

การปรับปรุงกระบวนการทำงานในบริษัทผลิตพาเลทไม้ Process Improvement in Wooden Pallet Factory

กันต์ ขุนพรหม¹ กฤษดา พัวสกุล^{2*} สิริวิชญ์ สว่างนพ³ อมรศิริ วิลาสเดชานท์^{4,5}

^{1,3} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² นักวิจัยอิสระ E-mail: kritsada.p2525@gmail.com

⁴ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

⁵ กลุ่มวิจัยระบบการจัดการแบบบูรณาการและเทคโนโลยีอัจฉริยะ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail: kritsada.p2525@gmail.com*

Kan Khunprom¹, Kritsada Puasakul^{2*}, Siravit Swangnop³, Amonsiri Vilasdaechanont^{4,5}

^{1,3} Department of Industrial Engineering, , Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

² Freelance researcher E-mail: kritsada.p2525@gmail.com

⁴ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

⁵ Integrated Management System and Smart Technology Research Group, Chulalongkorn University

E-mail: kritsada.p2525@gmail.com*

Received 3 Mar 2021; Revised 19 Jul 2021

Accepted 25 Dec 2021; Available online 29 Dec 2021

บทคัดย่อ

จากปริมาณความต้องการสินค้าชนิดต่างๆที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อเนื่องให้เกิดการขนส่งสินค้าไปยังสถานที่ต่างๆทั้งในประเทศและต่างประเทศที่มากยิ่งขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เพื่อให้การขนส่งสินค้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด การนำพาเลทไม้มาช่วยนับเป็นทางเลือกที่เหมาะสม ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้เลือกเอาโรงงานผลิตพาเลทไม้แห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นโรงงานตัวอย่างในการทำวิจัย โดยโรงงานแห่งนี้มีปัญหากำล้างการผลิตที่ไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการของลูกค้า ที่นับวันจะยิ่งเพิ่มมากขึ้น จากการเก็บข้อมูลพบว่า ปริมาณกำลังการผลิตในปัจจุบันอยู่ที่ 212 ตัวต่อวัน (รวมการทำงานล่วงเวลา) แต่ปริมาณความต้องการกลับมากถึง 360 ตัวต่อวัน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์สายการผลิตพบว่า สาเหตุที่สายการผลิตมีกำลังการผลิตไม่เพียงพอมาจาก 1.ผังโรงงานไม่อำนวยให้เกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง 2.การกระจายภาระงานไม่สมดุล และ 3.เครื่องจักรขาดการซ่อมบำรุงและขาดการดัดแปลงให้เหมาะสมกับงาน จากนั้นเพื่อวิเคราะห์ปัญหาในเชิงลึกและกำหนดแนวทางในการปรับปรุงสายการผลิตที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้คำนวณหาความเร็วในการผลิต (takt time) ตามความต้องการของลูกค้า คำนวณหาค่าเวลามาตรฐาน (standard time) ในการทำงาน และทำการวิเคราะห์การไหลของชิ้นงานในกระบวนการผลิต ผลลัพธ์ที่ได้ประกอบด้วย การปรับปรุงเครื่องตัดไม้ การปรับปรุงเครื่องไสไม้ การปรับปรุงวิธีการกระจายงาน และการจัดสรรทรัพยากรการผลิต การปรับปรุงผังโรงงาน และการเพิ่มกำลังการผลิตบางสถานีงาน กำลังการผลิตภายหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นจาก 212 ตัวต่อวัน เป็น 360 ตัวต่อวันหรือเพิ่มขึ้นถึง 69.81% จากปริมาณกำลังการผลิตเดิม ตามที่โรงงานต้องการ

คำหลัก: การผลิตพาเลทไม้, การปรับปรุงสายการผลิต, การศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการดำเนินงาน

Abstract

A demand in transportation for both domestic and abroad is increase due to an increasing of demand of variety types of goods. Wooden pallets are used to increase efficiency and effectiveness of a transportation. In this research, the wooden pallet factory in Phra Nakhon Si Ayutthaya province is selected as a case study. The selected factory encounters a capacity problem that is the capacity does not match with the demand which are continuously increased. Currently, their capacity is equal to 212 units per day, including overtime, while the demand is equal to 360 units per day. Analytically, the causes of their problem comprise of 1. Unsuitable plant layout for continuous one-piece flow 2. Unbalance of Task allocation and 3. Lack of machine maintenance and modification to suitable for the operations. Subsequently, to study and analyze the problem in detail, the required takt time which corresponds with a customer demand is computed. Moreover, to satisfy the same purpose, standard time and production flow are also studied. The results of this paper comprise of an improvement of wood cutter machines, wood planer machines, task allocation, plant layout and increasing resources in some stations. A capacity after improvement increases from 212 units per day to 360 units per day or increased by 69.81%.

Keywords: Wooden pallet production, Production line improvement, Operation study and analysis.

1. บทนำ

ด้วยสภาวะการขยายตัวของปริมาณความต้องการสินค้าที่หลากหลาย ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ส่งผลให้เกิดการผลิตสินค้าในรูปแบบต่างๆ ออกสู่ตลาดจำนวนมาก ภายใต้สถานการณ์เช่นนี้ ย่อมส่งผลต่อเนื่องไปยังกระบวนการในการขนส่ง โดยมีจุดประสงค์ที่จะนำเอาสินค้าที่ทำการผลิตออกสู่ตลาดและไปยังลูกค้าในท้ายที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้การขนส่งมีความปลอดภัย สินค้ามีสภาพสมบูรณ์มากที่สุด การนำพาเลท (pallet) ดังรูปที่ 1 มาช่วยในการขนส่งจึงเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่ง พาเลทไม้จะช่วยให้การขนย้ายสินค้าเป็นไปอย่างสะดวก รวดเร็ว สามารถขนย้ายสินค้าได้ครั้งละจำนวนมาก และยังช่วยลดความเสียหายของสินค้าในระหว่างการขนส่งอีกด้วย พาเลทไม้เป็นอุตสาหกรรมที่ได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่องจากอดีตถึงปัจจุบัน เนื่องจากสามารถรองรับน้ำหนักสินค้าได้ดี ซ่อมแซมนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้ง ราคาถูก และผลิตได้รวดเร็ว



รูปที่ 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พาเลทไม้

งานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกเอาโรงงานผลิตพาเลทไม้ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นโรงงานกรณีศึกษา โรงงานนี้เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายพาเลทไม้ และบรรจุภัณฑ์ไม้ต่างๆ โดยมีการดำเนินธุรกิจมานานกว่า 23 ปี ได้รับมาตรฐานในการผลิตและส่งออก "IPPC certificate" ว่าด้วยการควบคุมวัสดุบรรจุภัณฑ์ไม้ในการค้าระหว่างประเทศ จากกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

จากการเก็บข้อมูลพบว่า ด้วยปริมาณการสั่งซื้อที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดปัญหาการผลิตไม่ทันตามความต้องการ ส่งผลให้ต้องเลื่อนกำหนดการส่งมอบสินค้าอยู่เป็นประจำ ซึ่งมีผลสืบเนื่องให้ต้องมีต้นทุนเพิ่มในด้านการจัดส่งแบบเร่งด่วน ไปจนกระทั่งต้องสูญเสียภาพลักษณ์ที่ดีของบริษัท โดยเมื่อศึกษาลงลึกในสายการผลิตพบว่ามีปัญหาการรอคอยงานในบางขั้นตอนที่ค่อนข้างนาน มีสัดส่วนของเวลาว่างงาน (idle time) ของพนักงานที่สูง มีระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานมาก และการกระจายภาระงานยังไม่สมดุล ทำให้ไม่สามารถผลิตอย่างต่อเนื่องและทันตามกำหนดการได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้ มุ่งเน้นที่จะปรับปรุงกระบวนการทำงานและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตพาเลทไม้ให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 หลักการพัฒนาวิธีการทำงานด้วย

เทคนิค ECRS

หลักการ ECRS [1] มีรายละเอียดดังนี้

1. E (Eliminate, การกำจัด) หมายถึง การลดขั้นตอนการผลิตที่ไม่จำเป็น และไม่เกิดมูลค่าเพิ่ม และทำการกำจัดขั้นตอนนั้นออกไป รวมทั้งการกำจัดความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ

2. C (Combine, การรวมกัน) หมายถึง การรวมขั้นตอนการผลิตให้เหลือน้อยลง โดยพิจารณาว่าสามารถรวมขั้นตอนการผลิตใดให้เหลือน้อยลงได้หรือไม่

3. R (Rearrange, การจัดใหม่) หมายถึง การจัดลำดับการผลิตใหม่ โดยการโยกย้ายสับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตให้เหมาะสม

4. S (Simplify, การทำให้ง่าย) หมายถึง การปรับปรุงวิธีการทำงานให้สะดวกและง่ายขึ้น

2.1.2 การศึกษางาน (Work Study)

การศึกษางาน [2] หรือการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา (Motion & Time Study) คือ เทคนิคในการวิเคราะห์การปฏิบัติงาน เพื่อขจัดงานที่ไม่จำเป็นออกและหาวิธีการทำงานที่ดีขึ้น ทั้งนี้รวมถึงการปรับปรุงมาตรฐานของวิธีการ สภาพการทำงาน เครื่องมือต่าง ๆ รวมถึงการฝึกคนงานให้ทำงานด้วยวิธีการที่ถูกต้อง ดังนั้นการศึกษางานจึงเป็นการรวมเอาการศึกษากการเคลื่อนไหว (Motion Study) เข้ากับการศึกษาเวลา (Time Study) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการพัฒนาวิธีการทำงานที่ดียิ่งขึ้น

2.1.3 การศึกษาเวลา (Time Study)

การศึกษเวลาดการทำงานโดยตรง [3] เป็นวิธีการศึกษาเวลาที่นิยมใช้กันมาก โดยอาศัยการจับเวลาด้วยเครื่องมือบันทึกเวลา และแบ่งบันทึกข้อมูลโดยมีขั้นตอนหลักประกอบด้วย 1.แบ่งแยกเป็นงานย่อย (element) 2.แบ่งกลุ่มงานย่อยออกเป็น งานย่อยแปรผัน (variable element) และ งานย่อยคงที่ (constant element) 3.การสังเกตและบันทึกเวลา 4.การคำนวณหาจำนวนวัฏจักรในการจับเวลา 5.การคำนวณหาเวลาตัวแทนหรือเวลาเฉลี่ย 6.การคำนวณหาเวลาปกติ และ

7.การคำนวณหาเวลามาตรฐาน

2.1.4 การวิเคราะห์กระบวนการ (Process Analysis)

การวิเคราะห์กระบวนการเป็นการสังเกตบันทึก และวิเคราะห์กระบวนการทำงาน เพื่อจุดประสงค์หลักในการปรับปรุงการทำงานให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่สูงขึ้น โดยในการจัดบันทึกกระบวนการทำงานจะใช้แผนภูมิกระบวนการทำงาน (Operation Process Charts) เป็นรูปแบบหลักในการบันทึก เพื่อให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์งานที่มีลักษณะแตกต่างกันหลากหลาย จึงมีการพัฒนาแผนภูมิกระบวนการทำงานออกเป็นหลายรูปแบบ โดยรูปแบบหลักที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ประกอบด้วย 1.แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Charts) 2.แผนภูมิการประกอบ (Assembly Process Chart) 3.แผนภูมิผลิตภัณฑ์พหุคูณ (Multi-Product Process Chart) และ 4.แผนภูมิการเดินทาง (Travel Chart)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับ การปรับปรุงกระบวนการทำงานในโรงงานผลิตพลาเลท ดังนั้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงประกอบด้วยงานวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการทำงานในมิติต่าง ๆ ในหลายอุตสาหกรรมดังต่อไปนี้

ศึกษาการทำงานเพื่อการเพิ่มผลผลิตสำหรับเครื่องทดสอบหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ ด้วยวิธีการศึกษากการทำงานและการระดมสมองผ่านกิจกรรมกลุ่มคุณภาพ ผลการวิจัยพบว่า เครื่องจักรมีเวลาสูญเปล่าจากการรอคอยขณะพนักงานทำการตรวจสอบชิ้นงาน จึงประยุกต์ใช้แผนภูมิคนและเครื่องจักร พร้อมกับหลักการแบบลีน เพื่อลดความสูญเปล่า ทำให้อัตราการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 122 ชิ้นต่อชั่วโมงเป็น 163 ชิ้นต่อชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นถึง 33.6% [4]

ศึกษาการลดเวลาในการผลิตตุ้มล้อรถยนต์ของโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ พบขั้นตอนการทำงานของเครื่องกัดใช้เวลาในการเซตชิ้นงานนาน ไม่มีการกำหนดลำดับขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจน และใช้อุปกรณ์จับยึดไม่เหมาะสม จึงหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้เทคนิค Why-Why Analysis มาช่วย และจัดตั้งกลุ่มการทำงานคุณภาพ พบว่าหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

เพิ่มขึ้น 33.28% และของเสียลดได้จากเดิม 3% [5]

ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตและลดต้นทุนการผลิตโดยใช้แนวคิดแบบลีนเข้ามาปรับปรุงสายการผลิตอย่างแผน เนื่องจากกระบวนการผลิตที่ไม่สมดุลมีคอขวดในกระบวนการทำงานที่จุดลูกกลิ้ง จึงปรับปรุงวิธีการทำงานที่จุดลูกกลิ้ง ผลการปรับปรุงทำให้ใช้เวลาในการผลิตลดลง เพิ่มผลผลิตภาพกระบวนการผลิตได้ 29.41% [6]

ศึกษาปัญหาการส่งมอบที่ไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้าในอุตสาหกรรมการผลิตข้าวสารบรรจุถุงเพื่อส่งออก โดยการวิเคราะห์กระบวนการทำงานและจัดทำเวลามาตรฐานในการผลิตสินค้าของแต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อหากำลังผลิตที่แท้จริง ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตภาพในการผลิตและช่วยลดจำนวนสินค้าที่ส่งมอบไม่ทันเวลา [7]

ปรับปรุงกระบวนการผลิตอุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งจากการศึกษาการทำงานพบคอขวดที่สถานีบรรจุ การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาทำโดยใช้แผนผังเหตุและผล แล้วนำเทคนิคการศึกษาเวลา แผนภูมิคนกับเครื่องจักร และเทคนิค ECRS มาแก้ไขปัญห ซึ่งสามารถลดเวลาในการผลิตลงเหลือ 45.90 วินาที ลดขั้นตอนการผลิต และสร้างเครื่องจักรใหม่ ทำให้กระบวนการผลิตลดลงจาก 12 ขั้นตอนเป็น 10 ขั้นตอน ทำให้ผลผลิตภาพแรงงานเพิ่มขึ้นเป็น 43.22 ขึ้นต่อชั่วโมง [8]

ศึกษาการลดเวลาสูญเสียเปล่าในขั้นตอนการติดตั้งแม่พิมพ์ของโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยใช้แผนภูมิกระบวนการทำงานแสดงกิจกรรมทั้งหมด และทำการตัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าออก โดยต้องไม่ส่งผลกระทบต่อขั้นตอนอื่น จากนั้นนำเทคนิค ECRS มาปรับปรุงการทำงาน เพิ่มความรวดเร็วในการติดตั้งแม่พิมพ์ หลังจากการปรับปรุงสามารถลดเวลาสูญเสียเปล่าได้ร้อยละ 27.33 [9]

ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการประกอบชิ้นงานในกระบวนการผลิตกล่องวงจรปิด โดยอาศัยหลักการจัดสมดุลสายการผลิต เพื่อลดปัญหาคอขวด และรอบจังหวะการผลิตสินค้าต่อชิ้นสูงเกินกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ ผลการปรับปรุงสามารถลดรอบเวลาการประกอบชิ้นงานลงเหลือ 1,551 วินาที สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของ

สายการผลิตเป็น 91.67% [10]

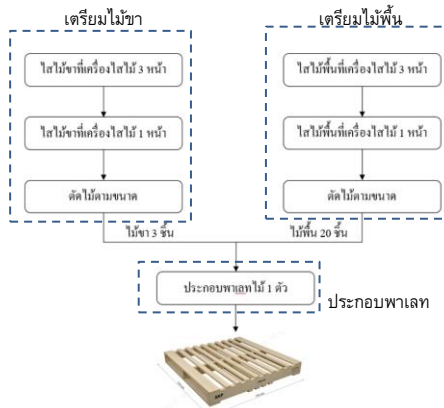
ศึกษาการกำหนดระยะเวลาการผลิตชิ้นเซอร์รับภาพแบบโรลลิง เพื่อเสนอวิธีการในการลดเวลาการทำงานโดยใช้เทคนิคการศึกษาการทำงาน วัตถุประสงค์ของงานนี้คือ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและประสิทธิผลหลังจากวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Work pro รอบเวลาของวิธีการที่นำเสนอลดลงจาก 110 นาทีเป็น 102 นาที ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.27 [11]

ศึกษาการเพิ่มผลผลิตของสายการผลิตลำโพงแบบ 2 ส่วนคือ 1.การถ่ายโอนลำโพงจากช่องแช่แข็งไปจนถึงการบรรจุ มีขั้นตอนการทำงานทั้งสิ้น 13 ขั้นตอน มีการใช้เทคนิค ECRS เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ และ 2.การถ่ายโอนลำโพงจากไซโลไปบรรจุ พบว่ามี 2 ขั้นตอนที่ไม่จำเป็น จะเห็นว่าเทคนิคนี้ช่วยลดขั้นตอนร้อยละ 30 ระยะทางรวมของการขนส่งลดลงเหลือ 11,228.40 เมตร ประหยัดพลังงานในการขนส่งประมาณ 13,000 บาทต่อปี และลดต้นทุนแรงงานลง 367,290 ต่อปี ทั้งยังลดระยะเวลาในการผลิตจาก 3 วันเป็น 2 วัน [12]

3. ปัญหาในการดำเนินงานของโรงงานตัวอย่าง

3.1 กระบวนการผลิตพาเลทไม้

กระบวนการผลิตพาเลทไม้แสดงดังรูปที่ 2 โดยจะเริ่มต้นจากการไสไม้ขาที่เครื่องไสไม้ 3 หน้า จากนั้นจึงนำไม้มาไสที่เครื่องไสไม้ 1 หน้า เมื่อได้ไม้ขาที่ไสจนเรียบแล้ว จะนำมาตัดตามขนาดที่ต้องการจนได้ไม้ขาจำนวน 3 ชิ้น ในขณะเดียวกันก็ทำการไสไม้พื้นด้วยเครื่องไสไม้ 3 หน้า และเครื่องไสไม้ 1 หน้า ตามลำดับ จากนั้นจะนำไม้พื้นมาตัดตามขนาดให้ได้จำนวน 20 ชิ้น ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการประกอบไม้ขาจำนวน 3 ชิ้น และไม้พื้นจำนวน 20 ชิ้นเป็นพาเลทไม้ 1 ตัว โดยกระบวนการข้างต้นสามารถที่จะสรุปรวมได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้



รูปที่ 2 กระบวนการผลิตพาเลทไม้

กลุ่มที่ 1 กระบวนการเตรียมไม้พื้น มีขั้นตอนการทำงาน 14 ขั้นตอน

กลุ่มที่ 2 กระบวนการเตรียมไม้ขา มีขั้นตอนการทำงาน 14 ขั้นตอน

กลุ่มที่ 3 กระบวนการประกอบพาเลทไม้ มีขั้นตอนการทำงาน 11 ขั้นตอน

3.2 ปัญหาที่พบในการดำเนินการผลิต

จากการเก็บข้อมูลการผลิตของโรงงานพบว่า ตั้งแต่เดือนตุลาคม-ธันวาคม ปี พ.ศ.2561 ลูกค้าสั่งซื้อ พาเลทไม้แบบ 2 ทิศทาง ขนาด 1.10x1.10 เมตร ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาผลิตได้ไม่ทันตามความต้องการ โดยผลิตได้เพียงประมาณร้อยละ 83.36 ของคำสั่งซื้อทั้งหมด ปริมาณความต้องการและผลผลิตที่ได้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการสั่งซื้อกับปริมาณที่ผลิตได้จริงในช่วงที่ทำการศึกษ

เดือน	ปริมาณการสั่งซื้อ	ปริมาณที่ผลิตได้จริง	ปริมาณที่ผลิตได้ (%)
กรกฎาคม	5,380	5,380	100%
สิงหาคม	5,600	5,600	100%
กันยายน	5,740	5,740	100%
ตุลาคม	9,240	6,640	71.86%
พฤศจิกายน	8,960	6,740	75.22%
ธันวาคม	9,320	6,780	72.74%
รวม	44,240	36,880	83.36%

การเก็บข้อมูลในเบื้องต้นแสดงให้เห็นถึงประเด็นปัญหาดังนี้

- ฝ่ายโรงงานกำหนดให้แต่ละสถานีงานอยู่ห่างกัน ทำให้พนักงานรอขึ้นงานที่ละมาก ๆ แล้วจึงค่อยส่งทำให้การทำงานไม่ไหลลื่นและในช่วงเริ่มงานตอนเช้าพนักงานในสถานีงานท้ายๆ จะว่างงานเป็นเวลานานเพราะรอขึ้นงานจากสถานีงานก่อนหน้า

- การกระจายภาระงานไม่สมดุล เนื่องจากการผลิตพาเลท 1 ตัวจะใช้ไม้ขาเพียง 3 ชิ้นและไม้พื้นถึง 20 ชิ้น โดยเวลาผลิตชิ้นงานทั้ง 2 ส่วนมีความแตกต่างกันไม่มาก แต่โรงงานกำหนดให้มีสถานีงานเตรียมไม้ขาและไม้พื้นเท่ากันทำให้สถานีงานเตรียมไม้ขาทำเสร็จก่อนและว่างงาน และยังส่งผลให้สถานีประกอบพาเลทต้องรอขึ้นงานอีกด้วย

- เครื่องจักรเก่าขาดการซ่อมบำรุง ทำให้ไม่สามารถเร่งความเร็วเครื่องจักรบางเครื่องได้อย่างที่ควรจะเป็น

- เครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัดไม้ในปัจจุบันมีเพียงใบเลื่อยเดียวแต่การตัดไม้สำหรับทำพาเลทต้องตัดทั้งสองข้างทำให้เกิดขั้นตอนการตัด 2 รอบ ทั้งที่ไม่ควรเกิด

4. การวิเคราะห์หาแนวทางที่จะใช้ในการปรับปรุงกระบวนการดำเนินงาน

4.1 การหากรอบความเร็วในการผลิตตามความต้องการของลูกค้า

จากนิยามของความเร็วในการผลิต (Takt time) ซึ่งบอกว่าเป็น จังหวะหรืออัตราการผลิตที่ต้องการของโรงงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า โรงงานตัวอย่างมีเวลาการทำงานใน 1 วัน เท่ากับ 480 นาที หรือ 28,800 วินาที จำนวนชิ้นงานที่ลูกค้าต้องการต่อวันคือ 360 ตัว ทั้งนี้ในการผลิตพาเลทไม้จะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มกระบวนการคือ กระบวนการเตรียมไม้พื้น กระบวนการเตรียมไม้ขา และกระบวนการประกอบพาเลทไม้ และการผลิตพาเลทไม้ 1 ตัวใช้จำนวนชิ้นส่วนจากแต่ละกระบวนการไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงต้องคำนวณ Takt time แยกตามกระบวนการดังนี้

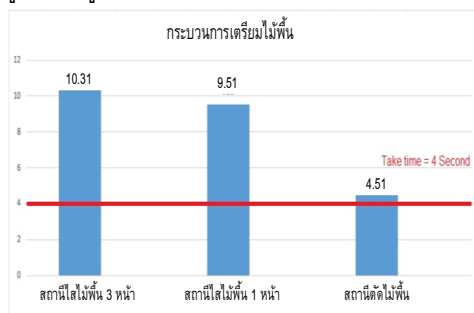
- การคำนวณหาค่า Takt time ของกระบวนการเตรียมไม้พื้น เนื่องจากต้องการผลิตพาเลทไม้ให้ได้ 360 ตัวต่อวัน ซึ่งต้องใช้ไม้พื้น 20 ชิ้นต่อตัว จึงต้องมีการเตรียมไม้พื้นไว้จำนวน 7,200 ชิ้น ฉะนั้นค่า takt time จะเท่ากับ $28,800/7,200 = 4$ วินาที/ชิ้น

- การคำนวณหาค่า Takt time ของกระบวนการเตรียมไม้ขา เนื่องจากต้องการผลิตพาเลทไม้ให้ได้ 360 ตัวต่อวัน ซึ่งต้องใช้ไม้ขา 3 ชิ้นต่อตัว จึงต้องมีการเตรียมไม้ขาไว้จำนวน 1,080 ชิ้น ฉะนั้นค่า takt time จะเท่ากับ $28,800/1,080 = 26.66$ วินาที/ชิ้น

- การคำนวณหาค่า Takt time ของกระบวนการประกอบพาเลทไม้ เนื่องจากต้องการผลิตพาเลทไม้ให้ได้ 360 ตัวต่อวัน ฉะนั้นค่า takt time ในการประกอบต่อตัวจะเท่ากับ $28,800/360 = 80$ วินาที/ชิ้น

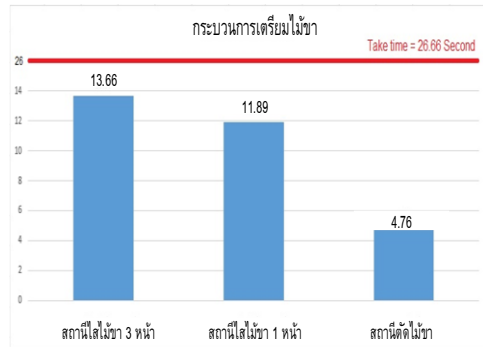
4.2 การหาค่าเวลามาตรฐานในการทำงาน

เวลามาตรฐานในการทำงานแต่ละกระบวนการมาจากการเข้าเก็บข้อมูลเวลาหน้างานตามหลักการการศึกษาเวลาการทำงานโดยตรง โดยนำเวลามาหาค่าเฉลี่ยและบวกค่าเวลาเผื่อ 5% ผลการเก็บข้อมูลค่าเวลามาตรฐานและการวิเคราะห์เปรียบเทียบแสดงได้ดังรูปที่ 3 - รูปที่ 5



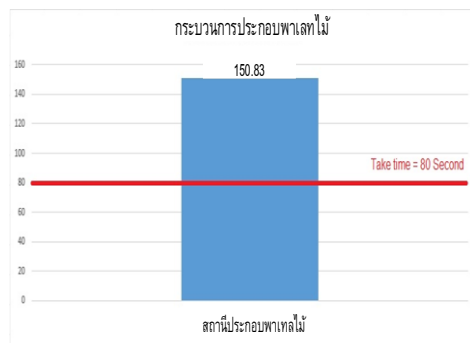
รูปที่ 3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง takt time กับเวลามาตรฐานของกลุ่มขั้นตอนการเตรียมไม้พื้น

จากรูปที่ 3 จะเห็นว่า ทุกสถานีงานใช้เวลาในการผลิตเกินกว่าเวลา takt time โดยสถานีใส่ไม้พื้น 3 หน้า ใช้เวลามากที่สุดคือ 10.31 วินาที เพราะฉะนั้น กำลังการผลิตจะเท่ากับ $28,800/10.31 = 2,793$ ชิ้น/วัน



รูปที่ 4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง takt time กับเวลามาตรฐานรวมของกลุ่มขั้นตอนการเตรียมไม้ขา

จากรูปที่ 4 จะเห็นว่า ทุกสถานีงานใช้เวลาในการผลิตต่ำกว่าเวลา takt time โดยสถานีใส่ไม้ขา 3 หน้า ใช้เวลามากที่สุดเท่ากับ 13.66 วินาที เพราะฉะนั้น กำลังการผลิตจะเท่ากับ $28,800/13.66 = 2,108$ ชิ้น/วัน



รูปที่ 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง takt time กับเวลามาตรฐานรวมของกลุ่มขั้นตอนการประกอบพาเลทไม้

จากรูปที่ 5 จะเห็นว่า สถานีประกอบพาเลทไม้ มีเวลามาตรฐานรวมเท่ากับ 150.83 วินาที เกินกว่าค่าเวลา takt time กำลังการผลิตจะเท่ากับ $(28,800 - 2,451)/150.83 = 170$ ตัว/วัน (ค่าเวลา 2,451 วินาทีที่หักออกไปเป็นระยะเวลาการรอคอยชิ้นงานชิ้นแรกที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายชิ้นงานเป็น Batch จากสถานีงานก่อนหน้า ซึ่งจะเกิดขึ้นทุกวันในตอนเช้า)

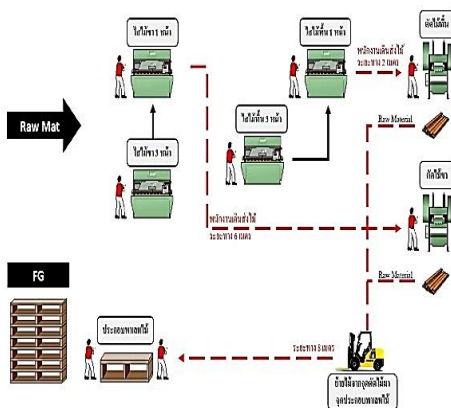
จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 กระบวนการแสดงให้เห็นว่าสถานีงานเตรียมไม้ขาสามารถผลิตชิ้นงานได้เพียงพอกับความต้องการและเหลือกำลังการผลิต สถานี

งานเตรียมไม้พื้นไม่สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามความต้องการเนื่องจากสถานีนงานเตรียมไม้พื้นต้องผลิตให้ได้ 7,200 ชิ้นต่อวัน แต่ปัจจุบันทำได้เพียง 2,793 ชิ้นวัน และสถานีนงานประกอบไม่สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามความต้องการเนื่องจากสถานีนงานประกอบต้องผลิตให้ได้ 360 ตัวต่อวัน แต่ปัจจุบันทำได้เพียง 170 ตัวต่อวัน

4.3 การวิเคราะห์การไหลของชิ้นงานในกระบวนการผลิตพลาเสทไม้

รูปที่ 6 แสดงแผนผังการวางตำแหน่งเครื่องจักร
ของโรงงานและเส้นทางการไหลของชิ้นงานก่อนการ
ปรับปรุงที่เริ่มจากตำแหน่งลูกกร Raw mat. และไหลไป
ตามเส้นประจนถึงกระบวนการประกอบซึ่งเป็น
กระบวนการสุดท้าย การขนส่งบางเส้นทางใช้รถเข็นและ
บางเส้นทางใช้รถโฟล์คลิฟท์

จะสังเกตได้ว่า กระบวนการไหลของชิ้นงานไม่ต่อเนื่องกันซึ่งเกิดจากการจัดผังโรงงานไม่เหมาะสม การเคลื่อนย้ายไม่จากสถานีไสล์ 1 หน้าที่ไปสถานีตัดไม้ ทำโดยพนักงาน ยกไม้ที่มีน้ำหนักมากแล้วเดินไปส่งให้ที่สถานีตัดไม้เป็นระยะทางที่ไกลและใช้เวลามาก จากนั้นต้องรอชิ้นงานจากสถานีตัดไม้จนได้ครบตามจำนวนที่กำหนด หรือใดในปริมาณที่มากพอสมควร จึงจะถูกเคลื่อนย้ายโดยรถโฟล์คลิฟท์ไปจุดประกอบพาเลทไม้ ซึ่งเป็นระยะทางไกลมากถึง 8 เมตร ทำให้สถานีประกอบพาเลทไม้ต้องรอชิ้นงานเป็นเวลานาน ระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงานของแต่ละกลุ่มขั้นตอนสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2



รูปที่ 6 แผนผังกระบวนการผลิตพาลาไมท์ (ก่อนปรับปรุง)

ตารางที่ 2 ระยะทางการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน

กลุ่มขั้นตอน	ระยะทางการเคลื่อนย้าย ชิ้นงาน (เมตร)
เตรียมไม้พื้น	10 (2+8)
เตรียมไม้ขา	13 (6+7)
ประกอบพาเลทไม้	0
รวม	23

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน
ของกระบวนการเตรียมไม้พื้นและกระบวนการเตรียมไม้
ฉาก่อนปรับปรุงมีมากถึง 23 เมตร

5. ประเด็นการปรับปรุง

5.1 การปรับปรุงเครื่องตัดไม้

จากการวิเคราะห์ด้วยหลักการ ECRS ทำให้ได้ข้อสรุปว่าเครื่องตัดในปัจจุบันทำให้ต้องตัดไม้ 2 รอบ ซึ่งเป็นการเสียเวลา ส่วนงานวิศวกรรมของโรงงานจึงออกแบบเครื่องตัดที่สามารถตัดได้พร้อมกันทีเดียวทั้ง 2 ด้านได้ ทำให้ประหยัดเวลาการตัดลง



รูปที่ 7 เครื่องตัดไม้แบบ 2 ใบเลื่อย

5.2 การปรับปรุงเครื่องไผ่ (Machine Overhaul)

เมื่อวิเคราะห์เครื่องไสไม้อย่างละเอียด พบว่าสาเหตุที่ทำให้เครื่องไสไม้ทำงานได้ช้า เนื่องจากตัวเครื่องมืออายุการใช้งานมานานกว่า 10 ปี ทำให้ชิ้นส่วนฟันเฟืองและกลไกต่างๆ มีการชำรุดสึกหรอ ไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 8 ซึ่งเมื่อทำการปรับปรุงแล้ว จะได้เครื่องไสไม้ใหม่ดังรูปที่ 9

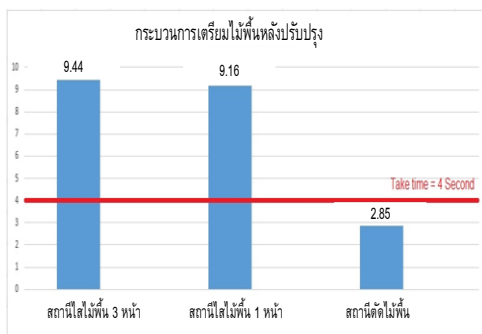


รูปที่ 8 เครื่องไสไม้ก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 9 เครื่องไสไม้หลังการปรับปรุง

หลังจากปรับปรุงดังหัวข้อ 5.1 และ 5.2 ผู้วิจัยได้เข้าไปเก็บข้อมูลเวลาการทำงานใหม่ การปรับปรุงเครื่องจักรจากหัวข้อ 5.1 และ 5.2 ทำให้เวลาทำงานของกระบวนการเตรียมไม้พื้นลดลงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 กระบวนการเตรียมไม้พื้นหลังปรับปรุง

5.3 การปรับปรุงวิธีการกระจายงาน และการจัดสรรทรัพยากรการผลิตของกระบวนการเตรียมไม้พื้น และกระบวนการเตรียมไม้ขา

จากการวิเคราะห์ปัญหาของกระบวนการผลิตพบว่าขั้นตอนงานที่ยังคงผลิตไม่ทันคือขั้นตอนการไสไม้ 3 หน้า และไสไม้ 1 หน้าของกระบวนการเตรียมไม้พื้น และกระบวนการประกอบพาเลท โดยในหัวข้อนี้จะอธิบายการปรับปรุงในปัญหาที่เกิดขึ้นที่กระบวนการผลิตไม้พื้น ส่วนปัญหาจากกระบวนการประกอบพาเลทจะได้อธิบายในหัวข้อ 5.5

การนำไม้พื้นไปผลิตที่เครื่องจักรของกระบวนการเตรียมไม้ขา

ถึงแม้จะปรับปรุงเครื่องจักรแล้ว เวลาผลิตของกระบวนการเตรียมไม้พื้นก็ยังคงมากกว่า Takt time โดยกระบวนการที่ปรับปรุงนี้จะทำให้สามารถผลิตเพิ่มขึ้นได้จาก 2,793 ชิ้นต่อวัน (กำลังการผลิตก่อนการ

ปรับปรุง) เป็น $28,800/9.44 = 3,050$ ชิ้นต่อวัน แต่เป้าหมายในการผลิตอยู่ที่ 7,200 ชิ้นต่อวัน

ในเบื้องต้นผู้วิจัยพบว่า งานการเตรียมไม้ขาสามารถดำเนินการได้รวดเร็วกว่างานการเตรียมไม้พื้น ทำให้เมื่อสถานีไสไม้และสถานีตัดไม้ทำงานเตรียมไม้ขาเสร็จสิ้นแล้ว ให้นำไม้พื้นเข้ามาทำงานในสถานีดังกล่าวต่อ ทั้งนี้กระบวนการเตรียมไม้ขา ใช้เวลาในการผลิตเพียง 14,752 วินาที (รอบเวลาผลิต 13.66 วินาทีต่อชิ้น * 1,080 ชิ้น) จะได้ผลผลิตเท่ากับ 1,080 ชิ้น ซึ่งเพียงพอ กับความต้องการต่อวัน เท่ากับจะเหลือเวลาในการทำงานอีก 14,048 วินาที ($28,800 - 14,752$) เวลาที่เหลือตรงนี้จะนำไม้พื้นเข้ามาทำงานในสถานีนี้ด้วย โดยใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องไสไม้ (Setup) 30 นาที หรือ 1,800 วินาที และเมื่อนำรอบเวลาของกระบวนการเตรียมไม้พื้น (ก่อนปรับปรุง) คือ 10.31 วินาที มาหาผลลัพธ์ เพราะเครื่องจักรของกระบวนการเตรียมไม้ขาไม่ได้ถูกนำไปยกเครื่องใหม่เพื่อซ่อมบำรุง (Machine Overhaul) จะได้ปริมาณที่ผลิตเพิ่มได้อีก $(14,048 - 1,800)/10.31 = 1,187$ ชิ้น เมื่อนำมารวมกับผลผลิตไม้พื้นที่ผลิตได้จากสถานีผลิตไม้พื้นเองจำนวน 3,050 ชิ้น (กำลังการผลิตหลังการปรับปรุงเครื่องจักร) รวมเป็นจำนวนไม้พื้นที่ผลิตได้ในเวลาปกติทั้งสิ้น 4,237 ชิ้น แต่ความต้องการต่อวันอยู่ที่ 7,200 ชิ้น ซึ่งยังขาดไม้พื้นที่ใช้ในการประกอบพาเลทไม่อยู่อีก 2,963 ชิ้น

ด้วยเหตุดังกล่าวผู้วิจัยจึงต้องเปิดการทำงานล่วงเวลา (OT) เพื่อผลิตจำนวนไม้พื้นที่เหลือ อีก 250 นาที ซึ่งทำให้สามารถผลิตเพิ่มขึ้นได้ดังนี้

- ปริมาณผลผลิตที่ได้จากสถานีเตรียมไม้พื้น = $(250 \times 60)/9.44 = 1,588$ ชิ้น
 - ปริมาณผลผลิตที่ได้จากสถานีเตรียมไม้ขา = $(250 \times 60)/10.31 = 1,454$ ชิ้น
- รวมเพิ่มขึ้นอีกเท่ากับ $1,454 + 1,588 = 3,042$ ชิ้น ซึ่งเพียงพอกับความต้องการแล้ว

5.4 การปรับปรุงผังโรงงาน

จากปัญหาของผังการผลิตเดิมที่แต่ละสถานีงานตั้งห่างกันและไม่จัดเรียงกันตามลำดับการผลิตอย่างที่ควรจะเป็น หัวข้อนี้เป็นการปรับปรุงตำแหน่งแต่ละสถานีงาน รายละเอียดของการปรับปรุงแผนผังการผลิตมีดังต่อไปนี้

1. นำเครื่องไสไม้ 3 หน้าและเครื่องไสไม้ 1 หน้า มาวางไว้ใกล้กัน ในลักษณะหัวชนท้าย โดยหัวของเครื่องไสไม้ 1 หน้าต่อกับท้ายของเครื่องไสไม้ 3 หน้า โดยเว้นระยะห่างประมาณ 1.50 เมตร วางอยู่ในแนวตรงกันตามการทำงานของเครื่องที่ต้องให้ชิ้นงานจากหัวเครื่องแล้วผ่านออกทางท้ายเครื่อง

2. นำเครื่องตัดไม้แบบ 2 ใบเลื่อยมาวางต่อจากเครื่องไสไม้ 1 หน้า โดยเว้นระยะห่างประมาณ 1.50 เมตร เพื่อให้การเคลื่อนย้ายทำได้สะดวก

3. ย้ายโต๊ะประกอบพาเลทไม้และอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ มาอยู่ที่ขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการไหลของการผลิตต่อจากเครื่องตัดไม้

กระบวนการผลิตพาเลทไม้ที่ผ่านการปรับปรุงแล้วแสดงดังรูปที่ 11 ซึ่งจะมีทิศทางการไหลที่สอดคล้องกับกระบวนการทำงาน โดยแต่ละสถานีงานอยู่ติดกัน ช่วยให้พนักงานสามารถที่จะขนย้ายชิ้นงานที่ละน้อยได้ และการไหลต่อเนื่องมากขึ้น

5.5 การเพิ่มโต๊ะสำหรับสถานีประกอบพาเลท

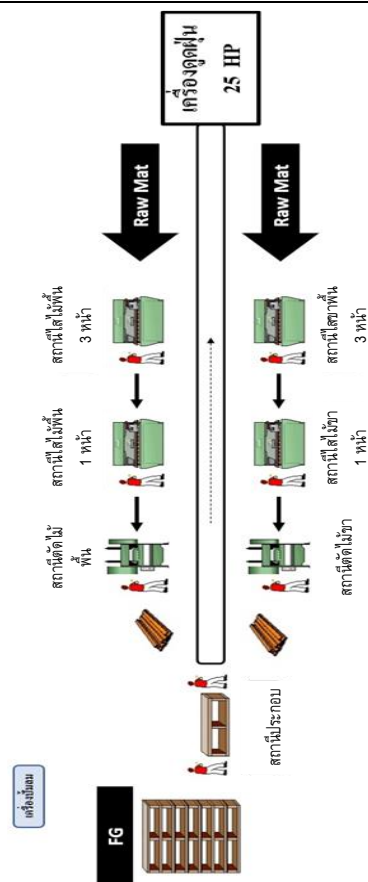
กระบวนการประกอบพาเลทไม้ได้มีการปรับปรุงในมิติของเวลาตั้งแต่เวลาในการประกอบจึงเท่ากับ 150.83 วินาทีต่อชิ้นดั้งเดิมแต่การปรับปรุงผังโรงงานทำให้การผลิตชิ้นงานไหลไปทีละชิ้นได้ทำให้ลดเวลาการรอคอยงานเป็น batch ในช่วงเริ่มงานลงได้ แต่ทั้งนี้ก็ยังไม่สามารถผลิตได้ทันที 360 ตัวต่อวัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เพิ่มสถานีงานประกอบขึ้นอีก 1 สถานี ซึ่งจะช่วยให้ได้ความสามารถการผลิตเท่ากับ

= จำนวนที่ผลิตได้จากสถานีประกอบที่ 1 +
จำนวนที่ผลิตได้จากสถานีประกอบที่ 2

$$= (28,800/150.83) + (28,800/150.83)$$

$$= 380 \text{ ตัว}$$

ซึ่งเกินกว่าที่ต้องการต่อวันคือ 360 ตัว



รูปที่ 11 แผนผังกระบวนการผลิตพาเลทไม้หลังปรับปรุง

5.6 การเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน

- การคำนวณกำลังการผลิตเดิมของโรงงานก่อนปรับปรุงที่มีการเปิดล่วงเวลา = [(เวลาทำงาน + ล่วงเวลา 250 นาที)/เวลาผลิตต่อชิ้นที่สถานีเตรียมไม้พื้นชั้นตอนไสไม้พื้นสามหน้า]/ปริมาณที่ต้องการต่อตัว = $[(28,800 + 15,000)/10.31]/20 = 212$ ตัวต่อวัน
[เลือกใช้เวลาผลิตต่อชิ้นที่สถานีเตรียมไม้พื้นชั้นตอนไสไม้พื้นสามหน้า เพราะเป็นกระบวนการที่เป็นคอขวดในการผลิต]
- กำลังการผลิตหลังปรับปรุง = 360 ตัวต่อวันตามความต้องการของโรงงาน
- กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเท่ากับ $[(360 - 212)/212] * 100 = 69.81$ เปอร์เซ็นต์

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการทำงานของโรงงานผลิตพาเลทแห่งหนึ่งจากเดิมที่โรงงานไม่สามารถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้า เมื่อปรับปรุงแล้วโรงงานสามารถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้าได้ โดยมีการปรับปรุงทั้งในมุมของเครื่องจักร วิธีการกระจายงาน และผังโรงงาน และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิมแล้ววิธีที่นำเสนอสามารถเพิ่มความสามารถการผลิตได้ 69.81 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

- [1] มงคล กิตติญาณขจร, มณีนนท์ วงหาจัก, มัทนา สุขสมบูรณ์, การประยุกต์ใช้เทคนิคการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็วและ ECRS เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร: กรณีศึกษา กระบวนการผลิตหัวเชื้อเครื่องตีมันชนิดผง, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ปีที่ 27 ฉบับที่ 1, ม.ค.-มี.ค. 2564
- [2] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, การศึกษางานอุตสาหกรรม (Work Study), สำนักพิมพ์ Top Publishing, 2562
- [3] วิจิตร ตันทสุทธิ, วันชัย ริจิรวนิช, จรูญ มหิทธิพงษ์กุล, ชูเวช ชามูสง่าเวช, การศึกษาการทำงาน (Introduction to work study), สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543
- [4] สุนันท์ ถกษศิริชัย, ศึกษาการทำงานเพื่อการผลิตสำหรับเครื่องจักรทดสอบหัวอ่านฮาร์ดดิสก์, สารนิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552
- [5] ไชยา วรสิงห์, การเพิ่มผลผลิตภาพการผลิตโดยการศึกษาการทำงาน, กรณีศึกษา: โรงงานผลิตชิ้นส่วนและอะไหล่เครื่องจักร, สารนิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการ, 2552
- [6] วัชร อาสนไพบูลย์, การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานผลิตคอมปาวด์, สารนิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552

- [7] วลลภ ทรัพย์สินบุรณะ, การปรับปรุงผลผลิตภาพในกระบวนการวางแผนและจัดตารางการผลิต กรณีศึกษา: โรงงานบรรจุข้าวสารแห่งหนึ่ง, สารนิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2555
- [8] เฉลิมพล ประเสริฐพรรณ, การปรับปรุงกระบวนการผลิตอุปกรณ์ปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง, สารนิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2558
- [9] ณัฐพล ชื่นอารมณ, ศึกษาการลดเวลาสูญเสียในขั้นตอนการติดตั้งแม่พิมพ์ กรณีศึกษา: โรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์, สารนิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2559
- [10] สมปรารถนา สายสงวนทรัพย์, การปรับปรุงกระบวนการด้วยการจัดสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษา: กระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์กล่องวงจรปิด การค้นคว้าอิสระ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2560
- [11] Vinayak N Kulkarni, An Experimental Study on Productivity Improvement using Work study and Ergonomics, International Journal of Darshan Institute on Engineering Research and Emerging Technologies, 2561
- [12] Wassanai Wattanuchariya, Efficiency Improvement of Dried Longan Production Line using ECRS Principles, Advanced Manufacturing Technology Research Center, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, 2558