การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโรตารี่พรวนดินด้วยการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน กรณีศึกษา บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด

Enhancing Rotary Tiller Production Efficiency Through the Application of Lean Manufacturing A Case Study of Sirivatana Lohakij Co., Ltd.

ดนัย สอนสุภาพ[1] ศรินยา ประทีปชนะชัย[2] นรินทร์ กุลนภาดล[3] สุวิทย์ ธรรมแสง[4] และ ยุทธณรงค์ จงจันทร์[5*]
Danai Sornsuphap[1], Sarinya Prateepchanachai[2], Narin Kulnapadol[3], Suwit Thammasang[4] and Yuthanarong Jongjun[5*]

[1, 4]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตขอนแก่น
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลยานยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
[5]สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และกระบวนการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
[1, 4]Department of Industrial Technical Education Faculty of Technical Education Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen Campus
[2]Department of Industrial Management Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanajarindra University
[3]Department of Automotive Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanajarindra University
[5]Department of Logistics and Process Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanajarindra University Chachoengsao Province
*Email: yuthanarong@techno.rru.ac.th
Received: December 21, 2024; Revised: April 1, 2025; Accepted: April 25, 2025

บทคัดย่อ

บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนและประกอบเครื่องจักรกลเพื่อการเกษตรในจังหวัดอุดรธานี ปัจจุบันได้รับใบสั่งผลิตโรตารี่พรวนดินจำนวน 2,100 เครื่องต่อปี แต่สามารถผลิตได้เพียง 1,500 เครื่องต่อปี ทำให้ต้องมีการทำงานล่วงเวลา ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยประยุกต์ใช้ระบบลีนเพื่อลดความสูญเปล่า จากการเก็บข้อมูลพบว่าสายการประกอบโรตารี่เกิดความไม่สมดุล โดยสถานีประกอบ 1 และ 2 มีรอบเวลาสูงกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้า ผู้วิจัยจึงใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่า และแผนภาพก้างปลา ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม "ทำไม ทำไม" เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา จากนั้นออกแบบอุปกรณ์โต๊ะประกอบเฉพาะสำหรับสถานีประกอบ 1 และอุปกรณ์ป้องกันการหดตัวของชิ้นงานในขั้นตอนเชื่อมของสถานีประกอบ 2 ผลการปรับปรุงพบว่าสามารถลดรอบเวลามาตรฐานของทั้งสองสถานีงานให้ต่ำกว่าค่าจังหวะความต้องการของลูกค้า ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 70.42% เป็น 100% การผลิตต่อวันเพิ่มขึ้นจาก 5 เครื่องเป็น 7 เครื่อง หรือคิดเป็น 28.57% นอกจากนี้ยังสามารถสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงานให้พนักงาน ลดความสูญเปล่า และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับคู่แข่งที่ผลิตสินค้าประเภทเดียวกัน (300)

คำสำคัญ : ระบบการผลิตแบบลีน, แผนผังสายธารแห่งคุณค่า, การเพิ่มประสิทธิภาพ, การออกแบบอุปกรณ์

Abstract

Siri Wattana Lohakit Co., Ltd., a manufacturer of agricultural machinery parts and assemblies in Udon Thani, currently receives orders for 2,100 rotary tillers per year but can only produce 1,500 units annually. This shortfall necessitates overtime work, increasing production costs. This research aims to

improve the production process by applying lean manufacturing principles to reduce waste. Data collection revealed an imbalance in the rotary tiller assembly line, where Workstation 1 and Workstation 2 had cycle times exceeding customer demand rates. To address this, value stream mapping (VSM) and fishbone diagrams were used, along with the "5 Whys" technique, to identify root causes of inefficiencies. Based on the findings, a specialized assembly table was designed for Workstation 1, and a fixture to prevent part shrinkage during welding was developed for Workstation 2. After implementation, the standard cycle times for both workstations were reduced below the takt time, increasing production efficiency from 70.42% to 100%. Daily production output increased from 5 to 7 units, a 28.57% improvement. Additionally, the improvements established standardized work procedures, minimized waste, and enhanced the company's competitiveness in the agricultural machinery market.

Keywords: Lean Production System, Value Stream Mapping, Efficiency Improvement, Equipment Design

1. บทนำ

เครื่องจักรกลเพื่อการเกษตรมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูก ลดต้นทุนแรงงาน และปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเตรียมดินให้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การใช้เครื่องจักรช่วยลดเวลาและแรงงานที่ใช้ในการเพาะปลูก ส่งผลให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ความต้องการเครื่องจักรกลเพื่อการเกษตรจึงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก เนื่องจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกและความจำเป็นในการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ ผู้ผลิตจึงต้องเร่งปรับปรุงกระบวนการผลิตให้สามารถรองรับความต้องการของตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลเกษตรได้นำ เทคโนโลยีอัตโนมัติ และ หลักการผลิตแบบลีน มาประยุกต์ใช้เพื่อลดต้นทุน ลดของเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต เทคโนโลยีอัตโนมัติ เช่น หุ่นยนต์ในสายการผลิต ระบบเซนเซอร์อัจฉริยะ และการควบคุมคุณภาพแบบเรียลไทม์ ช่วยเพิ่มความแม่นยำและลดข้อผิดพลาดในการผลิต ขณะที่หลักการผลิตแบบลีน ช่วยลดความสูญเปล่าในทุกกระบวนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร และลดต้นทุนโดยรวม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ธุรกิจสามารถแข่งขันในตลาดได้อย่างยั่งยืน บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด เป็นผู้ผลิตเครื่องจักรกลเพื่อการเกษตรในจังหวัดอุดรธานี โดยเฉพาะการผลิต โรตารี่พรวนดิน ซึ่งได้รับคำสั่งผลิตจากลูกค้าสูงถึง 7 เครื่องต่อวัน แต่ปัจจุบันบริษัทสามารถผลิตได้เพียง 5 เครื่องต่อวัน ทำให้กำลังการผลิตไม่เพียงพอ บริษัทต้องเปิดการทำงานล่วงเวลา (Overtime) เพื่อชดเชยกำลังการผลิต ส่งผลให้ต้นทุนต่อหน่วยสูงขึ้นและประสิทธิภาพการผลิตลดลง เพื่อแก้ปัญหานี้ ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจในการพัฒนา กระบวนการผลิตเชิงระบบ โดยมุ่งเน้นการลดความสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต ให้บริษัทสามารถดำเนินธุรกิจได้อย่างยั่งยืนในเชิงเศรษฐกิจ และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่นในตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตเครื่องจักรกลทางการเกษตร ในสายการประกอบโรตารี่พรวนดินด้วยการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน

2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประสิทธิภาพการผลิต

ประสิทธิภาพการผลิต (Productivity Efficiency) [1] เป็นแนวคิดที่ใช้วัดความสามารถของระบบในการเปลี่ยนปัจจัยการผลิต (Input) เช่น ทรัพยากร วัตถุดิบ และแรงงาน ให้กลายเป็นผลผลิต (Output) อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีเป้าหมายในการเพิ่มคุณค่า ลดความสูญเสีย และยกระดับความสามารถในการแข่งขันในอุตสาหกรรม แนวคิดนี้สอดคล้องกับระบบการผลิตที่มีการจัดการอย่างเป็นระบบ เช่น Lean Manufacturing และ Six Sigma ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการกำจัดความสูญเสียในทุกขั้นตอนของกระบวนการ สามารถการวัดประสิทธิภาพการผลิตสามารถแสดงเป็นสมการ 1

$$\text{ประสิทธิภาพการผลิต} = \frac{\text{ผลผลิต (Output)}}{\text{ปัจจัยการผลิต (Input)}} \quad (1)$$

ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ Song Yang [2] ที่ปรับปรุงประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการทำงานร่วมกันระหว่างคนและเครื่องจักร ด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบลีน เพื่อลดความสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพใน

กระบวนการผลิตโดยเน้นการออกแบบกระบวนการที่เป็นมาตรฐาน สภาพแวดล้อมในการทำงานที่เหมาะสม ผลการปรับปรุงสามารถช่วยให้กระบวนการผลิตมีความรวดเร็วและมีคุณภาพมากขึ้น สร้างความยั่งยืนในระบบการผลิตและเพิ่มความพึงพอใจให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน

2.2 ระบบการผลิตแบบลีน

ระบบการผลิตแบบลีนเป็นแนวคิดการบริหารการผลิตที่มุ่งเน้นการลดความสูญเปล่า (Waste) ในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าและบริการ โดยตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าในเวลาที่เหมาะสม [3] แนวคิดนี้เริ่มจากระบบการผลิตของโตโยต้า (Toyota Production System: TPS) และกลายเป็นแนวทางในการปฏิบัติสำคัญในอุตสาหกรรมทั่วโลกโดยมีหลักการสำคัญซึ่งประกอบด้วยระบุคุณค่า (Value) สร้างแผนผังสายธารแห่งคุณค่า" (Value Stream Mapping) สร้างการไหลของกระบวนการ (Flow) การผลิตแบบดึง (Pull Production) และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง คล้ายกับงานวิจัยของ Oksana Honcharenko [4] ใช้ระบบการผลิตแบบลีนวิเคราะห์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทางธุรกิจจากหลากหลายอุตสาหกรรมเพื่อระบุและลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม เช่น การผลิตมากเกินไป ผลการปรับปรุงสามารถลดต้นทุน เพิ่มคุณภาพของสินค้า และลดระยะเวลาของวงจรการผลิต กระบวนการผลิตเกิดความยืดหยุ่น ช่วยให้องค์กรตอบสนองต่อความผันผวนของตลาดได้ดีขึ้น และผลลัพธ์ที่สำคัญที่สุด คือ การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานผ่านการลดความสูญเสีย เช่น ลดเวลาในการรอคอยและข้อผิดพลาดในการผลิตได้

2.3 แผนผังสายธารแห่งคุณค่า

แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ซึ่งใช้วิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยมุ่งเน้นการกำจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (Non-Value Added Activities) สร้างกระบวนการผลิตที่มีความไหลลื่นมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยมีหลักการสำคัญประกอบด้วย [5] ระบุคุณค่า (Value Identification) สร้างแผนภาพสถานะปัจจุบัน (Current State Map) ออกแบบสถานะอนาคต (Future State Map) และดำเนินการปรับปรุง (Implementation) ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ Mariusz Salwin, Karolina Pszczółkowska, Michał Pałega and Andrzej Kraslawski [6] ใช้แผนภาพแห่งคุณค่าในการวิเคราะห์กระบวนการผลิตเครื่องมือช่างที่ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและลดการใช้พลังงานผลการปรับปรุงทำให้ความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจาก 70.3% เป็น 85.2% ประสิทธิภาพแรงงานในกระบวนการฉีดขึ้นรูปเพิ่มขึ้น 9.4% การใช้พลังงานลดลง 295,488 kWh ต่อปี คิดเป็นเงิน 53,253 ยูโร และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร์ได้

2.4 การจัดสมดุลสายการผลิต

การจัดสมดุลสายการผลิตเป็นกลยุทธ์สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในกระบวนการผลิต โดยมุ่งเน้นการสร้างความสมดุลระหว่างความต้องการของลูกค้าและความสามารถในการผลิตในแต่ละสถานี การจัดสมดุลที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันขององค์กรในระยะยาว [7] โดยยึดหลักตามการคำนวณค่าจังหวะความต้องการของลูกค้า (Takt Time) หมายถึงค่าเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าต้องการสินค้า (Demand Rate) ใช้เป็นตัวกำหนดว่ากระบวนการผลิตแต่ละส่วนควรทำงานด้วยความเร็วเท่าใดเพื่อให้ทันต่อความต้องการนำไปแบบเทียบกับรอบเวลาการผลิต (Cycle Time) หมายถึงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละสถานีงาน (Workstation) สำหรับการผลิตสินค้าหนึ่งชิ้นซึ่งแต่ละสถานีควรมีรอบเวลาการผลิตที่ใกล้เคียงกับจังหวะความต้องการของลูกค้าเพื่อให้เกิดความสมดุล คล้ายกับงานวิจัยของ Onur Mesut Senaras [8] ปรับปรุงสายการผลิตที่ไม่มีความสมดุลส่งผลให้เกิดคอขวดและเวลาว่างในหลายสถานีงานส่งผลให้กระบวนการผลิตไม่มีประสิทธิภาพ โดยทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมดุลสายการผลิตและ จำลองสถานการณ์ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงในระบบแบบไม่ต่อเนื่องหลังการปรับปรุงยังมีความยืดหยุ่นสูงขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลงได้ดีขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอย่างยั่งยืน

2.5 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ

เครื่องมือควบคุมคุณภาพเป็นชุดเครื่องมือ และเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ ติดตาม และปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตหรือบริการ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อระบุและลดข้อผิดพลาด เพิ่มความสม่ำเสมอ และสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า [9] ซึ่งประกอบด้วย แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) กราฟการกระจาย (Scatter Diagram) ฮิสโตแกรม (Histogram) แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) Graph (กราฟ) และแผนภูมิการควบคุม (Control Chart) เหมือนงานวิจัยของ Nina Aini Mahbubah and Moh. Jufriyanto [10] ใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพงานพิมพ์เสื้อจากปัญหา ตำแหน่งพิมพ์ผิด การรั่วของหน้าจอ และเสื้อสกปรกเพื่อระบุสาเหตุและแก้ไขปัญหา จากนั้นแก้ไขปัญหาด้วยการฝึกอบรมพนักงาน การบำรุงรักษาเครื่องจักร และปรับปรุง

วัสดุ ผลลัพธ์การปรับปรุงแก้ไขสามารถลดข้อผิดพลาดได้จาก 45% เหลือ 20% และเพิ่มกำไรให้กับองค์กรได้ 15%

2.6 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

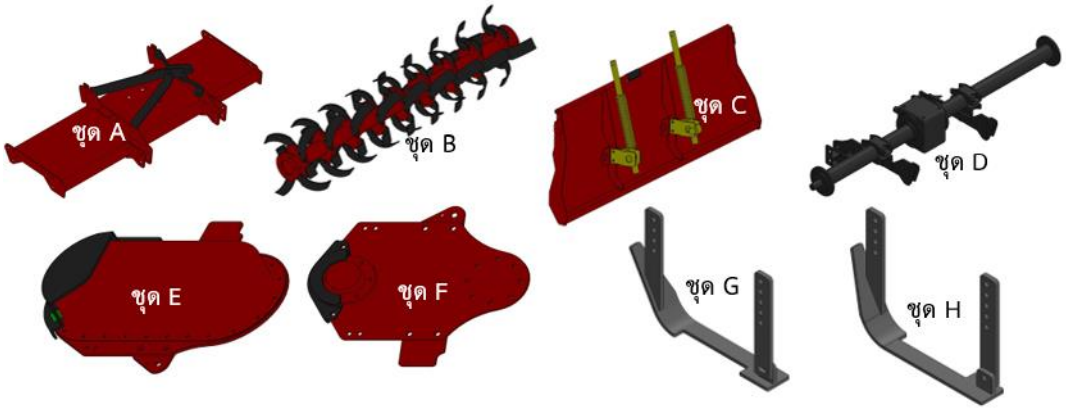
การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนเป็นแนวทางสำคัญที่องค์กรต่าง ๆ นำมาใช้ในการลดความสูญเปล่า เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการประยุกต์ให้เข้ากับกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยเลือกใช้เครื่องมือได้หลากหลายเพื่อให้เข้ากับสถานการณ์ปัจจุบัน เช่น การวิเคราะห์สายธารแห่งคุณค่า การจัดสมดุลสายการผลิต และเทคนิค ECRS คล้ายกับงานวิจัยของ

Syed Imran Zaman, Sharfuddin Ahmed Khan and Angappa Gunasekaran [11] ศึกษาและประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนเพิ่มประสิทธิภาพและลดความไร้ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตโดยปัญหาพบคือการสูญเปล่า (Waste) ในกระบวนการ เช่น การผลิตที่มากเกินไป การรอคอยงาน และความซับซ้อนในการจัดการทรัพยากร สาเหตุเกิดจากการขาดการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมและไม่มีการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง วิธีการแก้ไขรวมถึงการใช้เทคนิคระบบการผลิตแบบลีน เช่น ระบบคัมบัง และแผนผังสายธารแห่งคุณค่า เพื่อระบุและลดขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มพร้อมทั้งสร้างวัฒนธรรมองค์กรที่ส่งเสริมความต่อเนื่องในการปรับปรุง ผลการปรับปรุงสามารถลดเวลารอคอย ลดต้นทุน และเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้หลังการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยของ Bressan, Alberto [12] ศึกษาและประยุกต์ใช้ระบบคัมบังในการปรับปรุงกระบวนการผลิตจากปัญหาการประสานงานที่ไม่เป็นระบบและการสูญเปล่าในการขนส่งซ้ำซ้อนและสินค้าคงคลังมีมากเกินความจำเป็น สาเหตุเกิดจากขาดเครื่องมือจัดการกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ วิธีการแก้ไขนำระบบคัมบังมาใช้เพื่อควบคุมการผลิตแบบดึงลดสินค้าคงคลังที่มีมากเกินความจำเป็นและเพิ่มความโปร่งใสในกระบวนการผลิต ผลการปรับปรุงสามารถลดเวลารอคอยและความสูญเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ สามารถประสิทธิภาพในการจัดการเพิ่มขึ้น สร้างความยืดหยุ่นและตอบสนองต่อคำสั่งซื้อของลูกค้าได้ดีขึ้น

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 สำรวจสภาพปัจจุบัน

ผู้วิจัยสำรวจสภาพปัจจุบันของสายการผลิตโรตารี่พรวนดินของ บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด เริ่มจากการศึกษาส่วนประกอบของโรตารี่พวนดิน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของโรตารี่

จากรูปที่ 1 แสดงชิ้นส่วนเครื่องจักรกลทางการเกษตรส่วนประกอบโรตารี่พรวนดิน ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 ชุด ดังนี้

ชุด A : ฝากระโปรงบน เป็นส่วนประกอบที่ครอบคลุมบริเวณด้านบนของเครื่องจักรเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกและเพิ่มความปลอดภัย

ชุด B : จอบหมุน เป็นส่วนที่ทำหน้าที่พรวนดินโดยจอบหมุนจะทำการตัดดินและวัชพืชให้มีความละเอียดเหมาะสมกับการเพาะปลูก

ชุด C : ฝาท้าย เป็นฝาครอบด้านหลังของโรตารี่ ช่วยควบคุมการกระจายตัวของดินหลังจากการพรวน

ชุด D : ท่อต่อหัวเกียร์ เป็นท่อที่เชื่อมต่อจากระบบส่งกำลังไปยังใบจอบหมุน ทำหน้าที่ถ่ายทอดแรงขับจากเครื่องยนต์ไปยังชุดทำงาน

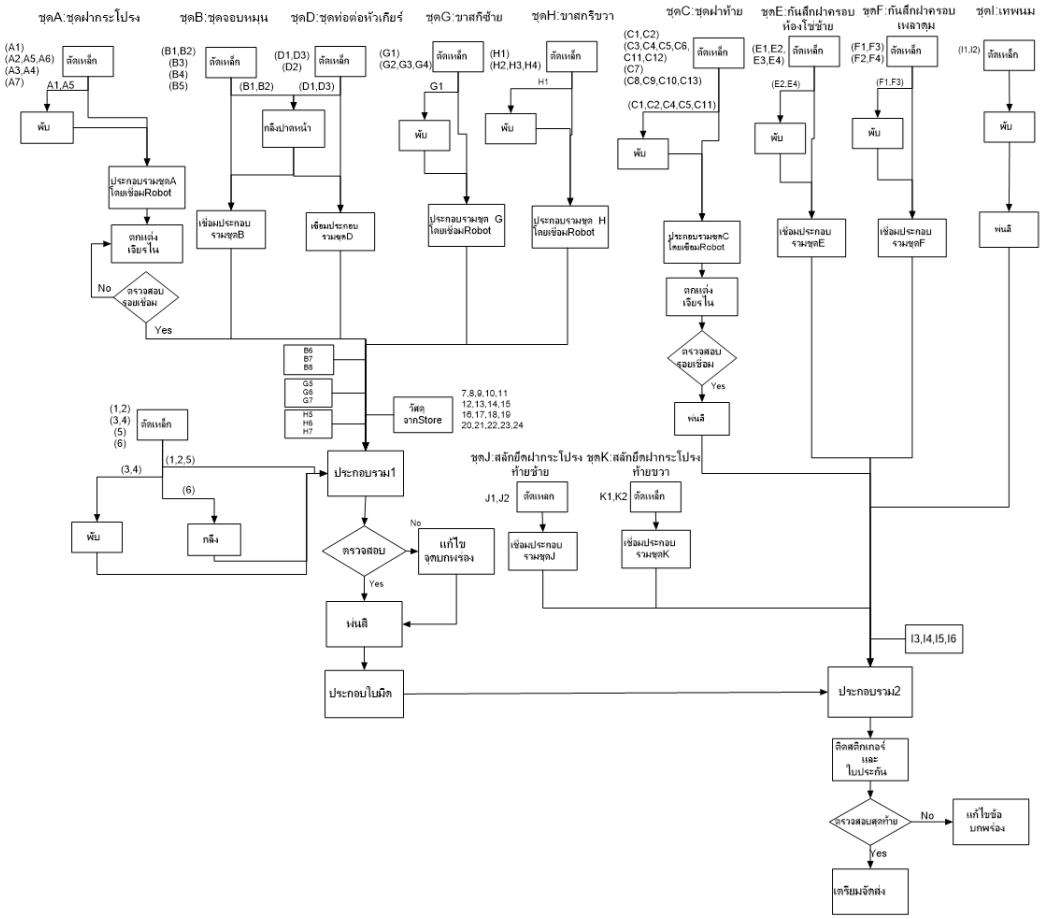
ชุด E : กันสึกฝาครอบห้องโซ่ซ้าย เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันการสึกหรอในฝาครอบห้องโซ่ด้านซ้าย เพื่อยืดอายุการใช้งานของระบบ

ชุด F : กันสึกฝาครอบเพลาดุม เป็นส่วนป้องกันการสึกหรอในบริเวณฝาครอบเพลาดุม ช่วยลดการเสียดสีและการสึกกร่อน

ชุด G : ขาสกรีซ้าย เป็นโครงสร้างที่ช่วยพยุงและควบคุมการทำงานของเครื่องจักรด้านซ้าย

ชุด H : ขาสกรีขวา เป็นโครงสร้างที่คล้ายกับขาสกรีซ้าย แต่ทำหน้าที่ในฝั่งขวาของเครื่องจักร

จากข้อมูลส่วนประกอบของโรตารี่พรวนดิน ผู้วิจัยนำมาเขียนแผนผังการไหลของกระบวนการผลิต (Process Flow Diagram) ดังแสดงในรูปที่ 2

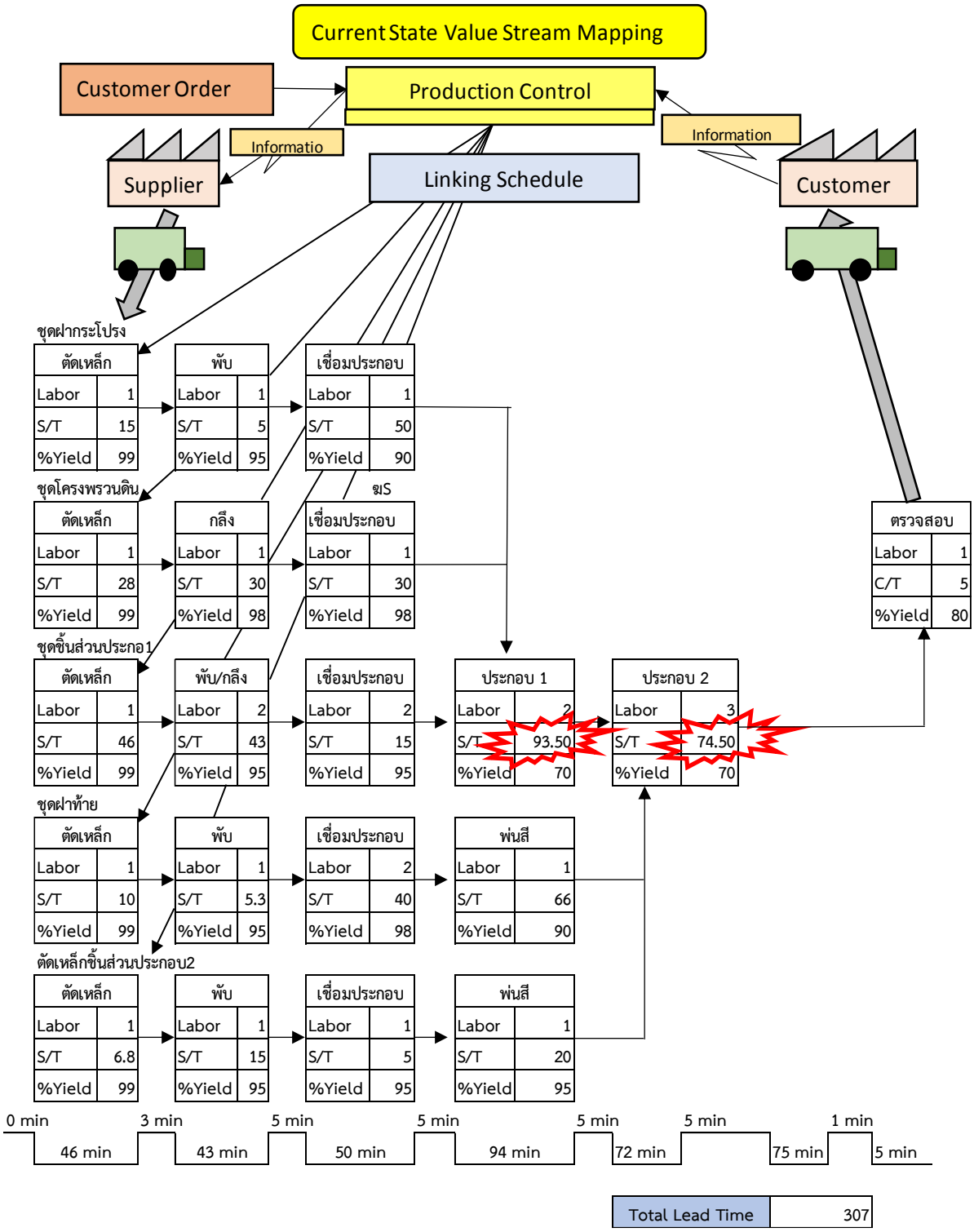


รูปที่ 2 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตโรตารี่พรวนดิน

จากรูปที่ 2 แผนภาพแสดงกระบวนการประกอบชิ้นส่วนซึ่งมีขั้นตอนการทำงานที่เป็นระบบและเป็นลำดับ เริ่มจากการเตรียมชิ้นเล็ก ๆ และส่วนประกอบหลักก่อนเข้าสู่กระบวนการประกอบโดยใช้ Robot และแรงงานคน จากนั้นมีการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน เพื่อให้แน่ใจว่าถูกต้องตามมาตรฐาน หากพบปัญหาจะต้องมีการแก้ไขก่อนส่งต่อไปยังขั้นตอนถัดไป ขั้นตอนสุดท้ายคือการประกอบขั้นสุดท้าย การตรวจสอบความเรียบร้อย และการติดสติกเกอร์เพื่อเตรียมสินค้าให้พร้อมส่งต่อไปยังลูกค้า ผู้วิจัยจึงต้องศึกษาเวลาในการผลิตแต่ละขั้นตอน โดยใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) เพื่อระบุปัญหาของกระบวนการผลิตทำให้มองเห็นภาพรวมของการไหลในการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3

จากรูปที่ 3 กระบวนการเริ่มจากซัพพลายเออร์ส่งวัตถุดิบเข้าสู่ระบบการผลิตผ่านการควบคุมการผลิตและกำหนดตารางการทำงาน แต่ละขั้นตอนการผลิตมีระยะเวลาและอัตราผลตอบแทน (%Yield) ที่แตกต่างกัน จุดที่มีปัญหาคือกระบวนการประกอบ 1 และ 2 ซึ่งมีอัตราผลตอบแทนต่ำ (70%) และเป็นคอขวดรวมเวลาในการผลิตทั้งหมดอยู่ที่ 307 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นโอกาสในการปรับปรุงเพื่อลดของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ผู้วิจัยจึงต้องมีการกำหนดค่าจังหวะความต้องการของลูกค้า (Takt Time) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับรอบเวลาการผลิตด้วยวิธีการคำนวณจากข้อมูลเวลาการทำงานเฉลี่ยปกติต่อวันกับความต้องการของลูกค้า ดังนี้

- เวลาทำงานเฉลี่ยปกติต่อวัน 480นาทีต่อวัน Takt Time = 480/7
- ความต้องการของลูกค้า 7 เครื่องต่อวัน = 68.57 นาทีต่อเครื่อง



รูปที่ 3 แผนผังสายธารแห่งคุณค่ากระบวนการผลิตโรตารี่พรวนดิน

แผนผังสายธารแห่งคุณค่ากระบวนการผลิตโรตารี่พรวนดินปัจจุบันมีกำลังการผลิต (Capacity) จากเวลาทำงานเฉลี่ยปกติต่อวัน 480 นาที รอบเวลาการผลิตก่อนการปรับปรุง 94 นาทีต่อเครื่อง = 480/94 = 5 เครื่องต่อวัน

เป้าหมายในการผลิต = 7 เครื่องต่อวัน

ประสิทธิภาพกระบวนการผลิต = (5/7) *100

= 70.42%

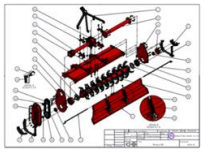
3.2 การเก็บข้อมูลและคำนวณเวลามาตรฐาน

จากการสำรวจสภาพปัจจุบันของการผลิตโรตารี่พรวนดิน ซึ่งมีรอบเวลาการผลิตสูงกว่าค่าจังหวะความต้องการของลูกค้า มีอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้ตามมาตรฐานคุณภาพจากกระบวนการผลิต (Yield) 70% ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิตด้วยการใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต (Process Flow Chart) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 การหาเวลามาตรฐานสถานีการประกอบโรตารี่สถานีงานที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต ☑ คน ☐ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

ชื่อหน่วยงาน: บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด
ที่ตั้ง: เลขที่ 135 หมู่ที่ 2 ต.นิคมสงเคราะห์ อ.เมือง จ.อุดรธานี
กรรมวิธี: การประกอบโรตารี่พรวนดินสถานีงานที่ 1



	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์ ●	➡	D	■	▼
1. เคลื่อนฝากระโปรงวางแท่นประกอบ	2.6	0.3		➡			
2. เดินไป-กลับ หยิบซัพพอรต์หัวเกียร์ตัวล่าง	1.8	0.05		➡			
3. ใส่ซัพพอรต์หัวเกียร์ตัวล่าง	0	2	●				
4. เคลื่อนชุดหัวเกียร์มาแท่นประกอบ	3	0.15		➡			
5. ประกอบชุดหัวเกียร์	0	6	●				
6. เดินไป-กลับ หยิบซัพพอรต์หัวเกียร์ตัวบน	1.8	0.05		➡			
7. ใส่ชุดซัพพอรต์หัวเกียร์ตัวบน	0	2	●				
8. เดินไป-กลับ หยิบชุดฝาข้าง	2.2	0.05		➡			
9. ประกอบชุดฝาข้าง	0	8	●				
10. เดินไป-กลับ หยิบขาสกรี	0	0.1		➡			
11. ประกอบขาสกรี	3.8	2	●				
12. ใช้สว่านขัดน็อตทุกตำแหน่ง	0	5	●				
13. นำเครื่องออกจากแท่นประกอบ	8	1.3	●				
14. เคลื่อนชุดพรวนดินมาที่จุดประกอบ	6.4	1.3		➡			
15. ประกอบชุดพรวนดิน	0	7	●				
16. ยกเครื่องตั้งขึ้นแนวตั้ง	0	0.1	●				
17. เดินไป-กลับ หยิบฝาท้ายและน็อต	5	6		➡			
18. ประกอบใส่ฝาท้าย	0	10	●				
19. เจียรตบแต่งส่วนประกอบ	0	5	●				
20. เดินไป-กลับ หยิบน้ำมัน	6	2		➡			
21. ใส่น้ำมันลงเครื่อง 3 ตำแหน่ง	0	10	●				
22. เคลื่อนเครื่องทดสอบมาที่จุดทดสอบ	0	0.3		➡			
23. ทดสอบการหมุน	0	5				■	
24. จัดเก็บเตรียมรอส่งพ่นสี	0	0.3					▼
รวม	40.6		12	10		1	1
เวลาเฉลี่ยปกติ (Normal Time)		74					

เวลาเผื่อ (Allowance Time)
- เวลาเผื่อความส่วนบุคคล = 10% ของ OT = 7.4
- เวลาเผื่อความเหนื่อยล้า = 8% ของ OT = 5.9
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 2% ของ OT = 1.4
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 1.5% ของ OT = 1.1
- เวลาเผื่ออื่น ๆ = 5% ของ OT = 3.7

รวม = 19.50

เวลามาตรฐาน (Standard Time) =Normal Time + Allowance Time = 74+19.50 = 93.50

รูปที่ 4 แผนภูมิการไหลการประกอบโรตารี่สถานีงานที่ 1

จากรูปที่ 4 แสดงแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตประกอบโรตารี่สถานีงานที่ 1 พบว่าเวลามาตรฐานในการผลิตคือ 93.50 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่เกินค่ากว่าจังหวะความต้องของลูกค้าอยู่ 24.93 นาที

3.2.1 การหาเวลามาตรฐานสถานีการประกอบโรตารี่สถานีงานที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 5

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต ☑ คน ☐ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

ชื่อหน่วยงาน: บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด
ที่ตั้ง: เลขที่ 135 หมู่ที่ 2 ต.นิคมสงเคราะห์ อ.เมือง จ.อุดรธานี
กรรมวิธี: การประกอบโรตารี่พรวนดินสถานีงานที่ 2 (ชุดเทพพนม)

	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์ ●	➡	D	■	▼
1. เคลื่อนย้ายเครื่องวางที่แท่นประกอบ	0	0.3		➡			
2. ใส่ใบมีด ชุดน็อต และวงแหวน	0	25	●				
3. ยิงสว่านเพื่อขันน็อต	0	7	●				
4. ตรวจสอบการยิงและขีดสัญลักษณ์	0	3				■	
5. ต๊าปเกลียว	0	5	●				
6. เคลื่อนย้ายเครื่องมาที่จุดประกอบสุดท้าย	8	1		➡			
7. เคาะเหล็กบริเวณใส่ฝาท้าย	0	0.2	●				
8. เดินไป-กลับ หยิบฝาท้ายและราวฝาท้าย	10	1		➡			
9. เจียรฝาท้าย	0	0.2	●				
10. ประกอบฝาท้าย	0	1.2	●				
11. เดินไป-กลับ หยิบน็อตและเครื่องมือ	3.5	0.5		➡			
12. ตัดเหล็กบริเวณหูสลัก	0	0.3	●				
13. เดินไป -กลับ หยิบชุดสปริงและชุดเทพ	4	1		➡			
14. ประกอบสปริงและชุดเทพนม	0	3	●				
15. เดินไป-กลับ หยิบน็อต	3.5	0.1		➡			
16. ใส่น๊อตแต่ละจุด	0	0.2	●				
17. ใช้สว่านขันน็อตแต่ละจุด	0	0.3	●				
18. ยกเครื่องขึ้น	1	0.10	●				
19. ใช้สว่านขันน็อต	0	0.2	●				
20. เคลื่อนย้ายเครื่องออกจากจุดประกอบ	10	1		➡			
21. เตรียมสี	0	1.3	●				
22. แต้มสีจุดที่บกพร่อง	0	7	●				
รวม	40		14	7		1	
เวลาเฉลี่ยปกติ (Normal Time)		58.9					

เวลาเผื่อ (Allowance Time)
- เวลาเผื่อความส่วนบุคคล = 10% ของ OT = 5.9
- เวลาเผื่อความเหนื่อยล้า = 8% ของ OT = 4.7
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 2% ของ OT = 1.2
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 1.5% ของ OT = 0.9
- เวลาเผื่ออื่น ๆ = 5% ของ OT = 2.9

รวม = 15.60

เวลามาตรฐาน (Standard Time) =Normal Time + Allowance Time = 58.90+15.60 = 74.50

หมายเหตุ OT = Operation Time = เวลาปฏิบัติงานที่วิเคราะห์ได้เบื้องต้น

รูปที่ 5 แผนภูมิการไหลการประกอบโรตารี่สถานีงานที่ 2

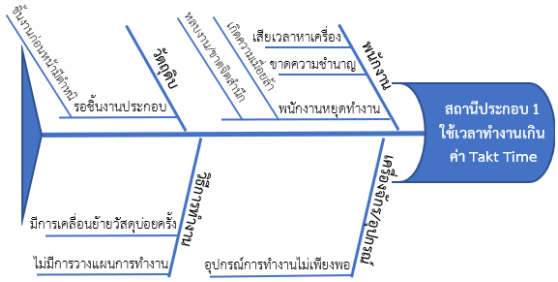
จากรูปที่ 5 แสดงแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตประกอบโรตารี่สถานีงานที่ 2 ชุดเทพพนม พบว่าเวลามาตรฐานในการผลิตคือ 74.50 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่เกินค่ากว่าจังหวะความต้องของลูกค้าอยู่ 5.93 นาที

3.3 วิเคราะห์ปัญหาและกำหนดแนวทางการแก้ไข

จากข้อมูลรอบเวลามาตรฐานของกระบวนการประกอบโรตารี่พรวนดินและชุดเทพพนมพบว่าปัญหาหลักเกิดจาก

กระบวนการปฏิบัติงานที่ไม่มีความสมดุลและขาดความสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ดังข้อมูลต่อไปนี้

3.3.1 การวิเคราะห์ปัญหากระบวนการประกอบโรตารี่ ด้วยแผนผังก้างปลาสถานีประกอบที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาสถานีประกอบที่ 1

จากรูปที่ 6 พบว่ากระบวนการประกอบโรตารี่ มีการเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างกระบวนการบ่อยครั้งส่งผลให้เกิดความล้าช้าและพนักงานเกิดความเมื่อยล้า โดยขั้นตอนการเคลื่อนย้ายก่อนการปรับปรุง ดังแสดงได้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายก่อนการปรับปรุง

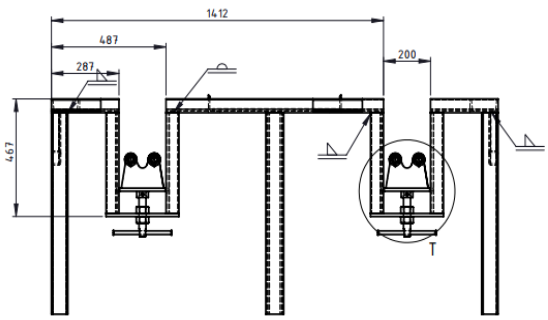
ครั้งที่	ภาพประกอบ	กระบวนการ
1		เคลื่อนย้ายฝากระโปรงวาง บนแท่นประกอบ
2		เคลื่อนชุดหัวเกียร์มายสายประกอบ
3		เคลื่อนย้ายเครื่องออกจากแท่นประกอบ
4		เคลื่อนย้ายชุดพรวนดินมายังจุดประกอบ
5		ยกเครื่องตั้งขึ้นในแนวตั้ง
6		เคลื่อนย้ายเครื่องมาจุดทดสอบการหมุน
7		เคลื่อนจัดเก็บเตรียมส่งพ่นสี

จากตารางที่ 1 แสดงปัญหาความสูญเปล่าจากขั้นตอนการเคลื่อนย้ายวัสดุที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบโรตารี่ 1 ชุด ซึ่งมีมากถึง 7 ขั้นตอน ต้องใช้เครนเป็นอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายเนื่องจากชิ้นส่วนที่ประกอบมีน้ำหนักมากและโต๊ะประกอบไม่สามารถประกอบราวผานพรวนได้จึงต้องย้ายเครื่องลงมาจากโต๊ะประกอบเพื่อวางบนที่พื้นแนวนอนเพื่อประกอบราวผานพรวนก่อน ส่งผลให้สูญเสียเวลาในการประกอบและการเคลื่อนย้ายบ่อยครั้งทำให้พนักงานเกิดความเมื่อยล้า ผู้วิจัยจึงกำหนดแนวทางในการแก้ไข ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กำหนดแนวทางการแก้ไขการประกอบโรตารี่ 1

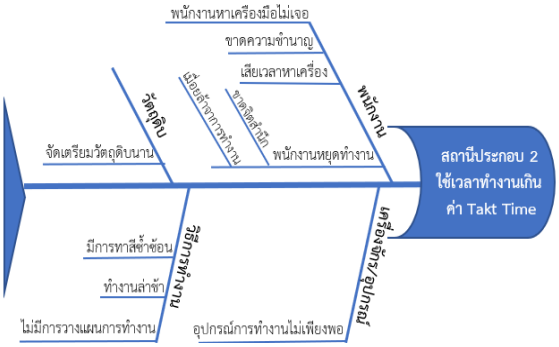
ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
การประกอบโรตารี่ใช้เวลาเกินค่า Takt Time	มีการเคลื่อนย้ายบ่อย เกิดความเมื่อยล้า	ออกแบบ-สร้างโต๊ะประกอบใหม่
	พนักงานขาดความรู้	จัดทำ WI

จากตารางที่ 2 แนวทางการแก้ไขปัญหาการประกอบโรตารี่ ผู้วิจัยนำมาออกแบบโต๊ะประกอบที่สามารถประกอบได้แบบเบ็ดเสร็จเพื่อลดการใช้เคลนเคลื่อนย้ายและแนวทางควรจะประกอบได้ครั้งละ 2 เครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การออกแบบโต๊ะประกอบโรตารี่

3.3.2 การวิเคราะห์ปัญหากระบวนการประกอบโรตารี่ ด้วยแผนผังก้างปลาสถานีประกอบที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผนผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาสถานีประกอบที่ 2

จากรูปที่ 8 พบว่ากระบวนการประกอบที่ 2 ชุดเทพพนม พบว่าขั้นตอนการทาสีพนักงานมีการทำงานซ้ำซ้อน ขาดการวางแผนในการประกอบ พนักงานขาดความชำนาญ ส่งผลให้สูญเสียเวลา ผู้วิจัยจึงนำกำหนดแนวทางในการแก้ไข ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กำหนดแนวทางการแก้ไขการประกอบโรตารี่ 1

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
ประกอบชุดเทพพนม ใช้เวลาเกินค่า Takt Time	พ่นสีซ้ำซ้อน	ปรับวิธีการทำงาน
	ไม่มีการวางแผน	จัดทำ WI
	ขาดความชำนาญ	
	ขาดจิตสำนึก	จัดอบรมพนักงาน

จากตารางที่ 3 แนวทางการแก้ไขปัญหาการประกอบชุดเทพพนมใช้เวลาทำงานเกินค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าเนื่องจากขั้นตอนการทาสีมีการทำงานที่ซ้ำซ้อน ผู้วิจัยจึงนำมาวิเคราะห์ปัญหาซ้ำอีกครั้งเพื่อค้นหารากเหง้าของปัญหาที่แท้จริงด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม ทำไม ทำไม ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 วิเคราะห์ปัญหาการทาสีซ้ำซ้อน

ปัญหา	ทำไม	ทำไม	ทำไม
พ่นสีซ้ำซ้อน	**เพราะว่า:** สีหลุดถลอก	**เพราะว่า:** เกิดการเคาะและงัดเพื่อให้ประกอบเข้า	**เพราะว่า:** การเชื่อมทำให้เหล็กขยายตัว
มาตรการตอบโต้			
ต้องปรับให้ได้ขนาดหลังจากการเชื่อม ด้วยการออกแบบอุปกรณ์กำหนดขนาด			

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ขั้นตอนการทาสีชุดเทพพนมเกิดความซ้ำซ้อนเนื่องจากบางจุดเกิดสีหลุดเป็นรอยถลอก ซึ่งเกิดจากการเคาะและงัดส่วนขณะทำการประกอบ ดังแสดงในรูปที่ 9

รูปที่ 9 การประกอบชุดเทพพนมก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 9 มาตรการตอบโต้ จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาแนะนำให้ มีการออกแบบอุปกรณ์กำหนดขนาดเพื่อใช้ในการทดสอบขณะทำการเชื่อมก่อนส่งชิ้นส่วนอุปกรณ์มายังสายการประกอบเพื่อลดการงัดและเคาะของพนักงานขณะทำการประกอบ

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการสรุปผลการกำหนดแนวทางการแก้ไข ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การปรับปรุงแก้ไขปัญหาสถานีงานประกอบที่ 1 มีรอบเวลาการผลิตเกินค่าจังหวะความต้องการของลูกค้า จากการกำหนดแนวทางการแก้ไขผู้วิจัยได้ออกแบบโต๊ะประกอบโรตารี่เพื่อลดการเคลื่อนย้ายวัสดุในระหว่างกระบวนการและสามารถประกอบได้พร้อมกัน 2 เครื่อง จากนั้นนำไปจัดสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 10

รูปที่ 10 โต๊ะอุปกรณ์ต้นแบบในการประกอบโรตารี่

จากรูปที่ 10 หลังจากจัดสร้างโต๊ะอุปกรณ์ต้นแบบ ผู้วิจัยนำไปทดสอบใช้งานจริงในกระบวนการประกอบโรตารี่พรวนดิน ดังแสดงในรูปที่ 11

รูปที่ 11 การทดสอบใช้งานจริงของโต๊ะประกอบโรตารี่

จากการทดสอบการใช้งานจริงในการประกอบโรตารี่ของโต๊ะประกอบงานผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิต ก่อนและหลังการปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบ ยืนยันผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 รอบเวลาการประกอบ ก่อนและหลังปรับปรุง

ครั้งที่	รอบเวลา (ก่อน)	รอบเวลา (หลัง)
1	36	20
2	35	18
3	37	21
4	35	18
5	32	16
6	34	19
7	33	22
8	34	18
9	32	20
10	33	17
11	34	18
12	35	19
ค่าเฉลี่ย	34.17	18.83

จากข้อมูลการทดสอบและเปรียบเทียบในส่วนของการประกอบโรตารี่ เฉพาะส่วนที่มีการเคลื่อนย้ายวัสดุสามารถลดรอบเวลาได้จาก 34.17 นาที เหลือ 18.83 นาที ลดลง 15.34 นาที คิดเป็น 44.89% และผลของการปรับปรุงเหลือขั้นตอนในการใช้เคลนเคลื่อนย้ายวัสดุ ดังแสดงในตารางที่ 6

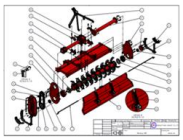
ตารางที่ 6 การใช้เคลนเคลื่อนย้ายวัสดุ หลังการปรับปรุง

ครั้งที่	ภาพประกอบ	กระบวนการและเวลา
1		เคลื่อนราวพรวนวางบนโต๊ประกอบ (0.6 นาที)
2		เคลื่อนฝากระโปรงมาวางบนโต๊ะประกอบ (0.5 นาที)
3		เคลื่อนชุดหัวเกียร์มาวางบนโต๊ะประกอบ (0.6 นาที)
4		เคลื่อนย้ายโรตารี่ออกจากโต๊ะประกอบ (1.3 นาที)

จากตารางที่ 6 การเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงพบว่าสามารถตัดขั้นตอนการเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างกระบวนการได้จาก 7 ขั้นตอนเหลือ 4 ขั้นตอน ลดลง 3 ขั้นตอน คิดเป็น 42.85% รอบเวลาในใช้เคลนเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างกระบวนการเฉลี่ย 3 นาทีต่อการประกอบโรตารี่ 1 เครื่อง ส่วนปัญหาที่พนักงานขาดความชำนาญในการประกอบ ซึ่งทำให้การประกอบใช้เวลาค่อนข้างมาก หลังจากการจัดสร้างโต๊ะประกอบโรตารี่ ต้นแบบ ผู้วิจัยได้ทำการจัดสร้างมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน (Work instruction) เพื่อให้พนักงานได้ปฏิบัติตามขั้นตอน และมีการจัดอบรมเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ในการใช้งานตามมาตรฐาน จากนั้นผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลขั้นตอนการปฏิบัติงานและเวลามาตรฐานของแต่ละขั้นตอน ด้วยแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต หลังการปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 12

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต ☐ คน ☑ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

ชื่อหน่วยงาน: บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด
ที่ตั้ง: เลขที่ 135 หมู่ที่ 2 ต.นิคมสงเคราะห์ อ.เมือง จ.อุดรธานี
กรรมวิธี: การประกอบโรตารีพรวนดินสถานีงานที่ 1
(หลังการปรับปรุง)



ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	●	➡	D	■	▼
1. เคลื่อนย้ายราวพรวนวางบนโต๊ะประกอบ	2.5	0.6		➡			
2. เคลื่อนฝากระโปรงมาวางบนโต๊ะประกอบ	2.0	0.6		➡			
3. ใส่ซัพพอรต์หัวเกียร์ตัวล่าง	0	1.0	●				
4. เคลื่อนชุดหัวเกียร์มาวางบนโต๊ะประกอบ	2.5	0.6		➡			
5. ประกอบชุดหัวเกียร์	0	4.0	●				
6. ใส่ซัพพอรต์ตัวบน	0	1.0	●				
7. ประกอบชุดฝาข้าง	0	7.0	●				
8. ประกอบขาสกรี	0	2.0	●				
9. ใช้สว่านขันน็อตทุกตำแหน่ง	0	5.0	●				
10. เคลื่อนย้ายโรตารี่ออกจากโต๊ะประกอบ	8	1.5		➡			
11. ประกอบโซ่ฝาข้าง	0	10	●				
12. ใส่น้ำมันลงเครื่อง 3 ตำแหน่ง	0	10	●				
13. ทดสอบการหมุน	0	5.0				■	
14. จัดเก็บเตรียมส่งพ่นสี	0	0					▼
รวม	15		8	4		1	1
เวลาเฉลี่ยปกติ (Normal Time)		48					

เวลาเผื่อ (Allowance Time)
- เวลาเผื่อความส่วนบุคคล = 10% ของ OT = 4.8
- เวลาเผื่อความเหนื่อยล้า = 8% ของ OT = 3.8
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 2% ของ OT = 1.0
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 1.5% ของ OT = 0.7
- เวลาเผื่ออื่น ๆ = 5% ของ OT = 2.4

รวม = 12.70

เวลามาตรฐาน (Standard Time) =Normal Time + Allowance Time = 48+12.70 = 60.70

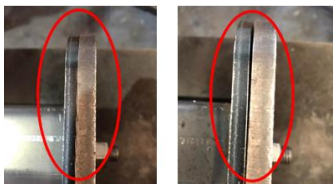
หมายเหตุ OT = Operation Time = เวลาปฏิบัติงานที่วิเคราะห์ได้เบื้องต้น

รูปที่ 12 แผนภูมิการไหลการประกอบ 1 หลังปรับปรุง

จากรูปที่ 12 แผนภูมิการไหลการประกอบโรตารี่หลังการปรับปรุง พบว่าขั้นตอนการปฏิบัติงานลดลงจาก 24 ขั้นตอน เหลือ 14 ขั้นตอน ลดลง 10 ขั้นตอน คิดเป็น 58.33% รอบเวลามาตรฐานลดลงจาก 93.50 นาที เหลือ 60.70 นาทีต่อการประกอบโรตารี่ 1 เครื่อง ซึ่งต่ำกว่าค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าอยู่ 32..83 นาที ส่งผลให้

กระบวนการผลิตสามารถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้าในเวลาทำงานเฉลี่ยปกติต่อวัน

4.2 การปรับปรุงปัญหาสถานีงานประกอบที่ 2 การทาสีซ้ำซ้อน สาเหตุจากการเคาะและงัดชิ้นส่วนในกระบวนการประกอบโดยเฉพาะชิ้นส่วนซัพพอรต์ฝากระโปรงบน และสลักหูสปริง ปัญหาเกิดจากขั้นตอนการเชื่อมด้วยแขนกลเหล็กที่ใช้สำหรับผลิตชิ้นส่วนจะมีความหนาที่แตกต่างกัน คือ 6 มิลลิเมตร กับ 9 มิลลิเมตร ทำให้ขณะเชื่อมเกิดการสะสมความร้อนเกิดการบิดและหดตัว ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 ความหนาที่แตกต่างของวัสดุในการผลิต

จากรูปที่ 13 ผู้วิจัยออกแบบจัดทำอุปกรณ์การตรวจสอบระยะความยาว คือ แท่งเหล็กที่มีขนาดพอดีกับชุดฝาท้าย มีลักษณะเป็นแท่งเหล็กยาว 158.6 เซนติเมตร ใช้กับโรตารี่รุ่น RT-165 และแท่งเหล็กยาว 176.1 เซนติเมต ใช้กับรุ่น RT-185 แสดงดังรูปที่ 14

รูปที่ 14 อุปกรณ์ตรวจสอบระยะความยาวฝากระโปรงบน

จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขปัญหาของสลักหูสปริง โดยเริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตสลักหูสปริงขนาดลอต 150 ชิ้น การตรวจสอบทั่วไปที่ระดับ 3 ค่า AQL = 2.5% ทำการชักตัวอย่างเพื่อตรวจสอบจำนวน 32 ชิ้น โดยมีเงื่อนไข ความกว้าง 30 ± 0.5 มิลลิเมตร หากพบข้อบกพร่องไม่เกิน 2 ชิ้น ให้ยอมรับลอตการผลิตแต่หากพบ 3 ชิ้นขึ้นไปให้ปฏิเสธลอตการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แผนการชักตัวอย่างหูสลักสปริง ก่อนปรับปรุง

ชิ้นที่	ก่อนเชื่อม	หลังเชื่อม	ชิ้นที่	ก่อนเชื่อม	หลังเชื่อม
1	26.5	25	17	25.4	24.3
2	26.5	25.5	18	27.1	26.4
3	26.6	25	19	25.4	24.1
4	25.5	24.9	20	25.5	24.1
5	25.5	24.6	21	25.6	24.5
6	26.6	25.2	22	25.8	24.1
7	25.6	24.4	23	25.6	24.2
8	26.2	24.2	24	25.7	24.5
9	25.8	25	25	26.8	25.1
10	25.9	24.8	26	25.4	24.2
11	26.1	25.2	27	26.5	25.3
12	27.2	26.5	28	26.5	24.9
13	25.5	24.8	29	25.4	25.1
14	26.8	25.3	30	25.2	24.5
15	27.2	26.1	31	26.4	25.3
16	26.4	25.9	32	26.5	25.5

จากตารางที่ 7 ผลการตรวจสอบหูสลักสปริงจำนวน 32 ชิ้น พบว่าได้รับการปฏิเสธทุกชิ้น ทั้งก่อนและหลังการเชื่อมประกอบ แต่จากการตรวจสอบการทำงานจริงของพนักงานเมื่อได้รับชิ้นงานไปประกอบ ทำให้ทราบว่าระยะความกว้างของหูสลักสปริงไม่ได้ขนาดตามที่กำหนดไว้ตั้งแต่ขั้นตอนการพับทีมีขนาดความกว้าง 26.08 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้ามสปริง 29 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 15

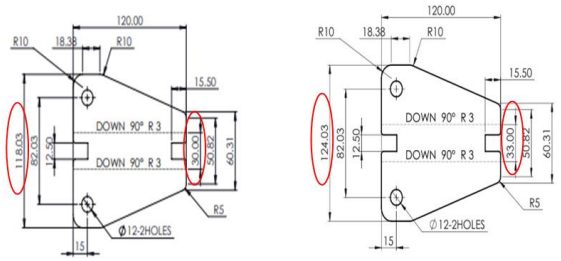
รูปที่ 15 ลักษณะปัญหาของหูสลักสปริง

จากรูปที่ 15 เป็นสาเหตุให้พนักงานต้องงัดหูสลักให้กว้างขึ้นเพื่อจะใส่ด้ามสปริงได้พอดี ส่งผลให้เสียเวลาในการประกอบและทำให้ชิ้นงานบานออกไม่แข็งแรงและไม่สวยงาม รวมถึงสีเกิดความเสียหายต้องทำการซ่อม

จากนั้นผู้วิจัยทำการศึกษาขั้นตอนการพับหูสลักสปริง พบว่าวิธีการพับไม่สามารถพับให้ได้ขนาดความกว้าง 30 ± 0.5 มิลลิเมตร ได้เนื่องจากร่องพับขนาด 30 มิลลิเมตร ไม่สามารถพับร่องกลางของหูสลักสปริงได้ จึงต้องใช้ร่องการพับขนาดความกว้าง 25 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ระยะความกว้างหลังการพับแคบกว่า 30 มิลลิเมตร เฉลี่ยความกว้างทำได้สูงสุดที่เฉลี่ย 26.08 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 16

รูปที่ 16 การพับหูสลักสปริง

จากรูปที่ 16 ผู้วิจัยแนะนำให้สายการผลิตแก้ไขแบบงาน โดยเพิ่มระยะความกว้างของรอยบากจาก 30 มิลลิเมตร เป็น 33 มิลลิเมตร และความกว้างจาก 118 มิลลิเมตร เป็น 124.03 มิลลิเมตร รวมถึงการสร้างสลักสอดไว้ในร่องเพื่อป้องกันการหดตัวขณะเชื่อม ดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 17 แบบชิ้นส่วนหูสลักสปริง ก่อนและหลังปรับปรุง

หลังจากการออกแบบชิ้นงานหูสลักสปริงแล้วนำไปเข้ากระบวนการพับเสร็จเรียบร้อย ก่อนนำไปเข้าขั้นตอนงานเชื่อมผู้วิจัยทำการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันการหดตัวของชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 18

รูปที่ 18 อุปกรณ์ป้องกันการหดตัวขณะเชื่อม

จากนั้นทำการชักตัวอย่างเพื่อตรวจสอบอีกครั้งจำนวน 32 ชิ้น ผลการตรวจสอบ ดังแสดงในตารางที่ 8

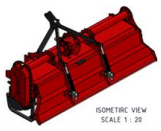
ตารางที่ 8 แผนการชักตัวอย่างหูสลักสปริง หลังปรับปรุง

ชิ้นที่	ก่อนเชื่อม	หลังเชื่อม	ชิ้นที่	ก่อนเชื่อม	หลังเชื่อม
1	30.4	30.4	**17**	30.1	30.1
2	30.2	30.2	**18**	29.8	29.8
3	30.5	30.5	**19**	30.4	30.4
4	29.8	29.8	**20**	30.1	30.1
5	30.0	30.0	**21**	30.6	30.5
6	30.0	30.0	**22**	29.6	29.6
7	31.2	31.2	**23**	30.3	30.3
8	29.8	29.8	**24**	30.4	30.4
9	30.2	30.2	**25**	30.4	30.4
10	30.5	30.5	**26**	29.9	29.9
11	30.4	30.4	**27**	29.9	29.8
12	30.2	30.2	**28**	30.0	30.0
13	29.9	29.9	**29**	30.4	30.4
14	30.0	30.0	**30**	29.2	29.2
15	29.6	29.6	**31**	29.6	29.8
16	29.5	29.5	**32**	30.5	30.5

ผลจากการตรวจสอบหูสลักสปริงจำนวน 32 ชิ้น พบว่าหูสลักสปริงได้รับการยอมรับทุกชิ้น เนื่องจากระยะความกว้างจากการพับอยู่ในพิกัดที่กำหนดไว้ และหลังขั้นตอนการเชื่อมชิ้นงานมีขนาดความกว้างเท่าเดิม ส่งผลให้รอบเวลาการผลิตในสถานีงานประกอบ 2 การเตรียมสีและแต้มสีจุดที่บกพร่องลดลง = 1.3 นาที + 7 นาทีต่อการประกอบ 1 เครื่อง = 8.30 นาที จากนั้นผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลขั้นตอนการปฏิบัติงานและเวลามาตรฐานของแต่ละขั้นตอน ด้วยแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต หลังการปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 19

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต ☐ คน ☑ วัสดุ ☐ เครื่องจักร

ชื่อหน่วยงาน: บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด
ที่ตั้ง: เลขที่ 135 หมู่ที่ 2 ต.นิคมสงเคราะห์ อ.เมือง จ.อุดรธานี
กรรมวิธี: การประกอบโรตารี่พรวนดินสถานีงานที่ 2 (ชุดเทพพนม) **(หลังการปรับปรุง)**
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน



	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์ ●	➡	D	■	▼
1. เคลื่อนย้ายเครื่องวางที่แท่นประกอบ	0	0.3		➡			
2. ใส่ใบมีด ชุดน็อต และวงแหวน	0	25	●				
3. ยิงสว่านเพื่อขันน็อต	0	7	●				
4. ตรวจสอบการยิงและขีดสัญลักษณ์	0	3				■	
5. ต้าปเกลียว	0	5	●				
6. เคลื่อนย้ายเครื่องมาที่จุดประกอบสุดท้าย	8	1		➡			
7. เคาะเหล็กบริเวณใส่ฝาท้าย	0	0.2	●				
8. เดินไป-กลับ หยิบฝาท้ายและราวฝาท้าย	10	1		➡			
9. เจียรฝาท้าย	0	0.2	●				
10. ประกอบฝาท้าย	0	1.2	●				
11. เดินไป-กลับ หยิบน็อตและเครื่องมือ	3.5	0.5		➡			
12. ตัดเหล็กบริเวณหูสลัก	0	0.3	●				
13. เดินไป -กลับ หยิบชุดสปริงและชุดเทพ	4	1		➡			
14. ประกอบสปริงและชุดเทพนม	0	3	●				
15. เดินไป-กลับ หยิบน็อต	3.5	0.1		➡			
16. ใส่น็อตแต่ละจุด	0	0.2	●				
17. ใช้สว่านขันน็อตแต่ละจุด	0	0.3	●				
18. ยกเครื่องขึ้น	1	0.10	●				
19. ใช้สว่านขันน็อต	0	0.2	●				
20. เคลื่อนย้ายเครื่องออกจากจุดประกอบ	10	1		➡			
รวม	**40**		12	7		1	
เวลาเฉลี่ยปกติ (Normal Time)		50.6					

เวลาเผื่อ (Allowance Time)
- เวลาเผื่อความส่วนบุคคล = 10% ของ OT = 5.1
- เวลาเผื่อความเหนื่อยล้า = 8% ของ OT = 4.0
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 2% ของ OT = 1.0
- เวลาเผื่ออุบัติเหตุ = 1.5% ของ OT = 0.8
- เวลาเผื่ออื่น ๆ = 5% ของ OT = 2.5

รวม = 13.40

เวลามาตรฐาน (Standard Time) =Normal Time + Allowance Time = 50.60+13.40 = 64.00

หมายเหตุ OT = Operation Time = เวลาปฏิบัติงานที่วิเคราะห์ได้เบื้องต้น

รูปที่ 19 แผนภูมิการไหลการประกอบ 2 หลังปรับปรุง

จากรูปที่ 19 แผนภูมิการไหลการประกอบโรตารี่หลังการปรับปรุง พบว่าขั้นตอนการปฏิบัติงานลดลงจาก 22 ขั้นตอน เหลือ 20 ขั้นตอน ลดลง 2 ขั้นตอน คิดเป็น 9.09%

รอบเวลามาตรฐานลดลงจาก 74.50 นาที เหลือ 64.00 นาที ต่อการประกอบโรตารี่ 1 เครื่อง ซึ่งต่ำกว่าค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าอยู่ 4.57 นาที ส่งผลให้กระบวนการผลิตสามารถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้าในทำงานเวลาเฉลี่ยปกติต่อวัน

จากการดำเนินงานปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตเครื่องจักรกลการเกษตรในสายการประกอบโรตารี่พรวนดิน หลังการปรับปรุงสามารถผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้าได้ในเวลาเฉลี่ยปกติต่อวัน ทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น สามารถคำนวณได้ดังนี้

ประสิทธิภาพกระบวนการผลิต = (7/7) *100

= 100%

จากการคำนวณประสิทธิภาพกระบวนการผลิต หลังการปรับปรุงพบว่า เพิ่มขึ้นจาก 70.42% เป็น 100% คิดเป็นเพิ่มขึ้น 29.58%

จากนั้นผู้วิจัยทำการทดสอบยืนยันผลทางสถิติของความแตกต่างในกรบวนการผลิต ตั้งสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ใช้ข้อมูลจากตารางที่ 5 รอบเวลาการประกอบ ก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งจะเป็นการทดสอบค่าเฉลี่ย ที่เป็นอิสระต่อกัน ดังนี้

สมมติฐานทั่วไป

H_0: เวลาการประกอบไม่มีความแตกต่างกัน

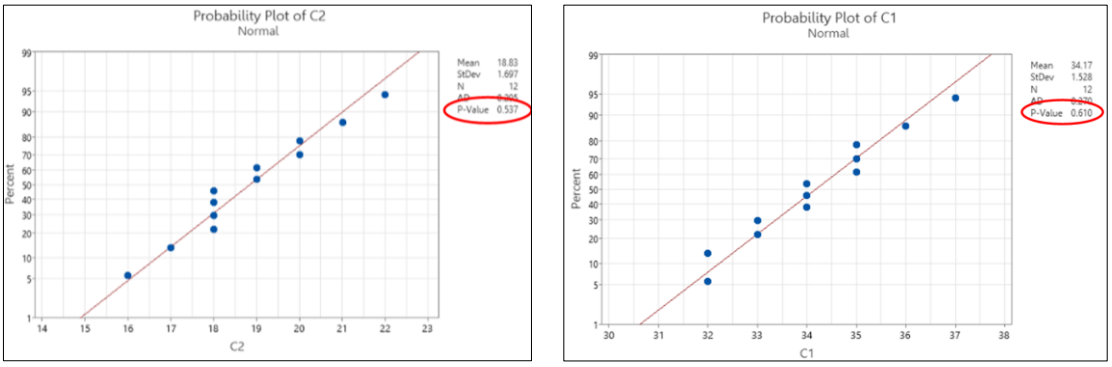
H_1: เวลาการประกอบมีความแตกต่างกัน

สมมติฐานทางสถิติ

H_0: $\mu_1 = \mu_2$

H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$

ผลการทดสอบ โดยใช้โปรแกรม Normality test ดังแสดงในรูปที่ 20



รูปที่ 20 ผลการทดสอบทางสถิติ

จากรูปที่ 20 ผลการทดสอบ Normality test กราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและค่า P-Value ของข้อมูลทั้งสองมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลการจับเวลาการปฏิบัติงานมีการกระจายแบบปกติ ผู้วิจัยนำข้อมูลไปทดสอบ Two sample T-test ด้วยโปรแกรม Minitab ผลการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 21

Method

μ_1: population mean of C1
μ_2: population mean of C2
Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
C1	12	34.17	1.53	0.44
C2	12	18.83	1.70	0.49

Estimation for Difference

Difference	Pooled StDev	95% CI for Difference
15.333	1.614	(13.967, 16.700)

Test

Null hypothesis H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$
Alternative hypothesis H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
23.27	22	0.000

รูปที่ 21 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 21 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab พบว่า ค่า P-value มีค่า 0.00 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลักและยอมรับสมมติฐานรอง แสดงให้เห็นว่าเวลาการประกอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และรอบเวลาผลิตเฉลี่ยในการประกอบโดยการใช้โต๊ะที่ออกแบบสามารถประกอบได้เร็วกว่าวิธีการประกอบแบบเดิม

สรุปแนวทางการปรับปรุงที่กำหนดขึ้นเพื่อลดความสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตประกอบด้วยการออกแบบโต๊ะประกอบเฉพาะสถานี เพื่อลดเวลาการเคลื่อนย้ายวัสดุและลดความเมื่อยล้าของพนักงาน การพัฒนาอุปกรณ์ป้องกันการหดตัวของชิ้นงานในกระบวนการเชื่อมเพื่อเพิ่มความคงที่ในการประกอบ ตลอดจนการจัดทำและฝึกอบรมตามมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) เพื่อยกระดับทักษะความชำนาญของพนักงาน ผลลัพธ์ที่ได้หลังการปรับปรุง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) รอบเวลาการผลิตในสถานีประกอบ 1 และ 2 ลดลงจาก 93.50 นาที เป็น 60.70 นาที คิดเป็นลดลง 35.11% และสถานีประกอบ 2 ลดลงจาก 74.50 นาที เป็น 64.00 นาที คิดเป็นลดลง 14.09%

2) กำลังการผลิตโรตารี่ต่อวันเพิ่มขึ้นจาก 5 เครื่อง เป็น 7 เครื่อง คิดเป็นเพิ่มขึ้น 28.57%

3) ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างกระบวนการผลิตของสถานีงานประกอบที่ 1 ลดลงจาก 7 ขั้นตอน เหลือ 4 ขั้นตอนคิดเป็นลดลง 42.85%

4) ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตโดยรวมเพิ่มขึ้นจาก 70.42% เป็น 100% สะท้อนถึงการใช้ทรัพยากรที่เหมาะสมและสร้างโอกาสในการแข่งขันได้มากยิ่งขึ้น

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยประยุกต์ใช้แนวคิดลีน เพื่อลดความสูญเปล่าและเพิ่มความสมดุลของสายการผลิต จากการวิเคราะห์โดยใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (VSM) และแผนผังก้างปลา พบว่าสาเหตุหลักของประสิทธิภาพต่ำเกิดจากกระบวนการทำงานที่ไม่สมดุล และมีการเคลื่อนย้ายวัสดุที่มากเกินความจำเป็น ซึ่งส่งผลให้กระบวนการผลิตเกิดความล่าช้า แนวทางการแก้ไขที่นำมาใช้ ได้แก่ การออกแบบโต๊ะประกอบเฉพาะสถานีงานเพื่อลดเวลาการเคลื่อนย้าย การพัฒนาอุปกรณ์ป้องกันการหดตัวของชิ้นงานในกระบวนการเชื่อม และการจัดทำคู่มือปฏิบัติงานมาตรฐาน (Work Instruction) เพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดของพนักงาน ส่งผลให้รอบเวลาการผลิตลดลง กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น และต้นทุนแรงงานลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ผลการปรับปรุงยังแสดงให้เห็นว่าสามารถผลิตได้ตรงตามความต้องการของลูกค้าโดยไม่ต้องเพิ่มชั่วโมงทำงานล่วงเวลา ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วย และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันขององค์กร การใช้เครื่องมือทางวิศวกรรม เช่น แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (VSM) และแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ผลการการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบและการเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในแนวคิดการผลิตแบบลีนทำให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ องค์กรสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น สนับสนุนความยั่งยืนด้านเศรษฐกิจและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลการเกษตรได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในอนาคตควรพิจารณานำระบบ IoT หรือระบบการจัดการการผลิต (Production Management System) มาใช้ เพื่อติดตามการเคลื่อนย้ายวัสดุ สถานะการผลิต และเวลารอบการผลิตแบบเรียลไทม์ ข้อมูลที่ได้จะช่วยให้การวิเคราะห์ปัญหามีความแม่นยำมากขึ้น และสามารถตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว

2) มีการเสริมสร้างทักษะพนักงานอย่างต่อเนื่องด้วยการจัดฝึกอบรมพัฒนาทักษะสำหรับพนักงานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อช่วยรักษามาตรฐานคุณภาพในการผลิต และควรมีการจัดทำคู่มือการทำงานที่เข้าใจง่าย พัฒนาหัวหน้าควบคุมงานหรือหัวหน้าสายการผลิตให้มีทักษะด้านการสอนงานเพื่อส่งเสริมให้พนักงานใหม่หรือพนักงานที่ขาดทักษะสามารถพัฒนาได้อย่างรวดเร็ว

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความร่วมมือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่าน ขอขอบคุณผู้บริหารและพนักงานของ บริษัท สิริวัฒนาโลหะกิจ จำกัด ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล ตลอดจนเปิดโอกาสให้ลงพื้นที่ศึกษากระบวนการผลิตอย่างละเอียด ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ต้นสังกัดของผู้วิจัยผู้ประพันธ์บรรณกิจที่ให้การสนับสนุนในเรื่องของเวลาและโอกาสในการทำวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] E. Ozcan and S. M. Islam, “A new productivity measurement framework for manufacturing

systems," *Int. J. Prod. Econ.,* vol. 228, p. 107735, 2020.

[2] S. Yang, "Research on the efficiency improvement of human-machine collaboration in manufacturing production process," *Front. Bus. Econ. Manag.,* vol. 16, no. 1, pp. 355–360, 2024.

[3] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation,* 2 nd ed. New York: Productivity Press, 2019.

[4] O. Honcharenko, "Efficiency of business processes based on lean production technologies," *Nauk. Vìsnik Sìversìnì, Ser. Educ.,* no. 02, pp. 51-56, 2024.

[5] M. Rother and J. Shook, *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*, 1 st ed. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute, 1999.

[6] M. Salwin, K. Pszczółkowska, M. Pałęga, and A. Kraslawski, "Value-stream mapping as a tool to improve production and energy consumption: A case study of a manufacturer of industrial hand tools," *Energies*, vol. 16, no. 21, p. 7292, 2023.

[7] M. P. Groover, *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing,* 5 th ed. Hoboken, NJ: Pearson, Oct.2020.

[8] O. M. Senaras, S. Inanc, and A. E. Senaras, "Optimization of assembly line balancing via response surface methodology and discrete event simulation," *J. Soc. Environ. Manag.,* vol. 18, no. 12, pp. 1–15, 2024.

[9] Y. Zhang, Z. Cheng, and X. Liu, "Application of IoT for quality control in manufacturing," *J. Manuf. Syst.*, vol. 56, pp. 100-248, 2020.

[10] N. A. Mahbubah and M.Jufriyanto, " Pening - katan kualitas sablon kaosdengan menggunakan metode seven tools of quality: Studi kasus di workshop sablon Thinkthinggs.co," *J. Surya Teknika*, vol. 10, no. 2, pp. 123-135, Apr.-Jun. 2023.

[11] S. I. Zaman, S. A. Khan, and A. Gunasekaran, "Unraveling the dynamics of lean manufacturing enablers on operational performance," *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 41, no. 1, pp. 1–37, 2024.

[12] A. Bressan, "The use of electronic Kanban for job order management: The case of BNP Srl," Master's thesis, Univ. Padua, Padova,2024.