

การเปรียบเทียบผิวรอยกัดของวัสดุเหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20

ด้วยเครื่องกัดอัตโนมัติแบบ 3 และ 5 แกน

Comparison of Machining Surface of Mold Steel AISI-P20

in 3 and 5-Axis CNC Milling Machines

ฐานทัพนนท์ตุลา, ปิยะพงษ์ คำคุณ*, สุธธิลักษณ์ พิลลา, สมพร ปิยะพันธ์ และ โอริส มณีสาย

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอุตสาหกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2 ถนนถนัดจินี แขวงมหาเมฆ สาทร กรุงเทพฯ 10120

Thantup Nontula, Piyapong Kumkoon*, Suttalak Pila, Somporn Peyapan and Oris Maneesai

Department of Mechanical and Industrial Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Krungthep,

2 Nanglinchi Rd., Thungmahamek, Sathorn, Bangkok, 10120

*Corresponding author Email: piyapong.k@mail.rmutk.ac.th

(Received: December 08, 2024 / Revised: December 24, 2024 / Accepted: December 25, 2024)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพผิวรอยกัดส่วนโค้งของวัสดุเหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20 ด้วยเครื่องกัดอัตโนมัติแบบ 3 และ 5 แกน โดยทำการออกแบบชิ้นงานตัวอย่างต้นแบบเป็นลักษณะรูปคลื่นผิวนูนโค้งที่มีรูปแบบผิวโค้งนูน และเว้าที่มีรัศมีที่แตกต่างกัน และใช้ชุดคำสั่งด้วยโปรแกรม Siemens NX12 (CAD-CAM software) สำหรับวัสดุตัดเฉือนหรือแปรรูปด้วยกระบวนการกัด คือ ดอกกัดมุมฉาก (Flex End Mills) ทั้งสแตนคาร์ไบด์แบบ 4 ฟัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และดอกกัดรัศมีโค้ง (Ball End Mills) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบ ความเร็วเคลื่อนที่และเงื่อนไขอื่นๆ ตามที่กำหนด ประเมินผลค่าความหยาบผิวของชิ้นงานทดสอบ และเปรียบเทียบเวลาที่ใช้สำหรับดำเนินการด้วยกระบวนการกัดอัตโนมัติแบบ 3 และ 5 แกน ผลการทดลองพบว่าวัสดุเหล็กแม่พิมพ์ P20 กัดอัตโนมัติแบบ 3 แกน มีค่าความหยาบผิวเฉลี่ยน้อยที่สุดที่ตำแหน่งรัศมีโค้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2.039 ไมโครเมตร และกัดอัตโนมัติแบบ 5 แกน มีค่าความหยาบผิวเฉลี่ยน้อยที่สุดที่ตำแหน่งรัศมีโค้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 1.861 ไมโครเมตร จากการแสดงของโปรแกรม Siemens NX12 และเวลาปฏิบัติงานจริง พบว่าการกัดแปรรูปแบบ 3 และ 5 แกน ใช้เวลาจำลองจากชุดคำสั่งของโปรแกรมใกล้เคียงกัน แต่เมื่อดำเนินการปฏิบัติงานจริง การกัดแปรรูปแบบ 3 แกน ใช้เวลาน้อยกว่าการกัดแปรรูปแบบ 5 แกน เท่ากับ 12.98 นาที

คำสำคัญ : เหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20, ดอกกัดมุมฉาก, ดอกกัดรัศมีโค้ง, การกัดแบบ 3 แกน, การกัดแบบ 5 แกน

Abstract

The objective of this research is to study the surface quality of curve milling marks of mold steel AISI-P20 using automatic 3 and 5-axis milling machines. The prototype example is a curved convex waveform, featuring a convex curved surface pattern and varying concave radii. Use a command set with the Siemens NX12 program (CAD-CAM software) for machining materials and processing them with a milling process. These are right-angle end mills (Flex End Mills), 4-tooth tungsten carbide, diameter 5 mm, and curved-radius end mills of 2 mm diameter with rotational speed, movement speed, and other conditions

as specified. We evaluated the surface roughness values of the test specimens for both materials and compared the operating times for 3 and 5-axis automated milling processes. According to the results, the plastic mold steel material P20, 3-axis automatic milling has the lowest average surface roughness value at the 2nd arc radius position. At the 2nd arc radius position, there is 2.039 micrometer, and 5-axis automatic milling has the lowest average surface roughness value, approximately 1.861 micrometer. The Siemens NX12 program and the actual operating times, the result shows that 3- and 5-axis milling operations are comparable. The simulation time for the program's instruction set is comparable. When the work is actually performed, 3-axis milling takes 12.98 minutes less than 5-axis milling.

Keywords: Mold Steel AISI-P20, Flex End Mill, Ball End Mill, 3-Axis Milling, 5-Axis Milling

1. บทนำ

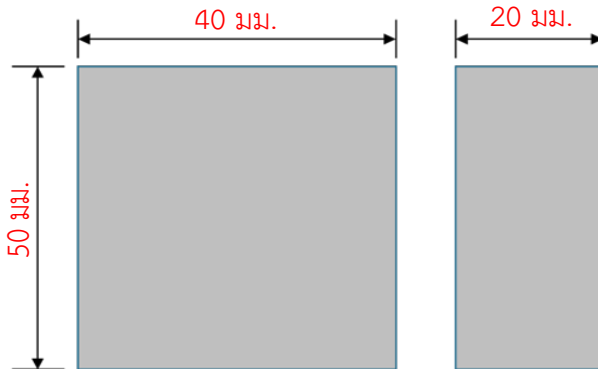
ปัจจุบันนี้ในงานอุตสาหกรรมมีการพัฒนาความเจริญก้าวหน้าในการนำ เอาซอฟต์แวร์ หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามา มีบทบาทหน้าที่ในการทำงานทางอุตสาหกรรมมากขึ้น ทำให้เกิดการตั้งสมมติฐานต่างๆ ที่นำมาศึกษาเพื่อที่จะหาการ เปรียบเทียบของข้อมูล หรือข้อสรุป นำมาซึ่งการปฏิบัติงานที่มีข้อผิดพลาด และให้ประสิทธิภาพได้อย่างสูงสุด ทางผู้วิจัยจึงมี สมมติฐานว่าระหว่างเครื่องกัดชิ้นงานแบบ 3 แกน และเครื่องกัดชิ้นงานแบบ 5 แกน โดยที่บริเวณผิวชิ้นงานที่ทำการกัดนั้น มี ลักษณะนูนโค้ง ซึ่งจะนำ เอาโปรแกรม Siemens NX12 หรือซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์มาใช้คำสั่งปฏิบัติงานการกัดชิ้นรูปโค้ง (Contour Milling) เพื่อการเปรียบเทียบของข้อมูลและสรุปผล [1,2,3]

ความสำคัญของการกัดผิวโค้ง การทำให้เกิดผิวโค้งบนงานด้วยดอกกัดรัศมีโค้ง (Ball End Mill) ถูกป้อนกลับไปกลับมา ทำงานตามแนวโค้ง เพื่อสร้างรูปทรงพื้นผิวสามมิติที่ต้องการบนพื้นผิวชิ้นงานมักใช้เพื่อสร้างรูปทรงของแม่พิมพ์ (Molds and Dies) ความสำคัญของความหยาบผิว ความหยาบบนพื้นผิวชิ้นงานทำให้ความแม่นยำลดลง อาจก่อให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพ ของชิ้นงานตามมา [4] ดังนั้นในด้านอุตสาหกรรมจึงมีการควบคุมความคลาดเคลื่อนของพื้นผิว เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ ค่าความหยาบ (Roughness Value) จึงเป็นพารามิเตอร์ (ค่าคงที่) สำคัญที่ใช้ในการกำหนดความเหมาะสมของพื้นผิวชิ้นงาน ผลิต การกัดชิ้นรูปโค้ง เป็นการกัดชิ้นงานให้เป็นรูปโค้ง นูน เว้า หรือรูปทรงอื่นๆ ด้วยหัวกัดที่มีรูปทรงพิเศษซึ่งเป็นตัวกำหนด รูปร่างของร่องที่ตัด ซึ่งสามารถใช้เครื่องจักรอัตโนมัติในการกัดได้ทั้งแบบ 3 และ 5 แกน แต่ยังไม่ทราบ ถึงความหยาบผิว และ ระยะเวลาในการกัดโดยเฉลี่ย ทางผู้วิจัยจึงได้สร้างชิ้นงานที่มีลักษณะผิวโค้งขึ้นมาด้วยวัสดุต่างชนิดกัน เพื่อศึกษาค่าความ หยาบผิวเฉลี่ย ระยะเวลาในการกัด ของแต่ละแกน แตกต่างกันอย่างไ [5] ความสำคัญของเครื่องกัด CNC ในกระบวนการ ผลิตเครื่องกัด CNC ทำงานด้วยระบบดิจิทัล ซึ่งช่วยในการผลิตชิ้นงานที่มีความยากหรือต้องการความละเอียดสูง ด้วยการ แก้ไขปัญหาและวางแผนด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ทำให้ชิ้นงานที่ผลิตด้วยเครื่องกัด CNC มีความละเอียด และช่วยให้ กระบวนการทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น [6]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพผิวของการกัดชิ้นรูปลักษณะรูปคลื่นผิวบนโค้งของวัสดุเหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20 ด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ แบบ 3 และ 5 แกน และเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ระหว่างคำสั่งด้วยโปรแกรม Siemens NX12 และเวลาปฏิบัติงานจริงของทั้งรูปแบบการกัดชิ้นงานทดสอบ

2. วัสดุ และอุปกรณ์

1) วัสดุที่ใช้สำหรับทดสอบ คือ เหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20 ขนาดความกว้าง 20 มม. ความยาว 40 มม. และความหนา 50 มม. แสดงดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2 ตามลำดับ

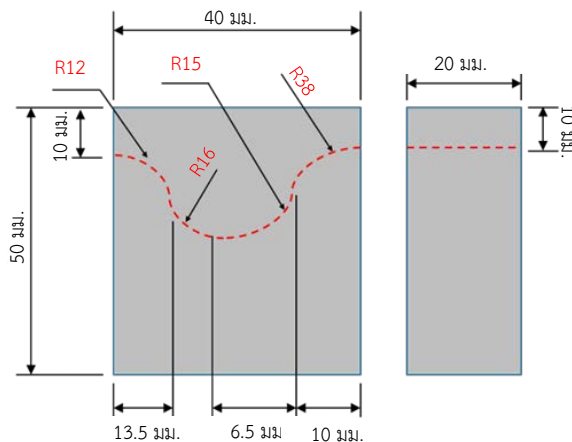


ภาพที่ 1 การออกแบบขนาดชิ้นงานทดลอง 20 x 40 x 50 มม.



ภาพที่ 2 ลักษณะวัสดุเหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20 สำหรับทดลอง

2) การออกแบบแนวทางเดินการกัด และชุดคำสั่งด้วยโปรแกรม Siemens NX12 โดยกำหนดให้ตำแหน่งรัศมีโค้งทั้งหมด 4 ตำแหน่ง โดยตำแหน่งรัศมีโค้งที่ 1 มีรัศมี 12 มม. ตำแหน่งรัศมีโค้งที่ 2 มีรัศมี 16 มม. ตำแหน่งรัศมีโค้งที่ 3 มีรัศมี 15 มม. และตำแหน่งรัศมีโค้งที่ 4 มีรัศมี 38 มม. แสดงดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4 ตามลำดับ



ภาพที่ 3 ออกแบบแนวทางเดินการกัดเป็นรูปคลื่นที่มีลักษณะรูปคลื่นผิวนูนโค้ง

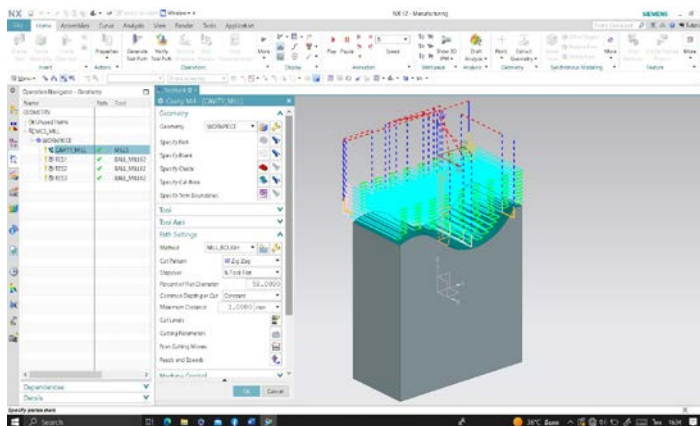


ภาพที่ 4 ลักษณะชิ้นงานขึ้นรูปคลื่นผิวนูนโค้ง

3) เครื่องมือ และอุปกรณ์

- ดอกกัดมุมฉาก (Flex End Mills) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. อัตราการป้อน 510 มม./รอบ และความเร็วรอบ 5350 รอบ/นาที
- ดอกกัดรัศมีโค้ง (Ball End Mills) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มม. อัตราการป้อน 210 มม./รอบ และความเร็วรอบ 15000 รอบ/นาที
- ชุดคำสั่งกัดจากโปรแกรม Siemens NX12 แบบ 3 และ 5 แกน ลักษณะรูปคลื่นผิวนูนโค้ง แสดงตามภาพที่ 5
- เครื่องจักรอัตโนมัติ (Computer Numerical Control: CNC) รุ่น UMC 750 แสดงตามภาพที่ 6

- กล้องจุลทรรศน์ (Laser Confocal Microscope ยี่ห้อ Olympus) รุ่น OLS 00.500 5000 กำลังขยายไมโครเมตร



ภาพที่ 5 การออกแบบชิ้นงานด้วยโปรแกรม Siemens NX12



ภาพที่ 6 เครื่องจักรอัตโนมัติ รุ่น UMC 750 (Computer Numerical Control; CNC)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

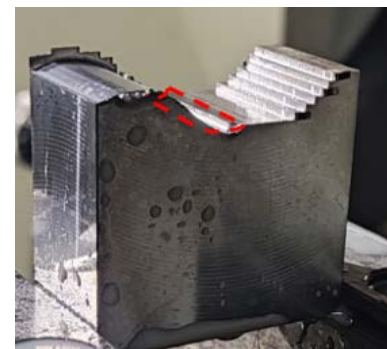
3.1 ดำเนินการตามขั้นตอนในการกักตักในครั้งที่ 1 - 4 ในลักษณะการกักเก็บขนาดผิวหยาบของชิ้นงานแบบ 3 แกน แสดงตัวอย่างขั้นตอนการกักตักตามภาพที่ 7 (ก) - (จ) ตามลำดับ



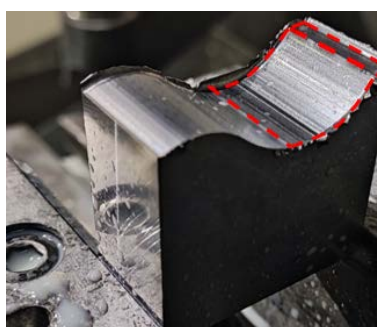
(ก) กักเก็บขนาดผิวหยาบของชิ้นงาน



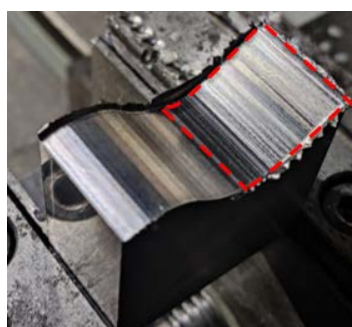
(ข) กักเก็บผิวชิ้นงานในพื้นที่ผิวโค้งที่ 1



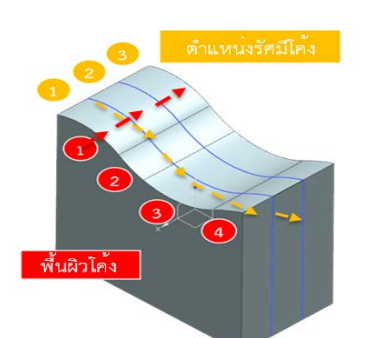
(ค) กักเก็บผิวชิ้นงานในพื้นที่ผิวโค้งที่ 2



(ง) กักเก็บผิวชิ้นงานในพื้นที่ผิวโค้ง 3



(จ) กักเก็บผิวชิ้นงานในพื้นที่ผิวโค้ง 4



(ฉ) ตำแหน่งรัศมีโค้งของชิ้นงาน และพื้นผิวโค้งในแต่ละพื้นผิว

ภาพที่ 7 ตัวอย่างลักษณะการกักเก็บผิวชิ้นงานในพื้นที่ผิวโค้งที่ 1 - 4 ประเภทแนวทางการกักแบบ 3 แกน

3.2 วัดค่าความหยาบผิวของชิ้นงานทดลอง ตรวจสอบค่าความหยาบผิวของชิ้นงานทดสอบหลังจากผ่านกระบวนการกัดแบบหยาบ และเก็บความละเอียดของผิวชิ้นงานประเภทแนวทางเดินการกัดแบบ 3 แกน และ 5 แกน นำมาเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการปฏิบัติงานและค่าความหยาบผิว แสดงตำแหน่งการตรวจสอบตามภาพที่ 7 (ฉ) ด้วยเครื่องกล้องจุลทรรศน์ Laser Confocal Microscope กำลังขยาย x5

3.3 เปรียบเทียบระยะเวลาในการปฏิบัติงาน และค่าความหยาบผิวของวัสดุ

3.4 ประเมินผลเปรียบเทียบที่ได้วิเคราะห์ และประเมินผลการทดลองทำการเปรียบเทียบระยะเวลาในการปฏิบัติงาน และค่าความหยาบผิวของวัสดุ

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาคุณภาพผิวรอยกัดขึ้นรูปคลื่นผิวนูนโค้งแบบ 3 และ 5 แกน

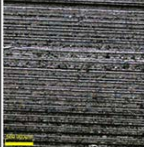
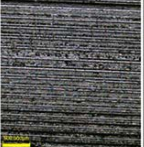
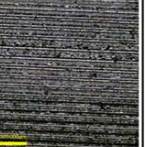
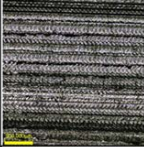
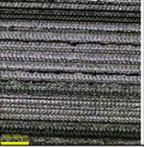
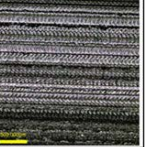
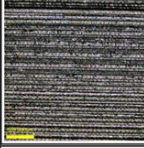
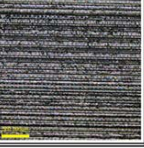
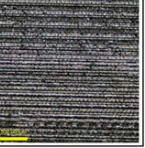
จากการทดลองแปรรูปวัสดุทดสอบผ่านกระบวนการกัด CNC แบบ 3 แกน และตรวจสอบลักษณะผิวงานด้วยกล้องจุลทรรศน์ Laser Confocal Microscope ยี่ห้อ Olympus รุ่น OLS5000 กำลังขยาย 500.00 ไมโครเมตร แสดงตามภาพที่ 8 ผลลัพธ์ที่ได้ปรากฏว่าในแนวทางเดินการกัดบริเวณ :

พื้นผิวโค้งที่ 1 ทั้ง 3 ตำแหน่งรัศมีโค้ง พบแนวทางเดินการกัดมีความสม่ำเสมอ ทำให้เห็นถึงรอยกัดได้อย่างชัดเจน พื้นผิวชิ้นงานแบ่งตัวเป็นชั้นอย่างชัดเจน

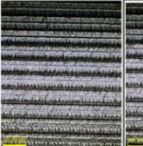
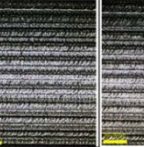
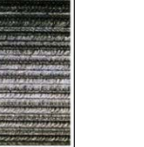
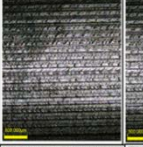
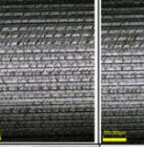
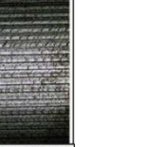
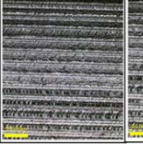
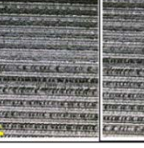
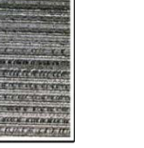
พื้นผิวโค้งที่ 2 ทั้ง 3 ตำแหน่งรัศมีโค้ง มีแนวทางเดินการกัดมีจำนวนความถี่ของการกัดมาก ไม่สม่ำเสมอ ทำให้ไม่สามารถเห็นรอยกัดได้อย่างชัดเจน ลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานโค้งลงแบ่งเป็นชั้นบันได

พื้นผิวโค้งที่ 3 ทั้ง 3 ตำแหน่งรัศมีโค้ง มีโค้งมีแนวทางเดินการกัดไม่สม่ำเสมอ ลักษณะแนวการกัดมีทิศทางตรงกันข้าม ลักษณะของชิ้นงานเป็นโค้งเว้าลงพื้นผิวแบ่งชั้นได้อย่างชัดเจน

พื้นผิวโค้งที่ 4 แนวทางเดินการกัดมีจำนวนความถี่ของรอยกัดมาก ร่องรอยการกัดสม่ำเสมอพื้นผิวของชิ้นงานมีลักษณะคล้ายกับพื้นผิวโค้งที่ 3

พื้นที่ผิวโค้ง (มม.)	ลักษณะผิวรอยกัดเหล็กแม่พิมพ์พลาสติก P20 แบบ 3 แกน		
	พื้นที่ผิวโค้งที่ 1	พื้นที่ผิวโค้งที่ 2	พื้นที่ผิวโค้งที่ 3
1 (12)			
2 (16)			
3 (15)			
4 (38)			

ภาพที่ 8 ลักษณะรอยกัดผิว แบบ 3 แกน

พื้นที่ผิวโค้ง (มม.)	ลักษณะผิวรอยกัดเหล็กแม่พิมพ์พลาสติก P20 แบบ 5 แกน		
	พื้นที่ผิวโค้งที่ 1	พื้นที่ผิวโค้งที่ 2	พื้นที่ผิวโค้งที่ 3
1 (12)			
2 (16)			
3 (15)			
4 (38)			

ภาพที่ 9 ลักษณะรอยกัดผิว แบบ 5 แกน

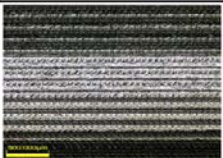
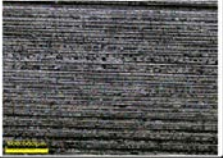
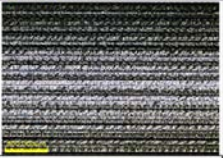
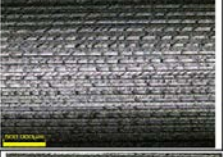
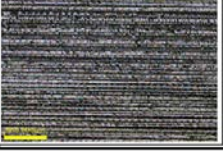
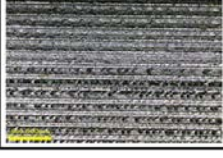
จากภาพที่ 9 วัสดุที่ใช้ทดสอบเป็นวัสดุแข็งประเภทเหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20 หลังจากผ่านกระบวนการกัด CNC ขึ้นงานแบบ 5 แกน ดำเนินการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ Laser Confocal Microscope ยี่ห้อ Olympus รุ่น OLS5000 กำลังขยาย 500.00 ไมโครเมตร ผลลัพธ์ที่ได้ปรากฏว่าในแนวทางการกัดจากการตรวจสอบด้วยสายตาพบว่า :

พื้นผิวโค้งที่ 1 ทั้ง 3 ตำแหน่งรัศมีโค้ง มีลักษณะรอยกัดเป็นชั้นบันไดพื้นผิวของชิ้นงานมีความสม่ำเสมอ

พื้นผิวโค้งที่ 2 ทั้ง 3 ตำแหน่งรัศมีโค้ง มีแนวทางการกัดชัดเจน ลักษณะรอยกัดแบ่งเป็นชั้น และพื้นผิวมีความสม่ำเสมอ ลักษณะคล้ายกันกับพื้นผิวโค้งที่ 1 แต่มีความละเอียดมากกว่า

พื้นผิวโค้งที่ 3 ทั้ง 3 ตำแหน่งรัศมีโค้ง มีระยะแนวทางการกัดที่สม่ำเสมอ โดยผิวชิ้นงานมีความละเอียดคล้ายกันผิวชิ้นงานพื้นผิวโค้งที่ 2 ซึ่งมีทิศทางของแนวทางการกัดที่ตรงข้ามกับพื้นผิวโค้งที่ 1 และพื้นผิวโค้งที่ 2

พื้นผิวโค้งที่ 4 ทั้ง 3 ตำแหน่งรัศมีโค้ง มีระยะแนวทางการกัดที่สม่ำเสมอ แต่มีความระเอียดน้อยกว่าพื้นผิวโค้งที่ 3 เล็กน้อย

พื้นผิวโค้ง (มม.)	ลักษณะผิวรอยกัดวัสดุเหล็กแม่พิมพ์ P20 (ตำแหน่งรัศมีโค้งที่ 2)	
	แบบ 3 แกน	แบบ 5 แกน
1 (12)		
2 (16)		
3 (15)		
4 (38)		

ภาพที่ 10 เปรียบเทียบลักษณะผิวรอยกัดแบบ 3 และ 5 แกน

ภาพที่ 10 เปรียบเทียบลักษณะผิวรอยกัดแบบ 3 และ 5 แกน ของวัสดุทดสอบจากภาพถ่ายด้วยสายตาพบว่า :

พื้นผิวโค้งที่ 1 การกัดด้วยชุดคำสั่งแบบ 3 แกน มีลักษณะเป็นรอยกัดเป็นชั้นบันไดเหมือนกับการกัดด้วยชุดคำสั่งแบบ 5 แกน แต่การกัดด้วยชุดคำสั่งแบบ 5 แกนมีผิวที่มีความสม่ำเสมอมากกว่า การกัดชุดคำสั่งแบบ 3 แกน

พื้นผิวโค้งที่ 2 การกัดด้วยชุดคำสั่งแบบ 3 แกน มีลักษณะเป็นรอยกัดเป็นชั้นบันไดเหมือนกับการกัดด้วยชุดคำสั่งแบบ 5 แกน แม้จะดูมีความละเอียดมากกว่า พื้นผิวของ ชุดคำสั่งแบบ 3 แกนนั้น ไม่มีความสม่ำเสมออย่างเห็นได้ชัด

พื้นผิวโค้งที่ 3 การกัดด้วยชุดคำสั่งแบบ 3 แกน มีลักษณะเป็นรอยกัดเป็นชั้นบันไดเหมือนกับการกัดด้วยชุดคำสั่งแบบ 5 แกน แต่ชุดคำสั่งแบบ 3 แกน มีรอยกัดเป็นลักษณะขั้นที่ดูห่างกัน และเป็นแอ่งกระทะอย่างชัดเจน ต่างจากชุดคำสั่งแบบ 5 แกน ที่รอยกัดผิวเป็น ลักษณะแอ่งกระทะเหมือนกันแต่มีความละเอียดที่มากกว่า และไม่แบ่งเป็นชั้นห่างจนเกินไป

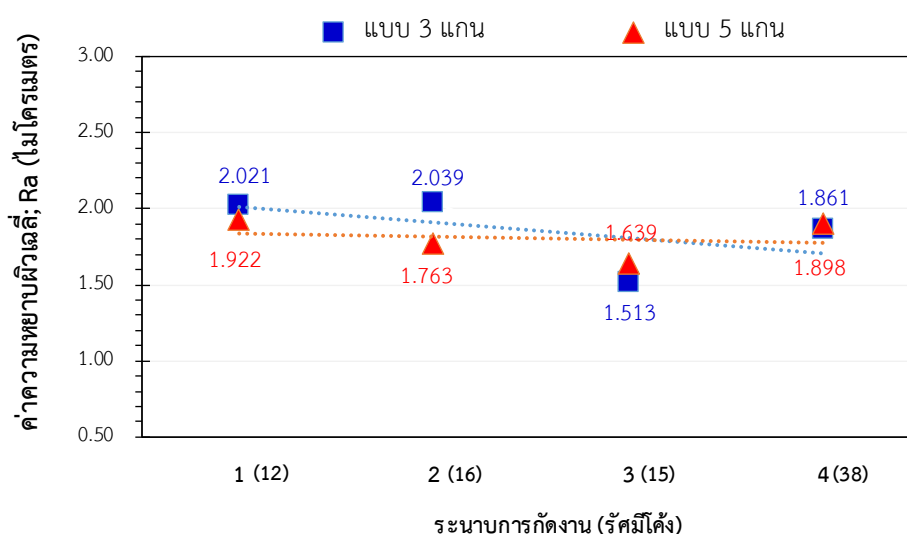
พื้นผิวโค้งที่ 4 การกัดด้วยชุดคำสั่งแบบ 3 แกน มีลักษณะแตกต่างจากชุดคำสั่งแบบ 5 แกน ตรงที่มีรอยกัดที่ละเอียดกว่า และเป็นพื้นผิวโค้งเดียวกันแต่พื้นผิวเป็นขั้น และมีลักษณะเป็นคลื่น ส่วนชุดคำสั่งแบบ 5 แกน นั้นมีลักษณะของรอยกัดที่ตรงกันตรงข้ามกันจากซ้ายไปขวาแต่พื้นผิวมีความสม่ำเสมอ

4.2 ผลค่าความหยาบผิว (Ra)

จากตารางที่ 1 เป็นการแสดงค่าเฉลี่ยความหยาบผิวของวัสดุเหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20 เปรียบเทียบความหยาบผิวในการกัดชิ้นงานแบบ 3 และ 5 แกน ทั้ง 3 ตำแหน่งที่ทำการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ Laser Confocal Microscope ยี่ห้อ Olympus รุ่น OLS5000 พบว่าค่าเฉลี่ยความหยาบผิวของวัสดุเหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20 ของรอยกัดชิ้นงานแบบ 3 แกนมีค่าหยาบผิวเฉลี่ยสูงสุด 2.039 ไมโครเมตร บริเวณพื้นผิวโค้งที่ 2 และแบบ 5 แกน มีค่าหยาบผิวเฉลี่ยสูงสุด 1.922 ไมโครเมตร บริเวณพื้นผิวโค้งที่ 1 และ แบบ 3 แกนมีค่าหยาบผิวเฉลี่ยน้อยสุด 1.513 ไมโครเมตร บริเวณพื้นผิวโค้งที่ 3 และแบบ 5 แกนมีค่าหยาบผิวเฉลี่ยน้อยสุด 1.639 ไมโครเมตร บริเวณพื้นผิวโค้งที่ 3 แสดงผลค่าความหยาบผิวเฉลี่ยในแต่ละพื้นผิวโค้งได้อย่างชัดเจนแสดงตามกราฟภาพที่ 11

ตารางที่ 1 ค่าความหยาบของรอยกัดแบบ 3 และ 5 แกน

พื้นผิวโค้ง (มม.)	แบบ 3 แกน				แบบ 5 แกน			
	ตำแหน่งการวัดความหยาบผิว; Ra (ไมโครเมตร)				ตำแหน่งการวัดความหยาบผิว; Ra (ไมโครเมตร)			
	1	2	3	Ra เฉลี่ย	1	2	3	Ra เฉลี่ย
1 (12)	2.027	2.019	2.018	2.021	1.848	2.004	1.916	1.922
2 (16)	2.199	2.099	1.820	2.039	1.511	1.695	2.083	1.763
3 (15)	1.474	1.553	1.512	1.513	1.693	1.506	1.720	1.639
4 (38)	1.536	1.847	2.201	1.861	1.874	1.777	2.045	1.898



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบค่าความหยาบผิวเฉลี่ยในแต่ละพื้นผิวโค้งของวัสดุเหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20

จากภาพที่ 11 เมื่อเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวเฉลี่ย 1-4 พื้นผิวโค้งของวัสดุทดสอบพบว่า การกัดแบบ 3 แกน มีค่าความหยาบผิวจากเพิ่มขึ้น อยู่ที่ 2.021-1.861 ไมโครเมตร การกัดแบบ 5 แกน มีค่าความหยาบผิวจากลดลง อยู่ที่ 1.922-

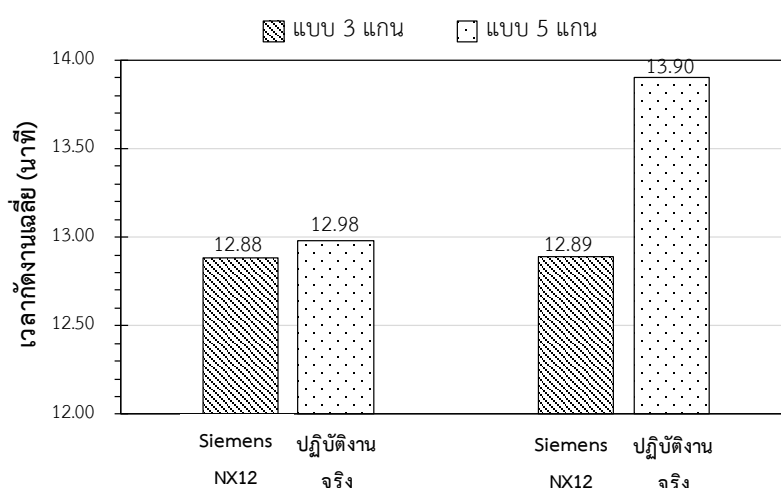
1.898 ไมโครเมตร สรุปได้ว่าการกับแบบ 3 แกนมีค่าความหยาบผิวน้อยกว่าใน 3 พื้นผิวโค้งแรก แต่จะมากกว่าตัดกันในบริเวณพื้นผิวโค้งที่ 3 $1.639-1.513 = 0.126$ ไมโครเมตร และ 4 อยู่ที่ $1.898-1.861 = 0.037$ ไมโครเมตร

4.3 ผลของเวลาที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปกลึงผิววนโค้ง

เปรียบเทียบเวลาในการกัดชิ้นงานทดสอบวัสดุเหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20 จากการออกแบบชุดคำสั่งการกัดในโปรแกรม Siemens NX12 เปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ปฏิบัติงานจริงทั้งการกัดแบบ 3 และ 5 แกน แสดงผลตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบเวลาในการกัดชิ้นงานทดสอบระหว่าง Siemens NX12 และ เวลาปฏิบัติงานจริง

รหัสกัดงาน (Code)	เวลาในการดำเนินงาน			
	Siemens NX12 (นาทื)		เวลาปฏิบัติงานจริง (นาทื)	
	แบบ 3 แกน	แบบ 5 แกน	แบบ 3 แกน	แบบ 5 แกน
1	9.30	9.44	10.05	10.16
2	14.35	14.35	14.35	14.35
3	6.45	6.40	6.47	6.47
4	24.15	24.13	24.03	24.40
5	15.56	15.51	15.49	16.47
6	7.51	7.51	7.51	11.57
เฉลี่ย	12.88	12.89	12.98	13.90



ภาพที่ 12 เปรียบเทียบเวลาในการกัดชิ้นงานทดสอบแบบ 3 และ 5 แกน

ตารางที่ 2 เป็นการแสดงระยะเวลาเปรียบเทียบระยะเวลาในการกัดชิ้นงานของวัสดุเหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20 จากผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาที่ใช้กัดชิ้นงานเริ่มต้นจากการเขียนแบบด้วยโปรแกรม Siemens NX12 ระยะเวลาที่คำนวณจากโปรแกรม Siemens NX12 จะเห็นได้ว่าการกัดประเภท 3 แกน ใช้ระยะเวลาใกล้เคียงกันกับชุดคำสั่งจากโปรแกรม ในส่วนของการกัดประเภท 5 แกน เมื่อดำเนินการปฏิบัติงานจริงนั้นใช้ระยะเวลามากกว่าการกัดประเภท 3 แกน และชุดคำสั่งจากโปรแกรม Siemens NX12 เนื่องจากการการกัดแบบ 5 แกน มีการซับซ้อนของฐานจับชิ้นงาน จึงทำให้ต้องใช้เวลา ในการกัด

ชิ้นงานมากกว่าการกัด แบบ 3 แกน แสดงความแตกต่างของทั้ง 2 แบบการกัดดังภาพที่ 12 การกัดขึ้นรูปคลื่นผิวนูนโค้ง แบบ 3 แกน จากเวลาปฏิบัติงานจริงใช้เวลา 12.98 นาที ซึ่งน้อยกว่าเวลาปฏิบัติงานจริงแบบ 5 แกน ซึ่งใช้เวลา 13.90 นาที

5. สรุป

- 1) คุณภาพผิวชิ้นงานลักษณะขึ้นรูปคลื่นผิวนูนโค้งวัสดุเหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20 ทั้ง 3 ตำแหน่งรัศมีโค้งการกัดแบบ 5 แกน มีค่าเฉลี่ยความหยาบผิวน้อยกว่า แบบ 3 แกน
- 2) วัสดุเหล็กแม่พิมพ์ AISI-P20 กัดแบบ 3 แกน มีค่าความหยาบผิวลดลงจากพื้นผิวโค้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2.039 และพื้นที่ผิวโค้งที่ 4 มีค่าเท่ากับ 1.861 และกัดแบบ 5 แกน มีค่าความหยาบผิวเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 1.639 ไมโครเมตร ที่พื้นที่ผิวโค้งที่ 3
- 3) ชิ้นงานลักษณะขึ้นรูปคลื่นผิวนูนโค้งด้วยกระบวนการรูปแบบ 3 แกน ที่ใช้เวลากัดขึ้นรูปน้อยกว่าแบบ 5 แกน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Calleja, et al. “Blisk blades manufacturing technologies analysis”. *Procedia Manufacturing* 41 (2019). pp. 714–722.
- [2] Siemens NX. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก <https://www.dtm-thailand.com/content/5296/nx>. (15 มีนาคม 2566).
- [3] Isabela da Costa Castanhera and Anselmo Eduardo Diniz. *Procedia Manufacturing*, Volume 5, 2016, P. 220–231.
- [4] Anshan Zhang, et al. “A tool wear prediction method for free-form surface machining of ball-end mill”, *Journal of Manufacturing Processes*, 130 (2024), P. 87–101.
- [5] K. Rajain, O. Sliusarenko, M. Bizzarrietal. “Curve-guided 5-axis CNC flank milling of free-form surfaces using custom-shaped tools”. *Computer Aided Geometric Design*, 94 (2022), 102082.
- [6] Yu Zhou, et al. “A review of 5-axis milling techniques for centrifugal impellers: Tool-path generation and deformation control”. *Journal of Manufacturing Processes*, 131 (2024). P. 160–186.