



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การปรับปรุงสายการผลิตกระจกลามิเนตด้วยแนวคิดลีน

Improvement of laminate production line with lean concept

หิรัญ สุรพันธ์ สิริวิชญ์ สว่างนพ*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Hirun Suraphan Siravit Swangnop*

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand

* Corresponding author.

E-mail: siravit.s@eng.kmutnb.ac.th; Telephone: 089-1123194

วันที่รับบทความ 18 มีนาคม 2568; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 23 มิถุนายน 2568; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 1 สิงหาคม 2568

วันที่ตอบรับบทความ 16 กันยายน 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แนวคิดลีนในการลดความสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตให้กับโรงงานผลิตกระจกลามิเนตตามการสั่งซื้อของลูกค้าแห่งหนึ่งที่มีปัญหาผลิตไม่ทันตามความต้องการสั่งผลิต โดยใช้เครื่องมือวิจัยได้แก่ แผนภูมิสายธารคุณค่า แผนภูมิมายาซุมิ และเครื่องมือของลีน เพื่อวิเคราะห์จุดคอขวดและปรับปรุงกระบวนการผลิต ผลการวิจัยพบว่ากระบวนการตัดมีความสูญเสียจากการขนย้าย ในขณะที่กระบวนการลามิเนตมีคอขวดในขั้นตอนการประกบกระจก หลังปรับปรุงเวลาการตัดลดลงจาก 2 นาที 44 วินาที เหลือ 2 นาที 12 วินาที ลดลงได้ร้อยละ 19.51 และเวลาการประกบกระจกลดลงจาก 4 นาที 1 วินาที เหลือ 3 นาที 7 วินาที ลดลงร้อยละ 22.41 ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าแนวคิดลีน สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานดังกล่าวได้ โดยช่วยลดความสูญเสียปรับปรุงกระบวนการ และเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการตัดได้จากเดิม 2,829.07 ตารางฟุตต่อวัน ได้เพิ่มขึ้นเป็น 3,514.90 ตารางฟุตต่อวันคิดเป็นผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 24.25 และกระบวนการประกบกระจกจากเดิม 1,612 ตารางฟุต เพิ่มขึ้นเป็น 2,071.29 ตารางฟุตได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.49

คำสำคัญ

กระจกลามิเนต กระบวนการผลิตแบบลีน การเพิ่มความสามารถการผลิต ความสูญเสีย ปรับปรุงกระบวนการผลิต

Abstract

This research aimed to apply Lean concepts to reduce waste and improve production efficiency in a laminated glass manufacturing factory facing issues with meeting customer demand. The study employed tools such as the Value Stream Mapping (VSM), Yamazumi chart, and other Lean tools to identify bottlenecks and improve the production process. The results revealed that the cutting process incurred waste due to excessive transportation, while the lamination process experienced a bottleneck at the glass assembly stage. After improvement, the cutting time was reduced from 2.44 minutes to 2.12 minutes, a 19.51% reduction, and the glass assembly time decreased from 4.01 minutes to 3.07 minutes, representing a 22.47% reduction. These findings demonstrate that Lean implementation can enhance the factory's overall efficiency by reducing waste and improving processes. Specifically, the cutting process improved from 2,829 square feet per day to 3,514.9 square feet per day, an increase of 24.25%, while the glass assembly process improved from 1,612 square feet to 2,071.29 square feet, an increase of 28.49%.

Keywords

laminare glass; lean manufacturing; production capacity improvement; waste; improvement process

1. คำนำ

โรงงานผลิตกระจกลามิเนตแห่งหนึ่งมีการผลิตกระจกตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (Made to Order, MTO) ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย อีกทั้งยังมีความต้องการเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง และยังเผชิญกับความท้าทายด้านการผลิต เนื่องจากยังต้องมีการรองรับผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย ทั้งด้านขนาด ความหนา และลักษณะของกระจกที่มีความแตกต่าง ทำให้การผลิตต้องมีการรวมคำสั่งซื้อลงในสายการผลิตเดียว ปัจจัยเหล่านี้จึงทำให้การวิเคราะห์ Takt time (เวลาผลิตตามความต้องการของโรงงาน) อัตราการผลิต รวมทั้งการระบุจุดคอขวด มีความยากกว่าการผลิตจำนวนมากแบบต่อเนื่อง นอกจากนี้ทางโรงงานยังประสบปัญหาด้านประสิทธิภาพการผลิตที่ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างเต็มที่ แม้ว่าแนวคิดลีน จะเป็นแนวทางที่มีการถูกยอมรับอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ ทั้งความสามารถด้านการลดความสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตได้ดี แต่เมื่อมีการนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตกระจกที่ต้องรองรับคำสั่งซื้อที่มีความหลากหลายของลูกค้า จึงยังมีข้อจำกัดบางประการ ทั้งด้านการวางแผนการผลิตที่ทำได้ยาก และแนวทางที่ใช้ในการจัดสมดุลการผลิตแบบดั้งเดิม ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้งานได้โดยตรง

ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนเพื่อลดความสูญเสียและปรับปรุงกระบวนการผลิตกระจก โดยใช้ แผนภูมิสายธารคุณค่า (Value Stream Map : VSM) แผนภูมียามาซุมิ (Yamazumi Chart) แผนภูมิคนและเครื่องจักร (Man-Machine Chart) แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) และแผนผังแสดงสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ประกอบไปด้วย เพื่อวิเคราะห์จุดคอขวดที่ต้องปรับปรุงและความสูญเสียในกระบวนการผลิต โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของกระบวนการที่ใช้เวลาการผลิตมากนั่นคือกระบวนการตัดกระจกอันเนื่องมาจากความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนย้ายกระจกจากจุดวางกระจกไปยังเครื่องตัดกระจกและกระบวนการประกบกระจก อันเนื่องมาจาก การที่พนักงานใช้

เวลาไปกับการทำความสะอาดกระจก เพื่อให้สามารถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้าอย่างมีประสิทธิภาพ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดลีน

หลังจากสงครามโลกครั้งที่สอง ผู้ผลิตในญี่ปุ่นเผชิญกับปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ ทรัพยากรทางการเงิน และแรงงานอย่างรุนแรง ซึ่งปัญหาเหล่านี้กลายเป็นแรงผลักดันให้เกิดแนวคิด การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ที่พัฒนาขึ้นในช่วงหลายทศวรรษถัดมา แนวคิดนี้มุ่งเน้นการลดความสูญเสียที่ไม่จำเป็นในกระบวนการผลิต โดยใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเสีย การผลิตแบบลีนมีรากฐานมาจาก ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System, TPS) ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในระดับสากล และถือเป็นต้นแบบของระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพและความยืดหยุ่น ซึ่งช่วยให้ผู้ผลิตในญี่ปุ่นฟื้นฟูเศรษฐกิจและสร้างความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกได้อย่างยั่งยืน

อุตสาหกรรมนำแนวคิดลีนมาใช้เพื่อลดความสูญเสียและเพิ่มกำลังการผลิตในกระบวนการต่าง ๆ ภาณุวัฒน์ วงศ์แสนน้อย และ นลิน เพียรทอง [1] ได้นำเครื่องมือของลีนมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตยางพาราแผ่นเรียบ เพื่อวิเคราะห์ปรับปรุง และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตยางพารา ปฐมพงษ์ หอมศรี และ จักรพรรณ คงชนะ [2] ได้นำแนวคิดลีนมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตคลัทช์ในโรงงานปั้มน้ำรถยนต์ พิพัฒพงษ์ เพ็ญศิริ และ สิทธิพร พิมพ์สกุล [3] ได้มีการนำแนวคิดของลีนเข้ามาใช้กับกระบวนการผลิตเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต จุฑาภรณ์ แก้วสุด และ ศรีณยู กาญจนสุวรรณ [4] ได้นำแนวคิดของลีนโดยใช้เครื่องมือของลีน มาใช้เพื่อให้ทราบข้อมูลขั้นตอนการทำงานในแต่ละกระบวนการและข้อมูลด้านเวลาที่ถูกใช้ในกิจกรรม และวิเคราะห์หากิจกรรมไม่เพิ่มคุณค่า มาปรับปรุงให้งานระหว่างผลิตลดลง และปรับเวลาการทำงานลดลง สุชาติ อารังสุข และ สมชาย เปรียงพรม [5] ได้มีการประยุกต์ใช้แนวคิดลีน เข้ามาทำการลดความสูญเสียใน

กระบวนการผลิตท่อส่งน้ำมันรถแทรกเตอร์ จีรกาล กัลยาโพธิ์ และ จิรพัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์ [6] ได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิค ลีน ในกระบวนการผลิตยางล้อรถยนต์ โดยมีการใช้หลัก การศึกษาการทำงาน แผนผังสายธารแห่งคุณค่า แผนภูมิการ ไหล มาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาขั้นตอนการผลิตที่เป็นคอขวด วิเคราะห์สถานีงานที่มีรอบเวลาในการผลิตสูง วิเคราะห์หา ประเภทกิจกรรม และทำการปรับปรุงลดกิจกรรมที่ไม่เพิ่ม คุณค่าให้ลดลงทั้งหมด สุชาติ อารังสุข และคณะ [7] ได้มีการ ใช้แนวคิดลีน เข้ามาวิเคราะห์หาความสูญเปล่าในกระบวนการ ผลิตของโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ วรรณิการ์ มิ่งเมือง และ ปิยะกิจ กิจจิตตุลาภานนท์ [8] ได้มีการนำแผนผังสายธาร คุณค่ามาใช้วิเคราะห์หาความสูญเปล่าของกระบวนการผลิตกล้วย ฉาบ

2.2 เครื่องมือลีน

เครื่องมือที่แต่ละงานวิจัยนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อบ่งชี้ และวิเคราะห์ปัญหามีหลากหลายเช่น ปฐมพงษ์ หอมศรี และ จักรพรรณ คงชนะ [2] ใช้เครื่องมือ แผนผังการไหล แผนผังสายธารคุณค่า แผนภูมิยามาซุมิ ร่วมกับแผนผังแสดงเหตุและ ผลเพื่อใช้วิเคราะห์หาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ จีร กาล กัลยาโพธิ์ และ จิรพัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์ [6] ใช้เครื่องมือ แผนผังการไหล แผนผังสายธารคุณค่าเพื่อวิเคราะห์ หาคอขวด ของกระบวนการ สุชาติ อารังสุข และคณะ [7] ใช้เครื่องมือ แผนผังการไหล แผนผังสายธารคุณค่า และแผนภูมิยามาซุมิ เพื่อวิเคราะห์ ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ทั้งการ ผลิตและจำนวนพนักงานที่เกินความจำเป็น วิเวชา คำจันทร์ และคณะ [9] ได้มีการประยุกต์ใช้ แผนภูมิคนเครื่องจักรในการ วิเคราะห์การปฏิบัติงาน เพื่อลดเวลาการว่างงานของพนักงาน

2.3 อุตสาหกรรมกระจก

ในส่วนของอุตสาหกรรมกระจกได้มี [10] ชิตชนู ภักดีวา นิช และคณะ ได้มีการประยุกต์นำแนวคิดลีน เข้ามาใช้ในการ กระบวนการผลิตกระจกกันรอย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ กระบวนการ จากการศึกษาและวิเคราะห์พบว่ามีการว่างงาน ซึ่งเกิดจากการรอคอย หลังจากการปรับปรุงทำให้ลดเวลาการ ว่างงานของพนักงานได้และเพิ่มผลผลิตมากขึ้น อณจ ชัยมณี และ รัตนา ขวุดทอง [11] ได้นำเครื่องมือแผนผังคนและ เครื่องจักรและแผนภูมิยามาซุมิเข้ามาใช้เพื่อวิเคราะห์การ

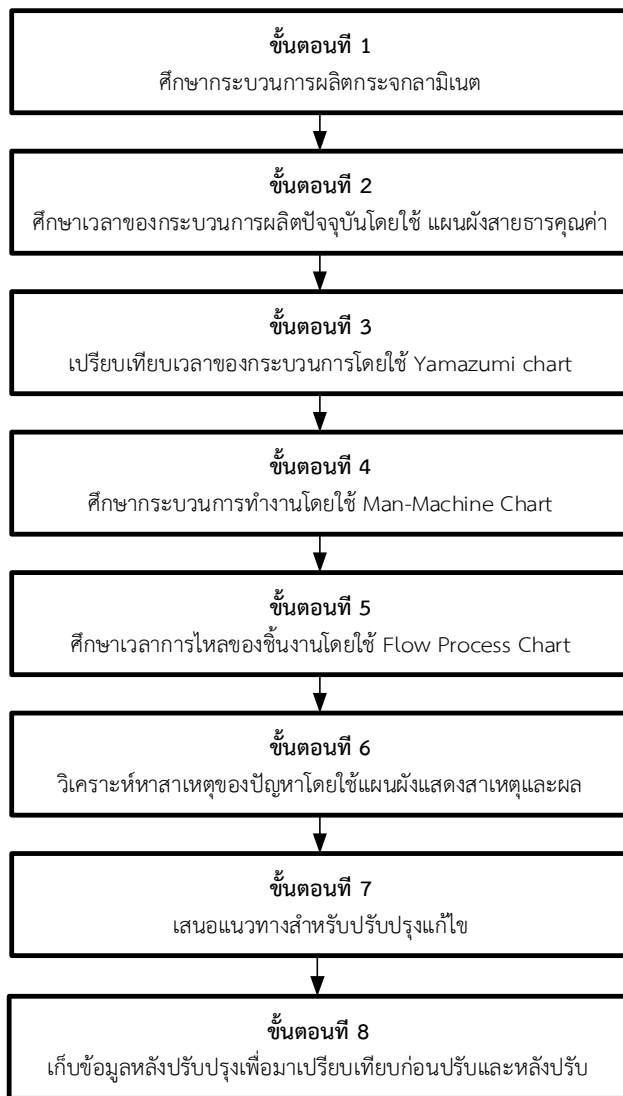
ปฏิบัติงานของพนักงานเพื่อหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมของ โรงงานกระจก

หลายงานวิจัยให้ความสำคัญกับการนำ Lean Manufacturing มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดย มุ่งเน้นการลดความสูญเปล่าและปรับปรุงกระบวนการ อย่างไร ก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาโดยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ Lean ในอุตสาหกรรมที่มี สายการผลิตแบบมาตรฐาน (Make-to-Stock) เช่น ยานยนต์และอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถ กำหนดรอบเวลาและมาตรฐานการผลิตได้ง่าย แต่ยังขาด การศึกษาเกี่ยวกับการนำ Lean ไปใช้ในอุตสาหกรรมกระจก ซึ่งมี ลักษณะ Made-to-Order ที่มีความซับซ้อนสูง อุตสาหกรรมกระจกต้องเผชิญกับความท้าทายที่แตกต่างจาก อุตสาหกรรมอื่น เนื่องจากกระบวนการผลิตต้องรองรับคำ สั่งซื้อที่หลากหลาย ทั้งในด้านขนาด วัสดุ และเงื่อนไขเฉพาะ ของลูกค้า ส่งผลให้ การกำหนด Standard Work และ Takt Time เป็นเรื่องที่ไม่ง่ายที่จะประยุกต์ใช้ Lean Manufacturing ในรูปแบบดั้งเดิมไม่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพใน กระบวนการผลิตกระจกโดยตรง จึงจำเป็นต้องปรับแนวทางให้ สอดคล้องกับความไม่แน่นอนของคำสั่งซื้อในอุตสาหกรรมนี้ นอกจากนี้ งานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่มีกลุ่มเน้นเฉพาะ กระบวนการผลิตบางส่วน เช่น กระบวนการลามิเนตกระจก เพียงอย่างเดียว แต่ยังไม่มีการศึกษาที่ครอบคลุม กระบวนการ ผลิตกระจกลามิเนตทั้งระบบ ตั้งแต่การตัด การลามิเนต การ อบร้อน ไปจนถึงการเจียร ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีความแตกต่างทั้ง ในระยะเวลาและข้อกำหนดทางเทคนิค ส่งผลต่อความสมดุล ของสายการผลิตและประสิทธิภาพการจัดการเวลาใน กระบวนการผลิต ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเสนอการใช้ Yamazumi Chart ร่วมกับเครื่องมือ Lean อื่น ๆ เพื่อช่วยปรับสมดุลการ ทำงานและระบุจุดคอขวดในกระบวนการผลิตกระจก แนวทาง นี้เป็นการ ขยายขอบเขตของ Lean Manufacturing ให้ สามารถประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมที่มีระบบ Make-to-Order ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นประเด็นที่ยังไม่ได้รับการศึกษา อย่างละเอียดในงานวิจัยที่ผ่านมา

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนการทำวิจัยซึ่ง ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1

โดยเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิตกระจกลามิเนต ตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบ การตัด การลามิเนต และการเจียร เพื่อให้เข้าใจภาพรวมของกระบวนการทั้งหมด ขั้นตอนที่ 2 ทำการจับเวลาในแต่ละสถานีงาน และสร้างแผนภาพสายธาร



รูปที่ 1 แผนภาพการดำเนินงานวิจัย

คุณค่า (VSM) เพื่อวิเคราะห์รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) และเวลาหยุดซ่อมบำรุง (Breakdown Time) ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่า Takt time และเปรียบเทียบกับเวลาการทำงานจริงโดยใช้ Yamazumi Chart เพื่อระบุจุดคอขวดในกระบวนการ ขั้นตอนที่ 4 ใช้ Man-Machine Chart วิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์การไหลของกระบวนการด้วย Flow Process Chart เพื่อตรวจสอบกิจกรรมที่ไม่จำเป็น เช่น การเคลื่อนย้ายหรือการรอคอยขั้นตอนที่ 6 วิเคราะห์สาเหตุของความสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยใช้ข้อมูลจากเครื่องมือต่าง ๆ ร่วมกับการคิดเห็นจากผู้ปฏิบัติงาน เพื่อค้นหาสาเหตุเชิงลึก

ขั้นตอนที่ 7 เสนอแนวทางปรับปรุงเพื่อลดเวลาที่สูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพ ขั้นตอนที่ 8 เก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงและเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนปรับปรุง เพื่อประเมินผลลัพธ์ด้านเวลา ความสูญเสีย และการใช้ทรัพยากร

จากขั้นตอนทั้ง 8 ผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้ในการทดลองและปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้ดีขึ้น

3.1 การศึกษากระบวนการผลิตกระจกลามิเนต

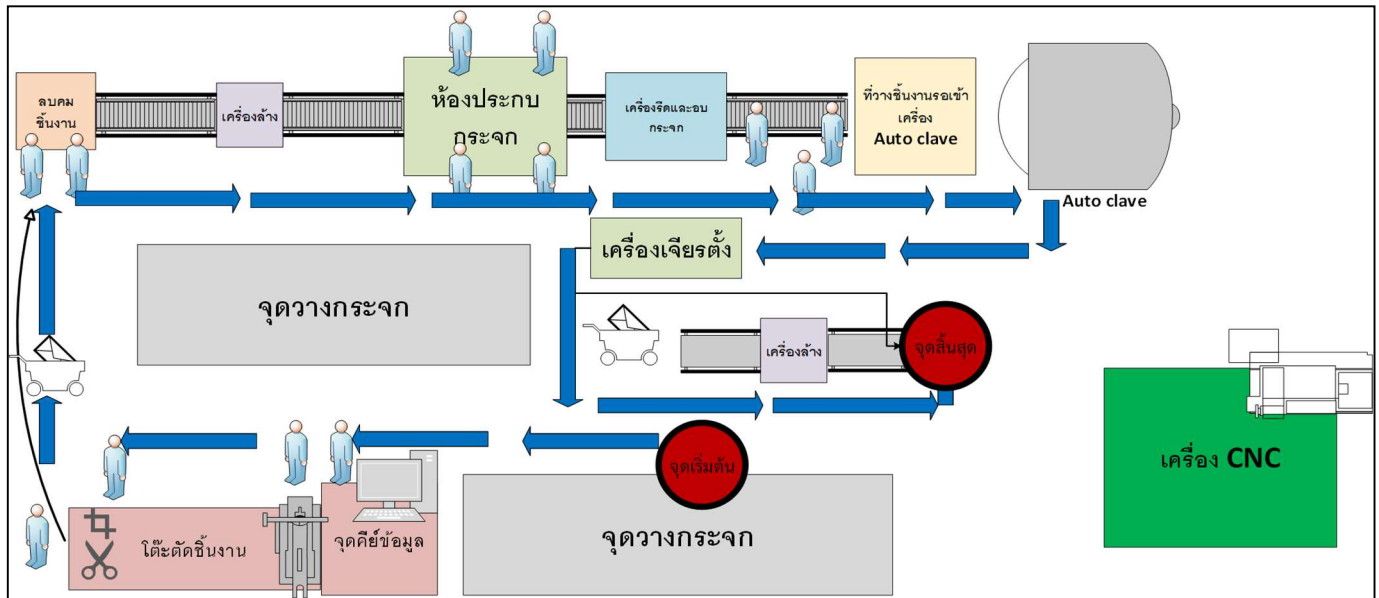
กระบวนการผลิตกระจกลามิเนตในโรงงาน จะมีการแบ่งกระบวนการผลิตออกเป็น 3 ประเภท คือ ประเภทงานตัดกระจก ประเภทงานลามิเนต และสุดท้ายประเภทงานเจียรกระจก แยกเป็น 9 สถานีงาน โดยเรียงลำดับกระบวนการทำงานตามการเรียงข้างต้น ในส่วนขั้นตอนของงานตัดจะมีการเริ่มต้นจากการยกกระจกแผ่นใหญ่ขนาด 3047 x 2437 มิลลิเมตรด้วยเครนไปยังโต๊ะตัดชิ้นงาน พนักงานจะป้อนข้อมูลขนาดกระจกที่ต้องการลงในระบบคอมพิวเตอร์เพื่อให้เครื่องตัดกระจกดำเนินการตัด จากนั้นกระจกที่ตัดแล้วจะถูกจัดวางบนรถเข็นจนเต็มความจุ ก่อนขนส่งไปยังสถานีลบคมเพื่อรอดำเนินการไปยังสถานีถัดไปคืองานลามิเนต และงานถัดไป

ในส่วนของขั้นตอนงานลามิเนตกระจกจะเริ่มดำเนินการที่สถานีลบคม พนักงานจะลบคมกระจกทุกด้านและทุกมุม จากนั้นกระจกจะถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องล้างกระจกเพื่อขจัดคราบสกปรกและเศษฝุ่น เมื่อเสร็จสิ้น กระจกจะเข้าสู่ห้องประกบ ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิ (21-25°C) และความชื้น (45-55%) ภายในห้องนี้ กระจกทั้งสองแผ่นจะถูกทำความสะอาดอีกครั้ง ก่อนวางแผ่นฟิล์มบนกระจกแผ่นแรกและประกบกระจกทั้งสองแผ่นเข้าด้วยกัน ถัดมา กระจกจะถูกลำเลียงไปยังแท่นรีดและอบด้วยอุณหภูมิ 120±5°C

หลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการติดก๊ิบโดยพนักงาน และนำกระจกไปวางบนชั้นรอกการอบในเตา Auto Clave ที่อุณหภูมิ 135°C ใช้เวลา 4 ชั่วโมง ในลำดับถัดมาจะเป็นการเจียรกระจกจะนำกระจกจากกระบวนการลามิเนตเข้ามาเจียรทั้ง 4 ด้าน เมื่อเจียรครบทั้ง 4 ด้านแล้วกระจกจะถูกนำเข้าไปสู่กระบวนการล้างกระจกเป็นลำดับสุดท้ายดังรูปที่ 2

โดยกระบวนการผลิตกระจกจะสามารถกำหนดขนาดความต้องการของทางลูกค้าได้ดังนี้ ประเภทของกระจกทั้ง 2

แผ่น เป็นกระจกธรรมดาหรือกระจกเทมเปอร์ สีของแผ่นฟิล์มที่ใช้ กำหนดความหนาของกระจกตั้งแต่ 3 จนถึง 19 มิลลิเมตร กำหนดความหนาของชนิดของแผ่นฟิล์มตั้งแต่ 0.38 จนถึง 1.52 มิลลิเมตร และกำหนดการลามิเนตกระจกว่าต้องการลามิเนตแบบลามิเนตด้วยมือ ใช้เครื่องเจียรหยาบ เจียรขัดมัน หรือเจียรองศา



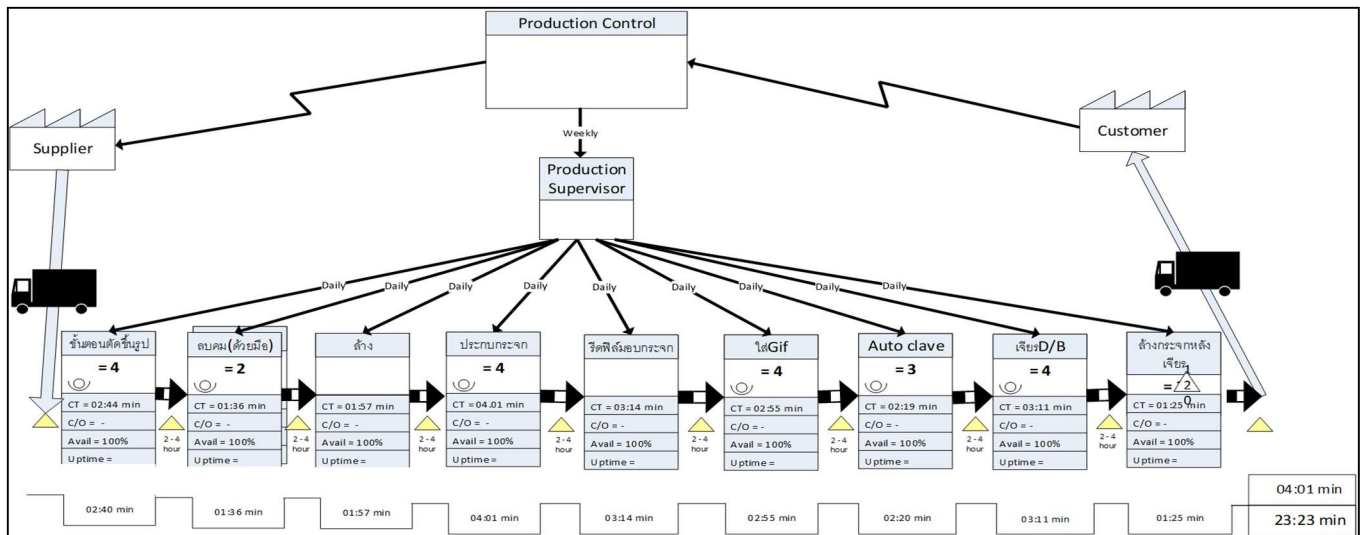
รูปที่ 2 แผนผังโรงงานที่ใช้สำหรับผลิตกระจกชนิดกระจกลามิเนต

3.2 การศึกษาเวลาในการผลิตโดยใช้แผนผังสายธารคุณค่า

โรงงานผลิตกระจกลามิเนตกรณีศึกษา กำลังประสบปัญหาในการผลิตที่ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าในแต่ละเดือนได้ สาเหตุหลักมาจากขั้นตอนการทำงานที่ใช้เวลานานเกินความจำเป็น อันเกิดจากความสูญเปล่าที่แทรกอยู่

ในกระบวนการผลิตของแต่ละสถานีนงานผู้วิจัยจึงนำแนวคิดลีนมาใช้วิเคราะห์กระบวนการผลิต พร้อมประยุกต์เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลการผลิต โดยอ้างอิงข้อมูลรอบเวลาการทำงานที่เก็บข้อมูลจำนวน 5-10 รอบเวลาผลิต จากแต่ละสถานีนงานและคำนวณค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อคำนวณรอบเวลาเฉลี่ยของแต่ละสถานีนงานแล้ว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลไปบันทึกในแผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Map หรือ VSM) โดยเรียงลำดับขั้นตอนจากซ้ายไปขวา เพื่อใช้วิเคราะห์เวลารวมในแต่ละขั้นตอนการผลิตอย่างเป็นระบบ

พร้อมแสดงจุดคอขวดเพื่อการปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยมีรายละเอียดเชิงตัวเลขสรุปไว้ในตารางที่ 1 ประกอบ เพื่อให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างภาพรวมกับข้อมูลจริงของโรงงาน โดยเวลารวมทั้งหมด 23 นาที 23 วินาที



รูปที่ 3 แผนผังสายธารคุณค่ากระบวนการผลิตกระจกลามิเนต

ตารางที่ 1 ตารางรอบเวลาการผลิตกระจกลามิเนต

สถานีงาน	เวลา (นาที/ชิ้น)
1. สถานีงานตัดกระจก	02:44
2. สถานีงานลบคม	01:37
3. สถานีงานล้างกระจก	01:57
4. สถานีงานประกอบกระจก	04:01
5. สถานีงานรีดและอบกระจก	03:14
6. สถานีงานติดก๊ิบ	02:55
7. สถานีงานอบ Auto Clave	02:19
8. สถานีงานเจียรกระจก	03:11
9. สถานีงานล้างกระจก	01:25
Σ เวลารวม	23:23

ตารางที่ 2 เป้าหมายของกลุ่มงานผลิตกระจกลามิเนตหน่วยตารางฟุต

กลุ่มงาน	เป้าหมาย	หน่วย
ตัด	16.11	ตารางฟุต/แผ่น
ลามิเนต	13.49	ตารางฟุต/แผ่น
เจียร	3.77	เมตร/แผ่น

จากการคำนวณจำนวนตารางฟุตต่อแผ่นในกระบวนการผลิต พบว่าใน 1 วัน โรงงานต้องผลิตให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด โดยสมการ (1) ถึง (3) ใช้สำหรับคำนวณจำนวนชิ้นงานที่ต้องผลิตในแต่ละกระบวนการต่อวัน ซึ่งเป้าหมายของโรงงานประเภทงานตัด 3,500 ตารางฟุตต่อวัน

$$\frac{\text{เป้าหมายของโรงงาน}}{\text{ค่าเฉลี่ย}} = \frac{3,500}{16.11} = 217.25 \text{ ชิ้น/วัน} \quad (1)$$

3.3 การเปรียบเทียบเวลาโดยใช้ Yamazumi Chart

ผู้วิจัยได้คำนวณเวลาในการผลิตกระจกลามิเนตเพื่อหาค่า Takt Time โดยโรงงานกรณีศึกษาแบ่งกระบวนการผลิตดังกล่าวออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การตัดกระจก การลามิเนต ประกอบกระจก และการเจียรกระจก ทั้งนี้เป้าหมายการผลิตถูกกำหนดจากค่าเฉลี่ยข้อมูลที่เก็บได้ในช่วง 2-10 เดือนของช่วงเวลาในการผลิตสินค้าในอดีตในโรงงานเพื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อตั้งเป้าหมายในการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 2

เป้าหมายของโรงงานประเภทงานลามิเนต 2,000 ตารางฟุตต่อวัน

$$\frac{\text{เป้าหมายของโรงงาน}}{\text{ค่าเฉลี่ย}} = \frac{2,000}{13.49} = 148.25 \text{ ชิ้น/วัน} \quad (2)$$

เป้าหมายของโรงงานประเภทงานเจียร 400 เมตรต่อวัน

$$\frac{\text{เป้าหมายของโรงงาน}}{\text{ค่าเฉลี่ย}} = \frac{400}{3.77} = 106.10 \text{ ชิ้น/วัน} \quad (3)$$

เพื่อคำนวณ Takt Time โดยใช้เวลาในการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน สำหรับแต่ละประเภทงาน สามารถคำนวณได้โดยการนำเวลาในการทำงานหารด้วยเป้าหมายการผลิตในแต่ละประเภทงาน โดยสมการ (4) ถึง (6) ใช้คำนวณ Takt Time ของแต่ละกระบวนการให้เห็นความสมดุลของสายการผลิตดังนี้

เป้าหมายของประเภทงานตัดกระจก

$$\frac{\text{เวลาทำงาน 1 วัน}}{\text{ตารางฟุตเฉลี่ย}} = \frac{480 \text{ นาที}}{217.25} = 2 \text{ นาที } 13 \text{ วินาที} \quad (4)$$

เป้าหมายของประเภทงานลามิเนตกระจก

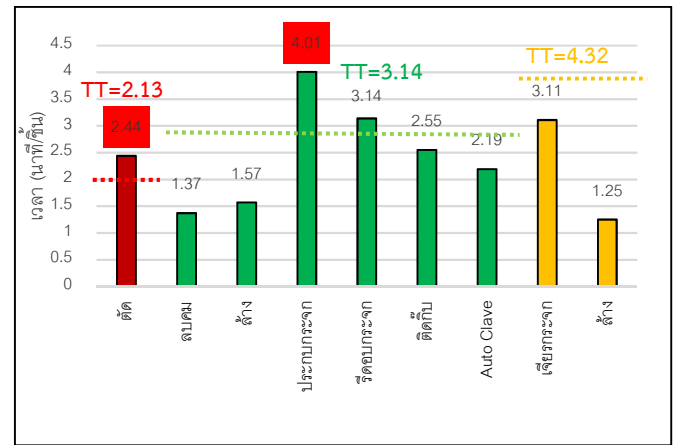
$$\frac{\text{เวลาทำงาน 1 วัน}}{\text{ตารางฟุตเฉลี่ย}} = \frac{480 \text{ นาที}}{148.25} = 3 \text{ นาที } 14 \text{ วินาที} \quad (5)$$

เป้าหมายของประเภทงานเจียรกระจก

$$\frac{\text{เวลาทำงาน 1 วัน}}{\text{เมตรเฉลี่ย}} = \frac{480 \text{ นาที}}{106.10} = 4 \text{ นาที } 32 \text{ วินาที} \quad (6)$$

หลังจากกำหนดเวลาที่เป็นเป้าหมายการในทำงาน ข้อมูลที่ได้ถูกนำไปใช้ในแผนภูมิ Yamazumi Chart เพื่อวิเคราะห์และระบุจุดคอขวดในกระบวนการผลิต ตามที่แสดงในรูปที่ 4 โดย Takt Time ของแต่ละประเภทงาน ได้แก่ การตัดกระจก (สีแดง), การลามิเนตกระจก (สีเขียว), และการเจียรกระจก (สีเหลือง) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการตัดกระจกและกระบวนการประกบกระจกในงานลามิเนตใช้เวลานานเกินกว่า Takt Time ที่กำหนด

จึงทำให้สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่ากระบวนการที่จำเป็นจะต้องปรับปรุงเหลือเพียง 2 กระบวนการ คือ กระบวนการตัดกระจก และ กระบวนการประกบกระจก ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 Yamasumi โรงงานผลิตกระจกชนิดกระจกลามิเนต

4 การวิเคราะห์และปรับปรุง

4.1 การวิเคราะห์และปรับปรุงในส่วนงานตัด

การวิเคราะห์ข้อมูลอย่างละเอียด

ผู้วิจัยได้ทำการแยกเวลาการทำงานของพนักงานและเครื่องจักรเพื่อวิเคราะห์สัดส่วนการทำงานระหว่างคนและเครื่องจักรในแต่ละสถานงาน โดยมุ่งเน้นลดเวลาการว่างงานของทั้งพนักงานและเครื่องจักร ผ่านการใช้แผนภูมิคนเครื่องจักร ซึ่งประกอบด้วย กระบวนการตัดกระจกและกระบวนการประกบกระจก ตามที่แสดงในรูปที่ 5

สถานงานตัดกระจกประกอบด้วยเครื่องจักรและผู้ปฏิบัติงานทั้งหมด 4 คน โดยมีรายละเอียดเวลาการทำงานดังนี้: เครื่องตัดกระจกใช้เวลา 43 วินาที คิดเป็นร้อยละ 27 ของรอบเวลา เครื่องสำหรับเคลื่อนย้ายกระจกแผ่นใหญ่ใช้เวลา 1 นาที คิดเป็นร้อยละ 37 ของรอบเวลา; ผู้ปฏิบัติงานคนที่ 1 ใช้เวลา 53 วินาที คิดเป็นร้อยละ 33 ของรอบเวลา; ผู้ปฏิบัติงานคนที่ 2 ใช้เวลา 1 นาที 42 วินาที คิดเป็นร้อยละ 65 ของรอบเวลา; ผู้ปฏิบัติงานคนที่ 3 ใช้เวลา 49 วินาที คิดเป็นร้อยละ 32 ของรอบเวลา; ผู้ปฏิบัติงานคนที่ 4 ใช้เวลา 44 วินาที คิดเป็นร้อยละ 28 ของรอบเวลา รอบเวลาในการปฏิบัติงานทั้งหมดในสถานงานนี้คือ 2 นาที 44 วินาที

Man1-Cut	เวลา	Man2 - เคื่องตัด	เวลา	Man3	เวลา	Man4	เวลา	เคื่องตัด	เวลา	ได้ตัด	เวลา	เคื่องตัด	เวลา
กรอกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์	00:23	ว่าง	00:23		01:54				00:23	ว่าง	01:15	ว่าง	00:23
	01:04	งานเสร็จไปยกกระดานที่ได้นัด	00:52						01:04	ว่าง		งานเสร็จไปยกกระดานที่ได้นัด	
ว่าง		ว่างกระดานที่ได้นัด	00:08	ว่าง		ว่าง		ว่าง		ว่างกระดานที่ได้นัด	00:08	ว่างกระดานที่ได้นัด	00:08
		จัดกระดาน	00:04							จัดกระดาน	00:04		01:21
กดปุ่มให้กระดานทำงาน	00:01		00:28					กดปุ่มให้กระดานทำงาน	00:01		00:21		
ว่าง	00:05							เคื่องตัดทำงาน	00:20	ว่าง			
ตัดใน order และเขียน	00:15	ว่าง											
แยกกระดาน	00:07								00:57	แยกกระดาน	00:55	ว่าง	
ยกกระดานไปทิ้ง	00:09	ยกกระดานไปทิ้ง	00:09	แยกกระดาน	00:09	ยกกระดานไปทิ้ง	00:09			รวมเวลากระดาน			
ว่าง	00:41	ขยับกระดานและแยกกระดานวาง	00:41	ขยับกระดานและแยกกระดานวาง	00:41	ขยับกระดานและแยกกระดานวาง	00:36	รอ		ขยับกระดาน			
						ว่าง	00:05			ว่าง			
งานเดี่ยว	00:15	งานเดี่ยว	00:13	งานเดี่ยว	00:09	งานเดี่ยว	00:09	งานเดี่ยว	00:20	งานเดี่ยว	00:04	งานเดี่ยว	00:00
งานร่วมกัน	00:39	งานร่วมกัน	01:41	งานร่วมกัน	00:41	งานร่วมกัน	00:41	งานร่วมกัน	00:36	งานร่วมกัน	01:03	งานร่วมกัน	01:00
รอ	01:50	รอ	00:50	รอ	01:54	รอ	01:59	รอ	02:00	รอ	01:35	รอ	01:44
รวม	02:44	รวม	02:44	รวม	02:44	รวม	02:44	รวม	02:44	รวม	02:43	รวม	02:44
Cyclotime	02:44	Cyclotime	02:44	Cyclotime	02:44	Cyclotime	02:44	Cyclotime	02:44	Cyclotime	02:43	Cyclotime	02:44
Utilization	33%	Utilization	69%	Utilization	30%	Utilization	27%	Utilization	26%	Utilization	41%	Utilization	37%

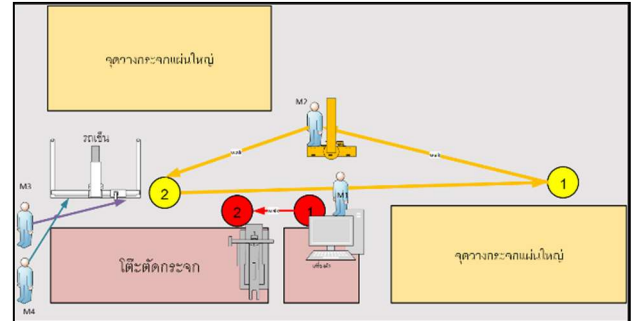
รูปที่ 5 แผนภูมิคนเครื่องจักรกระบวนการตัดกระดาน

คำอธิบาย	จำนวน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาฬิกา)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
กรอกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์			0:00:23	○ → □	พนักงาน 1
ขึ้นงานชุดแรกยกไปวางที่ได้นัด			0:00:52	○ → □	พนักงาน 2
วางกระดานที่ได้นัด			0:00:08	● → □	พนักงาน 2
กระดานถูกจัด			0:00:04	○ → □	พนักงาน 2
กระดานถูกนำขึ้น			0:00:01	○ → □	พนักงาน 2
กระดานถูกตัดโดยเครื่องจักร			0:00:20	● → □	
นำเศษชิ้นไม้กระดาน			0:00:01	● → □	
แยกกระดาน			0:00:18	● → □	
กระดานถูกวัดขนาด			0:00:01	○ → □	พนักงาน 1
ยกวางทิ้งไว้			0:00:36	○ → □	พนักงาน 1-4
รวม			0:02:44		

รูปที่ 6 แผนภูมิกระบวนการไหลตัดกระดาน (ก่อนปรับปรุง)

จากรูปที่ 6 แผนผังกระบวนการไหลจะแสดงให้เห็นกระบวนการไหลของงานในสถานีดัดกระดานประกอบด้วย 9 กิจกรรม ได้แก่ การปฏิบัติงาน 4 ครั้ง, การเคลื่อนย้าย 3 ครั้ง, การตรวจสอบ 1 ครั้ง, และการรอ 1 ครั้ง โดยใช้เวลารวม 2.44 นาที จากการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิคนและเครื่องจักร รวมถึงแผนผังกระบวนการไหลของงาน พบปัญหาดังนี้ ในสถานีดัดกระดาน เวลาการเคลื่อนย้ายกระดานมีระยะเวลานานเกินความจำเป็นจากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาในขั้นตอนการตัดกระดาน พบว่าเวลาในการเคลื่อนย้ายกระดานโดยคนใช้เวลานาน เนื่องจากพนักงานต้องเดินนำคนไปยกกระดานจากบริเวณที่วางกระดานที่ระยะทางไกลดังที่แสดงในรูปที่ 7 ซึ่งใช้เวลานานกว่า 52 วินาทีต่อแผ่น เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึง

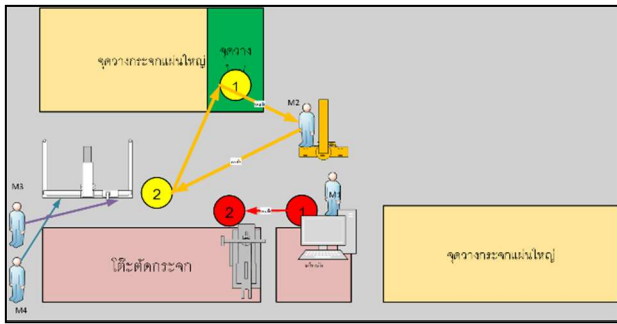
เสนอวิธีการปรับปรุงโดยการจัดวางกระดานให้อยู่ใกล้โต๊ะตัดมากขึ้น



รูปที่ 7 ปรับจุดวางกระดานก่อนปรับ

การเสนอแนวทางและทำการปรับปรุง

หลังจากการปรับปรุง โดยการย้ายจุดวางชิ้นงานกระดานที่เป็นวัตถุดิบให้ใกล้บริเวณข้างโต๊ะตัดตามที่แสดงในรูปที่ 8 เพื่อเพิ่มความสะดวกในการเคลื่อนย้ายกระดานให้รวดเร็วยิ่งขึ้น และเพื่อใช้ในการเตรียมกระดานที่จะทำการตัดล่วงหน้า เพื่อให้กระบวนการผลิตมีความต่อเนื่องและลดเวลาการเคลื่อนย้าย ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพในกระบวนการตัดกระดาน



รูปที่ 8 ปรับจุดวางกระจกหลังปรับ

4.2 การวิเคราะห์และปรับปรุงในส่วนงานลามิเนต

การวิเคราะห์ข้อมูลอย่างละเอียด

ในขั้นตอนถัดมาผู้วิจัยได้ทำการแยกเวลาการทำงานของพนักงานและเครื่องจักรเพื่อวิเคราะห์สัดส่วนการทำงานระหว่างคนและเครื่องจักรในสถานีนงานประกอบกระจก

จากรูปที่ 9 สถานีนงานประกอบกระจกประกอบด้วยเครื่องจักรและผู้ปฏิบัติงานทั้งหมด 4 คน โดยมีรายละเอียดเวลาการทำงานดังนี้: ผู้ปฏิบัติงานคนที่ 1 ใช้เวลา 5 นาที 38 วินาที คิดเป็นร้อยละ 68 ของรอบเวลา; ผู้ปฏิบัติงานคนที่ 2 ใช้เวลา 5 นาที 38 วินาที คิดเป็นร้อยละ 68 ของรอบเวลา; ผู้ปฏิบัติงานคนที่ 3 ใช้เวลา 5 นาที 38 วินาที คิดเป็นร้อยละ 68 ของรอบเวลา; ผู้ปฏิบัติงานคนที่ 4 ใช้เวลา 5 นาที 38 วินาที คิดเป็นร้อยละ 68 ของรอบเวลา; แขนกลดูดกระจกใช้เวลา 49 วินาที คิดเป็นร้อยละ 10 ของรอบเวลา

กระบวนการไหลของพนักงานในสถานีนงานประกอบกระจกประกอบด้วย 10 กิจกรรม ได้แก่ การปฏิบัติงาน 6 ครั้งและการเคลื่อนย้าย 4 ครั้ง โดยใช้เวลารวม 4.01 นาที จากการวิเคราะห์พบว่า การทำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 2 ใช้เวลานานเกิน 1 นาทีต่อแผ่นดังรูปที่ 10

Man1	เวลา	Man2	เวลา	Man3	เวลา	Man4	เวลา	เครื่องจักร	เวลา	conveyor	เวลา
รอกกระจก	00:52	รอกกระจก	00:52	รอกกระจก	00:52	รอกกระจก	00:52	รถจักรจักร	00:52	กระจกแผ่นเข้า	00:52
ทำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 1	00:49	ทำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 1	00:49	ทำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 1	00:49	ทำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 1	00:49		02:26		06:19
ส่งแผ่นฟิล์มมาตัด	00:58	ส่งแผ่นฟิล์มมาตัด	00:58	ส่งแผ่นฟิล์มมาตัด	00:58	ส่งแผ่นฟิล์มมาตัด	00:58				
รื้อฟิล์มลงบนแผ่นกระจก	00:39	รื้อฟิล์มลงบนแผ่นกระจก	00:39	รื้อฟิล์มลงบนแผ่นกระจก	00:39	รื้อฟิล์มลงบนแผ่นกระจก	00:39				
รอก	00:32	รอก	00:32	รอก	00:32	รอก	00:32	เครื่องดูดน้ำกระจกแผ่นที่ 2 โหลมาจัดที่ทำความสะอาด	00:32		
ทำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 2	02:08	ทำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 2	02:08	ทำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 2	02:08	ทำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 2	02:08		02:08		
รอก	00:17	รอก	00:17	รอก	00:17	รอก	00:17	เครื่องดูดน้ำกระจกแผ่นที่ 2 โหลมาจัดที่ทำความสะอาด	00:17		
ฉีดความชื้นของแผ่นฟิล์ม	00:06	ฉีดความชื้นของแผ่นฟิล์ม	00:06	ฉีดความชื้นของแผ่นฟิล์ม	00:06	ฉีดความชื้นของแผ่นฟิล์ม	00:06		00:06		
พนักงานกรัดฟิล์มและตัดแบบ	00:49	พนักงานกรัดฟิล์มและตัดแบบ	00:49	พนักงานกรัดฟิล์มและตัดแบบ	00:49	พนักงานกรัดฟิล์มและตัดแบบ	00:49		00:49		
รอกกระจก	00:52	รอกกระจก	00:52	รอกกระจก	00:52	รอกกระจก	00:52		00:52		
งานเดี่ยว	00:00	งานเดี่ยว	00:00	งานเดี่ยว	00:00	งานเดี่ยว	00:00	งานเดี่ยว	00:00	งานเดี่ยว	01:43
งานรวมกัน	05:30	งานรวมกัน	05:30	งานรวมกัน	05:30	งานรวมกัน	05:30	งานรวมกัน	05:30	งานรวมกัน	00:00
รอ	02:32	รอ	02:32	รอ	02:32	รอ	02:32	รอ	02:32	รอ	06:19
รวม	08:02	รวม	08:02	รวม	08:02	รวม	08:02	รวม	08:02	รวม	08:02
Cyclotime	08:02	Cyclotime	08:02	Cyclotime	08:02	Cyclotime	08:02	Cyclotime	08:02	Cyclotime	08:02
Utilization	68%	Utilization	68%	Utilization	68%	Utilization	68%	Utilization	68%	Utilization	21%

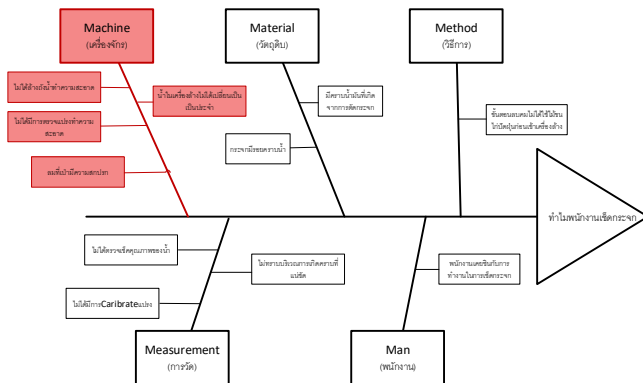
รูปที่ 9 แผนภูมิคนเครื่องจักรกระบวนการประกอบ

คำอธิบาย	ร้อยละ (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
conveyor ย้ายกระจกแผ่นที่ 1 โหลมาจัดที่ทำความสะอาด		00:26	○ → □	
ทำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 1		00:25	● → □	พนักงาน 14
นำแผ่นฟิล์มขนาด 0.38 มม. มาตัด		00:29	○ → □	พนักงาน 14
รื้อแผ่นฟิล์มติดลงบนกระจก		00:20	● → □	พนักงาน 14
เครื่องดูดน้ำกระจกแผ่นที่ 2 โหลมาจัดที่ทำความสะอาด		00:16	○ → □	พนักงาน 14
ทำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 2		01:04	● → □	พนักงาน 14
เครื่องดูดน้ำกระจกแผ่นที่ 2 โหลมาจัดที่ทำความสะอาด		00:08	○ → □	
กระจกถูกฉีดความชื้นเรียบร้อยแล้ว		00:03	● → □	
พนักงานกรัดฟิล์มและตัดแบบ		00:24	● → □	พนักงาน 14
กระจกไหลไปยัง Stations		00:26	○ → □	
รวม		0:04:01		

รูปที่ 10 แผนภูมิกระบวนการไหลกระบวนการประกอบ

ในสถานีนงานประกอบกระจก ปัญหาคือการทำความสะอาดกระจกทั้งสองแผ่นที่ไม่จำเป็น และใช้เวลานานเมื่อเทียบกับขั้นตอนการทำงาน ซึ่งคิดเป็น คิดเป็น 26.56% ของเวลาทั้งหมด เนื่องจากได้มีการล้างทำความสะอาดกระจกในสถานีก่อนหน้าแล้ว นอกจากนี้ยังพบการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น พนักงานต้องยืดตัวและเอื้อมมือเช็ดด้านในของกระจก ซึ่งอาจเสี่ยงต่ออันตรายจากการทำงานได้

ผู้วิจัยวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังแสดงสาเหตุและผลจากปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการดังที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลที่ได้ศึกษามาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยการใช้แผนผังแสดงสาเหตุและผล โดยจัดแบ่งสาเหตุเป็น 5 หมวดหมู่ตามหลัก 5M ได้แก่ Man (พนักงาน), Machine (เครื่องจักร), Material (วัตถุดิบ), Method (วิธีการ), และ Measurement (การวัด) ดังที่แสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 แผนผังแสดงเหตุและผลการชี้ตรรกะ

โดยสาเหตุหลักที่พบคือ ทำไมพนักงานต้องใช้เวลาทำความสะอาดกระจกซ้ำหลังจากผ่านกระบวนการล้างกระจก โดยจากการแบ่งหมวดหมู่ของสาเหตุและการปรึกษากับทางโรงงาน พบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ กระจกที่ผ่านการล้างจากเครื่องล้างยังคงมีคราบสกปรกหลงเหลืออยู่ ดังที่แสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 รอยน้ำที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

ปัญหาดังกล่าวส่งผลให้เกิดการทำงานซ้ำซ้อนในสถานีงานประกอบกระจก โดยพนักงานต้องทำความสะอาดกระจกอีกครั้งหลังจากผ่านกระบวนการล้างกระจก ในส่วนของเครื่องจักรเกิดข้อสงสัยว่า สาเหตุอาจมาจากน้ำที่ใช้ในการล้างกระจกไม่

สะอาด, ลมที่ใช้ในการเป่าไม่เพียงพอในการทำความสะอาด, หรือแรงที่ใช้ในการทำความสะอาดมีความสกปรก ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลคราบและรอยที่เกิดขึ้นบริเวณกระจกในแต่ละวัน โดยใช้ใบ Check Sheet สำหรับการบันทึกข้อมูลจากพนักงาน ดังที่แสดงในรูปที่ 13

ลำดับ	เวลา	ชนิดกระจก	ความหนา	บริเวณที่เกิดรอย	ลักษณะ	ไม่เกิด	จำนวน
1	9:12 AM	AN	3	เกิดรอยขีดข่วนบนกระจก			1
2	9:42 AM	AN	3	ขอบบนขอบล่าง สกปรก			1
3	9:43 AM	AN	3	เกิดรอยขีดข่วนบนกระจก			1
4	9:48 AM	AN	3	ขอบบนขอบล่าง สกปรก			1
5	10:27 AM	AN	3	บริเวณขอบบน-ขอบล่าง			1
6	10:30 AM	AN	3	บริเวณขอบบน-ขอบล่าง			1
7	10:38 AM	AN	3	บริเวณขอบล่าง บริเวณด้านซ้าย			1
8	10:41 AM	AN	3	บริเวณขอบล่าง - ขอบบน			1
9	10:50 AM	AN	3	เกิดรอยขีดข่วนบนกระจก			1
10	11:07 AM	AN	3	ขอบบนขอบล่าง			1
11	11:18 AM	AN	3	บริเวณขอบบน-ขอบล่าง			1
12	11:17 AM	AN	3	ขอบบนขอบล่าง			1
13	11:28 AM	AN	3	เกิดรอยขีดข่วนบนกระจก			1
14	11:27 AM	AN	3	ขอบบนขอบล่าง			1
15	11:30		3	ขอบบนขอบล่าง			1

รูปที่ 13 ตัวอย่างใบ Check Sheet

เสนอแนวทางสำหรับใช้ในการปรับปรุง

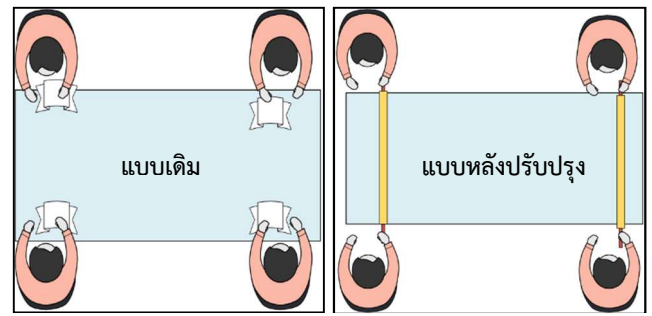
ในลำดับถัดมา หลังจากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาในขั้นตอนก่อนหน้านี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาร่วมกับพนักงานประจำสถานีงานและหัวหน้าผู้ควบคุมการผลิต เพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและร่วมกันหาทางแก้ไข โดยผู้วิจัยได้ทดลองปรับตั้งเครื่องล้างกระจกเพื่อป้องกันการเกิดคราบน้ำ และดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ใช้ล้างกระจก รวมถึงการตรวจสอบแรงล้างและทำความสะอาดถังเก็บน้ำให้สะอาดและพร้อมใช้งานก่อนการปรับปรุง การทำความสะอาดเครื่องล้างกระจกจะเปลี่ยนน้ำเพียงสัปดาห์ละครั้ง แต่หลังจากการปรับปรุง ผู้วิจัยได้กำหนดให้มีการล้างถังเก็บน้ำทุกวัน เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและเศษที่สะสม ซึ่งอาจทำให้น้ำขุ่นและส่งผลกระทบต่อคุณภาพการล้างกระจก



รูปที่ 14 ทำความสะอาดถังเก็บน้ำไหลเวียน

จากการที่ได้มีการเปลี่ยนน้ำทุกวัน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทำความสะอาดเครื่องล้างกระจกทุกสัปดาห์ เพื่อให้เครื่องล้างสามารถทำความสะอาดกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และลดการทำความสะอาดกระจกซ้ำในภายหลังดังรูปที่ 14

หลังจากการปรับปรุงการทำความสะอาดเครื่องล้างกระจกเป็นประจำแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการทำงานของพนักงาน โดยเฉพาะในกรณีที่จำเป็นต้องเช็ดกระจกซึ่งเดิมพนักงานต้องใช้ผ้าเช็ดและเอื้อมมือเข้าไปเช็ดบริเวณด้านในของกระจก ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 การทำความสะอาดกระจกแบบเดิมและแบบหลังปรับปรุง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการทำงานโดยการจัดทำไม้ด้ามยึดให้พนักงานสามารถยืนทำงานในตำแหน่งคงที่โดยไม่ต้องเอื้อมมือหรือเคลื่อนที่ไปยังจุดต่างๆ เมื่อกระจกไหลเข้าสู่จุดทำงาน พนักงานสามารถใช้ไม้ด้ามยึดในการเช็ดกระจกได้อย่างทั่วถึงทั้งแผ่น รวมถึงทำความสะอาดทั้งด้านในและด้านนอกของกระจกโดยไม่ต้องยึดตัวหรือเข้าไปในพื้นที่ที่อาจเสี่ยงต่อการเกิดอันตราย

4.3 เก็บข้อมูลเปรียบเทียบเวลาก่อนและหลังปรับปรุง

เมื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิตที่ใช้เวลามากกว่าค่า Takt Time แล้ว ผู้วิจัยได้จัดทำแผนภูมิแสดงการทำงานของคนและเครื่องจักรหลังการปรับปรุง เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 16 และ 17

Man1-Cut	เวลา	Man2 - เช็ดกระจก	เวลา	Man3	เวลา	Man4	เวลา	เครื่องตัด	เวลา	โต๊ะตัด	เวลา	เครื่องเชื่อม	เวลา
กรอช่องมุกกลิ้งในคอม	00:23	ว่าง	00:23	ว่าง	01:22	ว่าง	01:22	กรอช่องมุกกลิ้งในคอม	00:23	ว่าง	00:43	ว่าง	00:23
	00:32	นำตะกั่วไปยกกระจกมาที่โต๊ะตัด	00:20						00:32	ว่าง		นำตะกั่วไปยกกระจกมาที่โต๊ะตัด	00:20
ว่าง				ว่าง		ว่าง		ว่าง					
		วางกระจกลงที่โต๊ะตัด	00:08									วางกระจกลงที่โต๊ะตัด	00:08
		จัดการกระจก	00:04									จัดการกระจก	00:04
กดปุ่มให้กระจกทำงาน	00:01		00:28					กดปุ่มให้กระจกทำงาน	00:01		00:21		
ว่าง	00:05	ว่าง						เครื่องตัดทำงาน	00:20	ว่าง			
ตัดใบ order และเขียน	00:15												
แยกกระจก	00:07												
ยกกระจกไปฝั่ง	00:09	ยกกระจกไปฝั่ง	00:09	แยกกระจก	00:09	ยกกระจกไปฝั่ง	00:09					รื้อขนาดกระจก	00:57
ว่าง	00:41	ขนกระจกและยกกระจกมาวาง	00:41	ขนกระจกและยกกระจกมาวาง	00:41	ขนกระจกและยกกระจกมาวาง	00:36	รอ				ขนกระจก	
												ว่าง	
งานเดี่ยว	00:13	งานเดี่ยว	00:13	งานเดี่ยว	00:09	งานเดี่ยว	00:09	งานเดี่ยว	00:20	งานเดี่ยว	00:04	งานเดี่ยว	00:00
งานร่วมกัน	00:39	งานร่วมกัน	01:08	งานร่วมกัน	00:41	งานร่วมกัน	00:36	งานร่วมกัน	00:23	งานร่วมกัน	01:04	งานร่วมกัน	00:28
รอ	01:18	รอ	00:50	รอ	01:22	รอ	01:27	รอ	01:29	รอ	01:03	รอ	01:44
รวม	02:12	รวม	02:12	รวม	02:12	รวม	02:12	รวม	02:12	รวม	02:12	รวม	02:12
Cyclotime	02:12	Cyclotime	02:12	Cyclotime	02:12	Cyclotime	02:12	Cyclotime	02:12	Cyclotime	02:12	Cyclotime	02:12
Utilization	41%	Utilization	62%	Utilization	38%	Utilization	34%	Utilization	33%	Utilization	52%	Utilization	21%

รูปที่ 16 แผนภูมิคนเครื่องจักรกระบวนการตัดกระจกหลังปรับ

Man1	เวลา	Man2	เวลา	Man3	เวลา	Man4	เวลา	เครื่องตัด	เวลา	conveyer	เวลา
รอกกระจก	00:52	รอกกระจก	00:52	รอกกระจก	00:52	รอกกระจก	00:52	เครื่องตัด	00:52	conveyer	00:52
นำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 1	00:38	นำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 1	00:38	นำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 1	00:38	นำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 1	00:38				
ดึงแผ่นฟิล์มมาตัด	00:58	ดึงแผ่นฟิล์มมาตัด	00:58	ดึงแผ่นฟิล์มมาตัด	00:58	ดึงแผ่นฟิล์มมาตัด	00:58				
รีดฟิล์มลงบนแผ่นกระจก	00:39	รีดฟิล์มลงบนแผ่นกระจก	00:39	รีดฟิล์มลงบนแผ่นกระจก	00:39	รีดฟิล์มลงบนแผ่นกระจก	00:39				
รอก		รอก		รอก		รอก					
นำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 2	00:32	นำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 2	00:32	นำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 2	00:32	นำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 2	00:32	เครื่องตัดแผ่นกระจกแผ่นที่ 2 โหลมายังจุดที่ทำความสะอาด	00:32		04:32
รอก		รอก		รอก		รอก					
ดึงความเรียบของแผ่นฟิล์ม	00:06	ดึงความเรียบของแผ่นฟิล์ม	00:06	ดึงความเรียบของแผ่นฟิล์ม	00:06	ดึงความเรียบของแผ่นฟิล์ม	00:06	เครื่องตัดกระจกประกบเข้าหากัน	00:17		
พนักงานกวัดฟิล์มและตัดขอบ	00:49	พนักงานกวัดฟิล์มและตัดขอบ	00:49	พนักงานกวัดฟิล์มและตัดขอบ	00:49	พนักงานกวัดฟิล์มและตัดขอบ	00:49				
รอกกระจก	00:52	รอกกระจก	00:52	รอกกระจก	00:52	รอกกระจก	00:52				
งานเดี่ยว	00:00	งานเดี่ยว	00:00	งานเดี่ยว	00:00	งานเดี่ยว	00:00	งานเดี่ยว	00:49	งานเดี่ยว	01:43
งานร่วมกัน	03:42	งานร่วมกัน	03:42	งานร่วมกัน	03:42	งานร่วมกัน	03:42	งานร่วมกัน	00:00	งานร่วมกัน	00:00
รอ	02:32	รอ	02:32	รอ	02:32	รอ	02:32	รอ	05:25	รอ	04:32
รวม	06:15	รวม	06:15	รวม	06:14	รวม	06:14	รวม	06:14	รวม	06:14
Cycletime	06:15	Cycletime	06:15	Cycletime	06:14	Cycletime	06:14	Cycletime	06:14	Cycletime	06:14
Utilization	59%	Utilization	59%	Utilization	59%	Utilization	59%	Utilization	13%	Utilization	27%

รูปที่ 17 แผนภูมิคนเครื่องจักรกระบวนการประกบกระจกหลังปรับ

ระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายกระจกลดลงจากเดิม 50 วินาทีต่อแผ่น เหลือเพียง 20 วินาทีต่อแผ่นในกระบวนการตัด อัตราการใช้ประโยชน์ของพนักงานคนที่ 2 จากเดิม ร้อยละ 69 ลดเหลือร้อยละ 62 ในขณะที่พนักงานคนที่ 1 จากเดิมร้อยละ 33 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 41 พนักงานคนที่ 3 จากเดิมร้อยละ 30 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 38 พนักงานคนที่ 4 จากเดิมร้อยละ 27 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 34 และการทำงานของเครื่องตัด จากเดิม ร้อยละ 41 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 52 กระจกจากการพิจารณา โดยการทำงานของเครื่องจักรสามารถทำงานได้เช่นเดิมไม่เกิดความสามารถแต่ลดเวลาในการเคลื่อนย้ายกระจกของพนักงานคนที่ 2 และเครื่องตัดกระจกได้

และในส่วนการประกบกระจกจากเดิมการทำงานของพนักงาน 1-4 ร้อยละ 68 เหลือ อัตราการใช้ประโยชน์ร้อยละ 59 จะเห็นได้ว่าการทำงานของพนักงานมีเวลาที่ว่างมากขึ้นสามารถนำเวลาไปทำงานอื่นได้

การทำงานภายหลังการปรับปรุง เพื่อแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต ทั้งนี้ แผนผังดังกล่าวจัดทำขึ้นเพื่อสะท้อนถึงการลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยแสดงรายละเอียดในรูปที่ 18 และ 19

คำอธิบาย	จำนวน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาฬิกา)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
รอกที่ถูกลดขนาดตัว			0:00:23	○ → □	พนักงาน 1
ชิ้นงานถูกยกไปวางที่โต๊ะตัด			0:00:20	○ → □	พนักงาน 2
วางกระจกใสติด			0:00:08	○ → □	พนักงาน 2
กระจกถูกจัด			0:00:04	○ → □	พนักงาน 2
กระจกถูกพนักงานปู			0:00:01	○ → □	
กระจกถูกตัดโดยเครื่องจักร			0:00:20	○ → □	
นำชิ้นกระจก			0:00:01	○ → □	
แยกกระจก			0:00:18	○ → □	
กระจกถูกติดขนาด			0:00:01	○ → □	พนักงาน 1
ยกวางที่วาง			0:00:36	○ → □	พนักงาน 14
รวม			0:02:12		

รูปที่ 18 แผนภูมิกระบวนการไหลตัดกระจกหลังปรับ

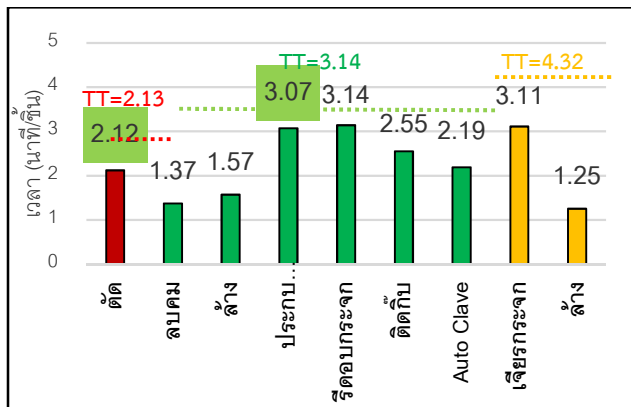
เวลาในการเคลื่อนย้ายกระจกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จากเดิม 50 วินาทีต่อแผ่น ลดลงเหลือเพียง 20 วินาทีต่อแผ่น

คำอธิบาย	จำนวน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาฬิกา)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
conveyer ย้ายกระจกแผ่นที่ 1 โหลมายังจุดที่ทำความสะอาด			0:00:26	○ → □	
นำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 1			0:00:19	○ → □	
นำแผ่นฟิล์มขนาด 0.38 มม. มาตัด			0:00:29	○ → □	
รีดแผ่นฟิล์มติดบนกระจก			0:00:20	○ → □	
เครื่องตัดย้ายกระจกแผ่นที่ 2 โหลมายังจุดที่ทำความสะอาด			0:00:16	○ → □	
นำความสะอาดกระจกแผ่นที่ 2			0:00:16	○ → □	
เครื่องตัดวางกระจกประกบเข้าหากัน			0:00:08	○ → □	
กระจกถูกจัดความเรียบ			0:00:03	○ → □	
พนักงานกวัดฟิล์มและตัดขอบ			0:00:24	○ → □	
กระจกไหลไปยัง Stations			0:00:26	○ → □	
รวม			0:03:07		

รูปที่ 19 แผนภูมิกระบวนการไหลประกบกระจกหลังปรับ

เวลาในการทำความสะดวกกระจกแผ่นที่ 1 ลดลงจาก 49 วินาทีต่อแผ่น เหลือเพียง 38 วินาที ขณะที่กระจกแผ่นที่ 2 จากเดิม 2 นาที 8 วินาที ลดลงเหลือเพียง 32 วินาที

หลังการปรับปรุงกระบวนการทำงานตามแผนที่กำหนด ได้ดำเนินการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ก่อนและหลังการปรับปรุง ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต ตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้าย เพื่อวิเคราะห์การลดลงของเวลาในการผลิต และตรวจสอบความสอดคล้องกับเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 20



รูปที่ 20 Yamazumi Chart ของโรงงานกระจกหลังปรับ

จากการวิเคราะห์และปรับปรุงจุดคอขวดในกระบวนการผลิต พบว่าเวลาในการผลิตของสถานีตัดกระจกลดลงจาก 2 นาที 44 วินาที เป็น 2 นาที 12 วินาที โดยมีเวลาที่ลดลงจากเดิมเป็นเวลา 32 วินาที เมื่อนำมาคิดคำนวณเป็นการลดลงร้อยละ 19.51 ของเวลาเดิม ส่วนกระบวนการประกอบกระจกลดลงจาก 4 นาที 1 วินาที เป็น 3 นาที 7 วินาที ซึ่งมีเวลาที่ลดลงจากเดิม 54 วินาที นำมาคิดคำนวณเป็นการลดลงร้อยละ 22.41 และเมื่อรอบเวลาในการผลิตลดลงต่ำกว่า Takt time จะส่งผลให้เวลานำลดลง และสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ทันที

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่าผลผลิตในสถานีงานตัดกระจกเพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ยเดิมที่ 2,829 ตารางฟุตต่อวัน เป็น 3,514.90 ตารางฟุตต่อวัน หรือคิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 24.25 ส่วนสถานีงานประกอบกระจกสามารถเพิ่มผลผลิตจากค่าเฉลี่ยเดิมที่ 1,612 ตารางฟุตต่อวัน เป็น 2,071.29 ตารางฟุตต่อวัน หรือคิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.49 การเพิ่ม

ประสิทธิภาพดังกล่าวสะท้อนถึงความสำเร็จของการลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิต และส่งผลให้โรงงานสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาสาเหตุที่ส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาไม่สามารถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้า โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือของลีนเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา ผลการวิเคราะห์พบว่าปัญหาหลักเกิดจากความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตกระจกลามิเนต คือ การเคลื่อนย้ายกระจกที่ใช้เวลานานเกินไปและกระบวนการทำความสะอาดกระจกช้า โดยใช้เครื่องมือการผลิตแบบลีน ได้แก่ แผนผังสายธารคุณค่า, แผนภูมิคนเครื่องจักร, แผนผังกระบวนการไหล, และแผนผังแสดงสาเหตุและผล โดยการร่วมมือกับฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุงรักษา และฝ่ายที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ของโรงงานกรณีศึกษา

ผลจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตทำให้เวลาในการผลิตของสถานีตัดกระจกลดลงจาก 2 นาที 44 วินาที เป็น 2 นาที 12 วินาที คิดเป็นการลดลงร้อยละ 19.51 ของเวลาเดิม และกระบวนการประกอบกระจกลดลงจาก 4 นาที 1 วินาที เป็น 3 นาที 7 วินาที คิดเป็นการลดลงร้อยละ 22.41 เมื่อรอบเวลาลดลงต่ำกว่า Takt time จะส่งผลให้เวลาผลิตทันที ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มปริมาณผลผลิตได้มากขึ้น และจากผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่าผลผลิตในสถานีงานตัดกระจกเพิ่มขึ้นจากเฉลี่ย 2,829 ตารางฟุตต่อวันเป็น 3,514.90 ตารางฟุตต่อวัน หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 24.25 และในสถานีงานประกอบกระจกผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมเฉลี่ย 1,612 ตารางฟุตต่อวันเป็น 2,071.29 ตารางฟุตต่อวัน หรือคิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.49 สะท้อนถึงประสิทธิภาพการผลิตที่เพิ่มขึ้นในกระบวนการผลิตในงานลามิเนต

6. อภิปรายผล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมกระจกที่ได้ทำการศึกษาเป็นการผลิตเพื่อเก็บคลังรอจำหน่ายโดยผลิตภัณฑ์หลักเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตรูปแบบและขนาดที่

ไม่เปลี่ยน ส่วนในงานวิจัยนี้เป็นงานผลิตตามความต้องการของทางลูกค้าที่มีรูปแบบที่มีความหลากหลาย ซึ่งส่งผลให้การวิเคราะห์ค่า Takt time และ Cycle Time มีความแตกต่างและซับซ้อนกว่าการผลิตเพื่อสต็อกเข้าคลังแบบปกติ

7. ข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินการศึกษาวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการ ทำให้รอบเวลาการผลิตกระจกลามิเนตมีรอบเวลาที่ลดลง และประสิทธิภาพการผลิตมีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น แต่หากพิจารณาอย่างละเอียดพบว่าประสิทธิภาพการผลิตยังไม่สูงมาก สะท้อนให้เห็นถึงโอกาสในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตได้มากขึ้น อาจเพิ่มโดยการเพิ่มทักษะของพนักงานซึ่งจะส่งผลกับโรงงานการผลิต อีกทั้งด้านการเพิ่มเป้าหมายการผลิตได้ ซึ่งผู้ทำงานวิจัยนี้ไปใช้เป็นแนวทาง สามารถนำหลักการและวิธีการนำไปประยุกต์ใช้ในสถานงานอื่น ภายในการผลิตที่มีความสูญเสีย โดยเฉพาะสถานงานที่ไม่ใช่จุดคอขวดในปัจจุบันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตรวม โดยในงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นที่การปรับปรุงกระบวนการตัดกระจกและสถานีประกอบกระจก เนื่องจากเป็นจุดคอขวดสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อทั้งระบบการผลิต

ทั้งนี้งานวิจัยในอนาคตสามารถมุ่งเน้นที่การจัดการจัดสมดุลการผลิต เพื่อลดรอบเวลาในการผลิต หรือเป็นแนวทางในการทำการจำลองสถานการณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และต่อยอดยังผลิตภัณฑ์กระจกแบบอื่นได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ภาณุวัฒน์ วงศ์แสงน้อย, นลิน เพียรทอง. การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นเรียบด้วยเทคนิคลิน. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม*. 2566; 16(2): 168-175.
- [2] ปฐมพงษ์ หอมศรี, จักรพรรณ คงชนะ. การเพิ่มประสิทธิภาพโดยใช้แนวคิดการผลิตแบบลีน กรณีศึกษาโรงงานผลิตบ่มน้ำรถยนต์. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*. 2555; 2(2): 40-62.
- [3] พิพัฒพงษ์ เพ็ญศิริ, สิทธิพร พิมพ์สกุล. การปรับปรุงกระบวนการผลิตเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต โดยแนวคิดของการผลิตแบบลีน กรณีศึกษา โรงงานผลิตเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*. 2558; 26(3): 81-96.
- [4] จุฑาภรณ์ แก้วสุด, ศรีณยู กาญจนสุวรรณ. การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยแนวคิดลีน กรณีศึกษา โรงงานผลิตถุงมือยาง จังหวัดสงขลา. *วารสารวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*. 2565; 39(1): 81-105.
- [5] สุชาติ อารังสุข, สมชาย เปரியพรม. การประยุกต์ใช้แนวคิดลีนปรับปรุงกระบวนการผลิตท่อส่งน้ำมันรถแทรกเตอร์ กรณีศึกษาบริษัท เอ.บี.ซี จำกัด. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*. 2564; 17(3): 56-78.
- [6] จิรกาล กัลยาโพธิ์, จิรพัฒน์ เภาประเสริฐวงศ์. การลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตยางล้อรถยนต์. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. 2564; 28(1): 78-92.
- [7] สุชาติ อารังสุข, วันชัย แผลมหลักสกุล, สมนึก วิสุทธิแพทย์. การลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. 2559; 26(3) 451-461.
- [8] กรรณิการ์ มิ่งเมือง, ปิยะกิจ กิจจิตตุลาภานนท์. การประยุกต์ใช้ระบบลีนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*. 2565; 14(20): 45-56.
- [9] วิเรชา คำจันทร์, อธิวัฒน์ ธีชัยธรรมมงคล, ศักดิ์ดา คำจันทร์. การปรับปรุงประสิทธิภาพสายการผลิต กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา*. 2564; 6(2): 56-63.
- [10] ชิตชนุ ภัคติวานิช, พิมพ์ชนก จงกิจวรกุล. การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตกระจกกันรอย. *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 1*. 2564; 6(4): 43-56.
- [11] อดจ ชัยมณี, รัตนา ขวดทอง. การวิเคราะห์เพื่อหาจำนวนคนงานที่เหมาะสมโดยใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการในกระบวนการผลิตกระจกลามิเนต. *วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 2563; 12(1): 21-36.