

การวางแผนการผลิตด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษาท่อเหล็กที่เป็นส่วนประกอบช่วงล่างของรถยนต์

รวินท์ธันต์ ทิพย์เสนา¹ เอกวิศว์ สงเคราะห์¹ สุภัทรา หมูป่ารัง² วรณนิศา นุชคุ้ม²

พัชระ กัญจนกาญจน์³ และบดินเดช จูมณีนี^{3*}

rawintanath.t@rmutsb.ac.th¹, ekawit.s@rmutsb.ac.th¹, supatthta12770@gmail.com²,

wannisa.nu@rmuti.ac.th², patchara.k@rmutsb.ac.th³, brodindech.j@rmutsb.ac.th^{3*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

²สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

³สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ ศูนย์เทคโนโลยีแม่พิมพ์ (TDTC) คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

Received: April 3, 2024 Revised: June 6, 2024 Accepted: June 19, 2024

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอวิธีการวางแผนการผลิตเพื่อลดเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตท่อเหล็กที่เป็นส่วนประกอบช่วงล่างของรถยนต์ โดยศึกษาที่กระบวนการตัดผิวและกระบวนการเคลือบผิวซึ่งแต่ละกระบวนการมีหลายเครื่องจักรแบบขนาน กระบวนการตัดผิวมีเงื่อนไขที่อัตราการผลิตที่แตกต่างกัน ในขณะที่กระบวนการเคลือบผิวมีเงื่อนไขของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลิตภัณฑ์และอัตราการผลิตที่แตกต่างกัน การวางแผนการผลิตในแต่ละกระบวนการมีความซับซ้อนจากความหลากหลายของผลิตภัณฑ์และคำสั่งซื้อของลูกค้า ปัจจุบันการวางแผนการผลิตอาศัยประสบการณ์ของผู้วางแผน ส่งผลให้เวลาในการผลิตของกระบวนการตัดผิวและกระบวนการเคลือบผิวสูง ดังนั้นบทความนี้จึงได้หาวิธีการวางแผนการผลิตที่เหมาะสมเพื่อลดเวลาในการผลิต โดยพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการวางแผนการผลิตที่เหมาะสมของท่อเหล็กที่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์และอัตราการผลิตในกระบวนการตัดผิวและกระบวนการเคลือบผิว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาในการผลิตของกระบวนการตัดผิวและกระบวนการเคลือบผิว ผลจากการประยุกต์ข้อมูลและแก้ปัญหาโดยใช้ Microsoft Excel Solver พบว่าเวลาการผลิตของกระบวนการตัดผิวลดลงจากเดิมร้อยละ 11.77 และเวลาการผลิตของกระบวนการเคลือบผิวลดลงจากเดิมร้อยละ 13.34

คำสำคัญ: การวางแผนการผลิต ท่อเหล็ก ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

Production Planning using Mathematical Modeling Methods a Case Study of Steel Pipes of a Car's Suspension

Rawintanath Thipsena¹ Ekawit Songkroh¹ Supatthra Muparang² Wannisa Nutkhum²
Patchara Kanchanakarn³ Brodindech Joommanee^{3*}
rawintanath.t@rmutsb.ac.th¹, ekawit.s@rmutsb.ac.th¹, supatthta12770@gmail.com²,
wannisa.nu@rmuti.ac.th², patchara.k@rmutsb.ac.th³, brodindech.j@rmutsb.ac.th^{3*}

¹Department of Manufacturing Engineering Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan

³Department of Tool and Die Engineering, Tool and Die Technology Center (TDTC), Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

Received: April 3, 2024 Revised: June 6, 2024 Accepted: June 19, 2024

Abstract

This paper presents production planning using mathematical modeling methods in order to reduce processing time for steel pipe manufacturing production. The study specifically focused on the polishing and the coating processes with each process involving multiple parallel machines. The production for polished pipes was separated by different production rates while the steel pipe coating were separated into batches according to the diameter of the pipes. Production planning for each process is complex and diverse due to different products and customer orders. Current planning relies on the production planning experience, which results in long processing times of the coating processes. Therefore, the objective of this paper was to find optimal production planning to reduce processing A mathematical model for the optimal production planning for the processes was developed. In addition, the model was applied to the sample data sets and solved using Microsoft Excel Solver. The results revealed that the polishing process time decreased by 11.77 percent and the coating time decreased by 13.34 percent.

Keywords: Production planning, Steel pipe, Mathematical model

1. บทนำ

การผลิตทางอุตสาหกรรมมีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างสูง [1,2,3,4] ซึ่งอุตสาหกรรมเหล็กเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญ อีกทั้งวัสดุเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ใช้กันมากที่สุดเนื่องจากมีความสามารถในการใช้งานได้ดี มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ และการใช้งานที่แพร่หลาย [5] เช่นการคมนาคม สะพาน ยานพาหนะ [6] ท่อเหล็กเป็นวัสดุที่นิยมใช้งานหลากหลายทั้งด้าน การสื่อสาร การเคลื่อนย้ายของไหล เช่น ก๊าซ น้ำ น้ำมัน [7]

ในปี พ.ศ.2566-2568 การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มีแนวโน้มเติบโตเฉลี่ย 3.5-4.5% ต่อปี และคาดว่าอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จะมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง [8] ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตท่อเหล็กที่เป็นส่วนประกอบช่วงล่างของรถยนต์เป็นธุรกิจที่มีการแข่งขันสูง [9] อีกทั้งเป็นธุรกิจที่มีความต้องการการพัฒนาสูงสุดในการปรับปรุงการผลิต คือ การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก [10] ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงมีหลายรูปแบบ ทำให้มีกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบผลิตภัณฑ์อยู่ตลอดเวลาเพื่อสามารถที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้า ในด้านคุณภาพและราคา [9] ซึ่งในการวางแผนการผลิตมีความยุ่งยากและซับซ้อน จากข้อจำกัดของเครื่องจักรที่อัตราการผลิตที่แตกต่างกัน ทั้งนี้การประยุกต์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์มีความสามารถในการวางแผนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยของ Salvador [11] ได้นำวิธีการวางแผนการผลิต มาแก้ปัญหามหาหน่วยงานแบบขนาน โดยให้ความสนใจด้านเวลาในการผลิตต่ำสุด โดย Geyik และ Cedimoglu [12] ได้จำแนกวิธีการที่ใช้ในการวางแผนการผลิตออกเป็น 3 วิธีการ คือ วิธีเชิงวิเคราะห์ (Analytical Approaches) วิธีเชิงฮิวริสติกส์ (Heuristic Approaches) และวิธีการเชิงปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Approaches) เป็นวิธีการแก้ปัญหาของการวางแผนการผลิตที่มีความซับซ้อนให้มีความสะดวกและรวดเร็วในการแก้ปัญหา อีกทั้ง Arz Y. Qwam Alden [13] ได้ปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตแบบจำลองการจ้างงาน โดยใช้ Pro-Model ในการ

จำลอง พบว่าสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับสถานประกอบการอย่างมีประสิทธิภาพ ในลักษณะคล้ายกัน Chayaporn และคณะ [14] ดำเนินการวางแผนและกำหนดเวลาการผลิตท่อเหล็ก โดยใช้ Digital Twin ในการจำลอง พบว่า สามารถช่วยลดเวลาการวางแผนการผลิต และสามารถกำหนดแผนการผลิตได้แม่นยำ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวางแผนหาปริมาณการผลิตที่เหมาะสมและลดระยะเวลาของกระบวนการตัดผิวและกระบวนการเคลือบผิวของท่อเหล็ก ที่เป็นส่วนประกอบช่วงล่างของรถยนต์ โดยแต่ละขั้นตอนมีหลายเครื่องจักร และเป็นเครื่องจักรแบบขนาน (Parallel Machine) จึงได้ประยุกต์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยวางแผนการผลิต เพื่อกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น

2. วิธีการดำเนินงาน

การแก้ปัญหาในการวางแผนการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานที่เหมือนกันแต่อัตราการผลิตต่างกันรวมถึงข้อจำกัดของเครื่องจักรที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยที่ผ่านมาวิธีการแก้ปัญหาลากหลายวิธี ซึ่งวิธีการวางแผนการผลิตของเครื่องจักร โดย Salvador [11] ได้นำวิธีการวางแผนการผลิต มาแก้ปัญหามหาหน่วยงานแบบขนาน โดยให้ความสนใจด้านเวลาในการผลิตต่ำสุด โดย Geyik และ Cedimoglu [12] ได้จำแนกวิธีการที่ใช้ในการวางแผนการผลิตออกเป็น 3 วิธีการ คือ วิธีเชิงวิเคราะห์ (Analytical Approaches) วิธีเชิงฮิวริสติกส์ (Heuristic Approaches) และวิธีการเชิงปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Approaches) ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหามหาของการวางแผนการผลิตที่มีความซับซ้อนให้มีความสะดวกและรวดเร็วในการแก้ปัญหา

2.1 รูปแบบโปรแกรมเชิงเส้น

ในการศึกษาปัญหาวิธีการวางแผนการผลิตนี้ได้นำทฤษฎีการโปรแกรมเชิงเส้น [15] มาใช้เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นเทคนิคที่มีลักษณะเกี่ยวข้องกับการจัดสรรปัจจัยและทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดทั้งขนาด ปริมาณ และขอบเขตของการใช้งาน ที่มีลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นเชิงเส้น

ตรงนั้น โดยมีจุดหมายเพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจให้เกิดผลตามแนวทางการดำเนินงานที่ดีที่สุด (Optimal) รูปแบบโปรแกรมเชิงเส้นมีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะ [16] ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นที่พิจารณาอยู่นั้น เป็นปัญหาในลักษณะที่ต้องการหาค่าต่ำสุดหรือสูงสุด (Maximize, Minimize) โปรแกรมเชิงเส้น โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ส่วน 1) ฟังก์ชันเป้าหมายหรือจุดประสงค์ 2) สมการแสดงเงื่อนไข (Constraints) ซึ่งแสดงถึงปัจจัยหรือทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด 3) สมการข้อจำกัดตัวแปรตัดสินใจที่จะต้องเป็นค่าที่ไม่ติดลบ แต่ทั้งนี้ตัวแปรที่กำหนดจะต้องเป็นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming)

2.2 การมอบหมายงาน (Assignment)

ปัญหาการมอบงาน เป็นปัญหาที่พัฒนามาจากรูปแบบปัญหาการขนส่ง Transportation Problem ได้แก่ ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรบุคลากร อุปกรณ์ เครื่องจักร ให้เหมาะสมกับงานหน้าที่สถานที่ การแจกแจงจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด จากแหล่งทรัพยากรต่างๆ ไปสู่จุดหมายที่ได้กำหนดไว้แล้ว ให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด มักจะเป็นรูปแบบการแก้ปัญหาด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นรูปแบบที่ใช้มากที่สุดในการดำเนินงาน ซึ่งอยู่ในรูปของสมการหรือสมการต่างๆ เป็นการหาผลลัพธ์ตามจุดประสงค์ (Objective Function) คือ สูงสุดหรือต่ำสุด จะประกอบด้วย 2 ตัวแปรคือ 1) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) เป็นค่าที่กำหนดขึ้น หรือควบคุมได้ (Controllable Variable) เช่น ราคา ปริมาณการสั่งซื้อ งบประมาณ เส้นทาง เป็นต้น จัดเป็นแนวทางที่เลือกกระทำได้ 2) ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) เป็นองค์ประกอบของระบบที่ไม่อยู่ภายใต้การกำหนดหรือการควบคุม (Uncontrollable Variable) แต่มีผลกระทบกับผลลัพธ์ของระบบ เช่น ราคาของคู่ต่อสู้ ฝ่ายตรงข้าม ระดับความต้องการสินค้า นโยบายของรัฐบาล การกระทำหรือเหตุการณ์อื่นๆ ที่เกิดขึ้นภายนอก ระบบ เพื่อหาผลลัพธ์ของระบบที่เหมาะสมที่สุด

2.3 โปรแกรมคำนวณ Excel Solver

Solver คือเครื่องมือที่ช่วยในการคำนวณประเภท Linear Programming การคิดแก้ปัญหาการคำนวณใน Excel ถ้าปัญหาหนึ่งมีคำตอบเพียงคำตอบเดียว Excel มีสูตรที่สามารถนำมาใช้คำนวณหาคำตอบที่ต้องการนั้นได้ ซึ่งจะไม่สามารถใช้สูตรสำเร็จรูปที่ Excel เตรียมไว้ให้ใช้ได้โดยตรง ก็สามารถนำสูตรมาซ้อนต่อกัน หรือใช้หลายสูตรมาคำนวณร่วมกันเพื่อแก้ปัญหานั้น แต่ถ้าปัญหาหนึ่งๆอาจจะมีหลายคำตอบก็จำเป็นต้องใช้สูตรคำนวณของ Excel นำมาใช้ร่วมกับคำสั่ง Solver โดยต้องสร้างสูตรคำนวณที่เกี่ยวข้องจากนั้นจึงใช้ Solver คำนวณหาผลลัพธ์ ทั้งนี้ในตัวคำสั่ง Solver เองจะไม่สามารถรับสูตรคำนวณได้ ดังนั้นจึงต้องสร้างสูตรไว้ในเซลล์ต่างๆเพื่อ Solver จะทำหน้าที่ค้นหาตัวเลขคำตอบที่เป็นไปได้แล้วนำผลลัพธ์ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับระหว่างเซลล์สูตรคำนวณที่เกี่ยวข้องว่าได้คำตอบตามขอบเขตเงื่อนไขที่กำหนดทั้งหมดแล้วหรือไม่ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีงานวิจัยด้านการวางแผนการผลิตโดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในอุตสาหกรรมการผลิตต่อเนื่องโดยมีงานวิจัยการวางแผนการผลิตรวมในรูปแบบการผลิตทั่วไป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และใช้ Solver ในการหาค่าที่เหมาะสม [17,18] ดังนั้นงานบทความนี้จึงประยุกต์ใช้วิธีการวางแผนการผลิตต่อเนื่องโดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2.4 เงื่อนไขของผลิตภัณฑ์กับเครื่องเคลือบผิว

- 1) เครื่องเคลือบผิวยี่ห้อที่ 1 ไม่สามารถผลิตต่อเนื่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเหล็ก 28.6 มิลลิเมตรได้
- 2) อัตราการผลิตของเครื่องเคลือบผิวแต่ละเครื่องมืออัตราการผลิตต่อชั่วโมงที่แตกต่างกัน ดังนั้นการผลิตชิ้นงานแต่ละเครื่องมือมีการผลิตที่แตกต่างกัน
- 3) กำลังการผลิตของเครื่องเคลือบผิวยี่ห้อที่ 1 และเครื่องเคลือบผิวยี่ห้อที่ 2 มีกำลังการผลิตที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เครื่องเคลือบผิวยี่ห้อที่ 2 มีกำลังการผลิตที่มากกว่า
- 4) ผลิตภัณฑ์แต่ละคำสั่งซื้อของลูกค้าสามารถที่จะเข้าเครื่องเคลือบผิวได้เฉพาะเครื่อง แต่ไม่

สามารถเข้าเกินจำนวนกำลังการผลิตต่อเครื่องได้ ถ้าจำนวนผลิตภัณฑ์คำสั่งซื้อมากกว่าจำนวนการผลิตต่อเครื่องแต่ละยี่ห้อต่อหนึ่งรอบการผลิต สามารถที่จะนำผลิตภัณฑ์คำสั่งซื้อที่เหลือเข้าเครื่องเคลือบผิวได้ในรอบต่อไปของการผลิต โดยการคำนวณหาจำนวนรอบการผลิต

จำนวนรอบการผลิต = $\frac{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์คำสั่งซื้อทั้งหมด (ชิ้น)}}{\text{กำลังการผลิตของเครื่องเคลือบผิวทุกเครื่อง (ชิ้น)}}$

2.5 ดัชนี (Index)

i คือ คำสั่งซื้อของลูกค้า

โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, n^s, n^{s+1}, \dots, n^l, n^{l+1}, \dots, n^m$

โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, n^s$ หมายถึง คำสั่งซื้อของ

ลูกค้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเหล็ก 28.6 มิลลิเมตร

โดยที่ $i = n^{s+1}, \dots, n^l$ หมายถึง คำสั่งซื้อของ

ลูกค้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเหล็ก 34.4 มิลลิเมตร

โดยที่ $i = n^{l+1}, \dots, n^m$ หมายถึง คำสั่งซื้อของ

ลูกค้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเหล็ก 41.3 มิลลิเมตร

j คือ เครื่องขัดผิว โดยที่ $j = 1, 2, 3, \dots, J$

r คือ จำนวนรอบในการผลิต

โดยที่ $r = 1, 2, 3, \dots, R$

2.6 พารามิเตอร์ (Parameter)

d_i คือ ปริมาณคำสั่งซื้อ i (ชิ้น)

S_j คือ อัตราความเร็วของเครื่องขัดผิว j (ชิ้น/ชั่วโมง)

Z คือ เวลาการผลิตรวม (ชั่วโมง)

Cap_j คือ กำลังการผลิตของเครื่องขัดผิว j (ชิ้น)

2.7 ตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variables)

Y_{ijr} คือ จำนวนปริมาณคำสั่งซื้อ i เข้าเครื่องขัดผิว j รอบที่ r

2.8 สมการเป้าหมาย (Objective Function)

เพื่อลดเวลาในการผลิตของกระบวนการขัดผิว

$$\text{Min } Z = \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^N \frac{Y_{ijr}}{S_j} \quad (1)$$

สมการเงื่อนไข (Constraints)

จำนวนคำสั่งซื้อทั้งหมดที่ทำการผลิตต้องไม่เกินกำลังการผลิตของเครื่องขัดผิว

$$\sum_{i=1}^N Y_{ijr} \leq Cap_j \quad ; \quad \forall_j, \forall_r \quad (2)$$

ผลรวมของคำสั่งซื้อที่เข้าเครื่องขัดผิว จะต้องเท่ากับคำสั่งซื้อของลูกค้า

$$\sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J Y_{ijr} = d_i \quad ; \quad \forall_i \quad (3)$$

ตัวแปรตัดสินใจต้องเป็นจำนวนเต็มและต้องมีความมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

$$Y_{ijr} \geq 0 \text{ and Integer} \quad ; \quad \forall_i, \forall_j, \forall_r \quad (4)$$

3. สภาพของปัญหา

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจากการศึกษาข้อมูลพฤติกรรมของลูกค้า กระบวนการทำงาน เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

3.1 พฤติกรรมของลูกค้า จากกรณีศึกษาพบว่าอุตสาหกรรมการผลิตท่อเหล็กนั้นจะผลิตท่อเหล็กตามความต้องการคำสั่งซื้อของลูกค้า โดยคำสั่งซื้อของลูกค้าจะสั่งเป็นจำนวนชิ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเหล็กทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลาย ส่งผลให้มีผลกระทบต่อการวางแผนการผลิต เนื่องจากมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายและเป็นปัญหาที่ซับซ้อน อีกทั้งเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตนั้นเป็นเครื่องจักรแบบขนานและมีอัตราการผลิตที่แตกต่างกัน รวมถึงข้อจำกัดต่างๆของเครื่องจักร ส่งผลให้เวลาแต่ละกระบวนการสูง

3.2 การไหลของกระบวนการในกรณีศึกษา การวางแผนการผลิตในปัจจุบัน อาศัยประสบการณ์ความชำนาญของผู้วางแผน ไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์ปัญหา ไม่มีการจัดระบบช่วยแนะนำในการตัดสินใจในการวางแผน ส่งผลให้เวลาในการผลิตของกระบวนการขัดผิวกับเคลือบผิวสูง ซึ่งขั้นตอนการวางแผนการผลิตมีดังนี้

1. ฝ่ายวางแผนการผลิตออกไปสั่งผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า

2. กระบวนการเตรียมท่อเหล็ก ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้รับคำสั่งการผลิต ซึ่งมี

ขนาด 28.6 มิลลิเมตร 34.4 มิลลิเมตร และ 41.3 มิลลิเมตร

3. กระบวนการเตรียมเครื่องจักรที่ใช้ตัดท่อเหล็ก

4. กระบวนการตัดท่อเหล็กจะตัดท่อเหล็กตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเหล็ก

5. กระบวนการลบมุมของท่อเหล็ก

6. กระบวนการตัดผิวท่อเหล็กซึ่งทุกคำสั่งซื้อ สามารถเข้าเครื่องตัดผิวได้ทุกเครื่อง

7. กระบวนการเคลือบผิว ท่อเหล็กที่ผลิตในกระบวนการเคลือบผิวมีหลากหลายประเภทและหลายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ดังนั้นงานที่รับมาไม่สามารถผลิตร่วมกันได้เนื่องจากกระบวนการเคลือบผิวมีข้อจำกัดของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดของท่อเหล็กที่แตกต่างกัน

4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แสดงในลักษณะตารางผลของกระบวนการตัดผิว ผลของกระบวนการเคลือบผิว และเปรียบเทียบเวลาในกระบวนการผลิต

4.1 ผลการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากข้อมูลพบว่าเวลาในการผลิตก่อนการปรับปรุงใช้เวลาในกระบวนการตัดผิว 32.55 ชั่วโมง และกระบวนการเคลือบผิว 34.33 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วย ผลการทดลองการตัดผิว และข้อมูลของเครื่องเคลือบผิว

4.1.1 ผลการทดลองการตัดผิว

กระบวนการตัดผิวมีเครื่องจักรแบบขนาน (Parallel Machine) ที่เหมือนกันแต่มีอัตราการผลิตที่ต่างกันทั้งหมด 4 เครื่อง ซึ่งมีกำลังการผลิตต่อเครื่อง 1000 ชิ้น และอัตราการผลิตต่อชั่วโมง 300, 360, 250 และ 220 ชิ้น ตามลำดับ

เงื่อนไขของผลิตภัณฑ์กับเครื่องตัดผิว

1) กำลังการผลิตของเครื่องตัดผิวแต่ละเครื่องสามารถบรรจุท่อเหล็กได้ 1000 ชิ้นต่อเครื่องโดยไม่ขึ้นอยู่กับประเภทและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเหล็ก

2) อัตราการผลิตของเครื่องตัดผิวแต่ละเครื่องมีอัตราการผลิตต่อชั่วโมง ที่แตกต่างกันโดยไม่ขึ้นอยู่กับประเภทและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเหล็ก

3) ท่อเหล็กสามารถเข้าเครื่องตัดผิวได้ทุกเครื่อง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกันสามารถที่จะเข้าเครื่องตัดผิวหมายเลขเดียวกันได้ แต่ไม่สามารถเข้าเกินจำนวนกำลังการผลิตต่อเครื่องของแต่ละเครื่องตัดผิว ซึ่งจำนวนผลิตภัณฑ์คำสั่งซื้อมากกว่าจำนวนการผลิตต่อเครื่องของเครื่องตัดผิวแต่ละเครื่องต่อหนึ่งรอบการผลิต สามารถที่จะนำผลิตภัณฑ์คำสั่งซื้อที่เหลือเข้าเครื่องตัดผิวได้ในรอบที่ 2 ของการผลิตโดยการคำนวณหาจำนวนรอบการผลิตได้จาก

$$\text{จำนวนรอบการผลิต} = \frac{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์คำสั่งซื้อทั้งหมด (ชิ้น)}}{\text{กำลังการผลิตของเครื่องตัดผิวทุกเครื่อง (ชิ้น)}}$$

4.1.2 ผลการทดลองเครื่องเคลือบผิว

กระบวนการเคลือบผิวมีเครื่องจักรแบบขนาน (Parallel Machine) ที่เหมือนกันแต่มีอัตราการผลิตที่ต่างกันโดยขึ้นอยู่กับประเภทขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเหล็ก ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลเครื่องเคลือบผิว

เครื่องเคลือบผิวยี่ห้อ	กำลังการผลิตต่อเครื่อง (ชิ้น/เครื่อง)	อัตราการผลิตต่อชั่วโมง (ชิ้น/ชั่วโมง)
1	230	920
2	300	1100

4.2 ผลการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การทดสอบแบบจำลองได้ใช้ข้อมูลกรณีศึกษาหาเวลาการผลิตที่ต่ำสุดของกระบวนการตัดผิวและกระบวนการเคลือบผิว โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในหัวข้อที่ 4 การทดสอบแบบจำลองโดยใช้ Excel Solver ในการหาคำตอบ บทความนี้ได้

รวบรวมข้อมูลความต้องการคำสั่งซื้อของลูกค้าในอดีต เพื่อต้องการทราบปริมาณความต้องการคำสั่งซื้อของลูกค้าในแต่ละเดือนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 7,870 ชิ้นต่อเดือน ดังแสดงดังกราฟรูปที่ 1



รูปที่ 1 กราฟคำสั่งซื้อของลูกค้า

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงข้อมูลการสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คำสั่งซื้อ STKM11A/41.3 มีจำนวนการสั่งซื้อมากที่สุด การทดสอบการคำนวณผลของกระบวนการขัดผิว แสดงให้เห็นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คำนวณผลของกระบวนการขัดผิว

คำสั่งซื้อลูกค้า	ปริมาณคำสั่งซื้อ (ชิ้น)	รอบที่ 1 (ชิ้น)	รอบที่ 2 (ชิ้น)
STAM1470	450	0	450
	250	0	250
	350	0	350
STKM12A	330	0	330
	280	0	280
	350	350	0
	420	420	0
	370	370	0
	500	500	0
	250	250	0
	400	400	0
	350	350	0
STKM11A	600	600	0
	420	420	0
	300	210	90
	280	0	280
	770	0	770
	450	0	450
	330	0	330
	420	0	420

ตารางที่ 3 คำนวณผลของกระบวนการเคลือบผิว

คำสั่งซื้อลูกค้า	ปริมาณคำสั่งซื้อ (ชิ้น)	รอบที่ 1 (ชิ้น)	รอบที่ 2 (ชิ้น)	รอบที่ 3 (ชิ้น)	รอบที่ 4 (ชิ้น)
STAM1470	450	0	0	450	0
	250	0	0	250	0
	350	0	0	350	0
STKM12A	330	330	0	0	0
	280	280	0	0	0
	350	350	0	0	0
	420	0	420	0	0
	370	0	370	0	0
	500	500	0	0	0
	250	0	250	0	0
	400	0	400	0	0
	350	0	350	0	0
STKM11A	600	560	40	0	0
	420	0	190	230	0
	300	0	0	300	0
	280	0	0	280	0
	770	0	0	160	610
	450	0	0	0	450
	330	0	0	0	330
	420	0	0	0	420

จากนั้นได้ดำเนินการเปรียบเทียบเวลาในกระบวนการผลิต ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ ได้แก่ การขัดผิว และการเคลือบผิว ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบเวลาในกระบวนการผลิต

เวลาในกระบวนการผลิต(ชั่วโมง)	วิธีการผลิต		ผลต่าง	เปอร์เซ็นต์
	แบบปัจจุบัน	แบบประยุกต์		
การขัดผิว	32.55	28.72	3.83	11.77%
การเคลือบผิว	34.33	29.75	4.58	13.34%

จากการประยุกต์การใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการวางแผนการผลิตของกระบวนการขัดผิวและกระบวนการเคลือบผิว ซึ่งในทางปฏิบัติงานจริงจำนวนคำสั่งซื้อของลูกค้าและจำนวนผลิตภัณฑ์มีจำนวนมาก จึงต้องอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยคำนวณหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมและรายงานผล โดยใช้โปรแกรม Microsoft

Excel Solver ซึ่งวิธีการสร้างคำตอบที่ดีที่สุดในการหาคำตอบในแต่ละรอบของการวางแผนการผลิต จากตารางที่ 2 แสดงคำนวณผลโปรแกรม Microsoft Excel Solver ของกระบวนการขัดผิว และจากตารางที่ 3 คำนวณผลโปรแกรม Microsoft Excel Solver ของกระบวนการเคลือบผิว พบว่าตารางที่ 4 เวลาการผลิตของกระบวนการขัดผิวลดลงจากเดิมร้อยละ 11.77 และเวลาการผลิตของกระบวนการเคลือบผิวลดลงจากเดิมร้อยละ 13.34 จากคำสั่งซื้อของลูกค้าทั้งหมดจำนวน 7,870 ชิ้น ซึ่งจะยกตัวอย่างคำสั่งซื้อของลูกค้าบางคำสั่งซื้อที่เข้ากระบวนการขัดผิวและกระบวนการเคลือบผิว

5. อภิปรายผล

จากการจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าเวลาในการผลิตก่อนการปรับปรุงใช้เวลาในกระบวนการขัดผิว 32.55 ชั่วโมง และกระบวนการเคลือบผิว 34.33 ชั่วโมง และพบว่าผลการทดลองการขัดผิวของเครื่องจักร 4 เครื่อง มีกำลังการผลิต 1,000 ชิ้น แบ่งออกเป็น ชั่วโมง 300, 360, 250 และ 220 ชิ้น ซึ่งในกระบวนการเคลือบผิว พบว่าเครื่องเคลือบผิวยี่ห้อ 2 กำลังการผลิต 300 ชิ้น ซึ่งมากกว่าเครื่องเคลือบผิวยี่ห้อ 1 และยังมีอัตราการผลิต 1,100 ชิ้น/ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าเครื่องเคลือบผิวยี่ห้อ 1 ผลการคำนวณปริมาณความต้องการคำสั่งซื้อของลูกค้าในแต่ละเดือนโดยเฉลี่ย 7,870 ชิ้น แสดงให้เห็นว่าคำสั่งซื้อ STKM11A/41.3 มีจำนวนการสั่งซื้อมากที่สุด จากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์คำสั่งซื้อของลูกค้า STKM11A ปริมาณคำสั่งซื้อ 420 ชิ้น ดำเนินการเข้ากระบวนการขัดผิว เข้ารอบการผลิตที่ 1 เครื่องขัดผิวที่ 1 จำนวน 420 ชิ้น ต่อจากนั้นเข้าสู่กระบวนการเคลือบผิว เข้ารอบการผลิตที่ 2 เครื่องเคลือบผิวยี่ห้อ 2 จำนวน 190 ชิ้น และเข้ารอบการผลิตที่ 3 เครื่องเคลือบผิวยี่ห้อ 3 จำนวน 230 ชิ้น ดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 และผลการเปรียบเทียบเวลาในกระบวนการผลิต พบว่าเวลาการผลิตของกระบวนการขัดผิวลดลงจากเดิมร้อยละ 11.77 และเวลาการผลิตของกระบวนการเคลือบผิวลดลงจากเดิมร้อยละ 13.34 จากคำสั่งซื้อของลูกค้าทั้งหมดจำนวน

7,870 ชิ้น ลักษณะคล้ายกันกับ Arz Y. Qwam Alden [13] ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตต่อ ซึ่งพบว่าสามารถปรับปรุงเวลาในกระบวนการผลิตได้ดียิ่งขึ้น

6. สรุปผลการวิจัย

การวางแผนการตารางการผลิตโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายและรูปแบบที่แตกต่างกัน และเครื่องจักรมีประสิทธิภาพในการผลิตที่ต่างกัน จากการจำลองพบว่าจากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์คำสั่งซื้อของลูกค้า STKM11A ปริมาณคำสั่งซื้อ 420 ชิ้น ดำเนินการเข้ากระบวนการขัดผิว เข้ารอบการผลิตที่ 1 เครื่องขัดผิวที่ 1 จำนวน 420 ชิ้น ต่อจากนั้นเข้าสู่กระบวนการเคลือบผิว เข้ารอบการผลิตที่ 2 เครื่องเคลือบผิวยี่ห้อ 2 จำนวน 190 ชิ้น และเข้ารอบการผลิตที่ 3 เครื่องเคลือบผิวยี่ห้อ 3 จำนวน 230 ชิ้น และการทดสอบแบบจำลองพบว่า เวลาการผลิตของกระบวนการขัดผิวลดลงจากเดิมร้อยละ 11.77 และเวลาการผลิตของกระบวนการเคลือบผิวลดลงจากเดิมร้อยละ 13.34 จากคำสั่งซื้อของลูกค้าทั้งหมดจำนวน 7,870 ชิ้น แบบจำลองนี้สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมได้ และสามารถนำแบบจำลองนี้ไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการผลิต

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Gresova E, Svetlik J. Modeling within national economy using industry-oriented indicators: Evidence from Czech Republic. *MM Sci. J.* 2020;6:3892-95.
- [2] Gresova E, Svetlik J. Economic impact of industrial segment in the selected country. *Manag. Syst. Prod. Eng.* 2020;28:312-7.
- [3] Cohen Y, Shoval S, Faccio M, Minto R. Deploying cobots in collaborative systems: Major considerations and productivity analysis. *Int. J. Prod. Res.* 2021.

- [4] Cohen Y, Faccio M, Pilati, F.; Yao, X.F. Design and management of digital manufacturing and assembly systems in the Industry 4.0 era. *Int. J. Adv. Manuf. Tech.* 2019;105:3565-77.
- [5] Guo Z, Wang C, Yang G, Huang Z, Li G. MSFT-YOLO: Improved YOLOv5 Based on Transformer for Detecting Defects of Steel Surface. *Sensors* 2022;22:3467.
- [6] World Steel Association. The white book of steel. Available online: <https://worldsteel.org/publications/bookshop/the-white-book-of-steel/> (accessed on 10 March 2022).
- [7] The importance of steel pipes Rojpairi Automation Buan Equipment Co., Ltd.. <https://www.rojpai boon.co.th/th>
- [8] Yongphisanphob W. 2566. Business/industry trends 2566-2568: Auto parts industry. <https://www.krungsri.com/1.03.2566>.
- [9] Chalerm Sak T, Kaona J. Development of Measurement Tools A case study automotive wire harness manufacturer. *Journal of Engineering, RMUTT.* 2022;20(1):25-30. (in Thai)
- [10] Draheim D. Business process technology: a unified view on business processes, workflows and enterprise applications. Berlin: Springer Science & Business Media, 2010.
- [11] Salvador M. A solution to a special case of flow shop scheduling problem. *Symposium on the Theory of Scheduling and Its Applications*, 1973; pp. 83-91.
- [12] Geyik F, Cedimoglu, I.H. A Review of the Production Scheduling Approaches Based-on Artificial Intelligence and the Integration of Process Planning and Scheduled. 2003.
- [13] Arz Y. Qwam Alden. Improving productivity employ simulation model: A case study of a steel pipe manufacturing company. *Anbar Journal of Engineering Science (AJES).* 2022;13(1):35–45.
- [14] Maitreesorasunte C, Jeenanunta C, Buddhakulsomsiri J, Chaysiri R, Pannakkong W, Karnjana J, Nakamura M. A steel tube production planning and scheduling with product-dependent changeover time using Digital Twin. *International Scientific Journal of Engineering and Technology.* 2020;4(2):13-9
- [15] Prakob J, Linear Programming. 1st ed. Bangkok: National Institute of Development Administration; 1992. (in Thai)
- [16] Tantasut W, Wijiravanit W, Thongprasert S. Operations research. Bangkok : SE-Education Book Publishers; 1997. (in Thai)
- [17] Atthawit T, Pisal Y. Aggregate production planning using spreadsheet solve:model and case study. *Science Asia.* 2002;28:291-300.
- [18] Ahmed W, Fadi A. Solving the university class scheduling problem using advanced ILP Techniques. Department of Computer Engineering. American University of Sharjah (AUS), UAE. 2007.