บทความวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพสายการประกอบโรเตอร์ กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ABC

อัฏฐพล สาผิว และ ปณิธาน พีรพัฒนา*
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 6715 3906 อีเมล: panpee@kku.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.05.042
รับเมื่อ 25 พฤษภาคม 2563 แก้ไขเมื่อ 1 กันยายน 2563 ตอบรับเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2563 เผยแพร่ออนไลน์ 28 พฤษภาคม 2564
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสายการประกอบโรเตอร์ โดยการลดเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำงาน (Machinery Downtime) ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจาก ขั้นตอนการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบ (Startup Work & Inspection) ที่เกิดขึ้นทุกวัน รวมทั้งตำแหน่งการทำงานที่ไม่เหมาะสม โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) การจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) และการวางผังโรงงาน (Plant Layout) มาวิเคราะห์ และปรับปรุงกระบวนการผลิต จากการปรับปรุงด้วยวิธีการที่นำเสนอพบว่า สามารถลดเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำงาน ลงจาก 24.14 นาที เหลือ 10.76 นาที คิดเป็น 55.43% ส่งผลให้สามารถเพิ่มจำนวนการผลิตได้ 10,512 ชิ้นต่อปี และประสิทธิภาพสายการผลิตของขั้นตอนการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบเพิ่มขึ้นจาก 41.53% เป็น 63.62% ส่งผลให้อัตราการทำงานของเครื่องจักร (Machine Utilization) เพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ย 75.62% เป็น 80.13%

คำสำคัญ: เวลาที่เครื่องจักรหยุดทำงาน อัตราการทำงานของเครื่องจักร การจัดสมดุลสายการผลิต เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด การวางผังโรงงาน

การอ้างอิงบทความ: อัฏฐพล สาผิว และ ปณิธาน พีรพัฒนา, "การเพิ่มประสิทธิภาพสายการประกอบโรเตอร์กรณีศึกษา โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ABC," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 32, ฉบับที่ 1, หน้า 5–14, ม.ค.–มี.ค. 2565.

Research Article

An Efficiency Improvement of the Rotor Assembly Line: A Case Study ABC Automotive Parts Factory

Autthapol Sapew and Panitarn Peerapattana*
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 6715 3906, E-mail: panpee@kku.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.05.042
Received 25 May 2020; Revised 1 September 2020; Accepted 23 November 2020; Published online: 28 May 2021
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The objective of this research is to increase the efficiency of the rotor assembly line by reducing machinery downtime. This is mainly due to procedures for startup and inspection that occur every day together with inappropriate working positions by applying 7 QC tools, production line balancing, and plant layout to analyze and improve the production process. From the implementation of the proposed method, it was found that the machine downtime can be reduced from 24.14 minutes to 10.76 minutes, equivalent to 55.43%, resulting in an increase in the production of 10,512 pieces per year. Moreover, the efficiency of the startup work and inspections process, increased from 41.53% to 63.62%, resulting in the machine utilization rate increasing from an average of 75.62% to 80.13%.

Keywords: Downtime, Machine Utilization, Line Balancing, 7 QC Tools, Plant Layout

Please cite this article as: A. Sapew and P. Peerapattana, "An efficiency improvement of the rotor assembly line: A case study ABC automotive parts factory," *The Journal of KMUTNB*, vol. 32, no. 1, pp. 5–14, Jan.–Mar. 2022 (in Thai).

1. บทนำ

อุตสาหกรรมรถยนต์เป็นอุตสาหกรรมสำคัญที่รัฐบาลไทยให้การสนับสนุนมาอย่างต่อเนื่อง เริ่มตั้งแต่ปี 2518 ที่มีการส่งเสริมการประกอบรถยนต์เพื่อทดแทนการนำเข้า โดยการปรับขึ้นภาษีรถยนต์สำเร็จรูปที่นำเข้าในอัตราสูง ขณะที่มีการให้สิทธิประโยชน์แก่ผู้ประกอบการประกอบรถยนต์ โดยการลดภาษีนำเข้าชิ้นส่วน ยุคต่อมารัฐบาลมีนโยบายสร้างความเข้มแข็งให้อุตสาหกรรมรถยนต์ในประเทศ โดยการส่งเสริมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เพื่อรองรับการเติบโตของอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ขยายตัวอย่างมาก จากการผลิต 0.36 ล้านคันในปี 2540 เป็น 2.17 ล้านคันในปี 2561 หรือขยายตัว 9.4% ต่อปี ซึ่งเป็นการผลิตรถยนต์เพื่อการส่งออกมากกว่า 50% ของการผลิตทั้งหมด [1] อุตสาหกรรมยานยนต์ของไทยมีผู้ประกอบการในห่วงโซ่อุปทานการผลิต (Supply Chain) กว่า 2,435 ราย และมีจำนวนแรงงานในอุตสาหกรรมสูงถึง 5.5 แสนคน [2] โดยไทยก้าวสู่ผู้ผลิตรถยนต์อันดับที่ 12 ของโลก สร้างมูลค่าการส่งออกในหมวดสินค้ารถยนต์อุปกรณ์ และส่วนประกอบได้สูงถึง 1 ล้านล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 12 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าของไทย อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์จึงมีความสำคัญที่สามารถสร้างรายได้ และอาชีพให้กับประชากรในประเทศได้เป็นจำนวนมากและมีการเติบโตขึ้นในทุกๆ ปี โดยคาดว่าอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ของไทยในปี 2562–2564 จะมีรายได้ขยายตัวต่อเนื่อง 3–5% ต่อปีโดยมีปัจจัยหนุนจากความต้องการชิ้นส่วนยานยนต์ OEM (Original Equipment Manufacturer) ทั้งตลาดในประเทศ และตลาดส่งออก รวมทั้งความต้องการชิ้นส่วนยานยนต์ REM (Replacement Equipment Manufacturer) ที่ยังมีการขยายตัวต่อเนื่อง แม้ว่าอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จะเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก แต่ด้วยสภาวะการแข่งขันที่สูงมากในปัจจุบัน บริษัทต่างๆ ต้องมีการพัฒนาปรับปรุงเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขัน โดยบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์กรณีศึกษา ABC ซึ่งเป็นบริษัทชั้นนำในประเทศได้ให้ความสำคัญทั้งในเรื่องของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยมุ่งเน้นในเรื่องการลดต้นทุนการผลิตและรองรับการขยายตัวในอนาคตภายใต้มาตรฐานสากลที่ลูกค้ากำหนด

สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในสายการประกอบผลิตภัณฑ์โดยประยุกต์ใช้เทคนิคด้านวิศวกรรมอุตสาหการ เช่น [3] ได้ศึกษาแนวทางปรับปรุงหลายวิธีอ้างอิงจากการศึกษาเวลา ในการเพิ่มประสิทธิภาพของสายการประกอบในบริษัทกรณีศึกษา โดยการประยุกต์ใช้วิธีการ Largest Candidate Rule Method (LCR) and Kilbridge and Westercolumn Method (KWC) โดยการลดจำนวนสถานีงานและลดความล่าช้าที่เกิดขึ้น ปรับลดกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่า รวมถึงการลดความล่าช้าของรอบเวลาในกระบวนการและการกระจายของภาระงานในแต่ละสถานีโดยวิธีการสมดุลสายการผลิต ซึ่งใช้วัดประสิทธิภาพการผลิตและวัดประสิทธิภาพของวิธีแก้ปัญหาที่เสนอพบว่าประสิทธิภาพของสายการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 71.27% เป็น 77.44%

[4] ได้ศึกษากระบวนการผลิตกล้องวงจรปิด รุ่นซัทเทอร์นุส ด้วยอาศัยหลักการแนวคิดการจัดสมดุลสายการผลิต สำหรับลดงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มต่อผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลให้เกิดปัญหาคอขวด และรอบจังหวะการผลิตสินค้าต่อชิ้นสูงเกินกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ จากการศึกษาพบว่า มีทั้งหมด 5 กระบวนการ ที่มีรอบจังหวะการผลิตสินค้าต่อหนึ่งชิ้นสูงเกินกว่าเป้าหมาย จึงทำการแบ่งงานออกเป็นลักษณะงานย่อย และทำการศึกษาวิเคราะห์กระบวนการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพจากนั้นทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยหลักการ ECRS ผลการปรับปรุงพบว่าสามารถลดรอบเวลาการผลิตในการประกอบชิ้นงานหนึ่งชิ้นทั้งหมดจากเดิม 2,076 วินาที ลงเหลือ 1,551 วินาที คิดเป็นร้อยละ 25.29% สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตจากเดิม 76.88% เพิ่มขึ้นเป็น 91.67% และสามารถผลิตชิ้นงานได้ตามรอบจังหวะการผลิตสินค้าต่อชิ้นที่ตั้งไว้คือไม่เกิน 195 วินาที

ในขณะที่ [5] ก็ได้ทำการศึกษากระบวนการทำงานในสายการผลิตติดตั้งดัมพ์ (Mounting Dump) ของบริษัทกรณีศึกษาพบว่า มีงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มจำนวนมาก ซึ่งเกิดจากการที่ไม่เคยมีการเปลี่ยนแปลงมาตรฐานการทำงาน

ในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับทรัพยากรต่างๆ ในสายการผลิต จึงทำให้เกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมกับความต้องการของระบบการผลิตในปัจจุบัน ดังนั้นจึงได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยหลักเกณฑ์ ECRS และปรับแผนผังโรงงานมาแก้ปัญหา ผลการปรับปรุงพบว่าสามารถควบคุมรอบเวลาการผลิตไม่ให้เกินค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าที่ 1,800 วินาทีต่อคัน ได้ทุกสถานีงาน ทำให้รอบเวลาการผลิตรวมลดลง 300 วินาทีต่อคัน คิดเป็น 1.03% สามารถลดงานเสียที่ต้องนำกลับมาซ่อมใหม่ได้ทั้งกระบวนการทำให้ของเสียเป็นศูนย์ (Zero Defect) และยังสามารถกำหนดเวลามาตรฐานการทำงานให้กับพนักงานได้ เช่นเดียวกับ งานวิจัยของ [6] ได้ศึกษา และเสนอวิธีการปรับปรุงเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตของสายการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โรงงานกรณีศึกษา โดยนำแนวคิดการผลิตแบบลีนมาปรับเปลี่ยนการผลิตแบบเป็นงวดให้เป็นแบบการไหลทีละชิ้น เพื่อลดความสูญเปล่า และลดต้นทุนในกระบวนการ การปรับปรุงเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิต การศึกษาเวลา การวางผังสถานที่ทำงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์และระบุความสูญเปล่า 8 ประการ [7] จากนั้นได้จัดทำแผนภูมิพาเรโตเพื่อคัดเลือกประเด็นปัญหา แล้วใช้การวิเคราะห์ทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis) มาช่วยหาสาเหตุ และใช้หลักการ ECRS ในการปรับปรุงประสิทธิภาพ และนำวิธีการทำงานที่ปรับปรุงแล้วไปจัดทำเป็น การทำงานมาตรฐานโดยใช้การจัดสมดุลของสายการผลิต แล้วปรับปรุงแผนผังสถานที่การทำงานให้สอดคล้องกับระบบการผลิตแบบใหม่พบว่า อัตราการใช้ประโยชน์แรงงานเพิ่มขึ้น 23% ทำให้สามารถลดการใช้พนักงานลง 6 คน และลดการใช้พื้นที่ในกระบวนการผลิตลง 22.85%

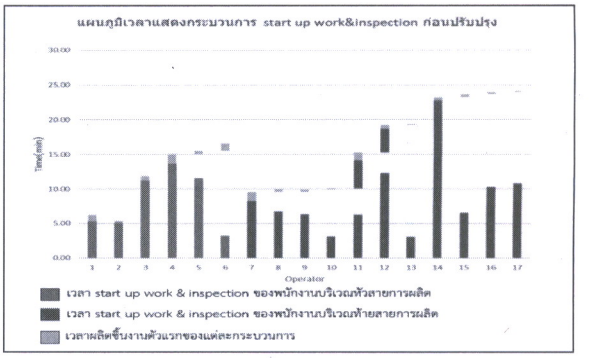
. ขณะที่ [8] ได้ทำการศึกษาสายการผลิตชุดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟพบว่า เวลามาตรฐานของกระบวนการคือ 22.87 วินาที และพบว่าประสิทธิภาพของสายการผลิตก่อนปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 84.71% จึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงโดยประยุกต์ใช้เทคนิค ECRS มาทำการปรับแผนผังการผลิต และจัดลำดับงานเพื่อลดรอบเวลาการผลิตของจุดคอขวด หลังจากนั้นจึงได้นำไปทดสอบในสายการผลิตจริง พบว่า เวลามาตรฐานของสายการผลิตหลังการปรับปรุงเป็น 19.11 วินาที สามารถปรับปรุงรอบเวลาการผลิตได้ 16% และประสิทธิภาพสายการผลิตเป็น 94.19%

ในทำนองเดียวกันกับงานวิจัยของ [9] ก็ได้ทำการศึกษากระบวนการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์และพบว่า การผลิตในปัจุบันไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการอย่างเพียงพอได้ จึงได้เสนอแนวทางปรับปรุงด้วยการจัดสมดุลการผลิต โดยประยุกต์ใช้หลักเศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหว เทคนิค ECRS และการนำสายพานลำเลียงมาใช้ในการขนถ่ายชิ้นงานซึ่งพบว่า หลังปรับปรุงการทำงานทำให้เวลาที่ใช้ของแต่ละสถานีงานลดลง ทำให้ประสิทธิภาพของสายการประกอบเพิ่มขึ้นเป็น 83.97%

จากวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสายการประกอบโรเตอร์ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญในรถยนต์ของบริษัทกรณีศึกษา เป็นการผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติคือมีการใช้ทั้งเครื่องจักรร่วมกับแรงงานคนประกอบด้วยกระบวนการทำงาน 17 ขั้นตอน โดยในสายการประกอบกรณีศึกษาจะผลิตสินค้าที่เป็นโรเตอร์เพียงชนิดเดียว ซึ่งประกอบไปด้วย 7 รุ่น คือ รุ่น A1, B1, C1, D1, E1, F1 และ G1 จากการเก็บรวบรวมข้อมูลพบว่า สายการผลิตโรเตอร์มีอัตราการผลิต และอัตราการใช้งานของเครื่องจักรที่ต่ำ ซึ่งเกิดจากปัญหาสายการผลิตมีความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรหยุดทำงานเป็นจำนวนมาก จึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดความสูญเปล่า และลดต้นทุนในกระบวนการ เริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิต การศึกษาเวลา การวางผังสถานที่ทำงาน แล้วนำมาพิจารณาคัดเลือกประเด็นปัญหาตามหลักการพาเรโต [10] โดยบริษัทกรณีศึกษาได้มีการกำหนดความสูญเปล่าที่เกิดจากเครื่องจักรหยุดทำงานไว้ 15 ประการ และจากการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังเป็นเวลา 6 เดือน จึงได้จัดทำแผนภูมิพาเรโตได้ดังรูปที่ 1

จากแผนภูมิพาเรโตจะแสดงความสูญเปล่าจากเครื่องจักรหยุดทำงาน 15 ประการ ได้แก่ D1. เวลาเครื่องจักรและอุปกรณ์เสียหรือหยุดทำงานไม่เกิน 10 นาที D2. เวลาเครื่องจักรและอุปกรณ์เสียหรือหยุดทำงานเกินกว่า 10 นาที D3. เวลาที่ใช้ในการสับเปลี่ยนรุ่น D4. เวลาที่ใช้ในการ

รูปที่ 1 แผนภูมิพาเรโตความสูญเปล่าจากเครื่องจักรหยุดทำงาน 15 ประการ



รูปที่ 2 แผนภูมิเวลาการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบของสายการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ก่อนปรับปรุง

เปลี่ยนเครื่องมือจากเครื่องมือหมดอายุหรือเสียหาย D5. เวลาที่ใช้ในการปรับแต่งเครื่องจิ๊กหรือเครื่องมือ D6. เวลาล่าช้าหรือรอชิ้นงาน D7. เวลารอการรับรองผลการตรวจวัดจาก QC D8. เวลาที่ใช้ในการเริ่มต้นงานและตรวจสอบชิ้นงาน D9. เวลาจากการผลิตของเสียหรือซ่อมงาน D10. เวลาที่ใช้ในการติดตั้งรุ่นผลิตใหม่ D11. เวลาที่ใช้ในการฝึกอบรม D12. เวลาอื่นๆ (เช่น ฝนตก ไฟฟ้าขัดข้อง ลมตก หรือแก๊สขัดข้อง) D13. เวลาที่ใช้ประชุมก่อนเริ่มงาน D14. เวลาที่กำหนดให้พัก D15. เวลาที่ใช้สำหรับทำความสะอาดสายการผลิต จากแผนภูมิพาเรโตพบว่า เกิดความสูญเปล่าคือเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำงานเป็นเวลานาน 4 อันดับแรก คือ D2, D8, D6 และ D14 ซึ่งก็คือ เวลาเครื่องจักรและอุปกรณ์เสียหรือหยุดทำงานเกินกว่า 10 นาที เวลาที่ใช้ในการเริ่มต้นงาน และตรวจสอบชิ้นงาน เวลาล่าช้าหรือรอชิ้นงาน และเวลาที่กำหนดให้พักตามลำดับ ซึ่งจากการวิเคราะห์เพื่อเลือกปัญหาที่มีความเป็นไปได้ที่จะหาทางแก้ไขได้ทันกำหนดการ จึงได้เลือกปัญหาเครื่องจักรหยุดทำงานจากขั้นตอนเริ่มต้นงานและตรวจสอบชิ้นงานมาแก้ไข และเมื่อเลือกปัญหาที่จะแก้ไขได้แล้วจึงใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทำไม-ทำไมมาช่วยหาสาเหตุ และใช้หลักการ ECRS ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน โดยการลดเวลาในขั้นตอนการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบเพื่อจัดทำเป็นมาตรฐานการทำงานใหม่ และใช้การจัดสมดุลของสายการผลิต นอกจากนี้ยังปรับปรุงแผนผังสถานที่การทำงานโดยปรับปรุงตำแหน่งของสถานีงานจุดงัด และเครื่องวัดความสูงของชิ้นส่วนใบพัดให้เหมาะสม ลดระยะทางการเคลื่อนที่ระหว่างสถานีงาน ทำให้สามารถเพิ่มอัตราการใช้งานของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตให้สูงขึ้น

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่า ผลิตภัณฑ์โรเตอร์ของบริษัทกรณีศึกษานั้น ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนหลัก 5 ชิ้น การผลิตเป็นแบบการไหลทีละชิ้น และจะต้องผ่านสถานีงานทั้งหมด 17 สถานีงาน แต่ละสถานีงานจะมีพนักงานประจำอยู่ 1 คน โดยแต่ละสถานีงานจะประกอบไปด้วยสถานี 1) พันลวด 2) หยอดซีเมนต์ 3) ประกอบโครงโรเตอร์ 4) อัดแน่นโครงโรเตอร์ 5) เชื่อมบริเวณด้านข้างโรเตอร์ 6) ติดกาวและให้ความร้อน 7) กลึงผิวนอก 8) วัดความสมดุลการหมุนและเจาะส่วนเกินเครื่องที่ 1 9) วัดความสมดุลการหมุนและเจาะส่วนเกินเครื่องที่ 2 10) เช็คเศษเหล็ก 11) เชื่อมพัดลมระบายความร้อน 12) กดย้ำพัดลมระบายความร้อน 13) เช็คเศษเหล็กครั้งที่ 2 14) พ่นสี 15) ขัดผิวนอกด้วยกระดาษทราย 16) ตรวจสอบครั้งสุดท้ายครั้งที่ 1 และ 17) ตรวจสอบครั้งสุดท้ายครั้งที่ 2 โดยมีการเก็บข้อมูลเวลาการปฏิบัติงานก่อนการปรับปรุงด้วยการเก็บข้อมูลการผลิตของรุ่น A1 10 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 1

จากข้อมูลเวลาการปฏิบัติงานก่อนปรับปรุง (ตารางที่ 1) สามารถนำมาแสดงในรูปแบบแผนภูมิเวลาได้ดังรูปที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลเวลาปฏิบัติงานของแต่ละสถานีก่อนการปรับปรุง

สถานีงาน	เวลาปฏิบัติงานก่อนปรับปรุง (วินาที)	ลำดับงานก่อนหน้า
S1	6.23	-
S2	5.31	S1
S3	11.82	S2
S4	15.07	S3
S5	11.96	S4
S6	4.2	S5
S7	9.53	S6
S8	7.12	S7
S9	6.71	S7
S10	3.22	S8, S9
S11	11.48	S10
S12	16.21	S11
S13	3.19	S12
S14	23.2	S13
S15	7.07	S14
S16	10.51	S15
S17	10.97	S16
รวม	163.8	

2.2 วิเคราะห์ข้อมูล

จากรูปที่ 2 สายการผลิตจะมีการกำหนดให้มีการจัดเก็บชิ้นงานระหว่างกระบวนการ (Work in Process) ไว้ในกะบะอยู่ 2 จุด คือบริเวณพนักงานคนที่ 1 และ 6 จำนวน 120 และ 300ชิ้น ตามลำดับ โดยในช่วงการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบบางกระบวนการจะต้องใช้ชิ้นงานในการดำเนินการจึงทำให้เกิดการรอคอยชิ้นงานจากสถานีงานก่อนหน้าขึ้น ดังเช่น กราฟแท่งของพนักงานคนที่ 11 และ 12 จึงสามารถบอกได้ว่าขั้นตอนการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบ ก่อนการปรับปรุงใช้เวลาไปทั้งสิ้น 24.14 นาที ชิ้นงานจึงจะออกมาจากสถานีงานที่ 17 โดยจะสามารถคำนวณประสิทธิภาพของสายการผลิตในขั้นตอนการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบ ได้ด้วยสมการที่ (1)

$$\text{ประสิทธิภาพสายการผลิต} = \frac{\text{ผลรวมเวลาของงานย่อยทั้งหมด}}{\text{จำนวนสถานีงาน} \times \text{รอบเวลาการผลิต}} \times 100$$

$$\text{ประสิทธิภาพสายการผลิต} = \frac{163.8}{17 \times 23.2} \times 100 = 41.53\% \quad (1)$$

2.3 วิธีการแก้ปัญหา

จากการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลให้ขั้นตอนการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบ ทำให้เกิดเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำงานเป็นเวลานาน โดยใช้ Why Why Analysis พบว่า มี 4 สาเหตุ ได้แก่ 1) พนักงานขาดความกระตือรือร้นไม่มีแผนการทำงาน 2) ไม่มีการควบคุมการทำงานอย่างเหมาะสม 3) พนักงานแต่ละสถานีงานมีภาระงานไม่เท่ากัน และ 4) ตำแหน่งของสถานีงานบางจุดไม่เหมาะสมต่อการทำงาน ทำให้เกิดความสูญเปล่าจากการรองานเกิดขึ้น จึงได้ทำการเสนอแนวทางปรับปรุงเพื่อลดเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำงาน ที่เกิดจากขั้นตอนการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบ ดังนี้

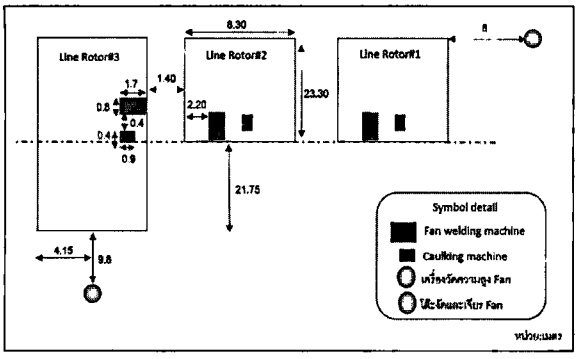
2.3.1 เพิ่มการสำรอง (จัดเก็บ) ชิ้นงาน ในทุกสถานีงาน งานละ 1 ชิ้น เพื่อเก็บไว้ใช้สำหรับกระบวนการที่จำเป็นต้องใช้ชิ้นงานในการดำเนินขั้นตอนการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบ และขจัดความสูญเปล่าจากการรอคอยชิ้นงานจากสถานีงานก่อนหน้า

2.3.2 ลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ เช่น การกวาดพื้นของสายการผลิตที่ใช้คนมากเกินความจำเป็น ด้วยการลดจำนวนคนลง โดยได้ทำการเปลี่ยนจากการที่พนักงานทุกคนต้องช่วยกันกวาดสายการผลิตเป็นมอบหมายหน้าที่การกวาดพื้นสายการผลิตให้กับคนที่มีภาระงานน้อย เช่น พนักงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบชิ้นงานที่บริเวณต้นสายการประกอบ (สถานี S2) และบริเวณท้ายสายการประกอบ (สถานี S16, S17) รับผิดชอบแทน

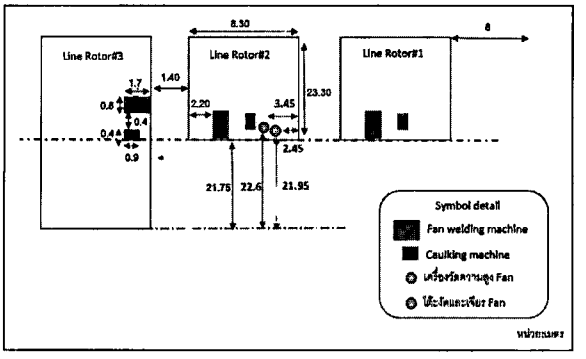
2.3.3 ใช้หลักการจัดสมดุลการผลิต เพื่อปรับภาระงานให้เหมาะสม โดยการกระจายงานย่อยจากคนที่มีภาระงานมากไปสู่คนที่มีภาระงานน้อยกว่าในสถานีงานติดกัน

2.3.4 ตำแหน่งของสถานีงานบางจุดไม่เหมาะสมต่อการทำงานทำให้เกิดความสูญเปล่าจากการเคลื่อนที่ในระยะทางที่ไกลเกินไป ในขั้นตอนการทำงานของพนักงานคนที่ 11 และ 12 ดังรูปที่ 3

ซึ่งแสดงตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจสอบ ก่อนการปรับปรุงที่ต้องนำชิ้นงานไปยังอุปกรณ์สำหรับตรวจสอบ จึงได้เสนอการปรับปรุงผังสถานีงานโดยประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหา



รูปที่ 3 แผนผังตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจสอบก่อนปรับปรุง

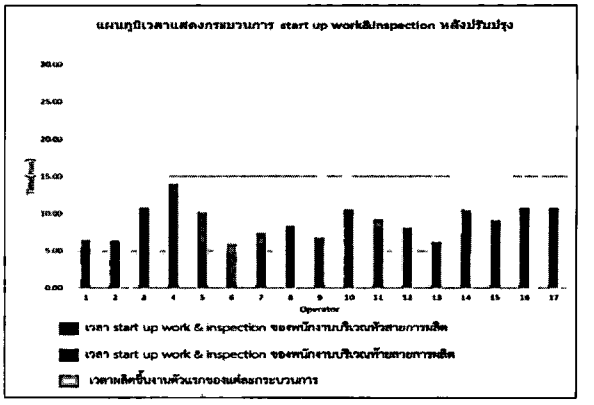


รูปที่ 4 แผนผังตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจสอบหลังปรับปรุง

ทำเลที่ตั้งของหน่วยงานเดียวแบบมินิแมกซ์ กรณีการเคลื่อนที่เป็นแบบมุมฉาก (Single-facility Minimax Location Problem) [11] มาหาตำแหน่งของอุปกรณ์การตรวจสอบเพื่อลดระยะการเคลื่อนที่ดังกล่าวลง จากการปรับปรุงก็สามารถหาตำแหน่งใหม่ของอุปกรณ์ตรวจสอบ สำหรับพนักงานคนที่ 11 คือพิกัด (14.55, 32.4) และอุปกรณ์สำหรับพนักงานคนที่ 12 คือพิกัด (15.55, 31.75) ซึ่งสามารถนำไปติดตั้งได้จริง โดยอุปกรณ์ตรวจสอบ ดังกล่าวพนักงานคนที่ 11 และ 12 จะใช้ร่วมกันระหว่างสายการผลิตชิ้นส่วน 3 สายการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 4

3. ผลการทดลอง

จากข้อมูลเวลาปฏิบัติงานของแต่ละสถานีหลังปรับปรุงของตารางที่ 1 สามารถนำมาแสดงในรูปแบบของแผนภูมิเวลาได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนภูมิเวลาการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบของสายการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์หลังปรับปรุง

จากรูปที่ 5 สามารถบอกได้ว่าขั้นตอนการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบ หลังการปรับปรุงใช้เวลาไปทั้งสิ้น 10.76 นาที ชิ้นงานจึงจะออกมาจากสถานีงานของพนักงานคนที่ 17 และจะสามารถตารางข้อมูลเวลาได้ดังตาราง

ตารางที่ 2 ข้อมูลเวลาปฏิบัติงานของแต่ละสถานีหลังการปรับปรุง

สถานีงาน	เวลาปฏิบัติงานหลังปรับปรุง (วินาที)	ลำดับงานก่อนหน้า
S1	6.42	-
S2	6.37	S1
S3	10.78	S2
S4	14.01	S3
S5	10.25	S4
S6	5.89	S5
S7	7.41	S6
S8	8.37	S7
S9	6.78	S7
S10	10.49	S8, S9
S11	9.22	S10
S12	8.13	S11
S13	6.19	S12
S14	10.54	S13
S15	9.12	S14
S16	10.79	S15
S17	10.76	S16
รวม	151.52	

จากตารางที่ 2 คำนวณประสิทธิภาพของสายการผลิตในขั้นตอนการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบได้ด้วยสมการที่ (1)

$$ประสิทธิภาพสายการผลิต = \frac{ผลรวมเวลาของงานย่อยทั้งหมด}{จำนวนสถานีงาน \times รอบเวลาการผลิต} \times 100 \quad (1)$$

$$ประสิทธิภาพสายการผลิต = \frac{151.52}{17 \times 14.01} \times 100 = 63.62\%$$

ในขณะเดียวกันก็สามารถคำนวนหาอัตราการใช้งานหรือประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ [EMC] ตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ จากสมการที่ (2) ดังนี้

$$EMC = (\frac{TM \times VR}{WT}) \times 100 \quad (2)$$

โดยที่

- TM Target Cycle Time (Max) คือ เวลาของสถานีงานที่เป็นจุดคอขวดในสายการประกอบ
- ค่าสัดส่วนการผลิตแต่ละรุ่น (Volume Ratio; VR)
- เวลาการทำงาน (Working Time; WT)

ตัวอย่างการคำนวนค่าของเดือนที่ 1 สายการผลิต Rotor มี เวลาการทำงาน (WT) เท่ากับ 417 ชั่วโมง และมีการผลิตสินค้าอยู่ 4 รุ่น ได้แก่ A1, B1, C1 และ D1 โดยที่แต่ละรุ่นมีค่า TM อยู่ที่ 0.0055, 0.0056, 0.0056 และ 0.0056 ชั่วโมง ตามลำดับ และมีปริมาณการผลิตตลอดทั้งเดือนอยู่ที่ 52,334, 750, 100 และ 6,440 ชิ้น ตามลำดับ รวม 59,624 ชิ้น จึงสามารถคำนวณหาค่า EMC ของเดือนที่ 1 ได้ดังนี้ หาค่าสัดส่วนการผลิตแต่ละรุ่น (VR) โดยนำปริมาณการผลิตแต่ละรุ่น ไปหารปริมาณการผลิตทั้งหมดของเดือน จะได้ค่า VR ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการคำนวนค่าสัดส่วนการผลิตแต่ละรุ่น (VR)

ผลิตภัณฑ์	VR
A1	52,334/59,624 = 0.877733798
B1	750/59,624 = 0.012578827
C1	100/59,624 = 0.001677177
D1	6,440/59,624 = 0.108010197

จากนั้นนำข้อมูลค่า TM ของแต่ละรุ่นที่ได้มาจากโรงงานกรณีศึกษา ไปคูณกับค่า VR ของรุ่นนั้นๆ จะได้ค่า (TM*VR) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงการคำนวนค่า TM * VR

ผลิตภัณฑ์	TM * VR
A1	0.877733798 × 0.0055 = 0.004828
B1	0.012578827 × 0.0056 = 0.000070
C1	0.001677177 × 0.0056 = 0.000009
D1	0.108010197 × 0.0056 = 0.000605
รวม	0.005512

จากตารางที่ 4 ได้จากค่า TM * VR เพื่อนำมาคำนวนหาค่าอัตราการใช้งานหรือประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ [EMC] ก่อนการปรับปรุงได้ดังนี้

$$EMC = (\frac{0.005512 \times 59624}{417}) \times 100 = 78.82\%$$

จากการประเมินผลหลังการปรับปรุงตามวิธีการที่นำเสนอจริง โดยการคำนวนค่าอัตราการใช้งานหรือประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ [EMC] ในเดือนที่ 7 (หลังการปรับปรุง) ดังตารางที่ 5 และ 6 ต่อไปนี้

ตารางที่ 5 การคำนวนค่า TM และปริมาณการผลิตของสายการผลิต Rotor แต่ละรุ่น ในเดือนที่ 7 (หลังการปรับปรุง)

ผลิตภัณฑ์	TM (ชั่วโมง)	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	ค่า VR	TM * VR
A1	0.0055	3640	0.121	0.000668
B1	0.0056	538	0.018	0.000101
C1	0.0056	4288	0.143	0.000801
D1	0.0057	0	0.000	0.000000
E1	0.0056	0	0.000	0.000000
F1	0.0056	11810	0.394	0.002207
G1	0.0056	9696	0.324	0.001812
รวม		29972	1	0.005588

ตารางที่ 6 ค่า EMC ของเดือนที่ 7 (หลังการปรับปรุง)

ค่า	เดือนที่ 7
EMC เป้าหมาย	80.00%
EMC ที่ได้จริง	80.13%
TM*ปริมาณการผลิต	167.48
เวลาการทำงาน (ชม.)	209.01
TM	0.005588
ปริมาณการผลิต	29,972

ตารางที่ 7 ข้อมูลค่าอัตราการใช้งานหรือประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ ย้อนหลังตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 7 (หลังการปรับปรุง)

EMC		เดือน 1	เดือน 2	เดือน 3	เดือน 4	เดือน 5	เดือน 6	เดือน 7
	เป้าหมาย	80.00%	80.00%	80.00%	80.00%	80.00%	80.00%	80.00%
	ทำได้จริง	78.82%	77.38%	64.09%	78.44%	80.31%	74.65%	80.13%

จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าค่าอัตราการใช้งาน หรือประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ก่อนปรับปรุงย้อนหลังตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 6 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 75.62% และหลังปรับปรุงเดือนที่ 7 (หลังการปรับปรุง) มีค่าสูงขึ้นเท่ากับ 80.13%

4. สรุป

จากการปรับปรุงกระบวนการของสายงานประกอบโรเตอร์โดยใช้การจัดสมดุลการผลิตโดยการนำไปปฏิบัติจริง พบว่า เวลาที่เครื่องจักรหยุดทำงานในขั้นตอนการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบ ลดลงจาก 24.14 นาที เป็น 10.76 นาที หรือเฉลี่ย 58.87 ชั่วโมงต่อปี หรือเท่ากับลดลง 55.43 เปอร์เซ็นต์ต่อปี โดยในการผลิตโรเตอร์หนึ่งชิ้นใช้เวลาเฉลี่ย 0.0056 ชั่วโมง ส่งผลให้สามารถเพิ่มจำนวนการผลิตได้ถึง 10,512 ชิ้นต่อปี โดยชิ้นส่วนรถยนต์ตัวหนึ่งราคาเฉลี่ย 450 บาท ดังนั้นคิดเป็นมูลค่า 4,730,400 บาทต่อปี ทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตของขั้นตอนการเริ่มต้นงาน และการตรวจสอบเพิ่มจาก 41.53% เป็น 63.62% รวมถึงอัตราการใช้งานหรือประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์เพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ยที่ 75.62% เป็น 80.13% และจากการนำเสนอการปรับแผนผังตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจสอบ โดยยังไม่ได้นำไปปฏิบัติจริง คาดว่าจะสามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่ของพนักงานคนที่ 11 และ 12 ในขั้นตอนการเริ่มต้นงานและการตรวจสอบ ลงจาก 26.30 และ 37.83 เมตร เหลือ 7.45 และ 7.52 เมตร หรือลดลง 18.85, 30.31 เมตร คิดเป็น 71.7% และ 80.1% ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ กรณีศึกษา และภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

[1] W. Yongpisarnpop. (2019, December). *Business Trend/Industrial 2020-2022 Automobile Industry.* [Online]. Available: https://www.krungsri.com

[2] Saving Bank Research Center (2020, April). *Automobile Industry.* [Online]. Available: https://www.gsbresearch.or.th/wp-content/uploads/2019/10/IN_car_10_62_detail-1.pdf

[3] A. C. Shettigar, S. Hamritha, and A. Balakrishna, "Efficiency improvement in the assembly line with the application of assembly line balancing method," *International Journal of Recent Technology and Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 848–853, 2019.

[4] S. Saisanguansub, "Process improvement by production line balancing case study of closed circuit television assembly process," M.S. thesis, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University, Bangkok 2017 (in Thai).

[5] Y. Jongjan, Y. Kadmuang, and N. buripun,

"Production balancing line for reducing waste," presented at the Production Maintain Mounting Dump IE Network 2012, Phetchabun, Thailand, October, 2011 (in Thai).

[6] S. Saranpracha, "Capacity improvement of car-seat part production line with toyota production system concept," *Engineering Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 11–29, 2013 (in Thai).

[7] LEANxACADEMY. (2018, July). *8 wastes.* [Online]. Available: https://www.leanxacademy.com

[8] S. Vanhakit, "Line balancing of 4 heads 2 platters hard disk," M.S. thesis, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University, Bangkok, 2015 (in Thai).

[9] T. Auswapaiboon, "Line balancing management of electronic circuit board assembly," *Journal of Rangsit Graduate Studies in Business and Social Science*, vol. 5, no.1, pp. 164–180, 2019 (in Thai).

[10] THANAYUTSITE. (2016, June) *7QC Tools.* [Online]. Available: https://thanayutsite.wordpress.com

[11] P. Peerapattana, *Plant Layout*. Khon Kaen: KKU Textbook Publishing Center, 2014 (in Thai).