



การปรับปรุงผลผลิตภาพในการผลิตประตู-หน้าต่างด้วยเทคนิค การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา **Productivity Improvement in Door-Window Production Using Motion and Time Study Techniques**

กฤษฎา วงศ์วรรณ และ วิมลลิน เหล่าศิริถาวร*

Kritsada Wongwan and Wimalin Laosiritaworn*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,

239 Huakaew Rd. T.Suthep, Mueng, Chiang Mai

Chiang Mai University, 50200, Thailand

*E-mail: wimalin@hotmail.com, Tel: (66 53) 944125-6 Fax: (66 53) 944185

บทคัดย่อ

ผลผลิตภาพในการผลิตถือเป็นหัวใจหลักของการดำเนินงานในอุตสาหกรรมการผลิต เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับภาพในการแข่งขันขององค์กร บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผู้ผลิตประตู-หน้าต่าง ได้ประสบปัญหาผลผลิตภาพในการผลิตประตู-หน้าต่างชนิดบานพับ ที่ไม่ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด อันเนื่องมาจากปัญหาในวิธีการทำงานที่ค่อนข้างยุ่งยาก การขาดอุปกรณ์ช่วยในการทำงานและไม่มีเอกสารหรือมาตรฐานในการปฏิบัติงาน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราผลผลิตต่อเวลาของการผลิตประตู-หน้าต่างชนิดบานพับ โดยใช้เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลาในการวิเคราะห์ปัญหา และปรับปรุงการทำงานด้วยเทคนิคตัด รวม จัดใหม่ และทำให้ง่าย ร่วมกับเทคนิคการออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการทำงาน จากการวิเคราะห์กระบวนการหลักในการผลิตประตู-หน้าต่าง ได้แก่ กระบวนการเจาะร่องแท่งอลูมิเนียม กระบวนการวัดทำเครื่องหมายเพื่อเจาะรู กระบวนการยึดด้วยเครื่องยึดคลีนชิ่ง และกระบวนการเจาะรูเพื่อยึดสกรูนำไปสู่การปรับปรุงได้แก่ การสร้างอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง การรวมขั้นตอนและการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงการจัดวางตำแหน่งของชั้นวางขอบยางและซิล ให้อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้และสะดวกต่อการใช้งานและ ยังช่วยให้ลดระยะทางในการเคลื่อนที่ให้น้อยลง หลังจากทำการปรับปรุงวิธีการทำงานแล้วได้จัดทำเอกสารวิธีการปฏิบัติงานที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตประตู-หน้าต่างชนิดบานพับ เพื่อให้พนักงานสามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติงานให้ตรงกันทุกแผนก และเกิดการทำงานที่เป็นมาตรฐานอย่างเป็นระบบ

หลังจากการปรับปรุงการทำงานพบว่าสามารถลดเวลาการทำงานในสายการผลิตต่อรอบได้ 2,018.4 วินาที หรือ 23.1 เปอร์เซ็นต์ และช่วยลดระยะทางในการเคลื่อนที่ได้ 24.7 เมตร หรือ 24.6 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้จำนวนผลผลิตต่อวันเพิ่มขึ้นจากเดิมผลิตได้ 27.5 บานต่อวัน เพิ่มขึ้นเป็น 49.1 บานต่อวัน คิดเป็นอัตราที่เพิ่มขึ้นมากถึง 78.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มอัตราการผลิตต่อวัน ช่วยลดปัญหาการส่งสินค้าล่าช้าแล้วยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อหน่วยได้อีก

ด้วย นอกจากนี้จะช่วยให้นักงานเข้าใจในกระบวนการผลิตได้ละเอียดมากยิ่งขึ้นและช่วยสร้างขวัญกำลังใจที่สามารถทำได้ตามเป้าหมาย

ABSTRACT

Productivity is a crucial factor for all manufacturing industries as it directly boosts manufacturers' competitiveness. The research case study is a door and window manufacturer, which has been encountering a problem of low productivity in its hinged doors and windows production. Its production output of hinged doors and windows does not meet daily target due to factors including complicated work instruction, lack of adequate tools and standard operational procedures. The study aims at increasing productivity of hinged doors and windows by examining staff movement and time to analyze the problem, implementing ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) techniques as well as inventing user-friendly aid tools. The study focused on 4 main working processes including aluminum profile routing, pre-routing process where measurement and marking is performed, clinching and screw pre-drilling. A Jig to ease operation process was designed. Similar working processes were combined together and work procedures were also changed in an attempt to ease staff operation. The work station of production main materials, Rubber Inner and Seals, were also relocated to be at close proximity to staff work station in order to reduce staff movement and ensure efficient work flow. Appropriate work instruction was established to systematize hinged doors and windows assembly process and to ensure same standard operation among cross-functional staffs.

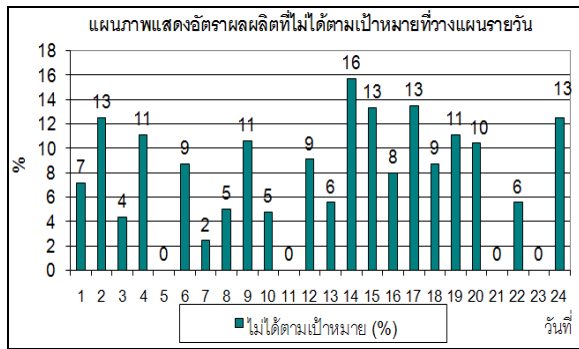
The study reduced 2,018.4 seconds per round of staff cycle time, or results in a 23.1 percent reduction of production cycle time. Staff movement was also reduced by 24.7 meters or 24.6 percent. The company productivity also considerably rises from 27.5 to 49.1 units per day or achieves a 78.2 percent increase. To conclude, the research increases daily productivity rate, solves a problem of delayed goods delivery and reduce operation costs. Moreover, it also improves staff understanding in production process and consequently acts as an influential driving tool to achieve their daily target.

1. บทนำ

โรงงานที่ได้ทำการศึกษาเป็นผู้ผลิตประตู-หน้าต่าง มีผลิตภัณฑ์ประตู-หน้าต่างทั้งหมด 3 ชนิด คือ ประตู-หน้าต่างชนิดบานพับ ประตู-หน้าต่างชนิดเลื่อน และ ประตู-หน้าต่างชนิดบานติดอยู่กับที่ ซึ่งสัดส่วนความต้องการของลูกค้าของประตู-หน้าต่างชนิดบานพับ (Hinged) มีสัดส่วนมากที่สุดคือ 67% มีลักษณะดังรูปที่ 1 ในสภาพปัจจุบันจากการเข้าไปศึกษากระบวนการเบื้องต้นจากสถานที่ทำงานจริง การรวบรวมข้อมูลในอดีตพบว่าเกิดปัญหาการผลิตไม่ได้ตามเป้าหมายที่วางแผนไว้ และส่งผลให้ไม่สามารถส่งมอบสินค้าได้ทันตามที่ลูกค้าต้องการ ดังรูปที่ 2 เนื่องจากสามารถผลิตได้ต่ำกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ในแต่ละวัน จะเห็นได้ว่าอัตราผลผลิตที่ไม่ได้ตามเป้าหมายที่วางแผนไว้มีเฉลี่ย 4 บานต่อวัน หรือ 7.5% ซึ่งทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มในการทำงานล่วงเวลา 2 ถึง 3 ชั่วโมงต่อวัน



รูปที่ 1 ตัวอย่างประตู-หน้าต่างชนิดบานพับ



รูปที่ 2 แผนภูมิแท่งแสดงอัตราผลผลิตที่ไม่ได้ตามเป้าหมาย ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2556

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในการผลิตและสามารถลดความล่าช้าในการผลิตและส่งมอบสินค้าให้ลูกค้า โดยใช้เทคนิคการเคลื่อนไหวและเวลาปรับปรุงผลผลิตของการผลิตประตูหน้าต่าง โดยเริ่มจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูล วิธีการทำงานในกระบวนการผลิตประตูหน้าต่างชนิดบานพับ จากนั้นดำเนินการเก็บข้อมูลจริงในกระบวนการผลิต เช่น เวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอน จำนวนพนักงานในแต่ละสถานีงาน จำนวนเครื่องจักร เป็นต้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ผลและปรับปรุงกระบวนการด้วยเทคนิค ECRS หรือเทคนิคต่างๆในด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรมที่เหมาะสม อันได้แก่ การลดเวลาในการผลิตโดยคิดค้นและออกแบบอุปกรณ์ Jig/ Fixture เข้ามาช่วยในการทำงาน และรวมถึงการจัดทำมาตรฐานการทำงานเพื่อให้เกิดการทำงานที่เป็นมาตรฐานอย่างมีระบบและนำไปสู่การพัฒนาศักยภาพในการดำเนินธุรกิจและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันได้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา คือ เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อขจัดงานที่ไม่จำเป็นออกและหาวิธีการทำงานที่ดีที่สุดและเร็วที่สุดในการปฏิบัติงาน [1] การศึกษาการเคลื่อนไหวหรืออาจจะเรียกว่า Method Study หรือ Method Design เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ถึงการเคลื่อนไหวในขณะทำงาน ซึ่งรวมถึงเครื่องจักร เครื่องมืออุปกรณ์ และสถานีงาน [2]

การหาเวลามาตรฐานคือการหาเวลาการทำงานของคนงานที่ได้รับการฝึกหรืออบรมมาดีแล้ว โดยทำงานที่กำหนดด้วยความเร็วปกติภายใต้สภาพเงื่อนไขที่กำหนดไว้เวลาที่ได้นี้จะเป็นเวลามาตรฐานในการทำงานนั้น ๆ ซึ่งจะใช้ประโยชน์ในการจัดตารางการผลิต การวางแผนการผลิต การประเมินต้นทุน การควบคุมต้นทุนแรงงาน

การหาขนาดของตัวอย่างในการบันทึกเวลาโดยทั่วไปเราจึงจำเป็นต้องเก็บบันทึกข้อมูลเวลาหลายๆรอบหรือหลายๆ วิถีจักร จากนั้นจะเลือกใช้เวลาที่เป็นตัวแทนเวลาของงานย่อยแต่ละงาน โดยจะเลือกใช้ค่าเฉลี่ยโดยการหาจำนวนครั้งในการจับเวลาแบ่งออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ วิธีการแจกแจง Z, วิธี t-distribution และวิธีพิสัย (Range)

การวิเคราะห์กระบวนการผลิตมีเครื่องมือที่นิยมใช้โดยทั่วไปได้แก่ แผนภูมิกระบวนการผลิต (Process Chart) แผนผังการไหล (Flow Diagram) แผนภูมิกระบวนการแบบประกอบงาน (Assembly Process Chart) และเทคนิคการปรับปรุงงาน ECRS เป็นต้น

2.1 จำนวนครั้งในการจับเวลา

ในการหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการจับเวลาเพื่อนำไปวิเคราะห์ จากการศึกษพบว่า นิยมใช้กันอยู่ 3 วิธี คือ

1) วิธีการแจกแจง Z เป็นการหาจำนวนครั้งในการจับเวลาที่มีการจับเวลาเบื้องต้นมากกว่าเท่ากับ 30 ตัวอย่าง โดยใช้การแจกแจง Z ดังเช่น [3] และ [4] ได้นำเทคนิคนี้ไปใช้ในการจับเวลาเบื้องต้นมากกว่า 30 ตัวอย่าง

2) วิธี t-distribution วิธีนี้เป็นการหาจำนวนครั้งในการจับเวลาที่ ตัวอย่างน้อยกว่า 30 โดยใช้ตาราง t-distribution จากการศึกษางานวิจัยพบว่าวิธีกรนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยมเท่าใดนัก อาจเป็นเพราะการคำนวณยุ่งยากซับซ้อนกว่าวิธีอื่น

3) วิธีพิสัย (Range) วิธีพิสัยเป็นการหาจำนวนครั้งในการจับเวลาโดยใช้ค่าพิสัย ในการประมาณค่าจำนวนครั้งในการจับเวลา วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น [5-7] ใช้วิธีนี้ในการหาจำนวนครั้งในการ

จับเวลาโดยทุกงานวิจัยที่กล่าวมาได้จำนวนครั้งที่เหมาะสมเท่ากับ 10 ครั้ง

2.2 วิธีการประเมินอัตราสมรรถภาพในการปฏิบัติงาน

วิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือวิธี WestingHouse โดย [8] และ [3] ได้นำวิธีการประเมินอัตราสมรรถภาพในการปฏิบัติงาน WestingHouse ควบคู่กับวิธีการหาจำนวนครั้งในการจับเวลาด้วยการแจกแจง Z ในส่วนของผู้วิจัย [6] [9] และ [7] ใช้วิธีการประเมินอัตราสมรรถภาพในการปฏิบัติงาน WestingHouse ควบคู่กับวิธีการหาจำนวนครั้งในการจับเวลาด้วยวิธีพิสัย

2.3 เครื่องมือที่นิยมใช้วิเคราะห์กระบวนการวิธีการ

โดยทั่วไปจะมีเครื่องมือที่นิยมใช้คือแผนภูมิกระบวนการผลิต และแผนผังการไหล ในหลายงานวิจัย [5] และ [10-12] ต่างใช้สองเทคนิคนี้ในการวิเคราะห์กระบวนการก่อนเลือกจุดแก้ไขปัญห โดยมักใช้ร่วมกับเทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา

เทคนิค ECRS มีการนำไปประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายตัวอย่างเช่น [13-18] ต่างใช้เทคนิคนี้ในการปรับปรุงและออกแบบกระบวนการทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องใช้งบประมาณ แต่การประยุกต์ใช้ก็ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญและเข้าใจกระบวนการเป็นอย่างดี

เทคนิคการปรับปรุงกระบวนการด้วยการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการทำงาน [9] [19] และ [20] นอกจากนั้นยังใช้ในการช่วยแก้ไขปัญหในการลดของเสียในกระบวนการ เช่น [21] รวมถึงใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการตรวจสอบงาน [22]

เทคนิคการปรับปรุงกระบวนการด้วยการปรับปรุงผังโรงงาน (Plant Layout) หรือ จัดวางตำแหน่งใหม่ดังเช่น [23-25] ซึ่งมีข้อดีที่คล้ายกับเทคนิค ECRS คือไม่จำเป็นต้องใช้งบประมาณในการดำเนินการมากนัก

2.4 วิธีการวัดผลการปรับปรุงของกระบวนการ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่านิยมใช้ในเกือบทุกงานวิจัยและมักใช้คู่กันกับการวัดผลของจำนวนชิ้นงานที่

เพิ่มขึ้น แต่ในงานวิจัยก็ไม่ได้ใช้ตัววัดผลสองตัวนี้ [26] ใช้การวัดผลการปรับปรุงจากจำนวนพนักงานที่ลดลงและประสิทธิภาพด้านแรงงานที่เพิ่มขึ้น [4] ใช้การวัดผลจากจำนวนการตรวจสอบงานตัวอย่างมอเตอร์ในรถยนต์ [9] ใช้การวัดผลโดยดูจากประสิทธิภาพการปรับปรุงจำนวนผลผลิต

หลักการสร้างมาตรฐานในการทำงานให้มีความชัดเจน จะทำให้พนักงานสามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่กำหนดไว้และลดความผิดพลาดเนื่องจากวิธีการทำงานที่ไม่ชัดเจน ตัวอย่างเช่น [27-28]

3. วิจัยดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานนโยบายและแผนการบริหารงาน

เพื่อให้ทราบถึงประวัติความเป็นมา วัตถุประสงค์ของหน่วยงานว่าทำการผลิตอะไร มีความเป็นมาของปัญหาอย่างไร รวมถึงความสำคัญของปัญหาและต้องดำเนินการปรับปรุง

3.2 ศึกษาข้อมูลและเวลาของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน

3.2.1 ศึกษาข้อมูลในส่วนของขั้นตอนกระบวนการผลิตประตู- หน้าต่างชนิดบานพับ ได้แก่ แผ่นตรวจสอบ/บันทึกการทำงาน (Work Record), คู่มือเครื่องจักร (Machine Manual), ผังกระบวนการควบคุมคุณภาพ (Quality Control Flow Chart), เอกสารแผนการผลิต และการพยากรณ์แผนการผลิต, เอกสารการออกแบบ (Design and Drawing), เอกสารหรือบันทึกอื่นๆที่มีอยู่แล้วรวมถึงการเข้าไปศึกษาการทำงานจริงในกระบวนการ

3.2.2 เก็บรวบรวมข้อมูลในปัจจุบันก่อนดำเนินการปรับปรุงได้แก่ ระยะทางการเคลื่อนที่ของวัสดุ เวลาในการผลิตของแต่ละขั้นตอน จำนวนพนักงานในแต่ละสถานีงาน จำนวนอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องจักร ลักษณะการจัดวางผังเพื่อใช้ในการคำนวณหาเวลามาตรฐานในการทำงานคำนวณอัตราผลผลิตต่อเวลา โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่ได้รับชิ้นงานมาจากแผนกคลังสินค้าไปจนถึงขั้นตอนตรวจสอบชิ้นสุดท้าย จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์โดยการ จัดทำ

แผนภูมิกระบวนการแบบประกอบงาน , คำนวณหาเวลา
มาตรฐานก่อนการปรับปรุง โดยใช้สมการที่ (1) และ (2)

$$NT = RT * PR \quad (1)$$

$$ST = NT * (1 + AF) \quad (2)$$

โดยที่

RT = ค่าเวลาตัวแทน

PR = อัตราความเร็วในการปฏิบัติงาน

NT = เวลาปกติ (Normal Time)

ST = เวลามาตรฐาน (Standard Time)

AF = เวลาเผื่อ (Allowance Factor)

คำนวณหาอัตราผลผลิตก่อนการปรับปรุงโดยใช้
สมการที่ (3)

$$\text{อัตราผลผลิตต่อวัน} = \frac{\text{จำนวนผลผลิตทั้งหมดต่อวัน}}{\text{เวลาทั้งหมดที่มีต่อวัน (ชั่วโมง)}} \quad (3)$$

และจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาจัดทำแผนผังการไหล
และจัดทำแผนภูมิกระบวนการผลิต เพื่อนำข้อมูลทั้งหมด
มาใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3.3 กำหนดและเลือกปัญหาที่จะดำเนินการแก้ไข

โดยการนำข้อมูลต่างๆที่ได้จากการเก็บรวบรวมก่อน
การปรับปรุงทั้งหมดมาประมวลผล ระดมความคิดเห็น
แล้วนำเสนอเพื่อขอความเห็นชอบ แก่ผู้บริหารและหัวหน้า
งานในแผนกที่รับผิดชอบ ก่อนดำเนินการปรับปรุง โดย
เลือกปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการ ทำให้เกิด
ความล่าช้าในกระบวนการทำงานสูง ทำให้ผลผลิตลดลง

3.4 เลือกวิธีการในการแก้ไขปัญหา

โดยการใช้เทคนิคต่างๆ ทางด้านวิศวกรรมอุตสาห
การมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาซึ่งขึ้นอยู่กับปัญหา
แต่ละปัญหา ซึ่งในการดำเนินงานศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้
นำเสนอและได้รับความเห็นชอบจากผู้บริหารให้ใช้เทคนิค
ดังนี้

3.4.1 เทคนิคการออกแบบและจัดทำอุปกรณ์ช่วยใน
การทำงาน

3.4.2 เทคนิค ECRS โดย E-มาจาก Eliminate
หมายถึงการตัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น, C-มาจาก Combine
หมายถึงการยุบรวมขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกัน, R- มา
จาก Rearrange หมายถึงการจัดลำดับวิธีการทำงานใหม่
และ S-มาจาก Simplify หมายถึงการทำให้การทำงานง่าย
ขึ้น

3.5 การเก็บผลการดำเนินงานหลังการปรับปรุง

จากนั้นนำเทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา
ที่ได้วิเคราะห์และปรับปรุงไปใช้กับกระบวนการผลิตจริง
แล้วดำเนินการเก็บผลการดำเนินงานหลังการปรับปรุงโดย

3.5.1 เก็บข้อมูลเวลาและคำนวณเวลาเฉลี่ย เวลา
มาตรฐาน จำนวนผลผลิตเฉลี่ยต่อเวลาในการทำงานหลัง
การปรับปรุงการทำงาน

3.5.2 จัดทำแผนภูมิการไหลและแผนภูมิ
กระบวนการหลังปรับปรุงการทำงาน

3.6 เปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังปรับปรุง

นำผลที่ได้จากการปรับปรุงที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมด
มาเปรียบเทียบทั้งในแง่เวลามาตรฐาน ระยะทางในการ
เคลื่อนที่ และจำนวนผลผลิตต่อเวลาในการทำงานก่อน
และหลังกระบวนการปรับปรุง รวมทั้งทำการสรุปจำนวน
อุปกรณ์ช่วยในการทำงานที่ได้จัดทำหรือนำมาพัฒนา
ปรับปรุงกระบวนการ

3.7 จัดทำคู่มือมาตรฐานขั้นตอนการปฏิบัติงาน

การจัดทำคู่มือมาตรฐานขั้นตอนการปฏิบัติงานควร
ดำเนินการจัดทำร่วมกันกับผู้ปฏิบัติงานจริง เพื่อให้
สอดคล้องกับการทำงานจริงในสายการผลิต ในแต่ละ
ขั้นตอนควรเขียนให้ชัดเจน อ่านเข้าใจได้ง่าย เพื่อเป็นการ
ป้องกันการงานข้ามขั้นตอน และยังง่ายต่อการสอนงาน
สำหรับพนักงานใหม่อีกด้วย

4. ผลการวิจัย

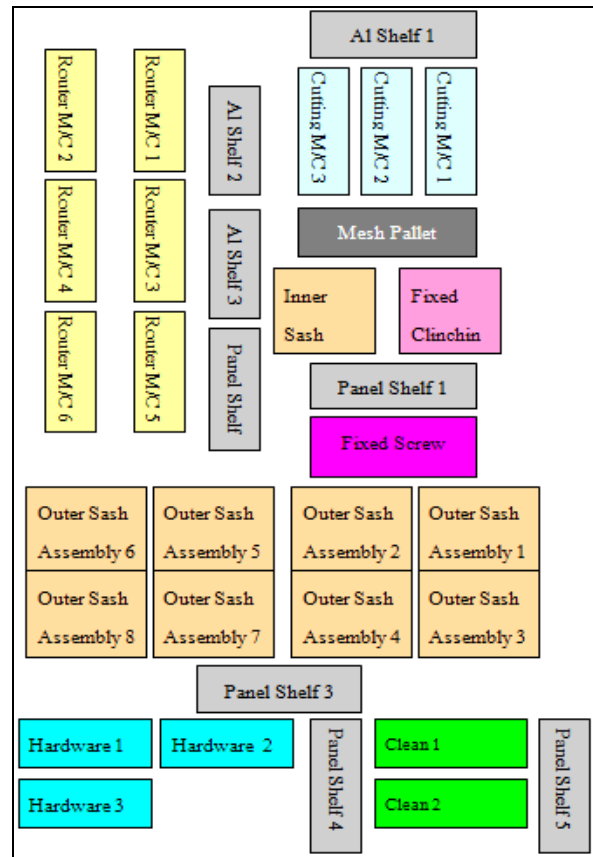
4.1 การเก็บผลและวิเคราะห์ข้อมูลก่อนปรับปรุง

ปัจจุบันแผนกผลิตประตูหน้าต่างมีการจัดวางผังการ
ผลิตเป็นแบบการวางผังตามกระบวนการ (Process
Layout) หรือ การวางผังตามหน้าที่งาน (Functional

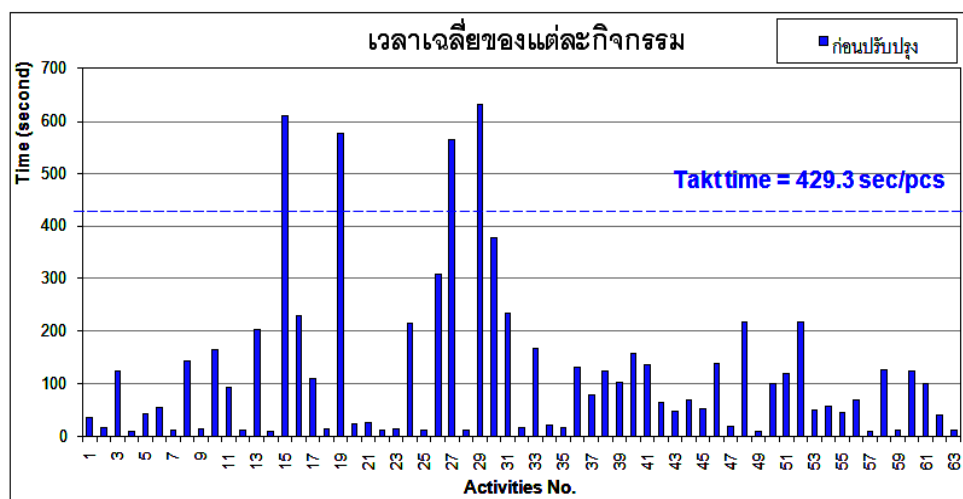
Layout) เป็นการจัดกลุ่มกิจกรรมที่ใกล้เคียงกันไว้ในสถานการผลิตเดียวกัน ปัจจุบันมีการจัดวางผังเครื่องจักรและสถานีงานอยู่ 6 กลุ่ม ดังรูปที่ 3 การจัดวางผังการผลิตแบบนี้เหมาะกับการผลิตที่มีหลากหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทมีปริมาณการผลิตไม่มากนัก สินค้าแต่ละประเภทใช้เส้นทางการผลิตที่ต่างกัน

เมื่อดำเนินการจับเวลาในการทำงานแต่ละขั้นตอนการทำงานโดยสุ่มจับเวลาเบื้องต้นโดยใช้จำนวนซ้ำ 10 ครั้ง ในแต่ละส่วนงาน และประเมินอัตราความเร็วด้วยวิธี Westinghouse System of Rating

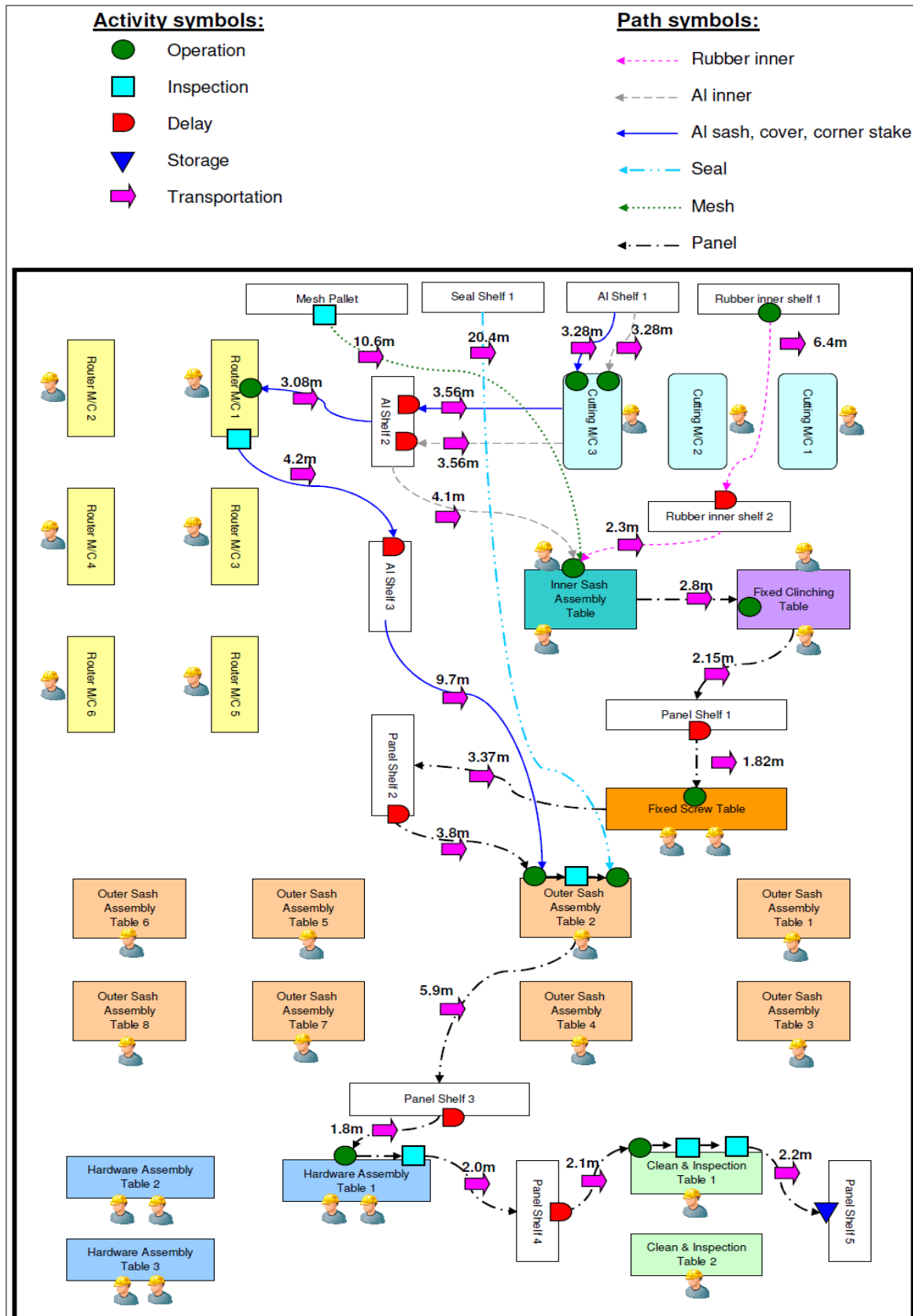
จากนั้นคำนวณหาเวลาปกติและเวลามาตรฐานของแต่ละกระบวนการ เมื่อนำเวลาในการทำงานของแต่ละกิจกรรมมาสร้างกราฟแท่ง จากรูปที่ 4 จะเห็นว่ามี 4 กิจกรรม ที่ควรดำเนินการแก้ไขปรับปรุงให้เวลาในการทำงานลดลง เนื่องจากมีระยะเวลาในการทำงานนานกว่าความเร็วในการผลิต (Takt Time) ส่งผลให้ไม่สามารถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้า



รูปที่ 3 ลักษณะการจัดวางผังของแผนกผลิตประตู-หน้าต่าง



รูปที่ 4 แสดงระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมในการผลิตประตู-หน้าต่างชนิดบานพับ ก่อนปรับปรุง

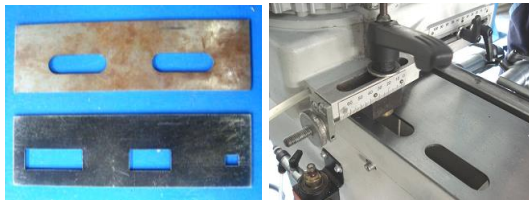


รูปที่ 5 แผนผังการไหลของวัสดุก่อนการปรับปรุง

4.2 การปรับปรุงการทำงาน

จากผลการวิเคราะห์เวลาการทำงาน แสดงให้เห็นว่ามี 4 กิจกรรม ในกระบวนการผลิตที่ใช้เวลาในการปฏิบัติงานสูงกว่าความเร็วในการผลิต ทำให้เกิดปัญหาคอขวด ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงการทำงานดังนี้

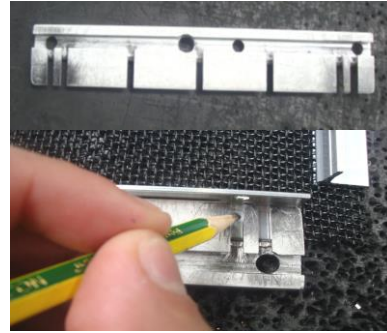
1) การปรับปรุงการทำงานในแผนกเซาร่อง (Router) โดยการออกแบบและทำอุปกรณ์ช่วยกำหนดตำแหน่งการเซาร่อง (Router Jig) ดังรูปที่ 6 ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการวาดแบบด้วยมือ จากเดิมในขั้นตอนนี้ใช้เวลา 840.6 วินาที ลดลงเหลือ 230.3 วินาที ลดลงมากกว่า 72%



รูปที่ 6 ตัวอย่างอุปกรณ์ Router Jig และการใช้งาน

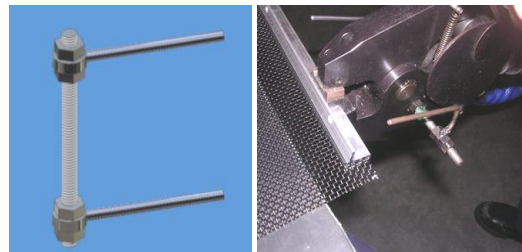
2) การปรับปรุงการทำงานในแผนกยึดคลิ่นซึ่ง (Clinching) โดยการปรับปรุงการทำงาน ใน 2 กระบวนการย่อย ได้แก่

- ในกระบวนการกำหนดระยะเพื่อเจาะรูบนขอบใน (Inner) โดยการออกแบบและจัดทำอุปกรณ์กำหนดระยะ (Inner Jig) ดังรูปที่ 7 เพื่อช่วยลดเวลาในการทำงานในขั้นตอนการวัดและทำเครื่องหมายบนขอบใน หลักการปฏิบัติงานก็นำแผ่นอุปกรณ์กำหนดระยะเพื่อเจาะรู มาวางทาบบนขอบใน ที่ต้องการแล้ว ทำเครื่องหมายตามร่องที่กำหนด โดยไม่ต้องใช้ตลับเมตรมาวัดทีละช่อง จากเดิมใช้เวลาในขั้นตอนนี้ 308.3 วินาที ลดลงเหลือ 197.4 วินาที ลดลงมากกว่า 35%



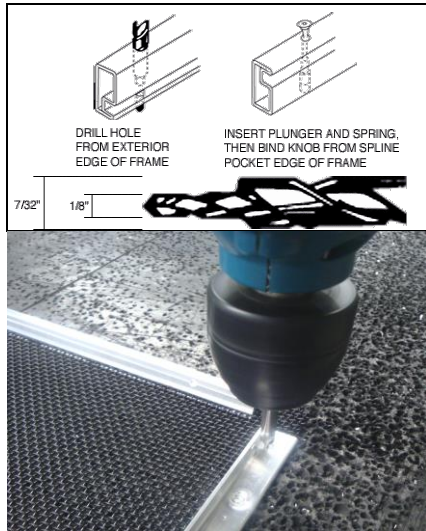
รูปที่ 7 ตัวอย่างลักษณะและการใช้งานอุปกรณ์กำหนดระยะ

- ในกระบวนการยึดด้วยคลิ่นซึ่งการทำงานก่อนการปรับปรุงต้องวัดและทำเครื่องหมายบนขอบใน ก่อนทำการยึดคลิ่นซึ่งแต่เมื่อออกแบบและจัดทำอุปกรณ์กำหนดระยะการยึด (Clinching Guide) ดังรูปที่ 8 เพื่อยึดคลิ่นซึ่ง เข้ามาช่วยจะไม่จำเป็นต้องมีการวัดและทำเครื่องหมายบนขอบใน อีกต่อไป จากเดิมที่ใช้เวลาในขั้นตอนนี้ 565.2 วินาที ลดลงเหลือ 287.9 วินาที ลดลงมากกว่า 49%



รูปที่ 8 ลักษณะและการใช้งานอุปกรณ์กำหนดระยะการยึด

3) การปรับปรุงการทำงานในแผนกยึดสกรู จากเดิมต้องใช้ดอกสว่าน 2 ขนาด (จำนวน 2 ดอก) ในการเจาะ 1 รู ส่งผลให้เกิดคอขวดที่กระบวนการนี้มากที่สุดและมีความรอมามากสุดเช่นกัน การแก้ไขปัญหานี้จะใช้แนวทางในการทำให้ง่าย (Simply) โดยการเปลี่ยนดอกสว่านมาใช้เป็นแบบเจาะ 2 ชั้น (Two step drilling) ดังรูปที่ 9 ทำให้ระยะเวลาการเจาะลดลงจาก 378.2วินาที ลดลงเหลือ 162.6 วินาที ลดลงมากกว่า 57%



รูปที่ 9 ลักษณะและการใช้งานดอกสว่านแบบเจาะ 2 ชั้น

4) การปรับปรุงการทำงานในแผนกประกอบยางด้านใน(Rubber Inner) และประกอบซิลได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการอยู่ 2 กระบวนการ

- ในขั้นตอนการเดินไปหยิบยางด้านในที่ ชั้นวางยางด้านในหมายเลข 1 ปรับปรุงโดยการตัดขั้นตอนที่ต้องเดินไปหยิบยางด้านในที่ ชั้นวางยางด้านในหมายเลข 1 ออก แต่ให้มาทำที่ชั้นวางยางด้านในหมายเลข 2 ได้เลยโดยทำที่เก็บยางด้านใน ไว้ที่ตำแหน่งนี้ดังรูปที่ 10 ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาเดินไป-กลับเป็นระยะทาง 6.4 ม.



รูปที่ 10 ปรับปรุงการเก็บชั้นวางยางด้านใน

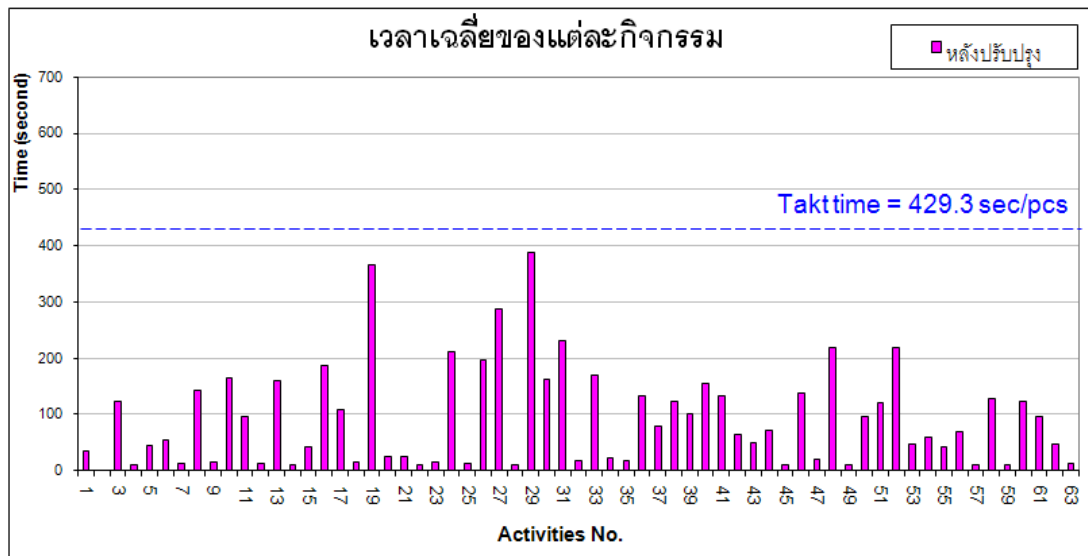
- ในขั้นตอนการเดินไปหยิบซิลที่ชั้นวางซิล ทำให้เกิดความสูญเปล่าเป็นระยะทางมากถึง 20.4 ม. จึงได้ปรับปรุงโดยการจัดเรียงชั้นวางให้ใกล้กับโต๊ะประกอบแต่ละโต๊ะให้เหมาะสมดังรูปที่ 11 โดยเหลือระยะทางการเคลื่อนที่หลังปรับปรุงเพียง 2.1 ม.



รูปที่ 11 ปรับปรุงการเก็บ ชั้นวางซิล

4.3 การคำนวณหาเวลามาตรฐานหลังการปรับปรุง

หลังจากดำเนินการปรับปรุงกระบวนการทำงานและนำเวลาในการทำงานของแต่ละกิจกรรมมาสร้างกราฟแท่งดังรูปที่ 12 จะเห็นว่าทั้ง 4 กระบวนการ ที่ได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงใช้ระยะเวลาในการทำงานลดลงและไม่มีกระบวนการใดที่ใช้เวลาในการทำงานสูงกว่าความเร็วในการผลิตแล้ว



รูปที่ 12 แสดงระยะเวลาของแต่ละกิจกรรมในการผลิตประตู-หน้าต่างชนิดบานพับ ก่อนปรับปรุง

อัตราผลผลิตต่อเวลาของประตู-หน้าต่างชนิดบานพับเมื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุง จะเห็นได้ว่าผลของการปรับปรุงการทำงานทั้ง 4 กระบวนการส่งผลในด้านบวกต่อกระบวนการ 3 ด้านหลัก ได้แก่ รอบระยะเวลาในการทำงาน ระยะทางในการเคลื่อนที่และอัตราผลผลิตต่อวัน ดังแสดงตารางที่ 1 คือ สามารถลดรอบระยะเวลาในการดำเนินงานจากเดิมใช้เวลา 8,748.0 วินาที (2.43 ชั่วโมง) เหลือ 6,729.5 วินาที (1.87 ชั่วโมง) เวลาลดลง 2,018.4 วินาทีและลดระยะทางในการเคลื่อนที่ จากเดิม 100.6 เมตร เหลือ 75.9 เมตร ระยะทางลดลง 24.7 เมตร จึงช่วยเพิ่มผลผลิตจากเดิม 27.5 บานต่อวัน เป็น 49.1 บานต่อวัน เพิ่มขึ้น 21.5 บานต่อวัน หรือเพิ่มขึ้น 78.2%

ตารางที่ 1 สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการ

หัวเรื่อง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่างหลังการปรับปรุง	ร้อยละผลการปรับปรุง
รอบระยะเวลา	8,748.0 วินาที	6,729.5 วินาที	2,018.4 วินาที	23.1%
ระยะทาง	100.6 เมตร	75.9 เมตร	24.7 เมตร	24.6%
ผลผลิตต่อวัน	27.5 บาน/วัน	49.1 บาน/วัน	21.5 บาน/วัน	78.2%

หลังจากการดำเนินการศึกษาและปรับปรุงขั้นตอนในการทำงานในการผลิตประตู-หน้าต่างชนิดบานพับแล้ว เพื่อเป็นการสร้างระบบการทำงานที่เป็นมาตรฐานและง่ายต่อการศึกษาหรือฝึกสอนงานให้กับพนักงานใหม่จึงได้เรียบเรียงและจัดทำเอกสาร คู่มือขั้นตอนการประกอบประตูหน้าต่างชนิดบานพับ (INSTRUCTION FOR HINGE DOORS AND WINDOWS ASSEMBLY) โดยหลังการจัดทำรูปเล่มเสร็จสมบูรณ์แล้วจึงได้นำเสนอผู้บริหารและผู้จัดการฝ่ายเพื่ออนุมัตินำไปใช้งานจริงในสายการผลิต

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการทำงานรวมทั้งหมด 4 กระบวนการหลักได้แก่ 1) ขั้นตอนการวัดทำเครื่องหมายและเจาะร่องบนชิ้นงานซึ่งวิธีเดิมใช้การวาดแบบด้วยมือลงบนแท่งอลูมิเนียม จึงปรับปรุงโดยหลักการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่มีชื่อว่า อุปกรณ์ช่วยกำหนดตำแหน่งการเจาะร่อง เพื่อช่วยในการเจาะร่องลงบนแท่งอลูมิเนียมโดยไม่ต้องเสียเวลาวาดแบบลงบนแท่งอลูมิเนียม 2) ขั้นตอนการวัดทำเครื่องหมายเพื่อเจาะรูและยึดกลิ้งซึ่ง บนชิ้นงาน ปรับปรุงโดยหลักการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการกำหนดระยะลงบนแท่งอลูมิเนียม

จากเดิมที่ต้องใช้ตัวลบเมตรในการวัดและวาระที่จะเจาะยึดสกรู 3) ปรับปรุงขั้นตอนการยึดคลีนซิ่ง บนชิ้นงาน ซึ่งจากเดิมอาศัยการวาดแบบกำหนดระยะลงบนแท่งอลูมิเนียมขอบใน ก่อนยึดคลีนซิ่ง จึงได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยในการทำงานชื่อว่าอุปกรณ์กำหนดระยะการยึด ซึ่งสามารถใช้ในการยึดคลีนซิ่ง ได้โดยไม่ต้องทำเครื่องหมายก่อน และกระบวนการที่ 4) ขั้นตอนของการเจาะรูบนชิ้นงานอลูมิเนียมเพื่อยึดสกรู จากเดิมใช้ดอกสว่านชนิด 1 ชั้น 2 ขนาด จำนวน 2 ดอก ในการเจาะ 1 รู ผู้วิจัยจึงได้เสนอให้ใช้ดอกสว่านชนิด 2 ชั้น 2 ขนาด จำนวน 1 ดอก เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างสะดวกและรวดเร็วมากกว่าเดิม ผลการปรับปรุงโดยสรุปสามารถลดเวลาในการทำงานต่อรอบเท่ากับ 23.1% และช่วยลดระยะทางในการเคลื่อนที่ 24.6% ส่งผลให้จำนวนผลผลิตต่อ 8 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นจากเดิม 78.2% นอกจากนี้ได้นำข้อมูลขั้นตอนการทำงานและการปรับปรุงกระบวนการที่ได้ไปจัดทำเอกสาร คู่มือขั้นตอนการประกอบประตูหน้าต่างชนิดบานพับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อพัฒนาการทำงานในครั้งนี้เป็นการศึกษาและปรับปรุงผลิตภาพในการทำงาน โดยมีการจัดทำอุปกรณ์ช่วยในการทำงานมาช่วยในหลายขั้นตอน รวมถึง

การตัดชิ้นตอน การรวมชิ้นตอนและการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานใหม่ในบางกระบวนการ จึงควรจะมีนโยบายให้พนักงานฝึกอบรมในการใช้เพื่อให้เกิดความชำนาญในการใช้อุปกรณ์อย่างทั่วถึงและต่อเนื่อง เช่น ต้องผ่านการอบรมการใช้อุปกรณ์ช่วยกำหนดตำแหน่งการเจาะรู โดยหลักกำหนดสูตรในระเบียบปฏิบัติการอบรมในงาน (OJT) และควรมีการอบรมเพื่อทบทวนปีละ 1 ครั้ง เป็นต้น

เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลาในการศึกษาผู้ศึกษาจึงได้เน้นการศึกษาและปรับปรุงโดยเลือกเฉพาะขั้นตอนที่มีผลกระทบต่อผลผลิตมากที่สุด มีการรอคอยในกระบวนการมากในกระบวนการผลิต การศึกษาครั้งต่อไปจึงควรมีการศึกษาแบบเชิงลึกหรืออาจใช้เทคนิคอื่นเข้ามาช่วยในการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิต เช่น เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต การจัดวางผังโรงงาน มาใช้ในการจัดสายงานและจัดผังโรงงานใหม่ให้สมดุลและมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นในการวิจัยครั้งต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุน (บางส่วน) จากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประจำปี 2556

เอกสารอ้างอิง

- [1] อิศรา ชีระวัฒน์สกุล. การศึกษาความเคลื่อนไหวและเวลา. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548.
- [2] คมสัน จิระภัทรศิลป์. การวิเคราะห์และปรับปรุงความสามารถกระบวนการการทำแบบหล่อทรายขึ้นเพื่อพัฒนาคุณภาพงานหล่อโลหะ. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2548.
- [3] เบญจมาธารณ์ พิรนนท์ปัญญา. การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบชุดขุดดิน ที่เหมืองแม่เมาะโดยการใช้เทคนิคการศึกษากการเคลื่อนไหวและเวลา. วิทยานิพนธ์, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.
- [4] Khalid, S. A-S. Productivity Improvement of a Motor Vehicle Inspection Station Using Motion and Time Study Techniques. Industrial Engineering Department, College of Engineering, King Saud University, 2010.

- [5] จักรกฤษณ์ สันยะลา. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตในโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปด้วย เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา. วิทยานิพนธ์, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552.
- [6] ณัฐสิทธิ์ มหานาม. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตชิ้นงานสินค้าด้วยเทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.
- [7] จิรพงษ์ วิกะศิลป์. การปรับปรุงผลิตภาพการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยเทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2554.
- [8] นิยม ไชยคำวัง. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตในโรงงานเย็บผ้าโดยเทคนิคการศึกษาความเคลื่อนไหวและเวลา. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551.
- [9] ประเคน ศิริวรรณ. การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการลำเลียงและจัดเก็บผลไม้กระป๋องโดยใช้เทคนิคการศึกษาความเคลื่อนไหวและเวลา. วิทยานิพนธ์, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2554.
- [10] พิทรพนธ์ พิทักษ์ และองุ่น สังขพงศ์. การเพิ่มประสิทธิภาพในโรงงานล้างขวด. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 2550.
- [11] เมธัส หีบเงิน. การพัฒนาประสิทธิภาพในการผลิตโดยการปรับปรุงกระบวนการผลิต. วิทยานิพนธ์, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.
- [12] ชีรวัฒน์ สมศิริกาญจนคุณ. การเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต SNT 25 TON 4 CAVTY กรณีศึกษาโรงงานชิ้นส่วนยานยนต์. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 2550.
- [13] อรอุมา กอสนาน, วรลักษณ์ จันทรกระจ่าง, วัชรระ พรหมสมบุรณ์ และ จรูญศักดิ์ มีทอง. การเพิ่มผลผลิตของสายการผลิต Sleeve สำหรับ Spindle Motor ในอุตสาหกรรมการผลิต Hard Disk Drive. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 2551.
- [14] ฤทธิชัย สังฆทิพย์, วัชรุตม์ ชีววิริยะนนท์, เฉลิมศักดิ์ ถาวรวัตร์, วิฑูรย์ อบรม และ ประยูร สุรินทร์. การลดเวลาการผลิตกระบวนการเชื่อมชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยเทคนิค ECRS. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี, สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน, 2556.
- [15] ณัฐกันต์ อ้วนวิจิตร. การปรับปรุงการทำงานในสายการผลิตแผนกเย็บ บริษัทไนซ์แอฟฟarel จำกัด. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2553.
- [16] วิศณุ บุญรอด และ ศศิกันต์ พันเสือ. การปรับปรุงประสิทธิภาพสายการประกอบฝาหน้าโทรศัพท์บ้าน. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, 2555.
- [17] Oke, S.A. A Case Study Application of Time Study Model in Aluminum Company. Department of Mechanical Engineering, University of Lagos Nigeria, 2006.
- [18] Miranda, F.A.A. Application of Work Sampling and ECRS (Eliminate, Combine, Re-lay out and Simplify) Principles of Improvement at TO1 Assembly. Industrial Engineering, Saint Louis University, 2001.
- [19] นวนพ สุวรรณภูมิ. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตในโรงงานของเล่นไม้ โดยใช้เทคนิคการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551.

- [20] Castro-Lacouture, D., Bryson, L.S., Maynard, C., Robert L. Williams II, R.L., Bosscher, P. Concrete Paving Productivity Improvement Using a Multi-Task Autonomous Robot. 24th International Symposium on Automation and Robotics in Construction Automation Group. I.I.T. Madras, 2007.
- [21] ประไพพร รักไท้. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องจักรขนาดเล็กสำหรับสปีดไฮโดรมอเตอร์. ภาควิชาวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2548.
- [22] จิราภรณ์ จันทร์สว่าง. การลดเวลาในการตรวจสอบสายเคเบิลอินฟินิแบนด์ในแผนกตรวจสอบโรงงานผลิตสายเคเบิล. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.
- [23] นิสากร สมสุข. การศึกษาและปรับปรุงผังโรงงานเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิต. การประชุมวิชาการข่างานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, 2550.
- [24] จิตลดา ชัมเจริญ, กิตติชัย จันทร์หอม, นิสากร สมสุข, สมบัติ ทิมทรัพย์ และ สาธิต นิมวัตร. การเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตของโรงงาน เครื่องสำอาง โดยการปรับปรุงผังโรงงานและการจัดสมดุลสายการผลิต. วิทยานิพนธ์, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย, 2550.
- [25] สงวน ตั้งโพธิธรรม, ชนิภา หวังเอียด และปรารถนา พรหมสุข. การเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2550.
- [26] วรพจน์ ศรีเกิน. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้เทคนิคการศึกษางานและเทคนิคสมดุลการผลิตในกระบวนการผลิตกระเป๋าสีของบริษัทรูปลักษณ์จำกัด (มหาชน). วิทยานิพนธ์, สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551.
- [27] วรญา มาประชา. การพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการพิมพ์ในการผลิตกล่องบรรจุภัณฑ์ ประเภทกระดาษ ในโรงงานผลิตกล่องบรรจุภัณฑ์. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.
- [28] โสภิตา กิจงาม. การพัฒนาประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเครื่องประดับในโรงงานเครื่องประดับ. วิทยานิพนธ์, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.