



การประยุกต์นำวิธีการอบอ่อนไปใช้ในการปรับค่าความแข็ง ของโลหะสำหรับกระบวนการผลิตแม่พิมพ์

Application of Annealing Method to Adjust the Hardness of Metals for The Mold Manufacturing Process

ณัฐวดี มหานิล* และ วรุต น้อยหลาบเมือง

Nattavadee Mahanil* and Warut Noylapmueng

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก

298 วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพมหานคร 10260

Department of Industrial Engineering Technology,

Faculty of Sciences and Technology, Southeast Bangkok College.

298 Southeast Bangkok College, Bangna, Bangkok 10260, Thailand

*E-mail: nattavadee.m@gmail.com, Tel.: 0900044025

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ในประเทศไทยมีการปรับตัวลดลง เนื่องจากได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ที่ลุกลามไปทั่วโลก ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างการผลิต และส่งออกยานยนต์ โดยเฉพาะผู้ผลิตชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการทำงานของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในกลุ่มผู้ผลิตแม่พิมพ์ โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โดยการศึกษาวิธีการอบอ่อน ในการปรับค่าความแข็งของแท่งโลหะก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการกลึงอัดโน้มิตโดยใช้ดอกกัด และ 2) เพื่อทดสอบความแตกต่างของอายุการใช้งานแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุง โดยวิธีการอบอ่อนได้ใช้เป็นเทคนิคในการปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ คือนำโลหะประเภทเอสเค 11 ไปลดค่าความแข็งก่อนนำไปขึ้นรูปขึ้นงานด้วยวิธีการกลึงอัดโน้มิตโดยใช้ดอกกัด โดยให้ความร้อนอุณหภูมิเตาที่ 500 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 420 นาที เพื่อลดค่าความแข็ง จากนั้นนำโลหะเข้าสู่ขั้นตอนการกลึงอัดโน้มิตโดยใช้ดอกกัดจนได้เป็นชิ้นงาน จากนั้นทำการกัดชิ้นงานให้ได้รูปทรงด้วยเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ เมื่อได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์แล้วจึงนำไปคืนค่าความแข็งเดิม อุณหภูมิที่ 500 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 420 นาที ให้ความแข็งตามที่แบบกำหนด และนำเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปตามเดิม ผลจากการศึกษาวิธีการอบอ่อน และปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่าประสิทธิภาพของดอกกัดเพิ่มขึ้น ในจำนวนการผลิตชิ้นงานที่เท่ากัน จากเดิมใช้ดอกกัดเฉลี่ย 41.33 แท่ง/

เดือน ลดเหลือ 14 แท่ง/เดือน และผลทดสอบความแตกต่างของอายุการใช้งานแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุงไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

คำสำคัญ: ดอกกัด; การกลึงอัตโนมัติ; วิธีการอบอ่อน; กระบวนการผลิตแม่พิมพ์

ABSTRACT

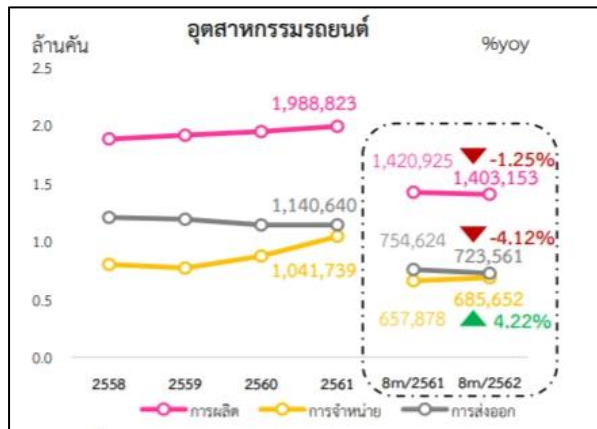
Due to the impact of the COVID- 19 that is spreading around the world, the automobile manufacturing industry in Thailand has declined, and affects the production structure and automotive exports, especially for manufacturers of automotive-related parts. In this research, the researcher studied the working process of automotive parts manufacturers in the mold manufacturers group. The objectives of this research were: 1) to improve the mold manufacturing process. The study uses the annealing method to adjust the ingot hardness before entering the automatic turning process using endmills, and 2) to test the difference in die life before and after the improvement. The annealing method is used as a technique to improve the mold manufacturing process, which is to reduce the hardness value of SKD11 type metal before forming the work piece in an automatic lathe method using an endmill. At 500 degrees Celsius, it takes 420 minutes to reduce the hardness value. The metal is then put into the automatic turning process using an endmill until the part is formed. Then the workpiece is milled to shape with a machining center. After that complete part is obtained, it is restored to the original hardening at a temperature of 500 degrees Celsius. It takes 420 minutes to achieve the hardness as specified in the drawing, and it is taken to the next step as before. Results from the study of the annealing method and improving the production process showed that the efficiency of the endmill was increased. At the same volume of production, the average endmill was reduced from 41.33 bars/ month to 14 bars/ month and the test results were not different before and after the improvement of the tool life by a significance level of 0.05.

Keywords: Endmill; Automation Turning; Annealing Method; The Die Manufacturing Process

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ในประเทศไทย มีการปรับตัวลดลง เนื่องจากได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ที่ลุกลามไปทั่วโลก ส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อุปทานการผลิตทำให้เกิดการชะลอตัว สำหรับตลาดรถยนต์ในประเทศไทยปี 2562 มีการผลิตรถยนต์เพื่อจำหน่ายในประเทศและการผลิตรถยนต์เพื่อส่งออกมีแนวโน้มปรับตัวลดลง ซึ่งแสดงได้จากรูปที่ 1 แสดงข้อมูลของอุตสาหกรรม

รถยนต์ 8 เดือนแรกของปี 2562 (มกราคม-สิงหาคม) มีปริมาณการผลิตรถยนต์จำนวน 1,403,153 คัน ปรับตัวลดลงร้อยละ -1.25 (%yoy) จากการลดลงของภาคการส่งออกซึ่งเป็นตลาดหลักโดยมีปริมาณการส่งออก 723,561 คัน ลดลงร้อยละ -4.12 (%yoy) ด้วยเหตุผลที่ค่าเงินบาทแข็งค่ารวมถึงตลาดส่งออกสำคัญของไทยอย่างออสเตรเลีย และยุโรปกำลังเผชิญปัญหาความเปราะบางทางเศรษฐกิจ ขณะที่ภาคการจำหน่ายในประเทศยังคงเติบโต โดยมีปริมาณการจำหน่าย 685,652 คัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.22 (%yoy) [1]



รูปที่ 1 ภาพรวมอุตสาหกรรมรถยนต์ 8 เดือนแรกของปี 2562 (มกราคม-สิงหาคม) [1]

ทั้งนี้จากภาพรวมของอุตสาหกรรมรถยนต์ ทำให้ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างการผลิต และส่งออกยานยนต์ของไทย ตั้งแต่ต้นน้ำไปจนถึงปลายน้ำ โดยเฉพาะผู้ผลิตชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ ต้องปรับตัวอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นการปรับกระบวนการผลิต กระบวนการพัฒนาเรื่องคุณภาพของชิ้นส่วน กระบวนการของต้นทุนต่างๆ เป็นต้น รวมถึงกระบวนการวิจัยและพัฒนาในระบบการทำงานให้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับเหตุการณ์ และผลกระทบต่างๆ ที่เข้ามากระทบ และสามารถนำพาให้องค์กรอยู่รอดในอุตสาหกรรมได้อย่างราบรื่น

จากการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการทำงานของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในกลุ่มผู้ผลิตแม่พิมพ์ (Mould) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนพื้นฐานที่จำเป็นในอุตสาหกรรมชิ้นรูปโลหะแทบทุกชนิด ซึ่งการเตรียมวัสดุขึ้นงานตามที่ออกแบบก่อนที่จะทำการขึ้นรูปมักจะเลือกใช้วิธีตัดโลหะด้วยกระบวนการตัดเฉือน (Machining) โดยวิธีการกลึง (Turning) การเจาะ (Drilling) และการกัด (Milling) เนื่องจากทำได้รวดเร็วอัตราการการผลิตสูงและยังมีความเที่ยงตรงสูงอีกด้วย แต่ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการออกแบบผลิตรวมถึงวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ในกระบวนการกลึงอัตโนมัติมีการใช้ดอกกัด (End-

mill) เป็นจำนวนมาก และที่สำคัญคือดอกกัดที่ใช้มีราคาแพง หากสามารถยืดอายุการใช้งานได้จะสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้มาก

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะปรับตัวให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน โดยมุ่งเน้นการลดต้นทุนในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ โดยมีแนวความคิดทางเทคนิค คือ เทคนิคการลดค่าความแข็งของเหล็กโดยวิธีการอบอ่อน (Annealing) ของโลหะก่อนนำชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการกลึงอัตโนมัติ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการผลิตที่เพิ่มขึ้น และเพิ่มโอกาสในการแข่งขันในกลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนได้

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ โดยการศึกษาวิธีการอบอ่อน (Annealing) ในการปรับค่าความแข็งของแท่งโลหะก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการกลึงอัตโนมัติโดยการใช้ดอกกัด และ 2) เพื่อทดสอบความแตกต่างของอายุการใช้งานแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุง ซึ่งงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการ หรือผู้ผลิตแม่พิมพ์ในแง่การลดต้นทุนการผลิต และสามารถเพิ่มผลผลิตจากกระบวนการได้ อีกทั้งยังยืดอายุการใช้งานของดอกกัดอีกด้วย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การอบอ่อน (Annealing) [2]

การอบอ่อน หรือแอนนิลลิ่ง (Annealing) เป็นกระบวนการปรับสภาพทางความร้อน ทำให้โลหะมีความอ่อนนุ่มกว่า และเกิดความยืดหยุ่นได้มากกว่า และเป็นวิธีการที่เป็นธรรมชาติมากที่สุดในการปรับสภาพทางความร้อน โดยหัวใจหลักของกระบวนการนี้ ก็คือ การทำความเย็นอย่างช้า ๆ กับเหล็กกล้า ผลที่ได้คือ เหล็กสามารถนำไปทำการกลึงกัดไสได้ง่าย ง่ายต่อการนำมาตัด และขึ้นรูปโลหะ มีแนวโน้มที่จะเกิดการแตกร้าว และการบิดตัวของเหล็กน้อย หรือให้ค่าจำกัดความของการอบอ่อนว่าคือ โลหะถูกให้ความร้อนเหนืออุณหภูมิวิกฤติ และถูกให้ความเย็นอย่างช้าๆ จนถึง

อุณหภูมิห้อง เพื่อที่จะได้วัสดุที่มีความอ่อนนุ่ม และไม่เกิดการบิดตัว หรือเกิดขึ้นเล็กน้อย

วัตถุประสงค์ของการทำการอบอ่อน คือ ในการศึกษาของโลหะวิทยา ความสำคัญส่วนใหญ่ก็เพื่อให้โลหะบรรลุความแข็ง และความแข็งแรง แต่ก็มีส่วนที่ต้องการความอ่อน ความยืดหยุ่นเพื่อการใช้งาน การทำโลหะให้เป็นแบบนี้ก็เพื่อ 1) ทำให้ชิ้นงานโลหะเพิ่มความสามารถในการกลึงกัดไส (Machinability) 2) ทำให้โลหะง่ายในการขึ้นรูป (Forming) 3) ลดความเค้นภายใน และ 4) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในโครงสร้างของผลึก

2.2 หลักการระดมสมอง (Brainstorming) [3]

คือ การแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาจากสมาชิกผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งความคิดเห็นของทุกคนจะถูกรวบรวม พร้อมทั้งสนับสนุนให้สมาชิกเสนอความคิดเห็นต่อเติมหรือเสริมของกันและกันได้ ส่งเสริมการสร้างสรรค์ความคิดเห็นและบรรยากาศของการยอมรับสำหรับความคิดเห็นทุกชนิด การระดมสมองเป็นส่วนหนึ่งที่จะสร้างความสำเร็จ Brainstorming เป็นกระบวนการที่ใช้เพื่อรวบรวมความคิดเห็น ปัญหา หรือข้อเสนอแนะจำนวนมากในเวลาที่รวดเร็ว อย่างเป็นแบบแผน และเป็นวิธีการที่ดีในการกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ ก่อให้เกิดการมีส่วนร่วม (Alex Osborne,1957)

2.3 แผนผังแสดงเหตุ และผล (Cause and Effect Diagram) [4]

คือ แผนภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง (Effect) กับสาเหตุ (Causes) ที่ทำให้เกิดผลลัพธ์นั้น ๆ ปัญหาเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากสาเหตุต่างๆ อาจมีหลายสาเหตุจึงต้องมีการแจกแจงสาเหตุต่างๆ ออกมาให้ชัดเจนทั้งนี้เพื่อการศึกษาวิเคราะห์ทำความเข้าใจและการหาแนวทางแก้ปัญหาให้ตรงประเด็น แผนผังแสดงเหตุและผลเรียกอีกชื่อว่า ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) หรือผังอิชิกาวา (Ishigawa Diagram) หากกล่าวถึงในส่วนของการผลิตโดยส่วนมากมักจะใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ

3. ขั้นตอนการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงการทดลอง เพื่อศึกษาวิธีการอบอ่อนของเหล็กก่อนเข้ากระบวนการกลึงอัตโนมัติ โดยมุ่งเน้นลดต้นทุนของดอกกัดที่ใช้ในการการผลิตแม่พิมพ์ โดยการทำวิจัยในครั้งนี้จะทำการวิจัยในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์เท่านั้น เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงลดต้นทุนการผลิตและยืดอายุการใช้งานของดอกกัด ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนวิธีการดำเนินงานตามลำดับ ดังนี้

3.1 กำหนดปัญหา

จากการศึกษากระบวนการกลึงอัตโนมัติ มีการใช้ดอกกัดเป็นจำนวนมาก และที่สำคัญคือดอกกัดต้นทุนสูง หากสามารถยืดอายุการใช้งานได้ จะสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้มาก ทั้งนี้ การผลิตแม่พิมพ์ มาตามฐานการใช้ดอกกัด คือ ใช้ดอกกัด 1 อันต่อการผลิตแม่พิมพ์ 1 ตัว ปัญหาที่พบคือ ดอกกัดแตกระหว่างการผลิตแม่พิมพ์ 1 ตัว ทำให้ต้องเปลี่ยนดอกกัดระหว่างการผลิต จึงส่งผลให้มีการใช้ดอกกัดเป็นจำนวนมาก และไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานของการผลิตที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งดอกกัดที่แตกแล้วนั้นจะไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หรือหากนำไปลับคม (Regrinding) ใหม่ ประสิทธิภาพของดอกกัดที่ใช้ได้จะเหลือเพียงแค่ 70-60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่คุ้มค่าต่อระดับคุณภาพของแม่พิมพ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่มีปริมาณการผลิตไม่สูงมาก

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดทางเทคนิค คือ ใช้เทคนิคการลดค่าความแข็งของเหล็กประเภทเอสเคดี11 (SKD11) โดยวิธีการอบอ่อนของโลหะก่อนนำชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการกลึงอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้การไสตกแต่งทำให้ง่ายขึ้น ส่งผลให้อัตราการผลิตเพิ่มขึ้น และทำให้สามารถลดปริมาณในการใช้ดอกกัดในขั้นตอนการกลึงอัตโนมัติลงได้ อีกทั้งยังยืดอายุการใช้งานดอกกัดได้อีกด้วย



รูปที่ 2 แสดงรอยแตกจากการใช้งานของดอกกัด

3.2 ศึกษากระบวนการขึ้นรูป (แบบเดิม) ด้วยวิธีการกลึงอัตโนมัติ โดยใช้ดอกกัด

ทำการศึกษากระบวนการและขั้นตอนในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการกลึงอัตโนมัติโดยใช้ดอกกัด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และเพิ่มประสิทธิภาพของดอกกัดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้แผนภูมิการไหล (Flow Process Chart) [5] ในการอธิบายกระบวนการ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการกลึงอัตโนมัติโดยใช้ดอกกัด

แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart)								
แผนภูมิ FPC-ศึกษากระบวนการผลิตแม่พิมพ์ - หน้า 1/1								
ผลิตภัณฑ์/กระบวนการ/พนักงาน		กิจกรรม	ปัจจุบัน	ปรับปรุง			ผลการปรับปรุง	
กิจกรรม : กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ กลึงขึ้นรูป		ปฏิบัติ ○	520	-			-	
		เคลื่อนย้าย ➡	1140	-			-	
		รอคอย D	1440	-			-	
		ตรวจสอบ □	10	-			-	
		จัดเก็บ ▼	0	-			-	
ลำดับที่	คำอธิบายขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
			○	➡	D	□	▼	
1	กลึงชิ้นงานด้วยกระบวนการซีเอ็นซี	82	●	➡	D	□	▼	
2	กัดชิ้นงานด้วยกระบวนการตัดเฉือน	120	●	➡	D	□	▼	
3	ส่งชิ้นงานไปชุบแข็งด้วยวิธีการไนไตรดิง	60	○	➡	D	□	▼	
4	ไนไตรดิงชิ้นงาน	300	●	➡	D	□	▼	
5	นำชิ้นงานกลับมากเพื่อตรวจสอบ	1080	○	➡	D	□	▼	
6	ตรวจสอบชิ้นงานหลังการไนไตรดิง	10	○	➡	D	■	▼	
7	รอเข้าสู่กระบวนการประกอบในขั้นตอนต่อไป	1440	○	➡	●	□	▼	
	รวม	3092						

จากตารางที่ 1 แสดงกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการกลึงอัตโนมัติโดยใช้ดอกกัด สามารถอธิบายขั้นตอนและระยะการทำงานแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

3.2.1 กลึงขึ้นรูปด้วยกระบวนการซีเอ็นซี ด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี (CNC Milling Machine) เป็นกระบวนการกลึงขึ้นรูปโลหะทรงกระบอกเป็นหลักสำหรับการกลึง เจาะ คว้านรูขึ้นงาน ใช้เวลาทั้งสิ้น 82 นาที

3.2.2 กัดชิ้นงานด้วยกระบวนการตัดเฉือน (Machining) ด้วยเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ โดยนำชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการกลึงซีเอ็นซี แล้วเข้ากระบวนการกัดด้วยดอกกัด ใช้เวลาทั้งสิ้น 120 นาที

3.2.3 ส่งชิ้นงานไปชุบแข็งด้วยวิธีการไนไตรดิง (Nitriding) โดยส่งชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตแม่พิมพ์

เรียบร้อยแล้วออกไปเพื่อทำการไนโตรดิ่งกับทางตัวแทนผลิตภายนอก ใช้เวลารวมการขนส่งแล้วทั้งสิ้น 60 นาที

3.2.4 ไนโตรดิ่งขึ้นงาน เพื่อเพิ่มค่าความทนทานต่อการสึกหรอจากการใช้งาน ใช้เวลาทั้งสิ้น 300 นาที

3.2.5 นำชิ้นงานกลับมาเพื่อตรวจสอบ ใช้เวลาทั้งสิ้น 1,080 นาที

3.2.6 ตรวจสอบชิ้นงานหลังการไนโตรดิ่ง ใช้เวลาทั้งสิ้น 10 นาที

3.2.7 รอเข้าสู่กระบวนการประกอบในขั้นตอนต่อไป ใช้เวลาทั้งสิ้น 1,440 นาที

จากกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการกลึงอัตโนมัติ โดยการใช้ดอกกัด ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 3,092 นาที หรือคิดเป็น 51 ชั่วโมง 92 นาที โดยแบ่งเป็นขั้นตอนปฏิบัติงานทั้งสิ้น 502 นาที ขั้นตอนการตรวจสอบทั้งสิ้น 10 นาที ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายทั้งสิ้น 1,140 นาที และขั้นตอนการรอคอยทั้งสิ้น 1,140 นาที

3.3 ศึกษาวิธีการบออ่อนในการปรับค่าความแข็งของโลหะ

ทำการศึกษาวิธีการบออ่อน และทดลองนำโลหะไปลดค่าความแข็งก่อนนำไปทดสอบเข้ากระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการกลึงอัตโนมัติโดยการใช้ดอกกัด โดยวิธีการให้ความร้อนอุณหภูมิเตาที่ 500 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 420 นาที ซึ่งเป็นอุณหภูมิ และช่วงเวลาตามเงื่อนไขที่สอดคล้องกับมาตรฐานการผลิต และระยะเวลาส่งมอบตามความต้องการของลูกค้า เพื่อลดค่าความแข็ง จากนั้นนำโลหะเข้าสู่กระบวนการกลึงโดยเครื่องซีเอ็นซีจนได้เป็นชิ้นงาน จากนั้นทำการกัดชิ้นงานให้ได้รูปทรงด้วยเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ ให้ได้ความแข็งตามแบบกำหนด แล้วจึงนำเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป

3.4 เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ทำการรวบรวมข้อมูลจำนวนการใช้ดอกกัดในปี 2563 จำนวน 6 เดือน ดังตารางที่ 2 ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาดอกกัดประเภท Ø10R2 เนื่องจากมีจำนวนการใช้งานในขั้นตอนแมชชีนนิ่งมากที่สุด รวมเฉลี่ยเท่ากับ 41.33 แท่งต่อเดือน และข้อมูลอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ ดังตารางที่ 3 พบว่าแม่พิมพ์

30 ตัว จะสามารถผลิตชิ้นงานได้ 153,756 ชิ้น คิดเป็นค่าเฉลี่ยของแม่พิมพ์ 1 ตัว จะสามารถผลิตได้ 5,125.20 ชิ้น โดยคำนวณจากแม่พิมพ์ที่มีการผลิตเริ่มแรกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ หรือไม่มีปัญหาด้านคุณภาพมาเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลจำนวนการใช้ดอกกัด จำนวน 6 เดือน

จำนวนการใช้ดอกกัด (End mill) (แท่ง)						
เดือน	จำนวนใช้งาน	แยกตามประเภทของดอกกัด (End mill)				
		Ø10R2	Ø10R1	Ø4R2	Ø12R6	Ø3R1.5
ม.ค.	108	42	32	25	6	3
ก.พ.	119	47	37	25	6	4
มี.ค.	114	45	35	25	6	3
มิ.ย.	80	38	20	15	4	3
พ.ค.	107	41	32	25	6	3
มิ.ย.	85	35	24	18	5	3
รวม	613	248	180	133	33	19
เฉลี่ย	102.17	41.33	30	22.17	5.50	3.167

3.5 วิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากกำหนดปัญหา ศึกษากระบวนการ และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการศึกษาแล้ว ผู้วิจัยใช้แผนภูมิเหตุและผล [4] ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการใช้ดอกกัดในการผลิตแม่พิมพ์ที่เพิ่มมากขึ้น โดยแบ่งสาเหตุของปัญหาที่จะวิเคราะห์จากปัจจัยในกระบวนการผลิต 4 ด้าน ดังรูปที่ 3

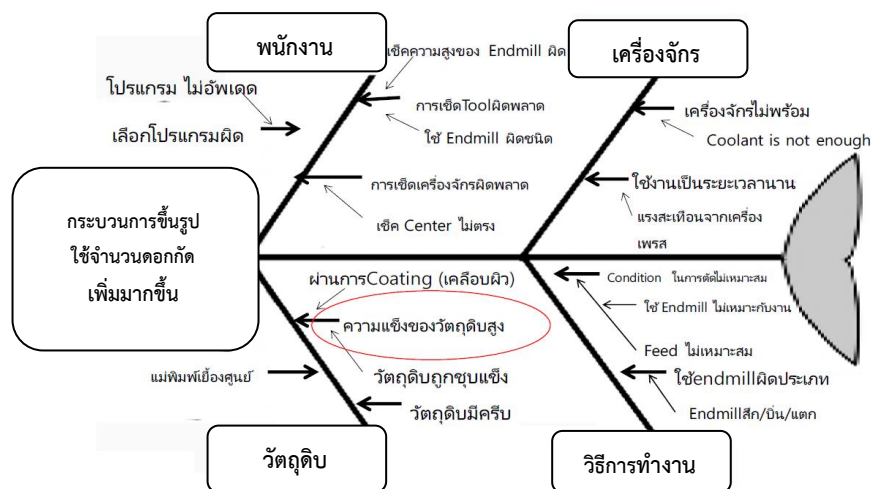
ตารางที่ 3 แสดงอายุการใช้งานของแม่พิมพ์จำนวน 30 ตัว

แม่พิมพ์ ตัวที่	อายุการใช้งานแม่พิมพ์ ก่อนปรับปรุง (ต่อจำนวนชิ้นงานที่ ผลิตได้)	แม่พิมพ์ ตัวที่	อายุการใช้งานแม่พิมพ์ ก่อนปรับปรุง (ต่อจำนวนชิ้นงานที่ ผลิตได้)
1	5,766	16	5,689
2	5,400	17	4,800
3	4,800	18	5,201
4	5,011	19	4,680
5	4,900	20	5,763
6	4,881	21	5,400
7	5,300	22	5,210
8	6,000	23	6,600
9	4,333	24	4,200
10	5,400	25	4,870
11	4,450	26	5,100
12	5,100	27	4,800
13	5,500	28	5,102
14	4,900	29	4,300
15	4,700	30	5,600
รวม	153,756 ชิ้น/แม่พิมพ์ 30 ตัว		
เฉลี่ย	5,125.20 ชิ้น/แม่พิมพ์ 1 ตัว		

จากรูปที่ 3 สาเหตุที่มีความเป็นไปได้ที่ทำให้ปริมาณการใช้ดอกกัดเพิ่มขึ้นคือ เกิดจากความแข็งของวัตถุดิบ นั่นคือ โลหะมีความแข็ง ส่งผลให้ดอกกัดแตกระหว่างที่ชิ้นงานอยู่ในขั้นตอนการกลึง และจำเป็นต้องเปลี่ยนดอกกัดเพื่อผลิตชิ้นงานต่อ

3.6 หาแนวทางในการแก้ไขปัญหา

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาแล้ว จึงใช้หลักการระดมสมอง จากส่วนงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้ เพื่อควบคุมคุณภาพด้านวัตถุดิบในกระบวนการผลิต และผลิตแม่พิมพ์ให้ได้คุณภาพตามความต้องการของลูกค้า โดยมีแนวทางในการลดค่าความแข็งของโลหะก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการกลึง ซึ่งเป็นการทดลองปรับค่าความแข็งด้วยวิธีการอบอ่อน ซึ่งมีการกำหนดเป้าหมายสำหรับแนวทางการแก้ไข ดังนี้



รูปที่ 3 แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการใช้ดอกกัดเพิ่มมากขึ้น



3.6.1 ปริมาณการสั่งซื้อดอกกัดต่อเดือนลดลง

3.6.2 ยืดอายุการใช้งานดอกกัด ต่อการกัดผิวแม่พิมพ์

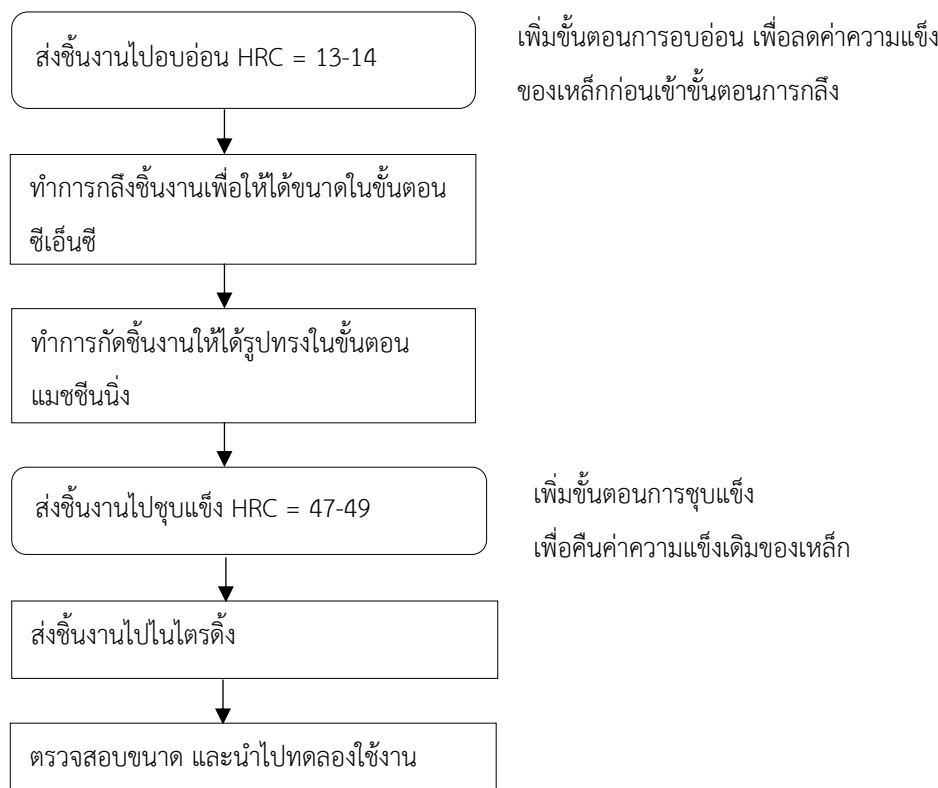
3.6.3 ลดระยะเวลาในการกลึงขึ้นรูปแม่พิมพ์ต่อ 1 ชิ้น

3.6.4 หลังการแก้ไขปัญหา คุณภาพของแม่พิมพ์ต้องคงมาตรฐานเดิม

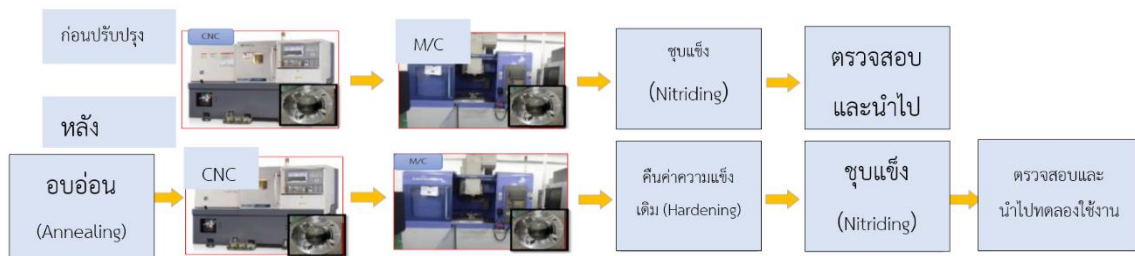
3.7 ทดลองปรับค่าความแข็งของแท่งโลหะโดยวิธีการอบอ่อน

หลังจากนี้จึงได้ใช้เทคนิคการอบอ่อน ซึ่งเป็นขั้นตอนการปรับค่าความแข็งของแท่งโลหะให้มีความอ่อนตัวลงก่อนนำ

ชิ้นงานเข้าสู่ขั้นตอนการกลึง ทั้งนี้จึงได้ทำการทดลองเพิ่มขั้นตอนการอบอ่อน โดยเริ่มต้นจากการส่งแท่งโลหะไปอบอ่อนก่อนที่ค่าความแข็งเท่ากับ 13-14 HRC เพื่อง่ายต่อการกลึงและลดการแตกหักของดอกกัด แล้วนำเข้าสู่ขั้นตอนการกลึง และขั้นตอนการกัดชิ้นงานตามเดิม หลังจากนั้นก็ปรับคืนความแข็งของชิ้นงานให้เท่ากับ 47-49 HRC ตามที่แบบกำหนด ซึ่งการทดลองมีขั้นตอนดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนการทดลองปรับค่าความแข็งของโลหะด้วยเงื่อนไขการอบอ่อน



รูปที่ 5 แสดงกระบวนการผลิตก่อนและหลังปรับปรุงจากเงื่อนไขการอบอ่อนเพื่อปรับค่าความแข็งของโลหะ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาวิธีการอบอ่อนในการปรับค่าความแข็งของโลหะ

หลังจากนำโลหะที่มีค่าความแข็งประมาณ 51-53 HRC ไปอบอ่อน เพื่อลดค่าความแข็งให้ได้ความแข็งประมาณ 13-14 HRC ก่อนจากนั้นนำโลหะมาเข้ากระบวนการกลึงโดยเครื่องซีเอ็นซี จนได้เป็นชิ้นงาน จากนั้นทำการกัดชิ้นงานให้ได้รูปทรงด้วยเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ เมื่อได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์แล้วจึงนำไปคืนค่าความแข็งเดิม (Hardening) ให้ได้ความแข็งที่ 47-49 HRC ตามที่กำหนดในแบบ แล้วจึงนำไปชุบแข็งในกระบวนการต่อไป ซึ่งจากกระบวนการผลิตแบบเดิมได้มีการเพิ่มเงื่อนไขการอบอ่อนเพื่อปรับค่าความแข็งของโลหะ ดังรูปที่ 5

4.2 ผลการศึกษาปริมาณการใช้ดอกกัด และอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุง

ตารางที่ 4 ปริมาณการใช้ดอกกัด ประเภท Ø10R2 ก่อนและหลังการปรับปรุง

เดือน	ปริมาณการใช้ดอกกัด (แท่ง) ก่อนปรับปรุง	ปริมาณการใช้ดอกกัด (แท่ง) หลังปรับปรุง	ผลต่าง (แท่ง)
ส.ค.	42	14	28
ก.ย.	47	16	31
ต.ค.	45	15	30

ตารางที่ 4 (ต่อ) ปริมาณการใช้ดอกกัด ประเภท Ø10R2 ก่อนและหลังการปรับปรุง

เดือน	ปริมาณการใช้ดอกกัด (แท่ง) ก่อนปรับปรุง	ปริมาณการใช้ดอกกัด (แท่ง) หลังปรับปรุง	ผลต่าง (แท่ง)
พ.ย.	38	13	25
ธ.ค.	41	14	27
ม.ค.	35	12	23
รวม	248	84	164
เฉลี่ย	41.33	14	27.33

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าหลังจากทำการอบอ่อนแล้วประสิทธิภาพของดอกกัดเพิ่มขึ้น ในจำนวนการผลิตชิ้นงานที่เท่ากัน จากเดิมใช้ดอกกัดเฉลี่ย 41.33 แท่ง/เดือน ลดปริมาณการใช้ดอกกัดเหลือ 14 แท่ง/เดือน หรือประมาณการได้ว่าภายใน 6 เดือน ปริมาณดอกกัดจากเดิม 248 แท่ง ลดเหลือ 84 แท่ง อันเนื่องมาจากค่าของโลหะที่อ่อนตัวลงจากการอบอ่อน ส่งผลให้การกลึง และการตัดเฉือนทำให้ง่ายขึ้น และยังส่งผลให้ปริมาณการใช้ดอกกัดในขั้นตอนการกลึงอัตโนมัติลดลง อีกทั้งยังยืดอายุการใช้งานดอกกัดได้อีกด้วย ซึ่งได้เปรียบเทียบปริมาณการใช้ดอกกัดก่อนและหลังปรับปรุงดังรูปที่ 7

4.3 ผลการทดสอบความแตกต่างของอายุการใช้งานแม่พิมพ์ก่อนและหลังการปรับปรุง

จากเป้าหมายของแนวทางการแก้ไขได้ระบุไว้ว่า หลังการปรับปรุงกระบวนการแล้วนั้น คุณภาพของแม่พิมพ์ต้องคงมาตรฐานเดิม จึงมีการเก็บข้อมูลอายุการใช้งานแม่พิมพ์ก่อน

และหลังปรับปรุง ดังตารางที่ 5 มาทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ T-test [6]

โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

กำหนดให้

μ_{d1} แทนอายุการใช้งานแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง

μ_{d2} แทนอายุการใช้งานแม่พิมพ์หลังปรับปรุง

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลอายุการใช้งานแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุง จำนวน 30 ตัว

แม่พิมพ์ ตัวที่	อายุการใช้งานแม่พิมพ์ (ต่อจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้)		ผลต่าง (ชิ้น)
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
1	5,766	5431	-335
2	5,400	5200	-200
3	4,800	5100	300
4	5,011	4800	-211
5	4,900	5233	333
6	4,881	4222	-659
7	5,300	5300	0
8	6,000	5467	-533
9	4,333	5100	767
10	5,400	5320	-80
11	4,450	4869	419
12	5,100	4500	-600
13	5,500	4900	-600
14	4,900	5200	300
15	4,700	5177	477

ตารางที่ 5 (ต่อ) แสดงข้อมูลอายุการใช้งานแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุง จำนวน 30 ตัว

แม่พิมพ์ ตัวที่	อายุการใช้งานแม่พิมพ์ (ต่อจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้)		ผลต่าง (ชิ้น)
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	
16	5,689	4600	-1,089
17	4,800	5300	500
18	5,201	5800	599
19	4,680	6000	1,320
20	5,763	5100	-663
21	5,400	4878	-522
22	5,210	5350	140
23	6,600	4600	-2,000
24	4,200	5640	1,440
25	4,870	5111	241
26	5,100	4909	-191
27	4,800	5001	201
28	5,102	5444	342
29	4,300	5103	803
30	5,600	5800	200
รวม	153,756 ชิ้นต่อ แม่พิมพ์ 30 ตัว	154,455 ชิ้นต่อ แม่พิมพ์ 30 ตัว	699
เฉลี่ย	5,125.20 ชิ้นต่อ แม่พิมพ์ 1 ตัว	5,148.5 ชิ้นต่อ แม่พิมพ์ 1 ตัว	23.3

สมมติฐานการทดสอบ

$$H_0: \mu_{d1} - \mu_{d2} = 0$$

(อายุการใช้งานแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุงไม่แตกต่างกัน)

$$H_1: \mu_{d1} - \mu_{d2} \neq 0$$

(อายุการใช้งานแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุงแตกต่างกัน)

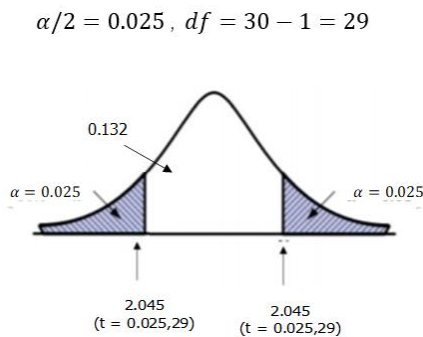
ทดสอบด้วยสถิติ T-test ของประชากรที่เป็นไม่อิสระต่อกัน มีสูตรการคำนวณดังนี้ [5]

$$t = \frac{\bar{D} - \mu_D}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$$

ณ.มหานิล และ ว.น้อยหลาบเมื่อ

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า} &= \frac{23.3 - 0}{\frac{961.508}{\sqrt{30}}} \\ &= 0.132\end{aligned}\quad (1)$$

กำหนด $\alpha = 0.05$ ทดสอบทั้ง 2 ด้าน และสามารถเปิดค่าจากตาราง $t = (-2.045), 2.045$ [7] ดังรูปที่ 6



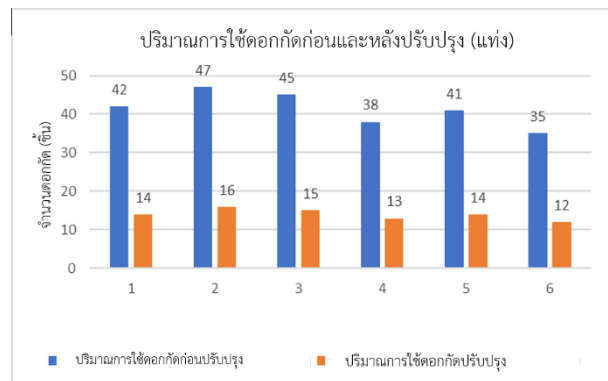
รูปที่ 6 แสดงค่าในตาราง t ที่ $\alpha = 0.05$, $n = 29$

จากรูปที่ 6 ค่าจากการเปิดตาราง t เท่ากับ -2.045, 2.045 และค่าการทดสอบเท่ากับ 0.132 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าจากการเปิดตาราง ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบสมมุติฐานได้ว่า ยอมรับ H_0 นั่นคือ อายุการใช้งานแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุงไม่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการด้วยเงื่อนไขการอบอ่อน ส่งผลให้คุณภาพของแม่พิมพ์คงมาตรฐานเดิม

5. สรุปผล และอภิปรายผลการวิจัย

5.1 สรุปผล

หลังจากที่ปรับปรุงแสดงให้เห็นว่าโลหะที่ผ่านการอบอ่อนก่อนเข้าสู่กระบวนการกลึงอัตโนมัติ และนำไปกัดผิวโดยกระบวนการแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์นั้นสามารถลดปริมาณการใช้ดอกกัดลงได้ ดังรูปที่ 7

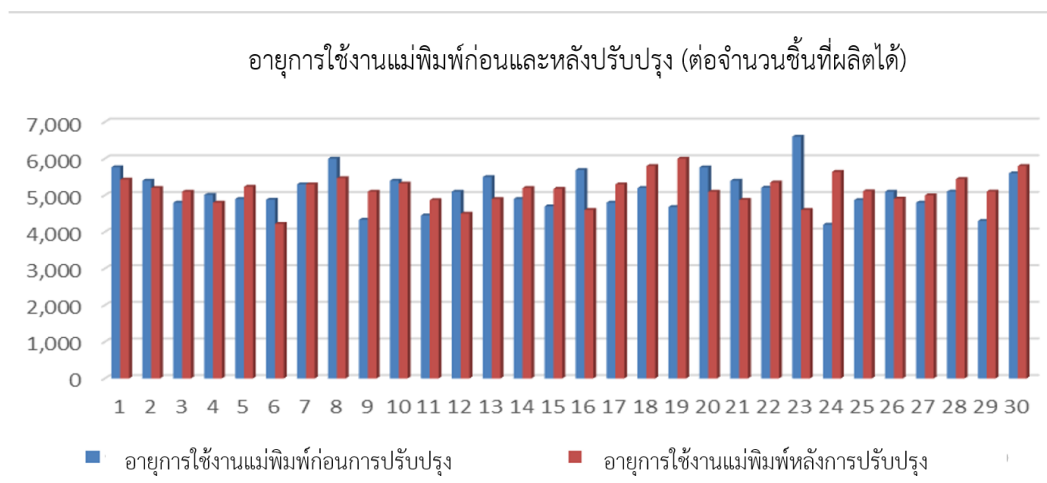


รูปที่ 7 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ดอกกัดก่อนและหลังปรับปรุง

อีกทั้งยังแสดงให้เห็นว่าอายุการใช้งานแม่พิมพ์หลังปรับปรุง สามารถผลิตชิ้นงานได้อย่างมีคุณภาพคงเดิม ซึ่งจากการทดสอบก็พบว่าก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการนั้นคุณภาพของแม่พิมพ์ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และแสดงในลักษณะแผนภูมิได้ดังรูปที่ 8

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลจากการประยุกต์นำวิธีการอบอ่อนไปใช้ในการปรับค่าความแข็งของโลหะประเภทเอสเค 11 สำหรับกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ พบว่า จากเดิมมีต้นทุนรวมในการผลิตจากเดิม 6,354.65 บาทต่อชิ้น ลดลงเหลือ 4,434.87 บาทต่อชิ้น เนื่องจากการปรับปรุงเพิ่มขึ้นตอนการอบอ่อน และการคืนค่าความแข็ง แต่ถือว่าเกิดความคุ้มค่ากับการลดการใช้ดอกกัด เนื่องจากต้นทุนในขั้นตอนการกลึงโดยเครื่องซีเอ็นซีจากเดิม 59 บาทต่อชิ้น ลดเหลือ 39.75 บาทต่อชิ้น และต้นทุนในขั้นตอนการกลึงโดยเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ จากเดิม 5,882.25 บาทต่อชิ้น ลดเหลือ 3,154.92 บาทต่อชิ้น และต้นทุนอบอ่อน และคืนค่าความแข็ง จากเดิม 413.4 บาทต่อชิ้น เพิ่มขึ้นเป็น 1,240.2 บาทต่อ ส่งผลให้ต้นทุนรวมในการผลิตแม่พิมพ์ลดลงทั้งสิ้น 1,919.78 คิดเป็น 30.21 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เพิ่มผลผลิตในกระบวนการได้จากการลดต้นทุนตามหลักการของเฟรดเดอริก วินสโลว์ เทย์เลอร์ [8]



รูปที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบอายุการใช้งานแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุง

ผลการวิจัยในครั้งนี้มีความสอดคล้องในแง่การใช้เงินทองที่เกี่ยวกับปัจจัยการผลิตมาปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตกับงานวิจัยของคงฤทธิ นครชัย (2559) ศึกษาการลดต้นทุนการผลิตในกระบวนการกลึงอัตโนมัติโดยการใช้เงินทองในการตัดเฉือนที่เหมาะสม ผลการทดลองพบว่าสามารถเพิ่มอัตราการผลิตในปัจจุบันจาก 454 ชิ้นต่อวัน เป็น 516 ชิ้นต่อวัน คิดเป็น 13.65% และในขณะเดียวกันลดต้นทุนการผลิตในปัจจุบันจาก 4.443 บาทต่อชิ้น เหลือ 4.102 บาทต่อชิ้น คิดเป็น 7.67% [9] และสอดคล้องในแง่ของการผลิตแม่พิมพ์ที่มีกรรมวิธีปรับปรุงคุณสมบัติทางความร้อนกับงานวิจัยของมนตรี วงษ์สุวรรณ (2559) ศึกษาความเป็นไปได้

ในการป้องกันการสูญเสียคาร์บอนที่ผิวของแม่พิมพ์โลหะที่ผ่านกรรมวิธีปรับปรุงสมบัติทางความร้อน ทำการทดลองกับผิวของเหล็ก SKD11 ด้วยกระบวนการทางความร้อน โดยทำการอบโดยเตาไฟฟ้าใช้อุณหภูมิที่ 850 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบโดยประมาณ 40 นาที ส่วนการอบด้วยตัวสุญญากาศจะใช้อุณหภูมิที่ 850 องศาเซลเซียส แต่ใช้เวลา 15 นาที ผลการตรวจสอบสมบัติทางกลของเหล็ก SKD11 ที่อบในเตาสุญญากาศในอุณหภูมิที่ 850 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 15 นาที จะพบว่าค่าความแข็งของเหล็กมีความแข็งปานกลางและแข็งอย่างสม่ำเสมอ [10]

เอกสารอ้างอิง

- [1] สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, ประมวลผลโดยศูนย์วิจัยธนาคารออมสิน, “แนวโน้มอุตสาหกรรมรถยนต์,” ตุลาคม 2562, [ออนไลน์]. Available: <https://www.gsbresearch.or.th/>. [Accessed Aug. 17, 2564].
- [2] W. D. Callister, Materials science and engineering : an introduction. New York: John Wiley & Sons, 2007.
- [3] H. Costin, Management development and training: a TQM approach. London: The Dryden Press, 1996.
- [4] K. Ishikawa., Cause-and-Effect Diagram. Tokyo: Tokyo University, 1953.
- [5] วชิรินทร์ สิทธิเจริญ, การศึกษางาน: Work Study. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2547.

- [6] D. C. Montgomer and G. C. Runger, Applied statistics and probability for engineers. New York: John Wiley & Sons, 1994.
- [7] N. E. Savinand and K. J. White, "The Durbin-Watson Test for Serial Correlation with Extreme Sample Sizes or Many Regressors, *Econometrica*," Vol. 45, no. 8, pp. 1989-1996, 1977.
- [8] F. W. Taylor, The principles of scientific management. Dover Publications, 1998.
- [9] คงฤทธิ์ นครชัย, "ศึกษาการลดต้นทุนการผลิตในกระบวนการกลึงอัตโนมัติโดยการใช้เงื่อนไขการตัดเฉือนที่เหมาะสม," วิทยานิพนธ์ วศ.บ. (การจัดการงานวิศวกรรม), มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี, 2559.
- [10] มนตรี วงษ์สุวรรณ, ศึกษาความเป็นไปได้ในการป้องกันการสูญเสียคาร์บอนที่ผิวของแม่พิมพ์โลหะที่ผ่านกรรมวิธีปรับปรุงสมบัติทางความร้อน. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 2559.