการผลิต

การวิจัยทำการเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตคานกันกระแทก เริ่มจากศึกษาเวลา และหารอบเวลา การผลิต [2] [3] (Cycle Time) ของแต่ละกระบวนการเพื่อจัดทำมาตรฐานในการผลิตและคำนวณหาค่าความเร็วในการผลิต [4] (Takt Time) เพื่อกำหนดเป้าหมายของกระบวนการให้มีประสิทธิภาพ

บริษัทกรณีศึกษาได้กำหนดเวลาทำงานปกติ ไว้ที่ 8 ชั่วโมงต่อวันต่อกะ เวลาในการเบิกอุปกรณ์และเตรียมเครื่องจักรก่อนการปฏิบัติงาน 15 นาที เวลาส่งคืนอุปกรณ์และบำรุงรักษาเครื่องจักรหลังเลิกงาน 15 นาที เวลาให้พนักงานพักทำธุระส่วนตัวในช่วงเช้า-บ่าย ครั้งละ 10 นาที รวม 50 นาที เป้าหมายการผลิตอยู่ที่ 580 ชิ้นต่อวัน ดังนั้น Takt Time ของสายการผลิตดังกล่าวสามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{เวลาทำงานสุทธิต่อวัน/จำนวนชิ้นงานที่ต้องการต่อวัน}}{} \quad (1)$$

$$= ((8*60*60)-3000)/580)$$

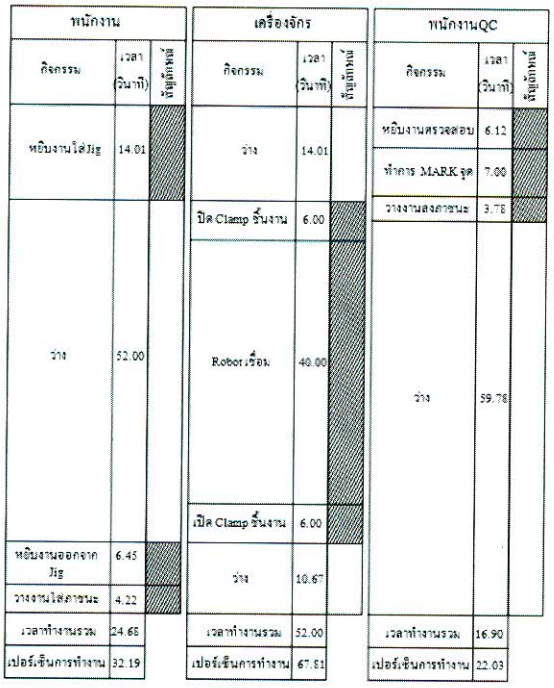
$$= 44.48 \text{ วินาทีต่อชิ้น}$$

สำหรับรอบเวลาการผลิตของกระบวนการดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 76.68 วินาทีต่อชิ้น ดังนั้นเมื่อรอบเวลาการผลิตมีค่ามากกว่าความเร็วในการผลิตที่ 44.48 วินาทีต่อชิ้น แสดงว่าเวลาในการผลิตไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้จึงต้องเปิดการทำงานเป็น 2 กะ ทำให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูงขึ้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยมีความต้องการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการของลูกค้าโดยใช้เวลาการทำงานเพียง 1 กะ เพื่อลดต้นทุนในการผลิตคานกันกระแทกแขนกล

3.2 วิเคราะห์กระบวนการโดยใช้ทฤษฎี Man-Machine Chart

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลกระบวนการเชื่อมคานกันกระแทกด้วยแขนกล โดยกระบวนการเริ่มต้นจากพนักงานผลิตหยิบชิ้นส่วนคานกระแทกเข้าจิ๊กสำหรับเชื่อม แล้วแขนกลจึงทำการเชื่อมชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน เมื่อเชื่อมเสร็จแล้วพนักงานผลิตทำการหยิบชิ้นงานออกจากจิ๊กแล้ววางใส่ภาชนะจัดเก็บ จากนั้นพนักงาน QC ทำการตรวจสอบรอยเชื่อมเมื่อชิ้นงานผ่านการตรวจสอบจะถูกจัดเก็บเพื่อเตรียมส่งต่อยังแผนกบรรจุต่อไป โดยในกระบวนการประกอบด้วยเครื่องเชื่อมแขนกล (Robot) พนักงาน QC และพนักงานผลิตอย่างละ 1 ตำแหน่ง โดยข้อมูลของเวลาการทำงานของคนและเครื่องจักร ตามรูปที่ 2

เมื่อทำการวิเคราะห์การทำงานของคนกับเครื่องจักรในกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงพบว่าเวลาทำงานเฉลี่ยอยู่เพียงร้อยละ 40.68 ของเวลาการทำงานรวม ก่อนปรับปรุง ดังแสดงตามตารางที่ 1



รูปที่ 2 การวิเคราะห์กระบวนการทำงานของคน-เครื่องจักร ก่อนปรับปรุง

ตารางที่ 1 สรุปผลการวิเคราะห์การทำงานของคนและเครื่องจักร ก่อนปรับปรุง

	พนักงาน	เครื่องจักร	พนักงาน QC
เวลาทำงาน (วินาที)	24.68	52.00	16.90
เวลาว่าง (วินาที)	52.00	24.68	59.78
เวลารวม (วินาที	76.68	76.68	76.68
เวลาทำงาน (ร้อยละ)	32.19	67.81	22.03

3.3 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยใช้ทฤษฎี Fish Bone Diagram

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดจุดคอขวดของกระบวนการผลิต โดยใช้ Fish Bone Diagram [5] สรุปสาเหตุที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตคือ การเชื่อมด้วยแขนกลใช้เวลามากเนื่องจากแขนกลมี หัวเชื่อมเพียงหัวเดียว ทำให้เสียเวลาในการทำงานอีกทั้ง แขนกลเชื่อมได้ทีละแนว ทำให้เสียเวลาในการทำงานและจากการวิเคราะห์กระบวนการทำงานของคนและเครื่องจักร พบว่าพนักงานผลิตและพนักงาน QC เกิดเวลาสูญเปล่ามาก เนื่องจากตู้เชื่อมมีเพียงหัวเดียว ช่องการทำงานมีเพียงช่องเดียวทำให้พนักงานรอคอยเครื่องจักร

3.4 ปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยใช้หลักการ ECRS

เทคนิค ECRS [6] เป็นหลักการที่ประกอบด้วย การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และ การทำให้ง่าย (Simplify)

3.4.1 การกำจัด (Eliminate)

การกำจัด หมายถึง การพิจารณาขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นแล้วตัดกระบวนการนั้นออกไป แต่จากการเข้าไปศึกษากระบวนการเชื่อมคานกันกระแทกด้วยแขนกล พบว่า ไม่มีกระบวนการใดที่สามารถตัดออกไปได้ แม้แต่กระบวนการ Mark จุดตรวจ เนื่องจากคานกันกระแทกต้องการความแข็งแรงของรอยเชื่อม จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบรอยเชื่อมแบบร้อยเปอร์เซ็นต์

3.4.2 การรวมกัน (Combine)

จากกระบวนการเชื่อมคานกันกระแทกด้วยแขนกลพบว่ามีพนักงานปฏิบัติงานอยู่ 2 ตำแหน่ง คือ พนักงานผลิตทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการเชื่อมและพนักงาน QC ทำหน้าที่ตรวจสอบรอยเชื่อมของชิ้นงาน จากการวิเคราะห์การทำงานของพนักงานทั้ง 2 คนพบว่าพนักงานผลิตใช้เวลาการทำงานเพียงร้อยละ 32.19 ของเวลาทั้งหมดส่วนพนักงาน QC ใช้เวลาการทำงานเพียงร้อยละ 22.03 ของเวลาทั้งหมด ดังนั้นจึงนำแนวคิดการรวมงานเข้าด้วยกัน โดยจัดการอบรมพนักงานผลิตให้สามารถตรวจสอบรอยเชื่อมของชิ้นงานได้ส่วนพนักงาน QC ให้ไปทำงานกระบวนการอื่นๆ แทนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานและลดต้นทุนในการผลิต

3.4.3 การจัดใหม่ (Rearrange)

จากตารางที่1พบว่าพนักงานผลิตทำงานเพียงร้อยละ 32.19 หรือ 24.68 วินาที และพนักงาน QC ทำงานเพียงร้อยละ 22.03 หรือ 16.90 วินาที ซึ่งนับว่าน้อยมาก จากหัวข้อก่อนหน้าได้ทำการรวมงานของพนักงานทั้ง 2 เข้าด้วยกัน และจากการรวมงานเข้าด้วยกัน จำเป็นต้องมีการจัดลำดับงานใหม่ โดยการนำเทคนิคการจัดใหม่ของ ECRS เข้ามาประยุกต์ใช้ โดยระหว่างที่แขนกลเชื่อมชิ้นงาน กำหนดให้พนักงานผลิตทำการตรวจสอบรอยเชื่อมของชิ้นงานก่อนหน้าซึ่งเดิมพนักงานผลิตว่างงานเนื่องจากต้องรองานจากการเชื่อมของแขนกล

3.4.4 การทำให้ง่าย (Simplify)

ปรับปรุงหัวเชื่อม

การเชื่อมคานกันกระแทกมีการเชื่อมทั้งหมด 4 แนวเชื่อม ระยะเวลาการเชื่อมแนวละ 10 วินาที รวมเวลาในการเชื่อมทั้งหมด 40 วินาที ตามรูปที่ 3 ดังนั้นจึงนำเทคนิคการทำให้ง่าย ของ ECRS เข้ามาปรับปรุงแขนกลสำหรับเชื่อม โดยแขนกลแบบเดิมเป็นแขนกลสำหรับการเชื่อมเพียงหัวเดียว ตามรูปที่ 4 และนำเทคนิค การออกแบบฟิกเจอร์ เพื่อออกแบบอุปกรณ์จับยึดหัวเชื่อมจากเดิมสามารถจับได้เพียง 1 หัว ให้สามารถจับหัวเชื่อมได้ 2 หัว ตามรูปที่ 5 ซึ่งสามารถลดเวลาในการเชื่อมคานกันกระแทกเหลือเพียง 20 วินาทีต่อ 1 ชิ้น

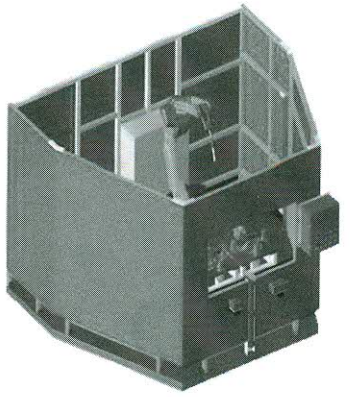
รูปที่ 3 จุดเชื่อมและลำดับการเชื่อม

รูปที่ 4 แขนกลในการเชื่อมคานกันกระแทกจับหัวเชื่อม 1 หัว ก่อนปรับปรุง

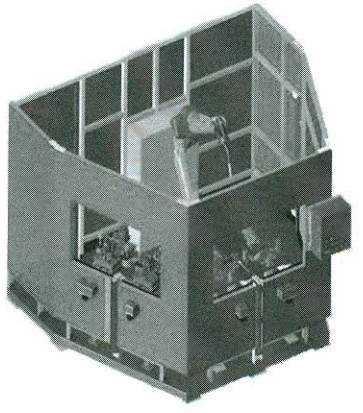
รูปที่ 5 คานแยกฟิกเจอร์แบบจับหัวเชื่อม 2 หัว หลังปรับปรุง

ปรับปรุงตู้เชื่อม

จากการปรับปรุงหัวเชื่อมเพื่อลดเวลาใน การทำงาน ส่งผลให้หัวเชื่อมสามารถเชื่อมชิ้นงานหนึ่งชิ้นใช้เวลาที่ 20 วินาที โดยการใช้ตู้เชื่อมแบบ 1 ช่องตามรูปที่ 6 ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบตู้เชื่อมให้มีแท่นจับชิ้นงานและช่องการทำงานเป็น 2 ช่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของคนและเครื่องจักรให้สมดุลกันช่วยลดเวลาว่างที่เกิดขึ้นของกระบวนการผลิตตามรูปที่ 7



รูปที่ 6 ตู้เชื่อมแบบ 1 ช่องการทำงานก่อนปรับปรุง

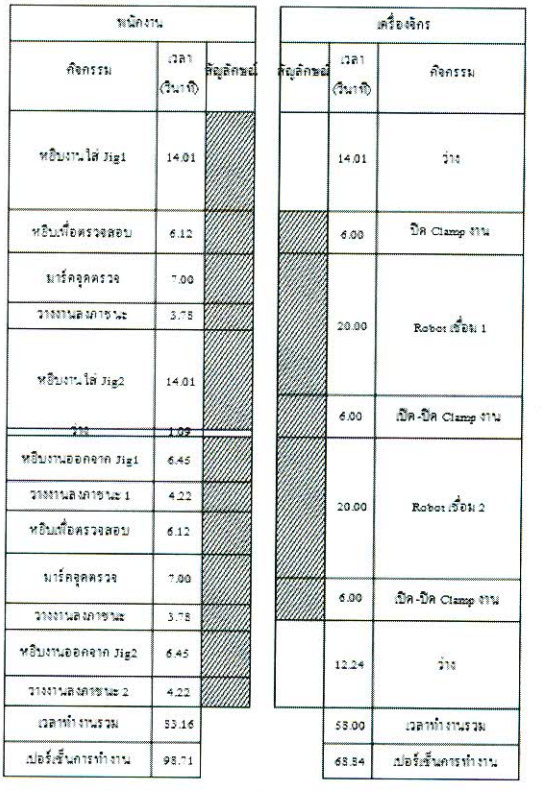


รูปที่ 7 ตู้เชื่อมแบบ 2 ช่องการทำงานหลังปรับปรุง

4. ผลการดำเนินงาน

สาเหตุที่ทำให้เกิดจุดคอขวดของกระบวนการผลิตที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Fish Bone diagram พบว่าขั้นตอนการเชื่อมด้วยแขนกลใช้เวลาสูงที่สุดและนักงานผลิตพนักงาน QC เกิดเวลาสูญเปล่ามากเกินไป (เวลารอคอยงาน) จึงนำเทคนิค ECRS มาปรับปรุงกระบวนการ โดยการรวมงานของพนักงานผลิต และพนักงาน QC เข้าด้วยกัน และจัดลำดับงานของกระบวนการใหม่ เพื่อลดการรอคอยงาน และปรับปรุงหัวเชื่อมให้สามารถเชื่อมได้ครั้งละ 2 แนว อีกทั้งปรับปรุงตู้เชื่อมให้มี 2 ช่องการทำงานตามหลักการทำให้ง่ายขึ้น

จากการปรับปรุงวิธีการทำงานนำมาวิเคราะห์กระบวนการทำงานของคน-เครื่องจักรตามรูปที่ 8 พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของพนักงานผลิตเป็นร้อยละ 98.71 และเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรเป็นร้อยละ 68.84 และสามารถลดพนักงานให้เหลือเพียง 1 คน



รูปที่ 8 การวิเคราะห์กระบวนการทำงานของคน-เครื่องจักร หลังปรับปรุง

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์การทำงานของคนกับเครื่องจักร

	พนักงาน	เครื่องจักร
เวลาทำงาน (วินาที)	83.16	58.00
เวลาว่าง (วินาที)	1.09	26.25
เวลารวม (วินาที)	84.25	84.25
เวลาทำงาน (ร้อยละ)	98.71	68.84

5. สรุปงานวิจัย

จากการปรับปรุงกระบวนการทำงานทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตต่อชิ้นลดลงจาก 76.68 วินาทีต่อชิ้น เป็น 42.13 วินาทีต่อชิ้น ทำให้อัตราการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 336 ชิ้นต่อวัน เป็น 599 ชิ้นต่อวัน (เพิ่มขึ้น78.27%) พบว่าเวลาทำงานเฉลี่ยของพนักงานเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 98.71 ของเวลาการทำงานรวมและเวลาทำงานเฉลี่ยของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 68.84 ของเวลาการทำงานรวม ตามตารางที่ 2 และปรับปรุงรอบเวลาการผลิตตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
Takt Time	44.48	44.48
Cycle Time	76.68	42.13

6.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร และคณะอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความรู้คำปรึกษาและคำแนะนำทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และเพื่อนร่วมชั้นที่เป็นกำลังใจมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

[1] วิลาสินี เลี้ยววาริณ ,อภิรัตน์ สกุลไทย, สโรจน์ เขียวสอนทอง **การปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มผลผลิต : กรณีศึกษา การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ,** ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550

[2] ภาวิณี อาจปรุ,สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน **การลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์เบรกเกอร์,** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย,วารสารรามคำแหง ฉบับวิศวกรรมศาสตร์, 2551.

[3] ปรีชา ด้วงน้อย, การเพิ่มผลผลิตของสายการประกอบแบตเตอรี่รถยนต์ด้วยระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และการปรับปรุงการผลิต.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2541.

[4] กิตติพงษ์ แสงบุดดี, ระพี กาญจนะ **การเพิ่มผลผลิตสำหรับสายการผลิตชุบเคลือบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี IE Network 2011

[5] อรอุมา ดอสนาน, วรลักษณ์ จันทร์กระจ่าง ,วัชระ พรหมสมบูรณ์ **การเพิ่มผลผลิตของสานการผลิต Sleeve สำหรับ Spindle Motor ในอุตสาหกรรมการผลิต Hard Disk Drive** โดยใช้ ECRS จากการปรับปรุงผลผลิตเพิ่มขึ้น 24.08% มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย IE Network 2008

[6] ยุทธณรงค์ จงจันทร์ และณฐา คุปตัษเฐียร, **การเพิ่มผลผลิตสายการผลิตเตาเหล็กหล่อ,** วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลธัญบุรี ฉบับที่ 2 (เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2553)

[7] Paul H.P Yeuw and Rabinda NathSen. 2006. **Productivity and quality improvementrevenue increment and rejection cost reduction manual component insertion lines through theapplication of ergonomic,** International Journal of Industrial Ergonomics vol 36, 367-377

[8] Reuben Escorpizo. 2007. **Understanding work productivity and its application to work-related musculoskeletal disorders,** International Journal of Industrial Ergonomics, N.p.

[9] นุชสรา เกรียงกรกฎ และคณะ **การคำนวณเวลามาตรฐานการทำงานของพนักงานในโรงงานตัดเย็บเสื้อผ้ากรณีศึกษา แผนกเย็บกางเกง รุ่น A1314,** วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. ปีที่ 8 ฉบับที่ 1, 2545.

[10] วีรชัย มัฏฐรักษ์,วิมล จันนินวงศ์ **การเพิ่มผลผลิตด้วยวิธีการปรับปรุงประสิทธิผล โดยรวมของเครื่องจักรกรณีศึกษา โรงงานผลิตอาหารสัตว์,** คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม,มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา,วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ปีที่ 6,2553.