การลดรอบเวลาการผลิตด้วยเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

ณัฐพล บุญรักษ์*, วรพนธ์ ชีววรนนท์ตรี

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร
*Corresponding author email: donut_captain@hotmail.com

ได้รับบทความ: 16 มีนาคม 2563
ได้รับบทความแก้ไข: 15 ตุลาคม 2563
ยอมรับตีพิมพ์: 5 พฤศจิกายน 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดสมดุลในสายประกอบเพลาขับล้อของโรงงานกรณีศึกษาเพื่อลดรอบเวลาการผลิตให้สั้นลงอย่างน้อยร้อยละ 10 จากการศึกษากระบวนการผลิตพบว่า สายการประกอบและเครื่องจักรทั้งหมดถูกจัดวางเรียงสำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เดียว มีจำนวนคนงานรวม 8 คนโดยแยกกันทำหน้าที่ประจำอยู่ในสถานีงานจำนวน 8 สถานี เมื่อนำข้อมูลค่าเฉลี่ยรอบเวลาการปฏิบัติงานของแต่ละสถานีงานที่เก็บรวบรวมได้มาใช้สร้างแผนภูมิ Yamazumi พบว่า สถานีงานประกอบสุดท้ายเป็นคอขวดของกระบวนการผลิต และรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยของการผลิตก่อนทำการจัดสมดุลเท่ากับ 687 วินาที ผลลัพธ์จากการใช้หลักการ ECRS และการปรับสมดุลสายการผลิตพบว่า รอบเวลาการผลิตมีค่าเท่ากับ 598 วินาที โดยลดลงจากเดิม 89 วินาที หรือคิดเป็นร้อยละ 12.95 ส่วนจำนวนคนงานที่ใช้ในสายการประกอบลดลงเหลือ 6 คน และสถานีงานลดลงเหลือ 6 สถานี ผลการเปรียบเทียบดัชนีบ่งชี้สมรรถนะการผลิตภายหลังการปรับสมดุลสายการผลิตพบว่า อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.625 ชิ้นต่อคนต่อชั่วโมง เป็น 1 ชิ้นต่อคนต่อชั่วโมง โดยเพิ่มขึ้น 0.375 ชิ้นต่อคนต่อชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 60 ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 49.82 เป็นร้อยละ 76.03 โดยเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 26.21 และการสูญเสียความสมดุลของสายการผลิตลดลงจากเดิมร้อยละ 49.82 เหลือร้อยละ 23.97 โดยลดลงร้อยละ 26.21

คำสำคัญ: การจัดสมดุล / รอบเวลาการผลิต / แผนภูมิ Yamazumi / คอขวด / ดัชนีบ่งชี้สมรรถนะการผลิต

Cycle Time Reduction with Line Balancing Technique: a Case Study on Auto-Parts Industry

Nattapon Boonrak*, Woraphon Cheewaworanontree

Department of Industrial Technology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok
*Corresponding author email: donut_captain@hotmail.com

Received: 16 March 2020
Revised: 15 October 2020
Accepted: 5 November 2020

Abstract

The objective of this research was to apply the line balancing technique for the axle assembly line of a case study plant in order to reduce the cycle time by at least 10%. The result of the study on the shop floor layout showed that the assembly line and all machines were intentionally arranged for producing a single product. There were 8 operators in total separately working at the 8 workstations. When using the average cycle time collected from each workstation to create the Yamazumi chart, the result indicated that the final assembly station was the bottleneck of the process and the average cycle time of the process prior to applying the line balancing technique was equal to 687 seconds. The results of using the ECRS principle and line balancing technique revealed that the cycle time of the assembly line shortens to 598 seconds, which was reduced by 89 seconds or 12.95%. The number of operators reduced to 6 and the number of workstations reduced to 6. A comparison of the production performance indicators before and after implementing the line balancing technique was conducted. It was found that the production rate was increased by the amount of 0.375 piece/man-hour from 0.625 to 1 piece/man-hour or

increased by 60%. Meanwhile, the production efficiency was increased by the amount of 26.21% from 49.82 to 76.03% and the balance delay of the assembly line decreased by amount of 26.21% from 49.82 to 23.97%.

Keywords: Line balancing / Cycle time / Yamazumi chart / Bottleneck / Production performance indicators

บทนำ

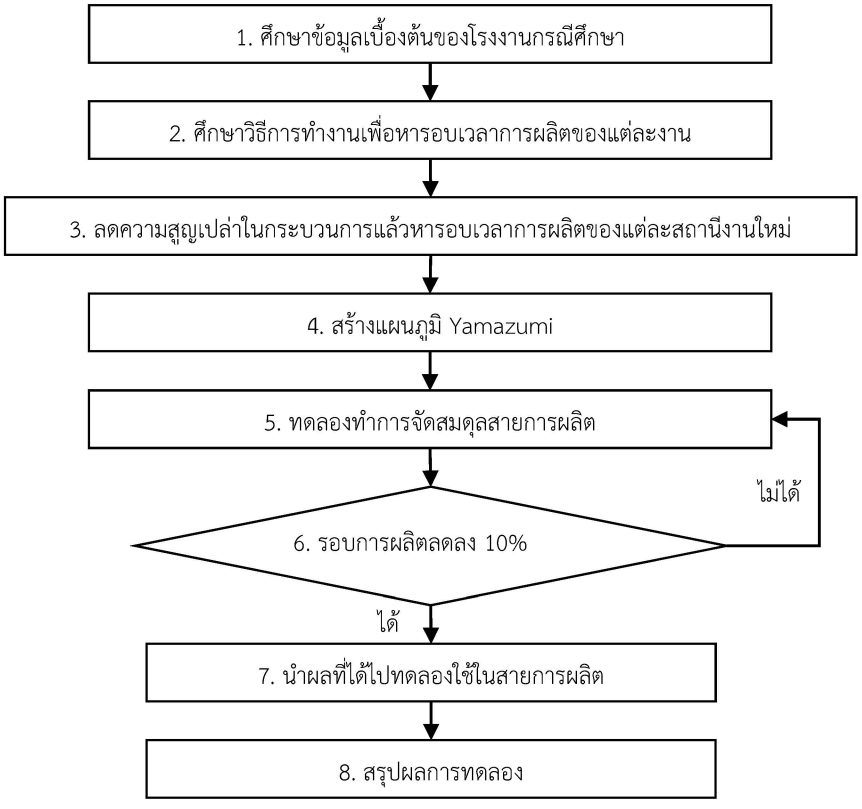
ผลการศึกษาตลาดผลิตยานยนต์ปัจจุบัน ระบุว่าทวีปเอเชียมีส่วนแบ่งตลาดสูงถึงร้อยละ 50 โดยเพิ่มขึ้นจากเดิมเมื่อทศวรรษที่ผ่านมาซึ่งมีเพียงร้อยละ 38 ส่วนแบ่งตลาดที่เหลือเป็นของทวีปอเมริกาและยุโรปประมาณทวีปละร้อยละ 25 เมื่อพิจารณาเฉพาะประเทศจีน ปัจจุบันกลายเป็นผู้ผลิตยานยนต์สูงสุดหลายปีติดต่อกัน โดยมียอดการผลิตถึงร้อยละ 26 ของทั้งโลกซึ่งสูงกว่ายอดการผลิตในอเมริกาและยุโรปทั้งทวีปรวมกันในแต่ละปี เมื่อพิจารณาผลของการผนวกกลุ่มประเทศอาเซียน (AEC) รวมกันเป็นตลาดหนึ่งเดียวจะทำให้ยานยนต์ที่ผลิตในภูมิภาคนี้ครองส่วนแบ่งตลาดอยู่ในลำดับที่ 6 ของโลก แม้จะมียอดผลิตรวมเพียงร้อยละ 5 หรือราว 4 ล้านคันต่อปีก็ตาม แต่ก็ถือว่ามีบทบาทมากขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาที่ผ่านมา เนื่องจากตลาดภายในภูมิภาคนี้กำลังขยายตัวจนมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น

เมื่อย้อนกลับมาพิจารณาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยว่าจะมีบทบาทอย่างไรในห่วงโซ่การผลิตยานยนต์อนาคตของโลกย่อมขึ้นอยู่กับศักยภาพของผู้ประกอบการไทยในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของความต้องการในตลาดที่มีความเป็นพลวัตรและมีการแข่งขันกันอย่างสูง หากกลุ่มผู้ประกอบการไทยสามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้เป็นอย่างดี ย่อมเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดึงดูดการลงทุน เนื่องจากผู้ผลิตยานยนต์ไทยทั้งหมดล้วนเป็นบริษัทในเครือของผู้ผลิตยานยนต์ต่างชาติ นโยบายของบริษัทแม่ (Global policy) จึงมีบทบาทสำคัญในการกำหนดทิศทางของอุตสาหกรรมยานยนต์ของไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเลือกที่ตั้งโรงงานผลิตยานยนต์และชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ แรงผลักดันที่ท้าท้ายเหล่านี้ทำให้ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยต่างพยายามปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพในการสนองตอบต่อความต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

การนำเทคนิคการผลิตแบบลีน (Lean production) เข้ามาประยุกต์ใช้ในสถานประกอบการน่าจะเป็นหนึ่งในทางออกของการปรับตัวและปรับปรุงประสิทธิภาพในสายการผลิตยานยนต์ของผู้ประกอบการไทย เนื่องจากเทคนิคการผลิตแบบลีนได้รับการพิสูจน์แล้วว่า สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขันในอุตสาหกรรมผลิตยานยนต์ของญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา และมีบทบาทอย่างเด่นชัดต่อการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันของอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าประเภทอื่นรวมทั้งอุตสาหกรรมการบริการอีกด้วย [1-3] สำหรับโรงงานผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ในระบบขับเคลื่อนรถยนต์ที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้กำลังประสบปัญหาเกี่ยวกับปริมาณการผลิตของสายการผลิตเพลาขับล้อไม่สามารถตอบสนองปริมาณความต้องการของผู้บริโภคได้ เนื่องจากรอบเวลาการผลิต (Cycle time) ยาวนานเกินไป เครื่องมือชนิดหนึ่งของการผลิตแบบลีนที่สามารถช่วยแก้ปัญหานี้ได้คือ เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต (Line balancing)

วัสดุและวิธีการ

การศึกษากระบวนการผลิตเพลาขับล้อ (Axle production line) ของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ในระบบขับเคลื่อนรถยนต์มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเพลาขับล้อของโรงงานกรณีศึกษาโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตให้ได้รอบเวลาการผลิตที่สั้นลงอย่างน้อย 10% ตามเป้าหมายการพัฒนาของฝ่ายบริหารที่ต้องการให้บริษัทสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

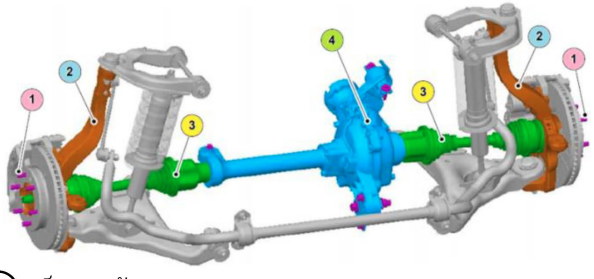
การศึกษากระบวนการผลิตเพลาขับล้อของโรงงานผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ในระบบขับเคลื่อนรถยนต์เพื่อลดรอบเวลาการผลิต สามารถสรุปเป็นแผนผังแสดงขั้นตอนได้ดังภาพที่ 1 โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ศึกษาสภาพของปัญหาซึ่งพบว่าโรงงานกรณีศึกษามีการจัดวางผังโรงงานตามลักษณะผลิตภัณฑ์ (Product layout) โดยกระบวนการและเครื่องจักรทั้งหมดถูกจัดวาง

เรียงสำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เดียว (Single product) [4] เพลาที่ผลิตจะแบ่งออกเป็นส่วนประกอบย่อยต่าง ๆ ซึ่งจะถูกประกอบในสถานีงานต่าง ๆ โดยส่วนประกอบขนาดเล็กเหล่านี้ถูกจัดวางไว้อยู่ในถาดจำนวนมากจึงทำให้ต้องใช้พื้นที่มาก นอกจากนี้ส่วนประกอบย่อยต้องมีการขนถ่ายจากสถานีงานหนึ่งไปยังอีกสถานีงานหนึ่ง ทำให้ปริมาณการขนถ่ายวัสดุเพิ่มขึ้นสูงมากและรอบเวลาการผลิตก็จะต้องเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน ส่งผลให้ปริมาณการผลิตของสายการผลิตเพลาขับล้อไม่สามารถตอบสนองปริมาณความต้องการของลูกค้าได้ เนื่องจากรอบเวลาการผลิต (Cycle time) อยู่ที่ 687 วินาทีซึ่งถือว่ายาวนานเกินไป ฝ่ายบริหารของโรงงานต้องการลดรอบเวลาการผลิตให้สั้นลงมาไม่เกิน 600 วินาที เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดได้รวดเร็วขึ้นกว่าเดิม ในงานวิจัยจึงได้นำเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อช่วยแก้ปัญหานี้

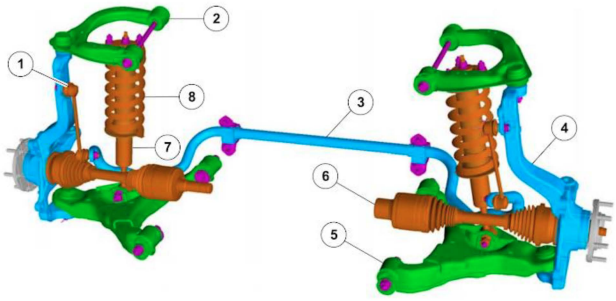
2. ศึกษาลักษณะผลิตภัณฑ์ โดยเลือกผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ได้จากสายการประกอบเพลาขับล้อในโรงงานกรณีศึกษาซึ่งมีตัวอย่างผลิตภัณฑ์แสดงไว้ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3

3. ศึกษากระบวนการประกอบเพลาขับล้อ โดยทำการสำรวจและเก็บข้อมูลของกระบวนการประกอบในสายการผลิตเพลาขับล้อ พบว่ามีสถานีงานอยู่ 8 สถานี ประกอบด้วย สถานีงานประกอบแขนยึดบังคับเลี้ยว (Knuckle assembly) สถานีงานประกอบชุดตลับลูกปืนล้อ (Wheel end assembly) สถานีงานประกอบชุดดุมล้อ (Wheel hub assembly) สถานีงานสวมชุดตลับลูกปืนล้อเข้ากับตัวเรือน (Wheel end to housing assembly) สถานีงานประกอบสุดท้ายบนสายพานลำเลียง สถานีงานอัดจารบีแบริ่ง (Bearing greasing) สถานีงานประกอบข้อยึด (Link assembly) และสถานีงานเตรียมการยึดสลัก (Fixing pin preparation) สำหรับผัง (Layout) ของสายการประกอบเพลาขับล้อได้แสดงไว้ในภาพที่ 4 และแบบจำลองการทำงานของระบบการประกอบเพลาขับล้อแสดงไว้ในภาพที่ 5



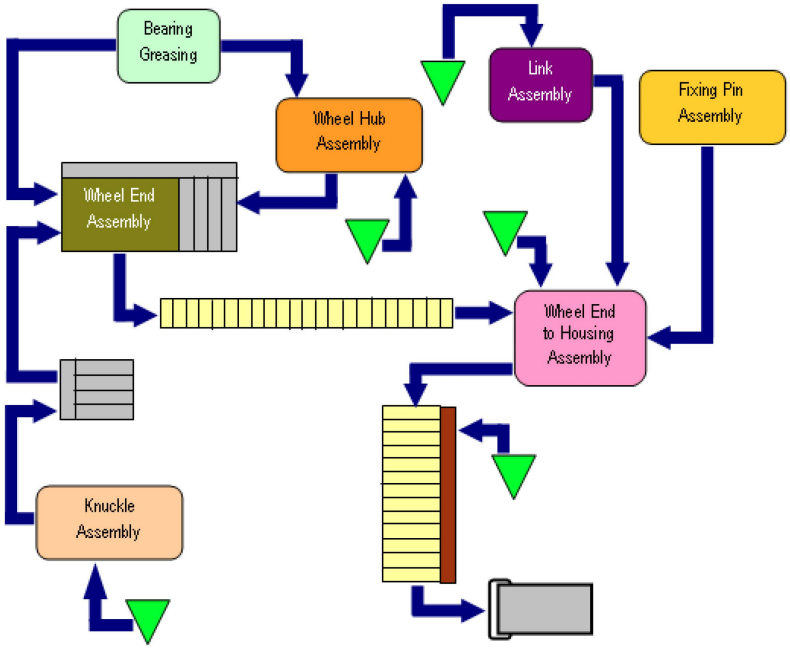
1. น็อตดุมล้อ (Wheel hub bolt)
2. Wheel hub, steering knuckle
3. เพลาขับล้อหน้า หรือเพลาระบบขับเคลื่อนสี่ล้อ (Front half shafts)
4. เฟืองท้ายหน้า (Front differential)

ภาพที่ 2 ระบบช่วงล่างขับเคลื่อนสี่ล้อ มุมมองจากด้านหน้ารถ



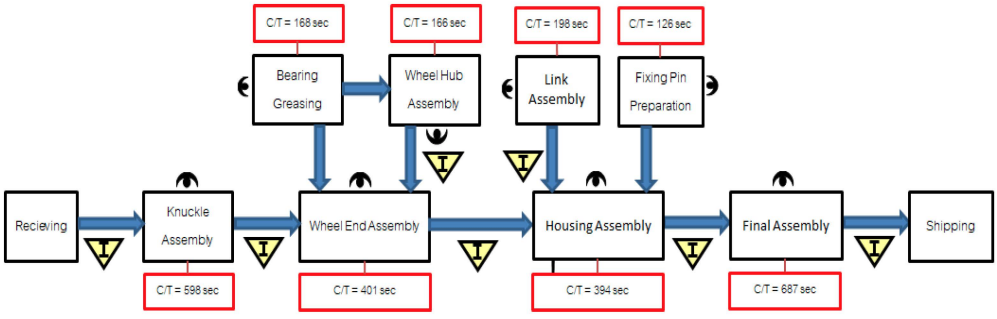
1. ลูกหมากกันโคลง (Stabilizer bar link)
2. ปีกนกบน (Upper arm)
3. เหล็กยึดกันโคลง (Stabilizer bar)
4. แขนยึดบังคับเลี้ยว (Knuckle)
5. ปีกนกล่าง (Lower arm)
6. เพลาขับหน้า / Half Shafts
7. โช๊คอัพ / Shock absorber unit
8. สปริง / Suspension unit

ภาพที่ 3 ระบบช่วงล่างขับเคลื่อนสี่ล้อ มุมมองจากด้านท้ายรถ



ภาพที่ 4 ผัง (Layout) สายการประกอบเพลาขับล้อ (ก่อนการปรับปรุง)

4. เก็บข้อมูลด้านเวลา เริ่มจากการเลือกกระบวนการผลิตที่จะศึกษาและเลือกคนงานที่เหมาะสม ซึ่งกระบวนการผลิตที่จะศึกษาสำหรับในงานวิจัยนี้ได้กำหนดไว้แล้ว คือ สายการประกอบเพลาขับล้อ โดยทำการสังเกตและจับเวลาการปฏิบัติงานของคนงานในแต่ละสถานีงาน ได้ผลสรุปของรอบเวลาการปฏิบัติงานและจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อชั่วโมงของแต่ละสถานีงาน มีรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 1



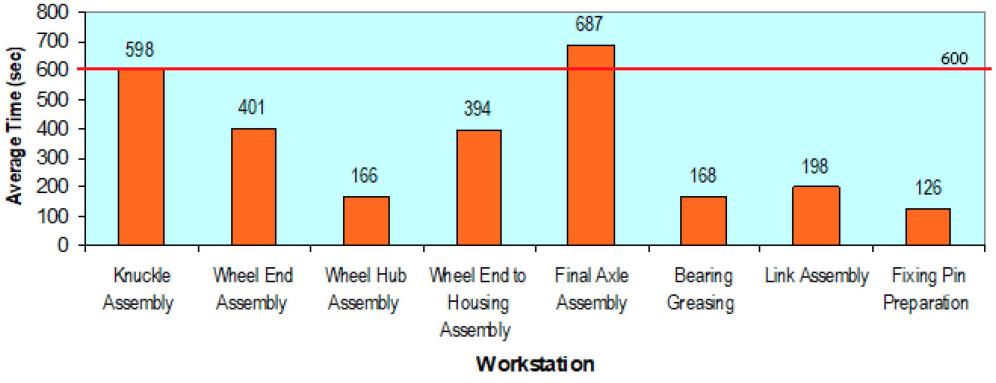
ภาพที่ 5 แบบจำลองการทำงานของระบบการประกอบเพลาขับล้อ (ก่อนทำการปรับปรุง)

ตารางที่ 1 รอบเวลาการผลิตและจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อชั่วโมงในแต่ละสถานีงาน (ก่อนทำการปรับปรุง)

สถานีงานที่	ชื่อสถานีงาน	ชิ้นงานต่อชั่วโมง	รอบเวลาผลิต (วินาที)
1	ประกอบแขนยึดบังคับเลี้ยว	6	598
2	ประกอบชุดตลับลูกปืนล้อ	9	401
3	ประกอบชุดดุมล้อ	22	166
4	สวมชุดตลับลูกปืนล้อเข้ากับตัวเรือน	9	394
5	งานประกอบสุดท้ายบนสายพานลำเลียง	5	687
6	อัดจารบีแบริ่ง	21	168
7	ประกอบข้อยึด	18	198
8	เตรียมการยึดสลัก	29	126
		รวมเวลาทุกสถานีงาน	**2,738**

5. สร้างแผนภูมิ Yamazumi เพื่อช่วยให้เห็นว่ากระบวนการใดมีภาระงานมากเกินไปหรือมีภาระงานน้อยเกินไป ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาการปรับสมดุลการผลิต โดยใช้ข้อมูลเวลาการปฏิบัติงานที่เก็บรวบรวมได้จากแต่ละสถานีงานซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 1 เพื่อทำการวิเคราะห์เบื้องต้นเกี่ยวกับประสิทธิภาพการดำเนินงานของสายการผลิต ได้ผลแสดงไว้ในภาพที่ 6 และเมื่อวิเคราะห์ภาพดังกล่าวแล้วจะเห็นว่า รอบเวลาการผลิตโดย

เฉลี่ยของแต่ละสถานีงานไม่สมดุลกัน โดยสถานีงานประกอบสุดท้ายใช้เวลานานที่สุดในการประกอบให้ได้ผลผลิตต่อหนึ่งชิ้นงาน กล่าวคือ สถานีงานประกอบสุดท้ายเป็นคอขวดของกระบวนการประกอบเพลาขับล้อนั่นเอง ดังนั้นรอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยของกระบวนการผลิตนี้จึงเท่ากับ 687 วินาที



ภาพที่ 6 แผนภูมิ Yamazumi สายการประกอบเพลาขับล้อ (ก่อนการปรับปรุง)

6. วิเคราะห์ตัวบ่งชี้สมรรถนะเพื่อทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของกระบวนการผลิตก่อนและหลังการปรับสมดุลสายการผลิต โดยตัวบ่งชี้สมรรถนะของกระบวนการผลิตที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย อัตราผลผลิต (Production rate) ประสิทธิภาพสายการผลิต (Production efficiency) และการสูญเสียความสมดุล (Balance delay) ดัชนีชี้วัดผลดังกล่าวมีรายละเอียดดังนี้

6.1 อัตราผลผลิต เป็นดัชนีบ่งชี้ความเร็วในการผลิตของคนงานที่อยู่ในกระบวนการผลิตนั้น โดยมีหน่วยเป็นจำนวนชิ้นงานที่ได้ต่อคนต่อชั่วโมง อัตราผลผลิตสามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

$$\text{อัตราผลผลิต} = \frac{r_p}{m} \qquad (1)$$

โดย r_p เป็นอัตราการผลิตชิ้นงานต่อชั่วโมง

m เป็นจำนวนคนงานในสายการผลิต

จากตารางที่ 1 อัตราการผลิตชิ้นงานต่อชั่วโมงของกระบวนการผลิตเพลาขับล้อจะเท่ากับอัตรากำลังการผลิตในสถานีงานประกอบสุดท้าย ซึ่งมีกำลังการผลิตเท่ากับ 5 ชิ้นต่อชั่วโมง และในกระบวนการผลิตใช้คนงานทั้งหมดจำนวน 8 คน ดังนั้นอัตราการผลิตของกระบวนการผลิตเพลาขับล้อก่อนการปรับปรุงจะเท่ากับ 5 ชิ้นต่อชั่วโมง / 8 คน = 0.625 ชิ้นต่อคนต่อชั่วโมง

6.2 ประสิทธิภาพสายการผลิต สามารถคำนวณได้จากสมการ (2)

$$\varepsilon = \frac{T_{wc}}{nT_c} \times 100 \quad (2)$$

โดย ε เป็นประสิทธิภาพสายการผลิต

T_{wc} เป็นผลรวมเวลาทำงานทุกสถานีงาน

n เป็นจำนวนสถานีงานในสายการผลิต

T_c เป็นรอบเวลาการผลิตของกระบวนการ

จากตารางที่ 1 ผลรวมเวลาทำงานทุกสถานีงาน = 2,738 วินาที รอบเวลาการผลิตของกระบวนการ = 687 วินาที จำนวนสถานีงาน = 8 สถานี ดังนั้นประสิทธิภาพสายการผลิตเพลาขับล้อก่อนการปรับปรุงจะเท่ากับ 2,738 วินาที / (8 สถานี × 687 วินาที) × 100 = 49.82%

6.3 การสูญเสียความสมดุลของสายการผลิตคำนวณได้จากสมการ (3)

$$d = \frac{nT_c - T_{wc}}{nT_c} \times 100 \quad (3)$$

โดย d เป็นค่าการสูญเสียความสมดุล

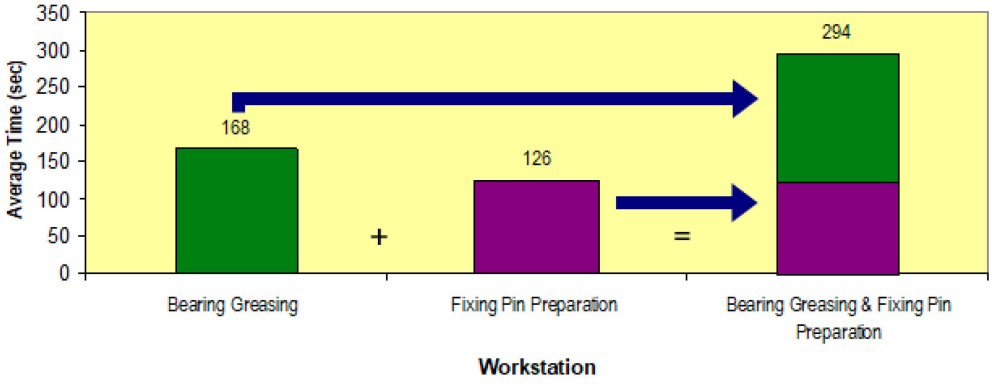
จากตารางที่ 1 ค่าการสูญเสียความสมดุลจะเท่ากับ (8×687 – 2,738) / (8×687) × 100 = 50.18%

7. ทำการลดรอบเวลาการผลิตโดยใช้วิธีปรับสมดุลสายการผลิตเพื่อลดเวลาว่างในสถานีงาน ทำให้กระบวนการผลิตมีความคล่องตัว และลดจำนวนสถานีงานและจำนวนพนักงานที่เหมาะสมในแต่ละสถานี ซึ่งทำให้รอบเวลาการผลิตสั้นลงในที่สุด ในงานวิจัยนี้จะเริ่มจากการแก้ปัญหาสถานีงานที่เป็นคอขวดของกระบวนการก่อนโดยการลดเวลาของการผลิตให้สั้นลง แล้วทดลองทำการจัดสมดุลขั้นตอนการประกอบเพลาขับล้อเสียใหม่โดยอาศัยหลักการ ECRS ซึ่งเป็นการขจัดขั้นตอนงานย่อยที่ไม่จำเป็น (Eliminate) การผนวกรวมขั้นตอนงานย่อยที่สามารถทำงานร่วมกันได้ (Combine) การจัดเรียงขั้นตอนการทำงานใหม่ (Rearrange) หรือปรับแก้วิธีการทำงานให้ง่ายกว่าเดิม (Simplify) ผลการปรับปรุงจะแสดงในหัวข้อถัดไป

ผลการศึกษา

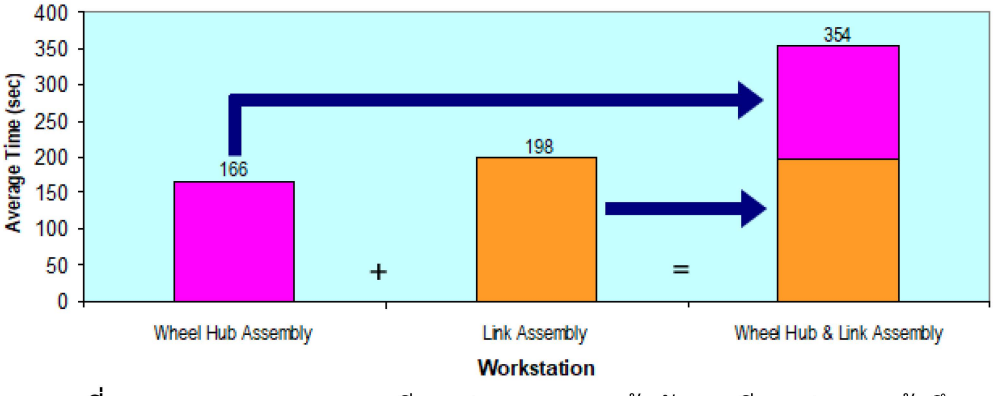
จากการวิเคราะห์รอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยของแต่ละสถานีงานและลักษณะทางกายภาพของผังกระบวนการผลิตของสายการประกอบเพลาขับล้อจะพบว่า สถานีงานอัดจาระบีแบริ่งกับสถานีงานเตรียมการยึดสลักมีรอบเวลาการผลิตเฉลี่ยค่อนข้างสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับรอบเวลาการผลิตของสถานีงานอื่น คือ 168 วินาทีและ 126 วินาที

ตามลำดับ อีกทั้งสองสถานีงานสามารถจัดวางอยู่ในตำแหน่งใกล้ชิดกันได้ ทำให้คนงานเพียงคนเดียวก็สามารถรับผิดชอบงานของทั้งสองสถานีได้เนื่องจากงานย่อยภายในทั้งสองสถานีไม่มีความซับซ้อนมากนัก ผลการรวมงาน (Combine) ของสองสถานีงานแสดงในภาพที่ 7



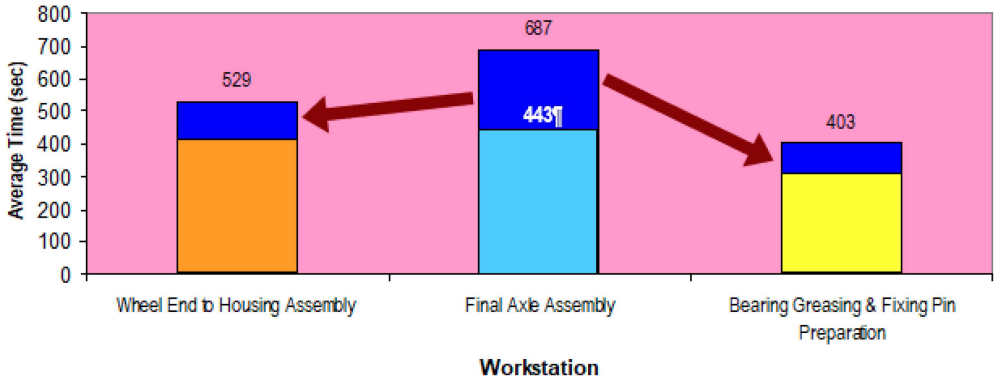
ภาพที่ 7 ผลการรวมงานของสถานีงานอัดจารบีแบริ่งกับสถานีงานเตรียมการยึดสลัก

สำหรับสถานีงานที่มีรอบเวลาการผลิตเฉลี่ยค่อนข้างสั้นถัดมาเมื่อเปรียบเทียบกับรอบเวลาการผลิตของสถานีงานอื่น คือ สถานีงานประกอบชุดดุมล้อกับสถานีงานประกอบข้อยึดซึ่งมีรอบเวลาการผลิตเท่ากับ 166 วินาทีและ 198 วินาที ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์งานย่อยภายในสถานีงานทั้งสองสถานีพบว่าสามารถใช้เครื่องจักรเดียวกันได้เพียงแค่เพิ่มตัวยึดจับชิ้นงานสำหรับแต่ละสถานีงานเท่านั้น กล่าวคือ อาศัยหลักการยุบรวม (Combine) และเสริมเครื่องมือให้ทำงานง่ายกว่าเดิม (Simplify) ทำให้สถานีงานประกอบชุดดุมล้อยุบรวมกับสถานีงานประกอบข้อยึดให้กลายเป็นหนึ่งสถานีงานได้ ผลการรวมงานของสองสถานีงานแสดงได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผลการรวมงานของสถานีงานประกอบชุดดุมล้อกับสถานีงานประกอบข้อยึด

เนื่องจากสถานีงานประกอบสุดท้ายใช้เวลาการผลิตเฉลี่ยมากที่สุดอย่างเห็นได้ชัด และสถานีงานนี้เป็นคอขวดของกระบวนการผลิตดังได้กล่าวไว้แล้ว และเมื่อพิจารณางานย่อยภายในสถานีงานประกอบสุดท้าย พบว่าสามารถใช้หลักการจัดเรียงงานใหม่ (Rearrange) โดยจัดบางงานย่อยภายในสถานีงานประกอบสุดท้ายไปให้สถานีงานสวมชุดตลับลูกปืนล้อเข้ากับตัวเรือน และสถานีงานอัดจารบีแบริ่งกับงานเตรียมการยึดสลักที่ผนวกรวมกันไปก่อนหน้านี้แล้ว ก็จะสามารถลดภาระงานให้กับคนงานในสถานีงานประกอบสุดท้ายได้ โดยผลของการจัดงานใหม่ระหว่างสามสถานีงานแสดงได้ดังภาพที่ 9

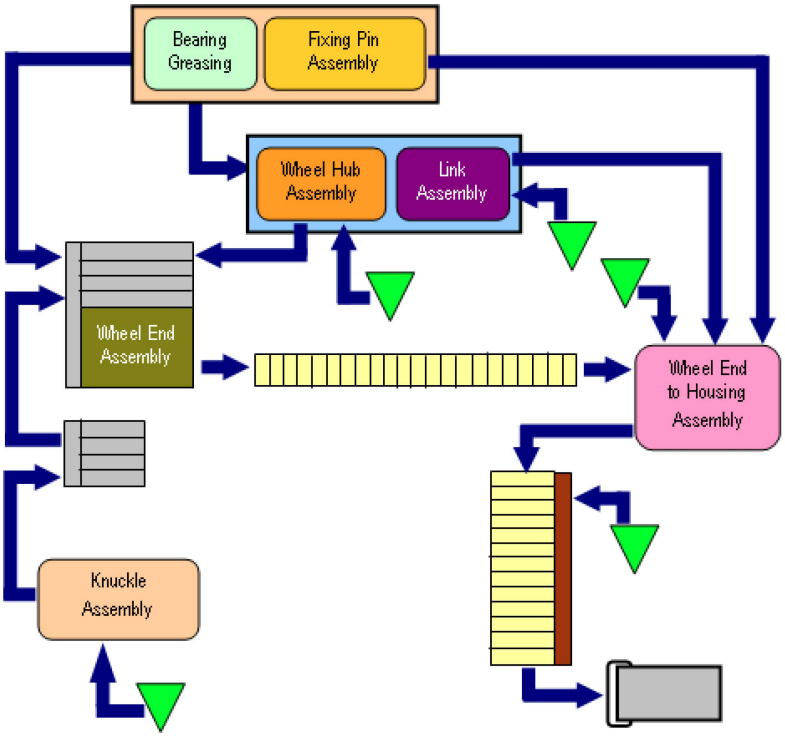


ภาพที่ 9 ผลการกระจายงานจากสถานีงานประกอบสุดท้ายให้กับสถานีงานสวมชุดตลับลูกปืนล้อเข้ากับตัวเรือนและสถานีงานอัดจารบีแบริ่งกับงานเตรียมการยึดสลัก

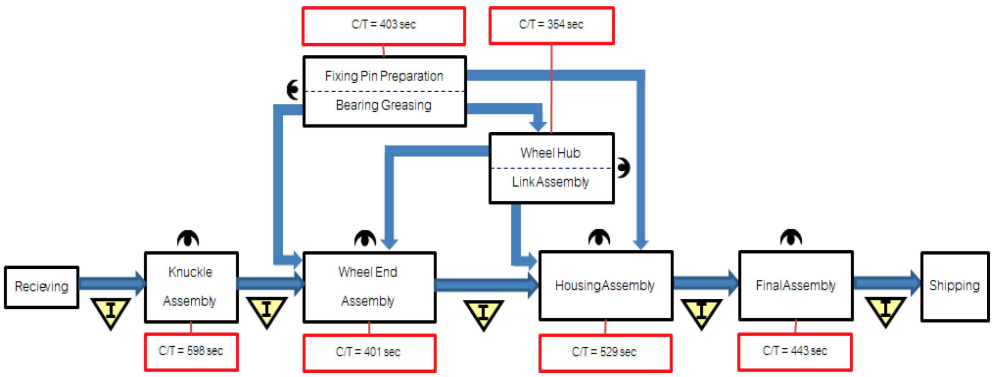
ผลลัพธ์จากการจัดสมดุลสายการผลิตโดยอาศัยแผนภูมิ Yamazumi ทำให้จำนวนสถานีงานในสายการประกอบเพลาขับล้อลดลงจากเดิมที่มี 8 สถานีเหลือเพียง 6 สถานี นอกจากนั้นยังสามารถลดรอบเวลาการผลิตของสถานีงานประกอบสุดท้ายลงจากเดิม 687 วินาที เหลือ 443 วินาที ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 โดยผังกระบวนการผลิตและแบบจำลองการทำงานของระบบการประกอบเพลาขับล้อใหม่ที่ได้หลังจากการจัดสมดุลสายการผลิตได้แสดงไว้ในภาพที่ 10 และภาพที่ 11 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 รอบเวลาการผลิตและจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อชั่วโมงในแต่ละสถานีงาน (หลังการปรับปรุง)

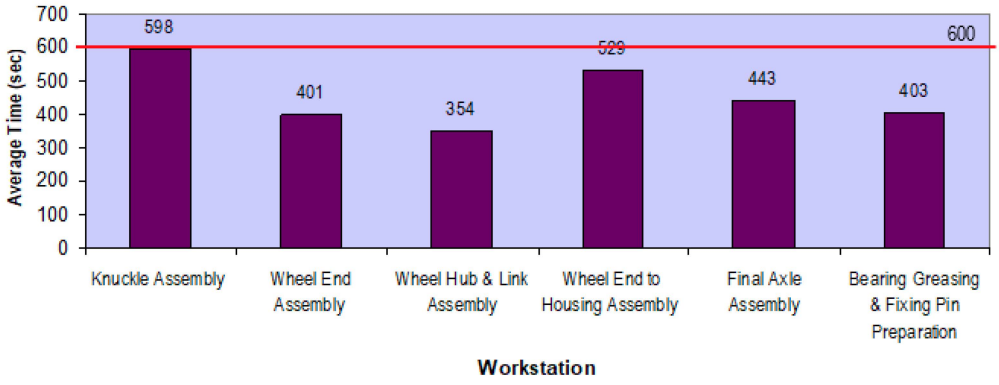
สถานีงานที่	ชื่อสถานีงาน	ชิ้นงานต่อชั่วโมง	รอบเวลาผลิต (วินาที)
1	ประกอบแขนยึดบังคับเลี้ยว	6	598
2	ประกอบชุดตลับลูกปืนล้อ	9	401
3	ประกอบชุดดุมล้อและประกอบข้อยึด	10	354
4	สวมชุดตลับลูกปืนล้อเข้ากับตัวเรือน	7	529
5	งานประกอบสุดท้ายบนสายพานลำเลียง	8	443
6	อัดจารบีแบริ่งและเตรียมการยึดสลัก	9	403
		รวมเวลาทุกสถานีงาน	2,728



ภาพที่ 10 ผัง (Layout) สายการประกอบเพลาขับล้อ (หลังการปรับปรุง)



ภาพที่ 11 แบบจำลองการทำงานของระบบการประกอบเพลาขับล้อ (หลังทำการปรับปรุง)

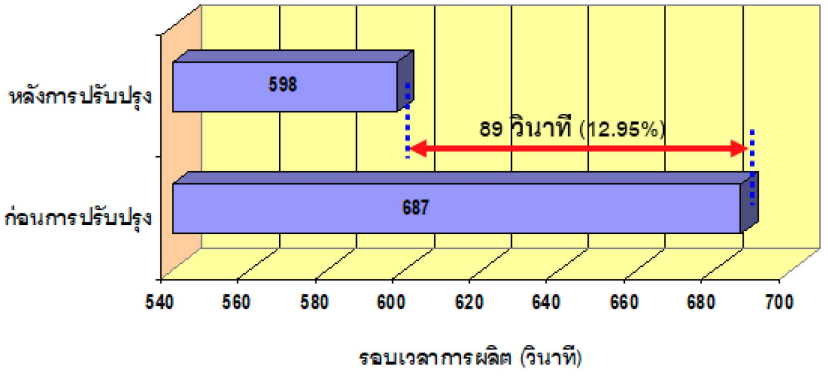


ภาพที่ 12 แผนภูมิ Yamazumi สายการประกอบเพลาขับล้อ (หลังการปรับปรุง)

เมื่อนำข้อมูลรอบเวลาผลิตของแต่ละสถานีงานภายหลังการปรับสมดุลสายการผลิต ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2 มาใช้สร้างแผนภูมิ Yamazumi เพื่อทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการดำเนินงานของสายการผลิตหลังการปรับปรุง ได้ผลแสดงไว้ในภาพที่ 12 และเมื่อวิเคราะห์รูปดังกล่าวจะเห็นว่า รอบเวลาการผลิตโดยเฉลี่ยของแต่ละสถานีงานมีความสมดุลมากขึ้นกว่าเดิมอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับแผนภูมิ Yamazumi ที่แสดงไว้ในภาพที่ 6 นอกจากนี้แล้วยังพบว่า ในช่วงก่อนการปรับสมดุลสายการผลิต คอขวดของกระบวนการผลิตคือ สถานีงานประกอบสุดท้าย แต่หลังจากได้ทำการปรับสมดุลแล้ว คอขวดของกระบวนการผลิตได้เปลี่ยนไปเป็นสถานีงานประกอบแขนยึดบังคับเลี้ยว

ผลลัพธ์สำคัญที่ต้องการจากการปรับสมดุลสายการผลิตเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การลดรอบเวลาการผลิตให้สั้นลงอย่างน้อย 10% เมื่อพิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 2 และแผนภูมิ Yamazumi ในภาพที่ 12 จะเห็นได้ว่า ภายหลังจากได้ทำการปรับ

สมดุลสายการผลิตแล้ว รอบเวลาการผลิตของสายการประกอบเพลาขับล้อมีค่าเท่ากับ 598 วินาที ซึ่งลดลงจากเดิมก่อนทำการปรับสมดุลสายการผลิตที่มีรอบเวลาการผลิตอยู่ที่ 687 วินาที กล่าวคือ การปรับสมดุลสายการผลิตสามารถลดรอบเวลาการผลิตลงได้ 89 วินาที หรือประมาณ 12.95% (ดูภาพที่ 13 ประกอบ) ซึ่งบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย อีกทั้งยังบรรลุเป้าหมายของฝ่ายบริหารของโรงงานกรณีศึกษาที่ต้องการลดรอบเวลาการผลิตให้ลงมาไม่เกิน 600 วินาทีเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดได้รวดเร็วขึ้นกว่าเดิม



ภาพที่ 13 ผลการเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของสายการประกอบเพลาขับล้อก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงด้วยวิธีการปรับสมดุลสายการผลิต

จากตารางที่ 2 จะพบว่าอัตราการผลิตของกระบวนการผลิตเพลาขับล้อจะเท่ากับอัตราการผลิตในสถานีงานประกอบแขนยึดบังคับเลี้ยว ซึ่งเท่ากับ 6 ชิ้นต่อชั่วโมง และในกระบวนการผลิตเพลาขับล้อใช้คนงานทั้งหมด 6 คน ดังนั้นจากสมการ (1) อัตราการผลิตของกระบวนการผลิตเพลาขับล้อหลังการปรับปรุง = 6 ชิ้นต่อชั่วโมง/6 คน = 1 ชิ้นต่อคน-ชั่วโมง จึงสรุปได้ว่า การปรับสมดุลสายการผลิตสามารถเพิ่มอัตราการผลิตกรณีศึกษาได้ 0.375 ชิ้นต่อคนต่อชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 60

จากตารางที่ 2 ผลรวมเวลาทำงานทุกสถานีงาน = 2,728 วินาที รอบเวลาการผลิต = 598 วินาที จำนวนสถานีงาน = 6 สถานี ดังนั้นจากสมการ (2) ประสิทธิภาพสายการผลิตหลังการปรับปรุง = 2,728/(598×6)×100 = 76.03% สรุปได้ว่า การปรับสมดุลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตของสายการประกอบจากเดิม 49.82% ซึ่งสูงขึ้น 26.21%

จากสมการ (3) ค่าการสูญเสียความสมดุลของสายการผลิตหลังการปรับปรุง = (6×598–2,728)/(6 × 598)×100 = 23.97% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการสูญเสียความ

สมดุลก่อนการปรับสมดุลซึ่งอยู่ที่ 50.18% พบว่า การปรับสมดุลสามารถลดการสูญเสียความสมดุลของสายการประกอบลงได้ 26.21%

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับสมดุลสายการผลิต

ลำดับ	รายการเปรียบเทียบ	ก่อนการปรับสมดุล	หลังการปรับสมดุล	ผลต่าง
1	จำนวนคนงาน (คน)	8	6	-2
2	รอบเวลาการผลิต (วินาที)	687	598	-89
3	กำลังการผลิต (ชิ้น/ชั่วโมง)	5	6	+1
4	อัตราการผลิต (ชิ้นต่อคนต่อชั่วโมง)	0.625	1.000	+0.375
5	จำนวนสถานีงาน	8	6	-2
6	ประสิทธิภาพการผลิต (%)	49.82	76.03	+26.21
7	การสูญเสียความสมดุล (%)	50.18	23.97	+26.21

เมื่อนำค่าต่าง ๆ ที่ได้จากผลการวิเคราะห์และการประเมินทั้งก่อนและหลังการปรับสมดุลสายการผลิตมาทำการเปรียบเทียบ สามารถสรุปผลลัพธ์ออกมาแสดงอยู่ในรูปของตารางที่ 3 ซึ่งสามารถวิเคราะห์เพิ่มเติมได้ว่า ผลิตภาพด้านแรงงาน (Labor productivity) เพิ่มสูงขึ้น 60% ในขณะที่ต้นทุนแรงงานลดลง 25% จึงสามารถสรุปได้ว่าผลิตภาพของกระบวนการผลิตขึ้นอยู่กับระดับความสมดุลของสายการผลิตนั่นเอง ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาในงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีปรับสมดุลสายการผลิตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้า [5] อุตสาหกรรมประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ [6] อุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ [7] เป็นต้น

วิจารณ์และสรุป

จากการศึกษากระบวนการผลิตเพลาขับล้อของโรงงานกรณีศึกษาก่อนทำการจัดสมดุลการผลิตพบว่า สายการประกอบและเครื่องจักรทั้งหมดถูกจัดวางเรียงสำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เดี่ยว มีคนงานรวม 8 คนโดยแยกกันทำหน้าที่ประจำอยู่ในสถานีงานในสายการประกอบจำนวน 8 สถานี เมื่อนำข้อมูลรอบเวลาการปฏิบัติงานของแต่ละสถานีงานมาใช้สร้างแผนภูมิ Yamazumi เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสายการผลิต พบว่า รอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงานไม่สมดุลกันซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจน โดยสถานีงานประกอบสุดท้ายเป็นคอขวดของกระบวนการผลิต และรอบเวลาการผลิตก่อนทำการจัดสมดุลการผลิตจะเท่ากับ 687 วินาที

ภายหลังจากการใช้หลักการ ECRS และเทคนิคการจัดสมดุล พบว่า กระบวนการผลิตมีรอบเวลาการผลิตเท่ากับ 598 วินาที ซึ่งลดลงได้ 89 วินาทีหรือประมาณ 12.95%

จำนวนสถานีงานเหลือ 6 สถานีซึ่งลดลง 2 สถานี แต่ละสถานีงานยังคงใช้คนงานสถานีงานละหนึ่งคน โดยจำนวนคนงานลดลง 2 คนจึงเหลือคนงาน 6 คน ในส่วนของค่าดัชนีบ่งชี้สมรรถนะของกระบวนการผลิตหลังการปรับสมดุลเปรียบเทียบกับก่อนการปรับสมดุล สามารถสรุปได้ว่า อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.625 ชิ้นต่อคนต่อชั่วโมง เป็น 1 ชิ้นต่อคนต่อชั่วโมง โดยเพิ่มขึ้น 0.375 ชิ้นต่อคนต่อชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 60 ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 49.82% เป็น 76.03% โดยเพิ่มสูงขึ้น 26.21% การสูญเสียความสมดุลลดลงจากเดิม 49.82% เหลือ 23.97% โดยลดลง 26.21%

อย่างไรก็ตาม ผลสรุปที่ได้จากการวิจัยชิ้นนี้เป็นโมเดลกรณีศึกษาของสายการประกอบประเภทผลิตภัณฑ์เดี่ยว (Single-model assembly line) งานวิจัยที่ควรดำเนินงานเพื่อขยายขอบเขตของการประยุกต์ใช้งานเทคนิคการจัดสมดุล คือ การขยายโมเดลสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม (Mixed-model assembly line) และสายการประกอบประเภทหลายผลิตภัณฑ์ (Multi-model assembly line) เนื่องจากสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมและสายการประกอบหลายผลิตภัณฑ์จะพบเห็นได้ในอุตสาหกรรมการผลิตทั่วไปนอกเหนือจากในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ [8,9] การประยุกต์ใช้งานเทคนิคการจัดสมดุลกับสายการประกอบทั้งสองประเภทดังกล่าวจะเป็นแรงหนุนที่ไม่เพียงแต่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในภาคอุตสาหกรรมให้สูงขึ้นเท่านั้น แต่ยังช่วยลดต้นทุนการผลิตเช่นเดียวกับที่ได้เกิดประโยชน์กับโมเดลกรณีศึกษาของสายการประกอบประเภทผลิตภัณฑ์เดี่ยว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทันสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ประจำปี 2562

เอกสารอ้างอิง

1. Womack JP, Jones DT. Lean thinking-banish waste and create wealth in your corporation. 2nd ed. Free Press; 2003.
2. Liker JK. Becoming Lean. Portland, OR: Productivity Press; 1998.
3. Pettersen J. Defining lean production: some conceptual and practical issues. TQM J 2009;21:127-42.
4. Boysen N, Fliedner M, School A. A classification of assembly line balancing problems. Eur J Oper Res 2007;183:674-93.

5. Bongomin O, Mwasiagi JI, Nganyi EO, Nibikora I. Improvement of garment assembly line efficiency using line balancing technique [Internet]. 2020 [cited 2020 October 12]. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/eng2.12157
6. Lam NT, Toi LM, Tuyen VTT, Hien DN. Lean line balancing for an electronics assembly line [Internet]. 2016 [cited 2020 February 12]. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116001049
7. Dias P, Silva FJG, Campilho RDSG, Ferreira LP, Santos T. Analysis and improvement of an assembly line in the automotive industry [Internet]. 2019 [cited 2020 May 6]. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235197892030144X
8. Naveen K, Mahto D. Assembly line balancing: a review of developments and trends in approach to industrial application. Global Journal of Researches in Engineering 2013;13:28-50.
9. Scholl A, Becker C. A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. Eur J Oper Res 2006;168:694-715.