

ลดเวลาในกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กในยาง Reduce Time in the Process of Separating Steel Scraps in the Rubber

ณราวดี สิทธิเดชธำรง*

สาขาวิศวกรรมกระบวนการและอุตสาหกรรม สถาบันวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร แขวงกระทุมราย เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530
E-mail: Narawadee@mut.ac.th*

Narawadee Sithidetchtamrourg*

Department of Process and Industrial Engineering, Institute of Engineering and Industrial Technology,
Mahanakorn University of Technology. Krathum Rai, Nong Chok, Bangkok 10530,
E-mail: Narawadee@mut.ac.th*

Received 25 Oct 2022; Revised 16 Nov 2022

Accepted 28 Dec 2022; Available online 29 Dec 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ลดเวลาในกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กในยาง ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการทำงานและเก็บข้อมูลของกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง โดยมีเวลาการทำงานอยู่ที่ 322.21 วินาที ต่อการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง 1 รอบการทำงาน จึงมุ่งเน้นในการลดเวลากระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางจากการวิเคราะห์สาเหตุ พบว่าสาเหตุที่ทำให้กระบวนการมีความล่าช้า คือ พนักงานต้องใช้มือเกลี่ยกระจายยางในการค้นหาเศษเหล็ก จากปัญหาดังกล่าวจึงได้คิดค้นหาวิธีที่จะทำให้กระบวนการทำงานมีรูปแบบที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการทำงาน หลังจากที่ได้ใช้อุปกรณ์ช่วยในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางพบว่าเวลาในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง 1 รอบการทำงาน เท่ากับ 24.63 วินาที จากเดิมที่ใช้เวลาในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง 322.21 วินาทีต่อ 1 รอบการทำงาน สามารถลดเวลาได้ถึง 297.58 วินาที คิดเป็นร้อยละ 92.36 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก: ลดเวลา เครื่องมือช่วยในการทำงาน เทคนิค ECRS

Abstract

This research aims to reduce the time in the procedure of separating iron separation from rubber. The researcher studied the working process and collected data on the process of separating the scrap iron from the rubber. The working time of 322.21 seconds per 1 cycle of scrap metal sorting from rubber. Therefore, it focuses on reducing the process time based on found that the reason for the delay in the process is that employees must use their hands to spread the rubber to find iron scrap because there is no equipment to help in separating iron scrap. From the aforementioned problems, have come up with a way to make the work process more

efficient. By designing and building equipment. After using a device to help separate scrap iron from rubber, it was found that the time to sort scrap iron from the tire 1 cycle was 24.63 seconds from the original time to sort scrap iron from the rubber was 322.21 seconds per 1 cycle, the time can be reduced by 297.58 seconds or 92.36%.

Keywords: Reduce time, Work tools, ECRS Technique

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์ยางพาราของไทยในช่วงปี 2564-2566 มีแนวโน้มฟื้นตัว โดยคาดว่าความต้องการใช้จะขยายตัวตามทิศทางของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องที่มีแนวโน้มเติบโต ได้แก่ กลุ่มยานยนต์ และอุปกรณ์การแพทย์ รวมทั้งการเร่งลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานที่จะเพิ่มความต้องการใช้ยางในภาคก่อสร้าง ในขณะที่การส่งออกกลุ่มยางแผ่นและยางแท่งยังมีแนวโน้มขยายตัวในอัตราต่ำจากแรงกดดันด้านการแข่งขันกับประเทศคู่แข่งที่มีการผลิตเพิ่มขึ้น ส่วนหนึ่งเป็นการลงทุนจากจีนทั้งการเข้าไปปลูกและตั้งโรงงานผลิต ขณะที่การส่งออกน้ำยางชั้นยางคอมพาวด์ และยางผสมยังมีโอกาสเติบโตตามความต้องการของตลาดโลก [1]

อุตสาหกรรมการรีไซเคิลยางประเภทมีแนวโน้มขยายตัวมากขึ้น สาเหตุเนื่องมาจากการความต้องการในการใช้ผลิตภัณฑ์ยางมีแนวโน้มสูงขึ้นส่งผลให้ขยะที่มีปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง [2],[3] และการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะในอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งยางที่ผ่านการรีไซเคิลแล้วยังคงเป็นที่ต้องการของตลาดจำนวนมากตามอัตราของอุตสาหกรรมโรงงาน นอกจากขยะที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ยางเก่าเศษยางหรือ (Scrap) หรือขยะยางที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ก็เป็นปัญหาหลักของผู้ประกอบการ เพราะการกำจัดขยะจากเศษยางต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นไปด้วยด้วยเหตุนี้การพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่สามารถนำขยะยางกลับมาใช้ใหม่จึงเป็นเรื่องสำคัญและได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการอุตสาหกรรมยาง จึงทำให้ผู้ประกอบการจะต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีในการคัดแยกและปรับปรุงกระบวนการคัดแยกเศษขยะที่ปนมากับยาง เพื่อให้สามารถนำยางไปรีไซเคิลได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4]

บริษัทกรณีศึกษาเป็นโรงงานรีไซเคิลยางประเภท Ethylene-Propylene diene rubber และ ยาง Nitrile โดย

จะมีการรับซื้อยางเก่าจากหลาย ๆ แหล่ง เมื่อรับซื้อยางมาแล้วจะทำการคัดแยกเศษที่ติดมากับยาง เศษที่จะต้องแยกออกคือเศษเหล็กที่ติดมากับยาง เนื่องจากเศษเหล็กจะทำให้เครื่องบดยางเสียหายส่งผลให้เครื่องบดยางพังและจะต้องหยุดการทำงานเพื่อซ่อมเครื่องบดยาง จึงทำให้จะต้องมีการคัดเศษเหล็กออกก่อนเข้าเครื่องบดยางทุกครั้ง โดยมีขั้นตอนการทำงานหลักอยู่ 4 ขั้นตอน คือ 1. พนักงานตักยาง 2. พนักงานเทยางลงสายพาน 3. เกลี่ยกระจายยางให้เต็มสายพาน 4. พนักงานใช้สายตาในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่าบรรษัทกรณีศึกษาประสบปัญหาเรื่องการสูญเสียเวลาในขั้นตอนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง ใช้เวลาในกระบวนการคัดแยกล่าช้าที่สุด เนื่องจากต้องใช้สายตาของพนักงานในการแยกเศษเหล็กในระหว่างที่สายพานทำงาน ทำให้เกิดความล่าช้า ส่งผลให้ต้องสูญเสียเวลาการทำงานของคนและเสียเวลาในกระบวนการคัดแยก

จากการศึกษาขั้นตอนกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง ก่อนที่จะเข้าเครื่องบดยาง โดยขั้นตอนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางนั้นใช้เวลานาน จึงทำให้มีแนวคิดในการปรับปรุงกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง ให้มีระยะเวลาน้อยลง จึงได้นำหลักการศึกษาเวลา (Time Study) มาจับเวลาในกระบวนการคัดแยกเศษเหล็ก และแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เพื่อนำมาวิเคราะห์สาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหา วิเคราะห์การลดความสูญเสียด้วยหลักการ ECRS และออกแบบอุปกรณ์ช่วยในกระบวนการคัดแยก เพื่อลดเวลาในการคัดแยกเศษเหล็กและลดขั้นตอนในการทำงานรวมถึงพนักงานสามารถทำงานได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้บริษัทมีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ศึกษาขั้นตอนการตัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง Ethylene-Propylene diene rubber และ ยางNitrile ซึ่งจะพิจารณาขนาดของยางความกว้างไม่เกิน 11.5 cm ความหนาไม่เกิน 8 cm เพื่อลดเวลาในขั้นตอนการตัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การศึกษาการทำงาน (Work Study)

การศึกษาการทำงาน (Work Study) คือ การศึกษาวิธี (Method Study) และการวัดผลงาน (Work Measurement) ซึ่งใช้ในการศึกษาระบวนการทำงาน เพื่อปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น และพัฒนามาตรฐานการทำงาน และรวมไปถึงการนำเครื่องมือไปประยุกต์ใช้ เพื่อส่งเสริมให้บุคลากรมีประสิทธิภาพในการทำงาน การศึกษางานจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มผลผลิตและการปรับปรุงวิธีการทำงาน โดยมี 2 เทคนิค ดังนี้ [5], [6]

3.1.1 การศึกษาวิธี (Method Study) เป็นการศึกษาเพื่อหาวิธีการทำงานที่ง่ายที่สุด สะดวกรวดเร็ว ประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาใช้แทนวิธีการทำงานเดิม

3.1.2 การวัดผลงาน (Work Measurement) คือ เทคนิคในการวัดปริมาณงานออกมาเป็นหน่วยเวลา หรือ จำนวนแรงงานที่ใช้ในการทำงานหาเวลามาตรฐาน (Standard Time) ซึ่งเป็นประโยชน์ในแง่ต่าง ๆ เช่น การวางแผนการผลิต การปรับปรุงคุณภาพของสายการผลิต การวัดผลงานเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน การศึกษาวิธีเป็นการศึกษาเพื่อลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็น ส่วนการวัดผลงานเป็น

การศึกษาเพื่อลดเวลาที่ทำให้เกิดความสูญเปล่าในสายการผลิต การวัดผลงาน ในบางครั้งถ้าต้องการทราบเวลาที่ใช้ในการทำงานก็จะทำการศึกษาเวลาโดยตรง ผลที่ได้จากการศึกษางานคือปรับปรุงวิธีการทำงาน และการเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น การศึกษางานจึงถูกใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการปรับปรุงวิธีการทำงานทั้งในอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการ [7]

3.2 การศึกษาเวลา (Time Study)

การศึกษาเวลาหรือการวัดงาน คือ เทคนิคที่นำมาใช้ในการควบคุมการจัดการในการพัฒนาการ

ทำงานกับปริมาณการผลิตซึ่งเกี่ยวกับการวัดผลงานซึ่งผลที่ได้จะมีหน่วยเป็นนาทีหรือวินาทีที่คนงานหนึ่งคนสามารถทำงานนั้น ๆ ได้ตามวิธีการที่กำหนดให้ เทคนิคของการวัดงาน

3.2.1 การศึกษาเวลาโดยตรงเป็นเทคนิควัดผลงานอย่างหนึ่งโดยผู้ทำการวัดผลงานต้องศึกษาการปฏิบัติงานของคนงานและจับเวลาในการทำงานนั้นด้วยนาฬิกาจับเวลา

3.2.2 เครื่องมือการศึกษาเวลาโดยตรง อาศัยการจับเวลาด้วยเครื่องมือบันทึกเวลา และแผ่นบันทึกข้อมูลเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษามี นาฬิกาจับเวลา เครื่องคิดเลข แผ่นสำหรับบันทึกข้อมูลเวลาและแบบฟอร์มการบันทึก [5], [8]

3.3 การประเมินอัตราเร็วของพนักงาน

หรือการประเมินประสิทธิภาพในการทำงาน วิธีประเมินอัตราการทำงานใช้ Westinghouse System of Rating โดยพิจารณาจากองค์ประกอบ 4 อย่าง คือ

3.3.1 ทักษะหรือความชำนาญ (Skill) คือ ความชำนาญในงานที่ทำ

3.3.2 ความพยายาม (Effort) คือ ความตั้งใจหรือสมรรถภาพของบุคคลซึ่งสามารถที่จะทำภารกิจ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันจนได้เป็นผลสำเร็จ

3.3.3 สภาพเงื่อนไขการทำงาน (Condition) คือ สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปในการทำงานนั้น ๆ

3.3.4 ความสม่ำเสมอ (Consistency) คือการรักษาความเร็วจังหวะหรือระดับของผลในการทำงานการประเมินอัตราความเร็วของพนักงานจะให้คะแนนขององค์ประกอบทั้ง 4 ตัวนี้ [5]

3.4 การคำนวณหาเวลาปกติ (Normal Time)

การหาเวลาปกติในการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการทำงานจริงเฉลี่ย (Selected-Time) และหา ค่าประสิทธิภาพในการทำงาน (Rating Factor) ดังนั้นเราสามารถหาเวลาปกติของงานย่อย ๆ ได้โดยวิธีการคำนวณดังนี้ [5]

$$NT = ST \times RF \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้ NT คือ เวลาปกติ (Normal Time)

ST คือ เวลาที่ใช้ในการทำงานจริง (Selected Time)

RF คือ ประสิทธิภาพในการทำงาน (Rating Factor)

3.5 คำนวณหาเวลามาตรฐาน (Standard Time)

ในการศึกษาเพื่อหาเวลามาตรฐานควรเริ่มจากการวิเคราะห์สภาพการทำงานตามปกติของงาน และเลือกพนักงานที่มีความชำนาญ ด้วยความเร็วที่สม่ำเสมอจากนั้นจึงนำเวลาเฉลี่ยที่ได้มาทำการคำนวณกับอัตราเร็วและค่าเผื่อเวลา เพื่อหาเวลาปกติและเวลามาตรฐานของขั้นตอนกระบวนการ [5], [10]

$$\text{Standard Time (Std)} = \text{NT} \times (1 + A) \quad (2)$$

NT= เวลาปกติ (Normal Time)

A = เวลาเผื่อ (Allowance)

3.6 เทคนิค ECRS

การศึกษาวิธีการ เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานนั้น จะวิเคราะห์รายละเอียดขององค์ประกอบงานเหล่านั้น และทำการค้นหาแนวทางปรับปรุงวิธีการทำงานนั้น ๆ อย่างเป็นระบบ ด้วยหลักการ ECRS คือ การกำจัดองค์ประกอบงานที่ไม่จำเป็น (Eliminate) การรวมหลาย ๆ องค์ประกอบงานให้ทำได้ในสถานที่เดียวกันหรือทำไปพร้อม ๆ กัน (Combine) การจัดเรียงลำดับองค์ประกอบงานใหม่ ให้การไหลของงานราบรื่นขึ้น และ (Rearrange) การหาแนวทางทำให้องค์ประกอบงานทำได้ง่ายกว่าเดิม (Simplify) ดังนั้นเราสามารถทำองค์ประกอบงานนั้น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพเสร็จเร็วขึ้นและง่ายขึ้นนอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการออกแบบวิธีการทำงานหรือกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่หรือการให้บริการใหม่ [5], [7], [9]

3.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอเทคนิคที่หลากหลายในการเพิ่มผลผลิต ไม่ว่าจะเป็นการบริหารจัดการที่ดีภายในองค์กร การลดต้นทุนรวมถึงการลดเวลาในกระบวนการทำงาน การนำเทคนิคด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรมมาประยุกต์ในงานวิจัยต่าง ๆ เนื่องจากบริษัทจะต้องสามารถนำเสนอผลิตภัณฑ์ของตนได้ในราคาที่แข่งขันได้และมีคุณภาพสูง หมายความว่าผลผลิตจะต้องปรับปรุงเพื่อให้สามารถแข่งขันและบรรลุผลการปฏิบัติงานได้ [11] สิ่งสำคัญคือต้องตระหนักชัดข้อจำกัดต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน กระบวนการผลิตจะต้องได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดีขึ้น รวมถึงผลผลิตที่สูงขึ้น และความสามารถทำกำไรให้กับ

บริษัท [12] งานวิจัยที่ได้นำเสนอมุมมองของพนักงานที่มีต่อแนวคิดของวิศวกรรมอุตสาหกรรมและแนวคิดของ TPS (Toyota Production System) ในการทำงานจริงขององค์กรตนเอง และแนวทางในการเพิ่มผลผลิตนั้นบางส่วนมาจากการลดความสูญเปล่า การนำเทคนิคลีนมาปรับปรุงองค์กร [13] จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่การนำหลักการลีนมาปรับปรุงองค์กร โดยจะต้องนำหลักการลีนมาผนวกรวมไว้ในกลยุทธ์ขององค์กรอย่างชัดเจน [14], [15] อธิบายถึงการผลิตแบบลีนเป็นระบบซึ่งใช้ทรัพยากรน้อยลงและตอบสนองความต้องการของลูกค้า หลักการ Lean Manufacturing เป็นชุดเครื่องมือและเทคนิคที่มุ่งสร้างองค์กรที่มีลูกค้าเป็นศูนย์กลางโดยการพัฒนาและปรับใช้การผลิตที่ดีที่สุดการปฏิบัติด้วยการมีส่วนร่วมของพนักงานทุกระดับ เมื่อการผลิตแบบจำนวนมาก (Mass production) ได้รับความนิยมและขยายตัวจึงเกิดเป็นการพัฒนาเทคนิคการศึกษาเวลาและการทำงานในอุตสาหกรรม (Motion and Time study) เพื่อใช้ปรับปรุงระบบการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [16] ได้นำเครื่องมือควบคุมคุณภาพทั้ง 7 สำหรับการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต การปรับปรุงผังโรงงาน การศึกษาการทำงานและหลักการ ECRS พบว่าสามารถควบคุมรอบเวลาการผลิตไม่ให้เกิดจังหวะความต้องการของลูกค้าได้ทุกสถานงาน ลดจำนวนสถานงานได้ 14 สถานี คิดเป็น 40% ลดพนักงานได้ 14 คน คิดเป็น 40% ลดรอบเวลาการผลิตรวมลง 17.55 นาที คิดเป็น 64.33% สัดส่วนของงานเสียเฉลี่ยทุกสายการผลิตเหลือ 0.16% ผังโรงงานที่ปรับปรุงใหม่สามารถลดระยะทางการขนย้ายวัสดุได้ 253.50 เมตร คิดเป็น 72.53% โดยสามารถเพิ่มกำลังการผลิตเป็น 8,000 ชุดต่อเดือน ดัชนีผลิตภาพแรงงานสูงขึ้น 69.23% ดัชนีผลิตภาพวัตถุดิบเพิ่มสูงขึ้น 3.85% ดัชนีผลิตภาพรวมเพิ่มขึ้น 13.04% และสามารถกำหนดเวลามาตรฐานในการทำงานให้กับพนักงานได้ [17] ได้นำเทคนิคหลักการศึกษางานและจับเวลาการทำงานโดยใช้วิธีการศึกษาเวลาโดยตรง และวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุงด้วยเทคนิค (Single Minute Exchange of Die: SMED) ร่วมกับหลักการตั้งคำถาม 5W1H พบว่ามีขั้นตอนที่สามารถทำได้ในขณะเครื่องจักรทำงาน

จำนวน 6 ขั้นตอน แบ่งเป็นขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่าจำนวน 1 ขั้นตอน และเป็นขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็นต้องมี จำนวน 5 ขั้นตอน นอกจากนี้เวลาร้อยละ 70 ของการปรับตั้งแม่พิมพ์ถูกใช้ไปกับขั้นตอนในการถอดแม่พิมพ์ชุดเก่าและติดตั้งแม่พิมพ์ชุดใหม่ งานวิจัยนี้จึงนำหลักการ ECRS มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงงานสามารถลดขั้นตอนการทำงานจากเดิม 10 ขั้นตอน เหลือ 6 ขั้นตอน ใช้เวลาเฉลี่ยลดลงจากเดิม 946.20 วินาที เหลือเพียง 492.80 วินาที คิดเป็นลดลง 52% [18] โดยประยุกต์ใช้หลักการศึกษางานและการวิเคราะห์กระบวนการศึกษาขั้นตอนการไหลของวัตถุดิบ พนักงานและอุปกรณ์ที่เกิดขึ้น ประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์ Why-Why และเทคนิค ECRS ลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการที่เกิดขึ้น ก่อนปรับปรุงประสิทธิภาพมีจำนวนขั้นตอนการทำงาน 22 ขั้นตอน และ 27 ขั้นตอนตามลำดับ ใช้เวลาทำงาน 24.11 นาที/ห้อง และ 32.53 นาที/ห้อง โดยใช้พนักงานทำงานจำนวน 5 คน หลังปรับปรุงการ สามารถลดขั้นตอนการทำงานลงเหลือ 20 ขั้นตอน และ 25 ขั้นตอน ตามลำดับ ใช้เวลาทำงานลดลงเหลือ 23.14 นาที/ห้อง และ 31.56 นาที/ห้อง ใช้พนักงานทำงานลดลงเหลือ 4 คน คิดเป็นต้นทุนด้านแรงงานที่ลดลงได้ถึง 9,000 บาท/เดือน [19] ใช้ทฤษฎีผังงาน (Flow Chart) และเทคนิคแผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart) แก้ไขปัญหาการไหลสินค้าในการรับและส่งออก ผลที่ได้พบว่า สามารถเพิ่มกำลังการผลิตมากขึ้นจากเดิมคิดเป็น 25% [20]

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาในงานวิจัยนี้ได้นำหลักการด้านการเพิ่มผลผลิตโดยเฉพาะการศึกษาการเวลาในการทำงาน เทคนิค ECRS ลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการทำงาน รวมถึงการออกแบบอุปกรณ์มาใช้ในการแก้ไขปัญหาให้กับบริษัทกรณีศึกษามุ่งหวังเพื่อลดระยะเวลาในการทำงานให้น้อยลง

4. วิธีการวิจัยและดำเนินงาน

ในการดำเนินงานวิจัยนี้เริ่มจากการศึกษาภาพรวมการทำงานของบริษัทกรณีศึกษา พร้อมทั้งรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงาน เวลาที่ใช้ในการทำงาน หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาแนวทางการแก้ไข

ปัญหา ออกแบบปรับปรุงวิธีการทำงานโดยสร้างอุปกรณ์ช่วยลดเวลาในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง จากการศึกษาและเก็บข้อมูลในส่วนของการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง โดยจะนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปเปรียบเทียบผลการที่ได้ เพื่อลดเวลาในขั้นตอนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง

4.1 กระบวนการทำงานในการกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง

บริษัทกรณีศึกษามีขั้นตอนการทำงานหลักอยู่ 4 ขั้นตอน การตัดยาง การเทยางลงสายพาน การเกลี่ยกระจายยางให้เต็มสายพาน การคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง จากการศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้นพบว่าปัญหาเรื่องการสูญเสียเวลาในขั้นตอนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง นั้นใช้เวลาในกระบวนการคัดแยกล่าช้าที่สุด เนื่องจากพนักงานใช้สายตาในการหาเศษเหล็ก รวมถึงการทำงานที่ไม่มีอุปกรณ์ช่วยในการทำงานทำให้เกิดความล่าช้า ส่งผลให้ต้องสูญเสียเวลาการทำงานจากการศึกษาข้อมูลพบว่าการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางมีจำนวน 4 ขั้นตอนแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง

ขั้นตอน	รายละเอียดงานย่อย	รูปภาพการทำงาน
1	พนักงานใช้มุ้งกีดักยาง	
2	พนักงานยกบุงก์มาเทลงสายพาน	
3	พนักงานเกลี่ยกระจายยางให้เต็มสายพาน	
4	พนักงานคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง	

4.2 การศึกษาด้านเวลาในการทำงาน

การศึกษาเวลาการทำงานของกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง จะทำการจับเวลาเพื่อหาค่าเฉลี่ยในการทำงาน 10 ครั้ง ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลไม่เกิน $\pm 5\%$ ภายใน 95 % ของความเชื่อมั่น เวลาเฉลี่ยของกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางก่อนปรับปรุง แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงเวลาเฉลี่ยของกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง (ก่อนปรับปรุง)

ขั้นตอน	งานย่อย	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
1	พนักงานใช้บังกีตักยาง	6.91
2	พนักงานยกบั๊งกีมาเทลงสายพาน	22.27
3	พนักงานเกลี่ยกระจายยางให้เต็มสายพาน	53.79
4	พนักงานคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง	178.63
รวม		261.60

การจับเวลาในแต่ละขั้นตอนจะจับมาทั้งหมด 10 ครั้ง ซึ่งเพียงพอแล้ว จากตารางที่ 2 ที่ได้มีการจับเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอน จึงได้นำเอาข้อมูลมาเพื่อคำนวณค่าพิสัย (R) ค่าเวลาเฉลี่ย ($\bar{X}$) และทำการคำนวณ $R/\bar{X}$ เพื่อหาขอบการจับเวลาที่เหมาะสมโดยอ้างอิงจากตาราง Maytag ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รอบที่เหมาะสมเท่ากับ 2 รอบ แสดงว่าการจับ 10 รอบ นั้นมีความเพียงพอที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95%

4.3 คำนวณหาเวลามาตรฐาน

นำเวลาเฉลี่ยที่ได้จากการจับเวลาข้างต้น มาทำการคำนวณกับอัตราเร็วและค่าเผื่อเวลา เพื่อหาเวลาปกติ และเวลามาตรฐานของขั้นตอนโดยการประเมินอัตราความเร็ว (Rating Factor; RF) ใช้วิธีการประเมินและกำหนดระดับคะแนนการทำงานตามวิธีของ Westinghouse System of Rating ได้ประเมินคะแนนของกรณีศึกษาทั้ง 4 ด้านดังนี้ [5]

- ทักษะความชำนาญ(Skill) $C1=+0.06$
 - ความพยายาม(Effort) $C2=+0.02$
 - สภาพการทำงาน(Condition) $D=+0.00$
 - ความสม่ำเสมอ(Consistency) $C=+0.01$
- รวมคะแนน $+0.09$

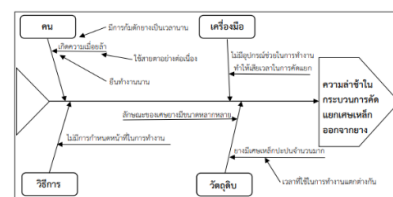
โดยค่าที่ได้จากการประเมินเป็นค่าบวกแสดงว่าพนักงานทำงานเร็วปกติโดยค่า $+0.09$ จะถูกนำไปรวมกับค่าคงที่เท่ากับ 1 ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพในการทำงานเท่ากับ 1.09 หรือร้อยละ 1.09 และได้กำหนดเวลาเผื่อ (Allowance Time; A) จากตารางวิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงานเท่ากับ 1.13 จากนั้นได้คำนวณหาเวลาปกติและเวลามาตรฐาน ในสมการที่ (1) และ (2) ได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เวลามาตรฐานของขั้นตอนกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง (ก่อนปรับปรุง)

ขั้นตอน	S.T.	R.F	N.T	%A	Std.
1	6.91	1.09	7.53	1.13	8.51
2	22.27	1.09	24.27	1.13	27.43
3	53.79	1.09	58.63	1.13	66.25
4	178.6	1.09	194.7	1.13	220.0
รวม					332.2

4.4 วิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุของปัญหา

จากการศึกษาขั้นตอนการทำงานและเวลาการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง พบว่ามีปัญหาความล่าช้าในกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง ที่ใช้เวลานานกว่าขั้นตอนอื่น จึงได้วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยใช้ [5] แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือที่นิยมเรียกกันว่า แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังแสดงเหตุและผลในกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุจากแผนผังก้างปลา พบว่าใช้เวลาในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางนั้น สรุปลสาเหตุความล่าช้าในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางดังนี้ พนักงานยืนทำงานมีการก้มตัวยางเป็นเวลานานและใช้สายตาดูอย่างต่อเนื่อง ใช้เวลานานในกระบวนการแยกเศษเหล็กออกจากยาง เพราะไม่มีอุปกรณ์ช่วยในการทำงานทำให้เสียเวลาในการคัดแยก และลักษณะของเศษยางมีหลากหลายขนาด ซึ่งมีเศษเหล็กปะปนในยางเป็นจำนวนมาก ทำให้เวลาที่ใช้ในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางนั้นใช้เวลานาน

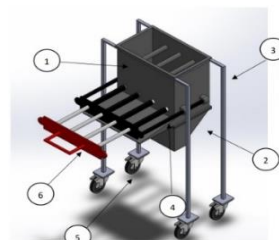
4.5 การแบบออกแนวทางการปรับปรุงการทำงาน

จากการศึกษาขั้นตอนกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางและเก็บข้อมูลด้านเวลารวมถึงการวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางเพื่อลดเวลาในการทำงานขึ้นมาใหม่ เพื่อให้พนักงานสามารถทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยผู้จัดทำได้ใช้โปรแกรม Solid Works ช่วยในการออกแบบและ[21] นำเทคนิค ECRS ปรับปรุงการทำงานโดยใช้ C (Combine) และ S (Simplify) ในการทำให้ง่ายขึ้น แสดงดังตารางที่ 4 มาช่วยลดขั้นตอนการทำงานและมีอุปกรณ์ช่วยในการทำงานที่ง่ายขึ้น แสดงดังรูปที่ 2

ตารางที่ 4 การประยุกต์ใช้เทคนิค (ECRS) ในการปรับปรุงการทำงาน

ขั้นตอน	วิธีการทำงานแบบเก่า	วิธีการทำงานแบบใหม่
4.พนักงานคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง	-หลังจากขั้นตอนเทลงสายพานพนักงานจะต้องเกลี่ยให้เต็มสายพาน หลังจากเกลี่ยเสร็จจะต้องหาเศษเหล็กออกจากยาง -พนักงานใช้	-หลักการตัว C คือ Combine (การรวม) โดยการสร้างอุปกรณ์คัดแยกเศษเหล็กขึ้นมาเพื่อให้ขั้นตอนที่ 3 การเกลี่ยให้เต็มสายพานและขั้นตอนที่ 4 การคัดแยกเศษเหล็ก

ขั้นตอน	วิธีการทำงานแบบเก่า	วิธีการทำงานแบบใหม่
	สายตากับใช้มือเปล่าในการหาเศษเหล็กบนสายพานทำให้เกิดความล่าช้าและความผิดพลาด	ออกจากยางถูกรวมเป็นขั้นตอนเดียวกันคือขั้นตอนพิเศษยางลงในอุปกรณ์ช่วยคัดแยก-หลักการตัว S คือ Simplify (การทำให้ง่ายขึ้น) โดยการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ในการช่วยหาเศษเหล็ก



รูปที่ 2 ออกแบบอุปกรณ์คัดแยกเศษเหล็กออกจากยางในขั้นตอนที่ 4 โดยใช้โปรแกรม Solid Works

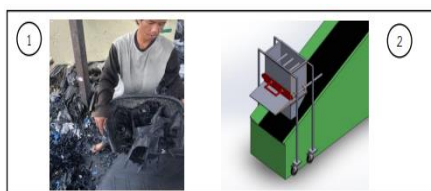
ปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบและในการเลือกวัสดุมาใช้ในการทำอุปกรณ์ช่วยในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางนั้น ต้องคำนึงถึงการใช้งานเป็นหลัก รวมไปถึงคุณสมบัติต่างๆ ของตัววัสดุในการเลือกวัสดุนี้ผู้วิจัยได้กำหนดคุณสมบัติไว้ ดังนี้ 1.ความแข็งแรงทนทานของตัวอุปกรณ์ 2.ใช้งานได้ง่าย 3.อายุการใช้งานของอุปกรณ์ยาวนาน

ตารางที่ 5 แสดงการเลือกวัสดุของอุปกรณ์คัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง

ชิ้นส่วน	รายการ	วัสดุที่เลือกใช้
1	รับยางจากการเทลงจากบั้ง	สแตนเลส 304 แบบแผ่น
2	ตัวกั้นไม่ให้ยางกระเด็นออกนอกสายพาน	สแตนเลส 304 แบบแผ่น
3	โครงสร้างรับน้ำหนักและเคลื่อนที่	เหล็กกล้า SCM415
4	ท่อเลื่อนไว้สำหรับสวมแม่เหล็กเพื่อนำเหล็กที่แยกออกจากยางมาทิ้ง	ท่อสแตนเลส 304 แบบกลม
5	ล้อสำหรับเคลื่อนที่	ล้อยูรีเทน
6	ตัวจับแม่เหล็กใช้สำหรับดูดเหล็กออกจากยาง	แม่เหล็ก

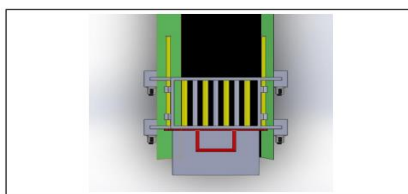
สแตนเลส 304 ใช้ได้ทั้งงานร้อนและงานเย็น ไม่สามารถชุบแข็งได้ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ แม่เหล็กดูดไม่ติดสะดวกในงานสร้างประกอบหรือขึ้นรูปและทนต่อการกัดกร่อนที่ดีเยี่ยมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ SCM415 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำมีความเหนียว ทนแรงดึงสูง ใช้ทำเฟืองรอบจัดและงานที่ต้องการผิวงานแข็ง ความแข็งแรงของเหล็ก (HRC) 21.7 – 34.3 แม่เหล็กถาวร สามารถสร้างสนามแม่เหล็กได้ตลอดเวลาด้วยตัวเอง ล้อยูรีเทนมีความแข็งแรงมาก ทนทานไม่ฉีกขาด จึงสามารถใช้กับพื้นที่ผิวขรุขระหรือแหลมคมได้ [22], [23], [24], [25], [26]

วิธีการทำงานและการใช้งานของอุปกรณ์ช่วยในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง ผู้วิจัยจึงได้อธิบายการใช้งานตัวอุปกรณ์คัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 นำเศษยางดังหมายเลขที่ 1 เทใส่ลงในอุปกรณ์คัดแยกเศษเหล็กออกจากยางหมายเลขที่ 2 ดังรูปที่ 3



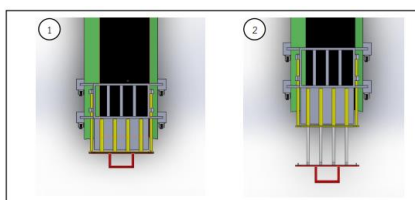
รูปที่ 3 เศษยางและอุปกรณ์คัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง

ขั้นตอนที่ 2 เศษเหล็กจะติดกับแม่เหล็ก (สีเหลือง) และยางจะหล่นลงสายสายพาน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 เทเศษยางลงอุปกรณ์คัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง

ขั้นตอนที่ 3 หลังจากทำงานในกระบวนการเสร็จแล้วจะทำการดึงท่อสวมแม่เหล็กออกจากช่องเหล็ก ดังหมายเลขที่ 1 หลังจากนั้นทำการดึงอีกครั้งเพื่อให้แม่เหล็กออกจากท่อสวมแม่เหล็กดังหมายเลขที่ 2 เศษเหล็กจะหลุดออกจากท่อสวมแม่เหล็กทันทีดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การดึงท่อสวมแม่เหล็กกับแท่งแม่เหล็กออก

5. ผลการดำเนินงาน

5.1 การศึกษาวิธีการทำงานหลังปรับปรุง



รูปที่ 6 การคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางก่อนปรับปรุง

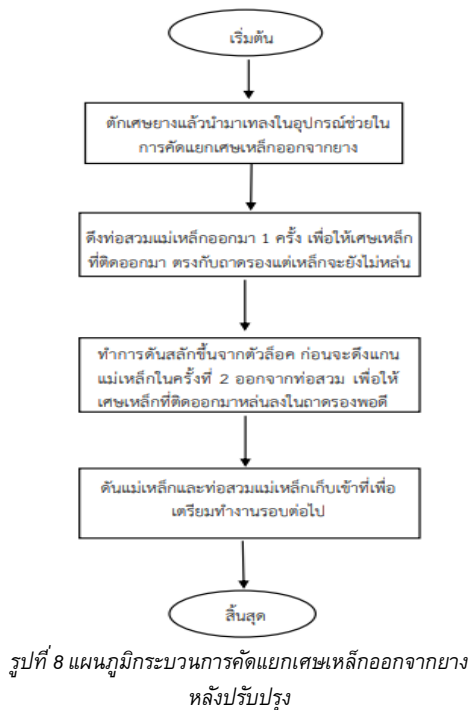


รูปที่ 7 การคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางหลังปรับปรุง

จากรูปที่ 6 จะเห็นว่าการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางพาราใช้มือในการเกลี่ยกระจายยางเพื่อหาเศษเหล็กที่ปะปนออก และต้องใช้สายตาเพ่งหาเศษเหล็กเป็นเวลานาน ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง รูปที่ 7 แสดงกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กโดยนำอุปกรณ์ช่วยในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางมาวางในตำแหน่งด้านหน้าของสายพานลำเลียง เพื่อให้พนักงานเทเศษยางลงในอุปกรณ์ โดยมีแม่เหล็กทำหน้าที่ดูดเหล็กที่ปะปนมาด้วยยางเพื่อไม่ให้มีเศษเหล็กหลุดไปบนสายพาน หลังปรับปรุงพนักงานทำงานได้ง่าย และสามารถลดขั้นตอนการทำงานได้

5.2 การศึกษาเวลาหลังการปรับปรุง

หลังจากนำอุปกรณ์ช่วยในการทำงานของการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางและมีการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานเนื่องจากมีการนำเครื่องมือช่วยมาใช้ในการทำงาน จึงจับเวลาของกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับเวลาก่อนและหลังปรับปรุง



ตารางที่ 6 แสดงเวลาเฉลี่ยของกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง (หลังปรับปรุง)

ขั้นตอน	งานย่อย	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
1	ตักเศษยางแล้วนำมาเทลงในอุปกรณ์ช่วยในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง	6.96
2	ตั้งท่อสวมแม่เหล็กออกมา 1 ครั้ง เพื่อให้เศษเหล็กที่ติดออกมาตรงกับถาดรองแต่เหล็กจะยังไม่หล่น	1.86
3	ทำการดันสลักขึ้นจากตัวล้อ ก่อนจะดึงแกนแม่เหล็กในครั้งที่ 2 ออกจากท่อสวม เพื่อให้เศษเหล็กที่ติดออกมาหล่นลงในถาดรองพอดี	7.17
4	ดันแม่เหล็กและท่อสวมแม่เหล็กเก็บเข้าที่เพื่อเตรียมทำงานรอบต่อไป	5.13
รวม		21.12

ตารางที่ 7 เวลามาตรฐานของขั้นตอนกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง (หลังปรับปรุง)

ขั้นตอน	S.T.	R.F	N.T	%A	Std.
1	6.96	1.06	7.38	1.10	8.12
2	1.86	1.06	1.96	1.10	2.17
3	7.71	1.06	7.60	1.10	8.36
4	5.13	1.06	5.44	1.10	5.98
รวม					24.63

ค่าที่ได้จากการประเมินอัตราความเร็วของพนักงานก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ +0.09 หลังปรับปรุงอยู่ที่ +0.06 เนื่องจากค่าประเมินที่ทักษะความชำนาญลดลง เพราะพนักงานยังไม่ชินกับอุปกรณ์ช่วยในการทำงาน แต่สามารถใช้งานได้ และค่าเวลาเผื่อ (Allowance Time;

A) จากตารางวิเคราะห์เวลาเผื่อของการทำงานหลังปรับปรุงเท่ากับ 1.10

5.3 การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุง

หลังจากที่ได้ศึกษาและเก็บข้อมูลด้านเวลาของกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง นำไปสู่การปรับปรุงการทำงานรวมถึงการสร้างอุปกรณ์ช่วยในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง ทางผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง จากการเปรียบเทียบผลของกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง พบว่าก่อนปรับปรุงเวลาอยู่ที่ 322.21 วินาที และหลังปรับปรุงเวลาอยู่ที่ 24.63 วินาที สามารถลดเวลาไปได้ 297.58 วินาที คิดเป็น 92.36 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 สรุปการเปรียบเทียบเวลาในการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางก่อนและหลังปรับปรุง

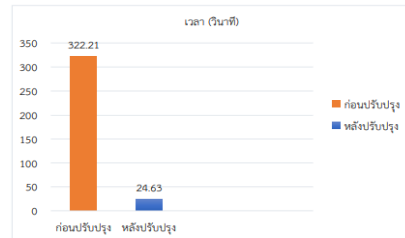
ตัวชี้วัด	ก่อนปรับปรุง (วินาที)	หลังปรับปรุง (วินาที)	เปอร์เซ็นต์ที่ลดลง (%)
เวลาการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง	322.21	24.63	92.36

6. สรุปผลดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยศึกษากระบวนการทำงานของบริษัทกรณีศึกษา หลังจากศึกษากระบวนการทำงานพบปัญหาการทำงานล่าช้าในขั้นตอนที่ 4 พนักงานคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง ที่มีเวลาในการทำงานนานที่สุดเนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ช่วยในการคัดแยก ทำให้พนักงานต้องใช้สายตาและมือเพื่อค้นหาเศษเหล็กที่ปน ดังนั้นผู้วิจัยจึงลดเวลาในกระบวนการนี้เพื่อทำให้การคัดแยกเศษเหล็กออกจากยางมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นด้วยการนำหลักทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม การศึกษาการทำงาน การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังเหตุและผล เทคนิค ECRS รวมถึงการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการทำงาน เมื่อนำไปประยุกต์กับการทำงานจริงสามารถลดเวลาในการทำงานได้ ซึ่งลดเวลา

ไปได้ 297.58 วินาที คิดเป็น 92.36 แสดงดังรูปที่ 9 นอกจากจะลดเวลาในการทำงานได้ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานโดยรวมเช่นเดียวกับงานวิจัยที่ได้กล่าวมาในงานวิจัยนี้



รูปที่ 9 แผนภูมิการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง

6.2 ข้อเสนอแนะการดำเนินงานวิจัย

จากการเข้าไปศึกษากระบวนการคัดแยกเศษเหล็กออกจากยาง ยังพบว่ามีกระบวนการอื่นที่มีลักษณะการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ ใช้ทรัพยากรเกินความจำเป็น โดยปัญหาเหล่านี้สามารถนำหลักการทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการออกแบบในงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อลดเวลาในกระบวนการส่วนอื่นของสถานประกอบการได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Krungsri Research, แนวโน้มธุรกิจอุตสาหกรรม ปี 2564-2566 อุตสาหกรรมยางพาราแปรรูป, ข้อมูลจาก <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/agriculture/rubber/IO/io-rubber-21> (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2565)
- [2] พงษ์ธร แซ่อูย, บทความเรื่องเทคโนโลยีการรีไซเคิลยาง, หน่วยวิจัยโพลิเมอร์ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ, ตุลาคม-ธันวาคม 2555
- [3] สถาบันพลาสติกและศูนย์วิจัยและพัฒนา อุตสาหกรรมยางไทย 2556, ข้อมูลจาก https://www.thaiplastics.org/img/content_attachment/attach/plastics_foresight_vol.10_.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล มิถุนายน 2565)

- [4] สถาบันการจัดการบรรจุภัณฑ์และรีไซเคิลเพื่อสิ่งแวดล้อม สมาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, ข้อมูลจาก https://thaiplastics.org/img/content_attachment/attach/plastics_foresight_issue9.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2564)
- [5] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, การศึกษางานอุตสาหกรรม, สำนักพิมพ์ท็อป, 2562
- [6] วันชัย จิรวินิช, การศึกษาการทำงาน หลักการและกรณีศึกษา, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ พิมพ์ครั้งที่ 8, 2555
- [7] Pongchairerks, P. (2013). Benefits and applications of methods engineering. *Kasetsart Engineering Journal*, 83(26), 84-91.
- [8] สุริยัน สังข์สนะ, ศึกษาเวลา Time Study, ข้อมูลจาก <https://goterrestrial.com/2021/02/02/cycle-time/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มิถุนายน 2565)
- [9] Authayarat, W., & Ariyajunya, B. (2021), The Application of Service Design Thinking and Work Study in Process Improvement of Community Enterprise Manufacture: A Case Study of Granola Bar Production Process, *Naresuan University Engineering Journal*, Vol.16, No.1, Jan - June 2021, pp.39-52.
- [10] ศุภพัฒน์ ปิงดา, การลดเวลาในกระบวนการประกอบปะเก็นโลหะ, วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2564, หน้า 68-78.
- [11] Standards, C. (2017), *International Productivity Monitor*. OECD Publishing, ข้อมูลจาก <https://books.google.fr/books?id=NAotDwAAQBAJ>. (วันที่สืบค้นข้อมูล มิถุนายน 2565)
- [12] Mazumder, S., Kabir, G., Hasin, M., Ali, S., 2018, Productivity benchmarking using analytic network process (ANP) and data envelopment analysis (DEA). *Big Data and Cognitive Computing* 2 (3), 27, ข้อมูลจาก <https://doi.org/10.3390/bdcc2030027>.
- [13] Marksberry, Phillip; Parsley, David C. Managing the IE (Industrial Engineering) Mindset: A quantitative investigation of Toyota's practical thinking shared among employees. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 2011, 4.4: 771-799.
- [14] Srinivasaraghavan, Jayanth; Allada, Venkat. Application of mahalanobis distance as a lean assessment metric. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2006, 29.11: 1159-1168.
- [15] Scherrer-Rathje, Maik; Boyle, Todd A.; DEFLOREN, Patricia. Lean, take two! Reflections from the second attempt at lean implementation. *Business horizons*, 2009, 52.1: 79-88.
- [16] Mishra, O., & Garg, D. JIT supply chain; an investigation through general system theory. *Management Science Letters*, 2013, 3.3: 743-752.
- [17] ยุทธณรงค์ จงจันทร์, ณฐา คุปต์ชะเอียร, การเพิ่มผลผลิตสายการผลิตเตาเหล็กหล่อ กรณีศึกษา: บริษัท เอ็ม เอ็น แมชชีนแอนด์ฟราวนด์รี จำกัด, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏธนบุรี, ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2553, หน้า 17-27.

- [18] พรลภัส เลิศศักดิ์วานิช, ประจวบ กล่อมจิตร, การลดเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์ในกระบวนการอัดขึ้นรูปรีออน, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏจันทรบุรี, ปีที่ 18 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2563, หน้า 47-58.
- [19] ธรรมศักดิ์ ค่วยเทศ, ชีรพล เกื้อนแพ และ นิตาชล จันทรานภาสวัสดิ์, การลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการทำงานของอุตสาหกรรมบริการด้านโรงแรมโดยแผนภูมิการไหล, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 31, ฉบับที่ 1 ม.ค.-มี.ค. 2564, หน้า 180-192.
- [20] S. Solpin and S. Sookto, Increasing capacity for inbound and outbound operation in Beverage warehouse with handling operations improvement: Case study of beverage distribution firm, Journal of Energy and Environment Technology, vol. 4, no. 1, pp. 51-59, 2018.
- [21] วชิระ มีทอง, การออกแบบจิ๊กและฟิกซ์เจอร์, กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2551
- [22] สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย วัสดุที่นำมาใช้ทำอุปกรณ์ช่วย (วัสดุที่เป็นเหล็ก), ข้อมูลจาก <https://torwitchukorn.com/th/articles/121043-เกรดและประเภทเหล็ก> (วันที่สืบค้นข้อมูล 28 กุมภาพันธ์ 2564)
- [23] K. Niran, วัสดุที่นำมาใช้ทำอุปกรณ์ช่วย (วัสดุที่เป็นสแตนเลสสตีล), ข้อมูลจาก <https://www.reviewsth.com/stainlesssteel/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 28 กุมภาพันธ์ 2564)
- [24] จุติยา สุนศรี, วัสดุที่นำมาใช้ทำอุปกรณ์ช่วย (วัสดุที่เป็นแม่เหล็ก), ข้อมูลจาก <https://www.youngciety.com/article/journal/magnets-science-for-kid.html> (วันที่สืบค้นข้อมูล 28 กุมภาพันธ์ 2564)
- [25] J. Anuwat, วัสดุที่นำมาใช้ทำอุปกรณ์ช่วย (วัสดุที่เป็นแม่เหล็ก), ข้อมูลจาก <https://www.scimath.org/lesson-physics/item/7320-2017-06-14-16-05-39> (วันที่สืบค้นข้อมูล 28 กุมภาพันธ์ 2564)
- [26] Deawjoun, วัสดุที่นำมาใช้ทำอุปกรณ์ช่วย (วัสดุที่เป็นโลหะอุตสาหกรรม), ข้อมูลจาก <https://www.tspsupplythai.com/2018/10/02/3/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 28 กุมภาพันธ์ 2564)