

การศึกษาความหยาบผิวที่มีผลต่อสมบัติทางไตรโบโลยี ของโพลีออกซิเมทิลีนที่ผ่านกระบวนการกลึง

Study of the Surface Roughness affecting on the Tribological Properties of Polyoxymethylene by Turning Process

ธีรยุทธ กาญจนแสงทอง¹ รัตติกรณ์ เสาร์แดน² มงคล กาสีวงศ์³ และ วิโรจน์ ฉัตรเกษ^{4*}

^{1,2}สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

³สาขาวิชาช่างอากาศยาน วิทยาลัยการบินนานาชาติ มหาวิทยาลัยนครพนม

⁴สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

Teerayut Kanchanasangton¹ Rattikorn Saodaen² Mongkol Kaseewong³ and Wirot Chudget^{4*}

^{1,2}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Krungthep

³Department of Aircraft Maintenance Technician, International College of Aviation
Nakhonphanom University

⁴Department of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, Nakhonphanom University

*Corresponding author Email: wirot_ch@npu.ac.th

(Received: February 11, 2024; Revise: June 25, 2024; Accepted: June 27, 2024)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาความหยาบผิวที่มีผลต่อสมบัติทางไตรโบโลยีของชิ้นส่วนโพลีออกซิเมทิลีนที่ผ่านกระบวนการกลึงขึ้นรูป เพื่อประยุกต์ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนประกอบของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารและเบเกอรี่ ทำการวัดความหยาบผิวของชิ้นทดสอบ วิเคราะห์พื้นผิวรอยกลึงปาดผิว และทดสอบการสึกหรอด้วยเครื่องบล็อกออนริงภายใต้สภาวะแห้ง ผลจากการวิจัยพบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการกลึงปาดผิวอยู่ที่ความเร็วตัด 255 เมตร/นาที อัตราป้อน 0.08 มิลลิเมตร/รอบ และระยะป้อนลึก 0.4 มิลลิเมตร มีค่าความหยาบผิวต่ำที่สุด เมื่อเพิ่มอัตราป้อนขึ้น พบว่ารอยกลึงปาดผิวบนผิวชิ้นทดสอบคล้ายกับกันหอย นอกจากนี้ ความหยาบผิวของชิ้นทดสอบมีผลอย่างมากต่อพื้นผิวคู่สัมผัส ส่งผลต่อแรงเสียดทานที่สะสมบนผิวสัมผัส ทำให้วัสดุโพลีออกซิเมทิลีนเกิดการยืดออกและการถ่ายโอนฟิล์มบาง ๆ ของพอลิเมอร์ลงบนผิวคู่สัมผัส อย่างไรก็ตาม การเพิ่มภาระแรงกระทำที่ใช้จะเพิ่มการสูญเสียน้ำหนักและอัตราการสึกหรอ

คำสำคัญ: กลึงปาดผิว โพลีออกซิเมทิลีน ความหยาบผิว การสึกหรอ

Abstract

This work focuses on a study of the surface roughness affecting the tribological properties of polyoxymethylene parts processed by machining, for application in the production of mechanical components in the food processing and bakery industries. The specimens were measured for surface roughness, analysis of

turning surface, and wear test by block-on-ring tester under dry. The results showed that the optimal face turning parameters are at a feed rate of 0.08 mm/rev, cutting speed of 255 m/min, depth of cut 0.4 mm, and the lowest surface roughness value, when increasing the feed rate, it is found that turning surface on the specimens similar to cycloid pattern. In addition, the surface roughness of the specimens has a significant effect on the contact surface, influencing the friction accumulated on the contact surface causing the polyoxymethylene to stretch and polymers to transfer film on the steel surfaces. However, incrementing the applied load values increases the weight loss and the wear rate.

Keywords: Facing, Polyoxymethylene, Surface Roughness, Wear test

1. บทนำ

โพลีออกซิเมทิลีน (Polyoxymethylene; POM) หรือที่เรียกว่า อะซีตัล (Acetals) ซึ่งมีโครงสร้างทางเคมีของหน่วยย่อยคือ $(-CH_2-O-)_n$ ซึ่งมีด้วยกันอยู่ 2 แบบ คือ แบบ homopolymer และแบบ copolymer และอะซีตัลเป็นพอลิเมอร์ที่โมเลกุลมีความสม่ำเสมอ ซึ่งทำให้อะซีตัลมีความแข็งแรง ความแข็งสูงและทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี จึงนิยมใช้ในการทำเป็นอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนประกอบที่ต้องการความถูกต้อง เช่น เกียร์ ลูกปืน ลูกเบี้ยว และใบพัด เป็นต้น [1] ในกรณีศึกษาเป็นการผลิตชิ้นส่วนประกอบหรืออะไหล่สำหรับประกอบประเภทวัสดุพอลิเมอร์ของเครื่องปั้นขนม ฝากรอบชุดปั้นขนม ชุดปั้นขนม และชุดลำเลียงที่ใช้ในอุตสาหกรรม การแปรรูปอาหารและเบเกอรี่ ซึ่งสามารถขึ้นรูปขึ้นงานได้ โดยผ่านกรรมวิธีการตัดเฉือนเนื้อวัสดุด้วยเครื่องจักรกลพื้นฐาน เช่น การกลึง การเจาะ การกัด และการตัดเฉือนแบบอื่น ๆ เป็นต้น [2] อย่างไรก็ตาม การซ่อมบำรุงส่วนใหญ่จะเป็นการถอดเปลี่ยนอะไหล่ของเดิมออกแล้วนำอะไหล่สำหรับหรือชิ้นส่วนที่ผลิตเองเข้ามาทดแทน เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง แต่สำหรับชิ้นส่วนอะไหล่ที่ผลิตขึ้นเองมักจะขาดคุณภาพในเรื่องขนาดและพื้นผิวสำเร็จของชิ้นงาน (Finishing) ซึ่งส่งผลกระทบต่อประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ และเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่ออายุการใช้งาน การเสื่อมสภาพและความต้านทานการสึกหรอลดลง ส่งผลให้สูญเสียเวลาในการผลิตและต้นทุนเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความหยาบผิวของกระบวนการตัดเฉือนด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ และสมบัติไตรโบโลยี พบว่า Gao et al. [3] ได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของไตรโบโลยีและความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุคอมโพสิต POM โดยใช้เส้นใย PTFE เป็นสารเติมแต่งและโพลี (เอทิลีนออกไซด์) (PEO) และผ่านการอัดรีดขึ้นรูป พบว่าอัตราการสึกหรอของวัสดุคอมโพสิต POM ลดลง เมื่อเพิ่มเส้นใย PTFE ทำให้สมบัติไตรโบโลยีดีขึ้น Copenhaver et al. [4] ได้การทดลองการกลึงปาดผิวท่ออะลูมิเนียม ASM 6061-T6 ด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี เพื่อจัดการสะสมตัวของเศษโลหะ การขีดข่วนผิวชิ้นงาน และความเสียหายของเครื่องมือตัด Miller et al. [5] ได้ทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานในคู่เกียร์โพลีออกซิเมทิลีนที่หล่อลื่นด้วยสารหล่อลื่นแบบฟิล์มแห้ง โดยใช้การออกแบบการทดลองด้วยวิธีแบบ ฟูลแฟกทอเรียลและกำหนดพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพล 3 ปัจจัย ได้แก่ รัศมี ความโค้ง ความเร็วเลื่อน และโหลดปกติ Pogacnik and Kalin [6] ได้ศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อพฤติกรรมไตรโบโลยีของพอลิเอไมด์ต่อโพลีอะซีตัลและเหล็กกล้า ทำการทดสอบการสึกหรอแบบพินออนดิสก์ Pin on disc โดยใช้วัสดุพอลิเอไมด์ PA6 เป็นพินและวัสดุโพลีอะซีตัลและเหล็กกล้าเป็นแผ่นดิสก์ที่มีความหยาบผิว 0.2 และ 0.65 μm ภาระโหลด 5 N ระยะทาง 25 และ 50 km ความเร็ว 0.1, 0.5 และ 1 m/sec เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการสึกหรอระหว่างล้อยู่สัมผัสของวัสดุและวัดอุณหภูมิพื้นผิวชิ้นงาน Basavaraj et al. [7] ได้ศึกษาสมบัติทางไตรโบโลยีและสมบัติทางกายภาพและทางกลของวัสดุคอมโพสิตพอลิเอไมด์ PA6 กับโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ MoS_2 เพื่อปรับปรุงสมบัติไตรโบโลยีของพอลิเอไมด์คอมโพสิต PA6 ให้มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงหรือการ

กระจายความร้อน เพื่อให้ทนต่อความร้อนสูงที่เกิดขึ้นระหว่างการเสียดสี โดยทำการทดสอบการสึกหรอบนพื้นผิวของแผ่นฟิล์มโพลีเอทิลีนความหนา 50, 100 และ 150 N ระยะทาง 1000, 1500 และ 2000 m และความเร็ว 5, 7 และ 9 ms⁻¹ และ Wang et al. [8] ได้ศึกษาอิทธิพลของเส้นใยแก้วไฮบริดและสารตัวเติมคาร์บอนไฟเบอร์ต่อประสิทธิภาพของคอมโพสิต UHMWPE ภายใต้สภาวะการเลื่อนแบบแห้งและสารหล่อลื่น โดยใช้ laser microscopic 3D วัดความหยาบผิวตัวอย่างก่อนและหลังการทดสอบการสึกหรอบนพื้นผิวของแผ่นฟิล์มโพลีเอทิลีน

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นเกี่ยวกับการพัฒนาและปรับปรุงขีดความสามารถของสมบัติทางไดรฟ์โพลี โดยการเติมสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ เพื่อทำให้วัสดุโพลิเมอร์มีความทนทานต่อการเสียดสีได้ดีเยี่ยม โดยเฉพาะการทดสอบการสึกหรอบนพื้นผิวของแผ่นฟิล์มโพลีเอทิลีนภายใต้สภาวะต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยและการประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมที่แตกต่างกัน จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ทำการศึกษาค่าความหยาบผิวที่มีผลต่อสมบัติทางไดรฟ์โพลีของวัสดุโพลิเอทิลีนที่ผ่านการกลึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี ซึ่งสามารถนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนประกอบหรืออะไหล่สำรอง (Spare Parts) ของเครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารและเบเกอรี่ เพื่อลดแรงเสียดทานและการสึกหรอซึ่งเป็นการยืดอายุการใช้งานของชิ้นส่วนต่าง ๆ และยังสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาได้

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

วัสดุที่เลือกใช้ในการทดลองคือ โพลีเอทิลีนที่เลือกใช้ในการทดลองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 mm และความยาว 120 mm ทำการกลึงปาดผิวด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี 2 แกน ของ ACCUWAY รุ่น UL-15 ที่ใช้ระบบควบคุมการทำงานของ FANUC Series Oi-TF และใช้เครื่องมือตัดเป็นเม็ดมีดกลึง รัศมีมุม 0.8 mm เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 mm และใช้สารหล่อเย็นขณะทำการกลึงปาดผิว ดังรูปที่ 1 โดยมีเงื่อนไขในกระบวนการกลึงปาดผิว ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เงื่อนไขในกระบวนการกลึงปาดผิว

Conditions	Values	Units
Cutting speed (V_c):	195, 255	m/min
Feed rate (F_r):	0.08, 0.16, 0.25	mm/rev
Depth of cut (D_c):	0.4	mm

การหาความเร็วรอบ (Rotational speed, n) [9] สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

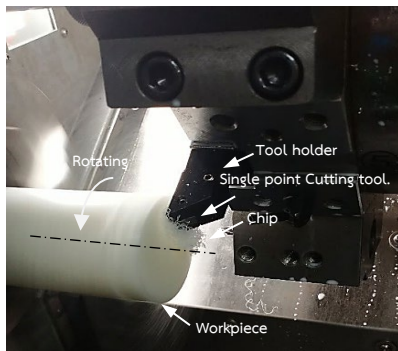
$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D} \quad (1)$$

โดย n = ความเร็วรอบ (rpm), V_c = ความเร็วตัด (m/min), และ D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน (mm) [9] และการกลึงตัด (Cutoff) ชิ้นทดลองให้ได้ความหนา 10 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการตรวจสอบและวิเคราะห์ร่องรอยการกลึงปาดผิวหน้าลักษณะรูปร่างเศษโพลิเมอร์ และกลไกการสึกหรอด้วยกล้องจุลทรรศน์ของ Dino lite รุ่น AM4115ZT การวัดความหยาบผิวด้วยเครื่อง OLYMPUS รุ่น OLS5000 Laser Confocal Microscopes เพื่อวัดค่าความหยาบผิว [8], [10] และทดสอบการสึกหรอบนพื้นผิวของแผ่นฟิล์มโพลีเอทิลีนตามมาตรฐาน ASTM G77 ดังรูปที่ 2 โดยใช้ลวดวงแหวนขนาด 62 mm ความหยาบผิว 0.2 μ m ความเร็วของการเสียดสี 0.3 m/sec แรงกดบนชิ้นทดสอบ 200, 250 และ 300 N ระยะทาง 3000 m ขนาดมิติชิ้นทดสอบ 10x10x15 mm³ และ

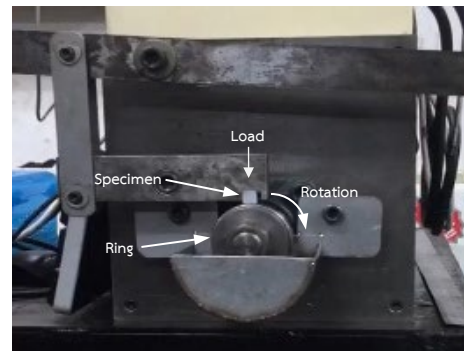
ทดสอบการสึกหรอด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบล้อวงแหวน เพื่หาน้ำหนักที่สูญเสียของชิ้นทดสอบด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 4 ตำแหน่ง ของ Mettler Toledo รุ่น AB204 เพื่อหาอัตราการสึกหรอได้จากสมการที่ (2)

$$Wear\ rate = \frac{V_{loss}}{Nm} \quad (2)$$

โดย $Wear\ rate$ = อัตราการสึกหรอ (mm^3/N), V_{loss} = ปริมาณที่สูญเสีย (mm^3), N = แรงกดบนชิ้นทดสอบ (N) และ m = ระยะทางการทดสอบ (m) [6], [7], [8]



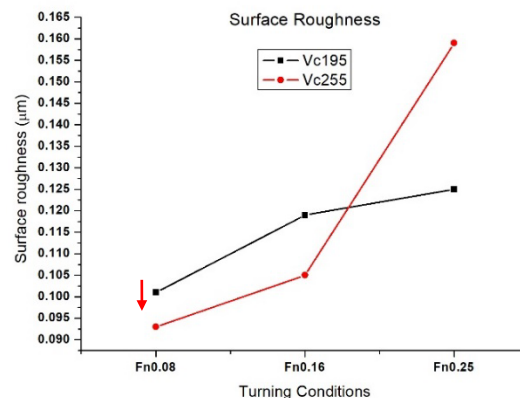
รูปที่ 1 กระบวนการกลึงปาดผิวหน้า



รูปที่ 2 การทดสอบการสึกหรอด้วยล้อวงแหวน

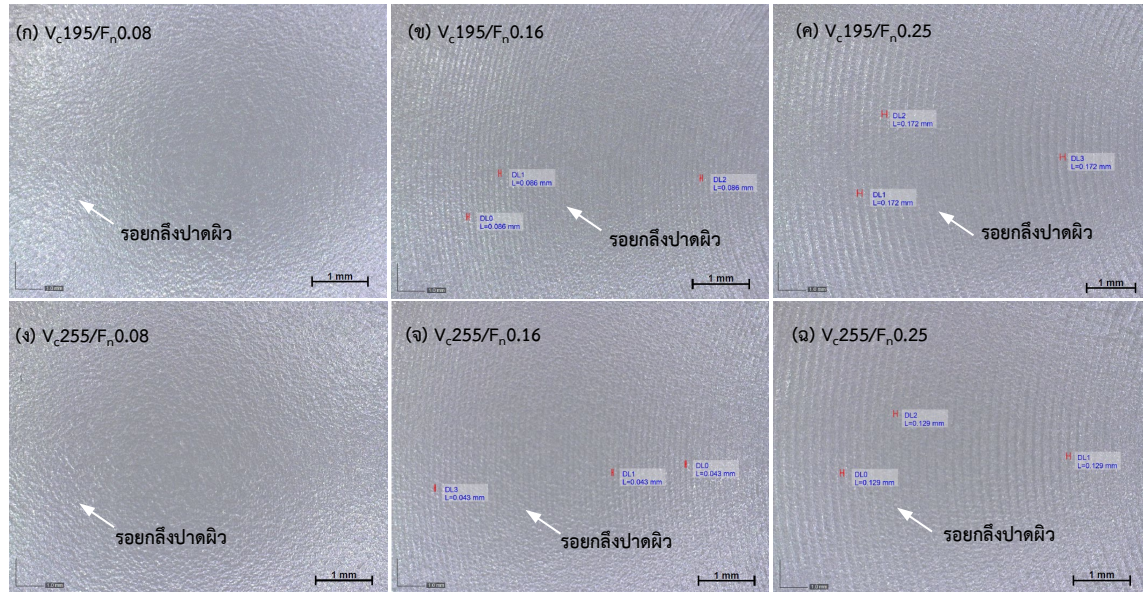
3. ผลการวิจัย

หลังจากทำการกลึงปาดผิวละเอียดด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด แล้วทำการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นทดสอบแบบไม่สัมผัส เพื่อเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวของชิ้นทดสอบต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าชิ้นทดสอบส่วนใหญ่มีค่าความหยาบผิวค่อนข้างใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าความหยาบผิวอยู่ในช่วง $0.093 - 0.159\ \mu m$ และพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการกลึงปาดผิวละเอียด คือ ความเร็วตัด $255\ m/min$ อัตราป้อน $0.08\ mm/rev$ และระยะป้อนลึก $0.4\ mm$ มีค่าความหยาบผิวต่ำที่สุด $0.093 \pm 0.0297\ \mu m$ รองลงมา คือ ความเร็วตัด $195\ m/min$ มีค่าความหยาบผิว $0.101 \pm 0.0049\ \mu m$ อย่างไรก็ตาม การปรับอัตราป้อนเพิ่มขึ้น ส่งผลกระทบต่อพื้นผิวของรอยกลึงปาดผิวและความหยาบผิว



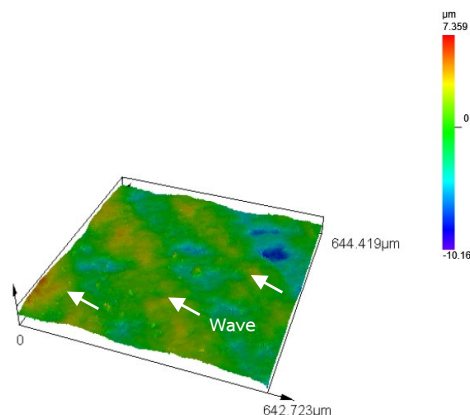
รูปที่ 3 การเปรียบเทียบความหยาบผิวของชิ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการกลึงปาดผิวละเอียด ภายใต้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

การวิเคราะห์ร่องรอยการกลึงปาดผิวละเอียด เพื่อเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวของชิ้นทดสอบต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่าพื้นผิวที่ผ่านกระบวนการกลึงปาดผิว (Facing) มีลักษณะเป็นร่องรอยการกลึงปาดผิวแบบขูดถูเนื้อวัสดุออกที่เกิดจากปลายคมตัดของมีดกลึงมีรัศมีมุม 0.8 mm ซึ่งทำให้เกิดความขรุขระบนพื้นผิวใหม่ (New Surface) ดังรูปที่ 4 (ก) และ (ง)



รูปที่ 4 ลักษณะรอยตัดเฉือนที่ผ่านการกลึงปาดผิวหน้าด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี ภายใต้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

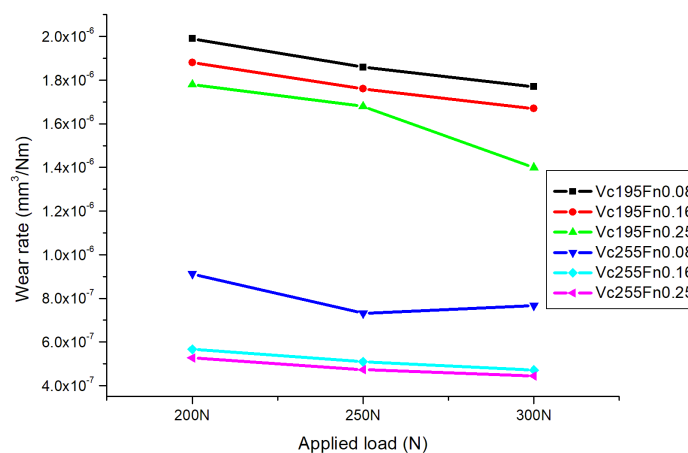
อย่างไรก็ตาม การปรับอัตราป้อนเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อรอยการกลึงปาดผิวที่เกิดเป็นร่องเส้นโค้งหรือวงกลมคล้ายกับกันหอย (Cycloid) บนพื้นผิวใหม่และมีความขรุขระเป็นลักษณะแบบลูกคลื่น (Wave) ดังรูปที่ 5 ตามทิศทางการเดินป้อนของมีดกลึง (Toolpath) และการหมุนของชิ้นงาน (Rotating Workpiece) โดยมีระยะห่างของร่องรอยเส้นโค้ง 0.086 mm และ 0.172 mm ตามลำดับ ดังรูปที่ 4 (ข) – (ค) และเมื่อปรับค่าความเร็วตัดเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ระยะห่างของร่องรอยเส้นโค้งลดลงและมีระยะห่างกัน 0.043 mm และ 0.129 mm ตามลำดับ ดังรูปที่ 4 (จ) – (ฉ)



รูปที่ 5 พื้นผิว 3D ของชิ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการกลึงปาดผิวละเอียดที่ความเร็วตัด $V_c 255$ m/min อัตราป้อน $F_n 0.25$ mm/rev และระยะป้อนลึก $D_c 0.4$ mm

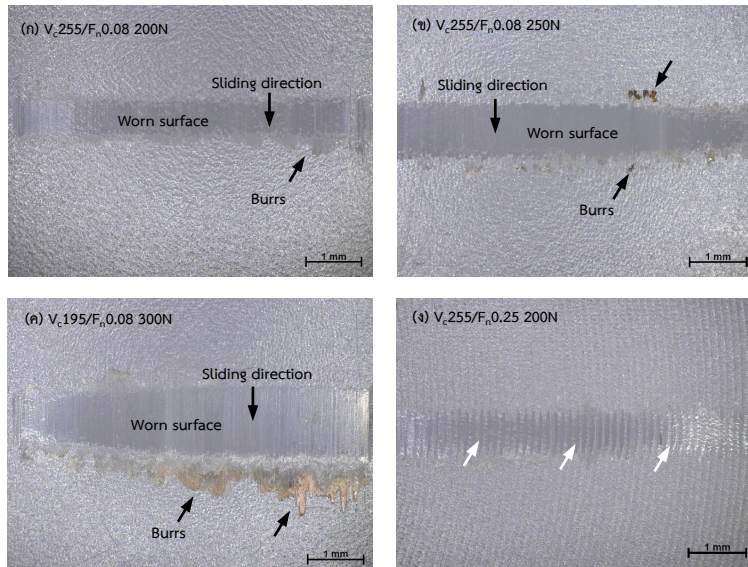
ผลการทดสอบการสึกหรอแบบล้อวงแหวนของชิ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการกลึงปาดผิวภายใต้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่าอัตราการสึกหรอของชิ้นทดสอบทั้งหมดมีผิวนวนและลดลงเล็กน้อยตามระดับของแรงกดบนผิวชิ้นทดสอบ (Load) [11] เนื่องจากการปรับเปลี่ยนแรงกด ส่งผลกระทบต่อกลไกการสึกหรอของวัสดุพอลิเมอร์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การเสียดสี การลื่นไถล การถ่ายโอนเนื้อวัสดุ (Polymer Transfer Film) อุณหภูมิที่ผิวสัมผัส และช่องว่างของพื้นผิวสัมผัส เป็นต้น [10–12]

อย่างไรก็ตาม ลักษณะรอยกลึงปาดผิวและความหยาบผิวมีผลต่อกลไกการสึกหรอและอัตราการสึกหรอลดลง แต่ถ้ามีความหยาบผิวสูงและความขรุขระของรอยกลึงปาดผิวแบบลูกคลื่น (Wave) ดังรูปที่ 5 เนื่องจากความสูงของยอดคลื่นจะส่งผลต่อพื้นผิวสัมผัสทำให้อัตราการสึกหรอลดลง และการปรับเปลี่ยนความเร็วตัดส่งผลต่อความต้านทานการสึกหรอ



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของอัตราการสึกหรอตามแรงกดที่ใช้สำหรับชิ้นทดลองที่ผ่านการกลึงปาดผิวหน้าด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี ภายใต้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

นอกจากนี้ ได้วิเคราะห์พื้นผิวการสึกหรอของชิ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการกลึงปาดผิวละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่าพื้นผิวของชิ้นทดสอบเกิดกลไกการสึกหรอจากแรงกดบนผิวชิ้นทดสอบทำให้เกิดการเสียดสีของพื้นผิวล้อวงแหวนกับชิ้นทดสอบ โดยมีทิศทางการเสียดสีเลื่อนสไลด์ (Sliding direction) ไปตามทิศทางการหมุนของล้อวงแหวน ดังรูปที่ 7 (ก) ทำให้เกิดความร้อนสะสมบนผิวสัมผัสจนทำให้เกิดการถ่ายโอนเนื้อวัสดุไปยังพื้นผิวล้อวงแหวน [13] โดยมีลักษณะเป็นฟิล์มบางเกาะบนผิวสัมผัสและบางส่วนถูกสไลด์ออกไปเกาะบนขอบผิวชิ้นงานเล็กน้อย (Burrs) และมีสีคล้ายกับสีน้ำตาลไหม้ ดังรูปที่ 7 (ข) – (ค) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มภาระแรงกระทำบนผิวชิ้นทดสอบจะทำให้อัตราการสึกหรอเพิ่มสูง เนื่องจากภาระแรงกระทำดังกล่าวทำให้ชิ้นทดสอบมีการแบกรับภาระแรงกระทำเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดรอยการสึกหรอได้ง่ายและมีเศษอนุภาคพอลิเมอร์เกาะติดบนผิวชิ้นทดสอบมากขึ้น ดังรูปที่ 7 (ค)



รูปที่ 7 แสดงพื้นผิวการสึกหรอของชิ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการกลึงปาดผิวละเอียด ภายใต้ภาระแรงกระทำที่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ รอยการกลึงปาดผิวของชิ้นทดสอบมีผลต่ออัตราการสึกหรอลดลง เนื่องจากความแตกต่างของความขรุขระของพื้นผิวเริ่มก่อนทดสอบการสึกหรอมีลักษณะพื้นผิวเป็นแบบคลื่น (Wave) ที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวคู่สัมผัสและทำให้รอยการกลึงปาดผิวบางส่วนเลือนลาง (ลูกศรสีขาว) ดังรูปที่ 7 (ง)

4. สรุป

บทความนี้ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความหยาบผิวที่มีผลต่อสมบัติทางไดรโบลอยของโพลีเอทิลีนที่ผ่านการกลึงปาดผิวด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนประกอบของเครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารและเบเกอรี่ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

4.1 อัตราป้อนมีผลต่อค่าความหยาบผิวของชิ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการกลึงปาดผิววัสดุโพลีเอทิลีน แต่อย่างไรก็ตาม อัตราป้อนลดลงจะส่งผลทำให้ระยะห่างของร่องรอยเส้นโค้งลดลง

4.2 รอยตัดเฉือนที่ผ่านการกลึงปาดผิวมีลักษณะเป็นเส้นวงกลมคล้ายกับกันหอย ซึ่งลักษณะร่องรอยการกลึงปาดผิวจะมีความแปรผันตามการปรับค่าพารามิเตอร์

4.3 ความหยาบผิวหรือความขรุขระของรอยการกลึงปาดผิวมีผลกระทบต่ออายุการใช้งานและอัตราการสึกหรอ ซึ่งเห็นได้จากกลไกการสึกหรอที่เกิดการสึกหรอจากยอดคลื่นที่สูงที่สุดแล้วลดระดับลงตามพื้นผิวที่ราบต่ำ โดยมีการสไลด์ของเนื้อวัสดุไปตามทิศทางการหมุนของล้อวงแหวนทำให้เกิดการยึดตัวและหลุดออกไปเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ

อย่างไรก็ตาม พื้นผิวสำเร็จของชิ้นงานมีผลต่อแรงเสียดทานและอัตราการสึกหรอ เห็นได้จากการสึกหรอที่มีเศษอนุภาคของพอลิเมอร์เกาะบนพื้นผิว ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ หากมีการใช้น้ำมันหล่อลื่นเป็นสารหล่อลื่นหรือสารผสม จะช่วยลดแรงเสียดทานและยืดอายุการใช้งาน

5 การอภิปรายผล

จากผลสรุปข้างต้นพบว่า อัตราป้อนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความหยาบผิวและลักษณะรอยกลิ้งปาดผิว เนื่องจากการปรับอัตราป้อนลดลง จะทำให้ความขรุขระผิวชิ้นทดสอบมีค่าลดลงและระยะห่างของร่องรอยเส้นวงกลมลดลง ซึ่งคล้ายกับผลทดสอบของ Chabbi et al. [14] ได้ศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกลิ้งตัดวัสดุโพลีออกซิเมทิลีน พบว่าความหยาบผิวของพื้นผิวได้รับอิทธิพลอย่างมากจากอัตราป้อน รองลงมา คือ ระยะป้อนลึก แต่ในขณะที่ความเร็วตัดไม่มีอิทธิพล

อย่างไรก็ตาม กลไกการสึกหรอของชิ้นทดสอบที่ผ่านการกลิ้งปาดผิว โดยเริ่มจากการเคลื่อนที่ของลวดคู่สัมผัสภายใต้ภาระแรงกระทำ ซึ่งทำให้เกิดแรงเสียดทานและความร้อนสะสม ส่งผลให้เกิดการยึดตัวและการเลื่อนสไลด์เนื้อวัสดุออกไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดแหวนทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของชิ้นทดสอบ ดังรายงานวิจัยของ Zhang et al. [13] พบว่ากระบวนการเสียดสีทำให้เกิดฟิล์มหล่อลื่นที่มีขอบเขต ซึ่งสามารถป้องกันการสัมผัสโดยตรงของพื้นผิวที่ถูกัน และทำให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานและอัตราการสึกหรอต่ำมาก

นอกจากนี้ การเพิ่มภาระแรงกระทำมากขึ้น จะทำให้การสูญเสียน้ำหนักและอัตราการสึกหรอเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดแรงเสียดทานเพิ่มขึ้นบริเวณพื้นผิวคู่สัมผัสกับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Unal and Mimaroglu [11] ได้ศึกษาประสิทธิภาพการเสียดสีและการสึกหรอของโพลีเอไมด์ 6 กราไฟต์และแก้วคาร์บอนโพลีโพลีเอไมด์ 6 ภายใต้สภาวะการเลื่อนแบบแห้ง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของวัสดุผสม PA6 และ PA6 เพิ่มขึ้นตามภาระแรงกระทำที่เพิ่มขึ้นและค่าความเร็วในการเลื่อน ในขณะที่วัสดุผสมที่เติมแก้วซีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภาระแรงกระทำ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ โดยมีความร่วมมือกับสาขาวิชาช่างกลโรงงานและสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Amonsit, S. Akaratiwa, and T. Udomman, “Foundations of Materials Science and Engineering,” in *Engineering Materials*, 4th ed, Bangkok: McGraw-Hill, 2008, p. 423 (in Thai)
- [2] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, 7th ed. Singapore: John Wiley & Sons Singapore Pte Ltd, 2020.
- [3] Y. Gao, S. Sun, Y. He, X. Wang, and D. Wu, “Effect of Poly(ethylene Oxide) on Tribological Performance and Impact Fracture Behavior of Polyoxymethylene/Polytetrafluoroethylene Fiber Composites,” *Composites Part B: Engineering*, vol. 42, no. 7, pp. 1945–1955, Oct. 2011. doi:10.1016/j.compositesb.2011.05.044
- [4] R. Copenhaver, T. Schmitz, and S. Smith, “Stability Analysis of Modulated Tool Path Turning,” *CIRP Annals*, vol. 67, no. 1, pp. 49–52, 2018. doi:10.1016/j.cirp.2018.03.010
- [5] D. Miler, M. Hoić, Z. Domitran, and D. Žeželj, “Prediction of Friction Coefficient in Dry-Lubricated Polyoxymethylene Spur Gear Pairs,” *Mechanism and Machine Theory*, vol. 138, pp. 205–222, Aug. 2019. doi:10.1016/j.mechmachtheory.2019.03.040

- [6] A. Pogačnik and M. Kalin, “Parameters Influencing the Running-In and Long-Term Tribological Behaviour of Polyamide (PA) Against Polyacetal (POM) and Steel,” *Wear*, vol. 290–291, pp. 140–148, Jun. 2012. doi:10.1016/j.wear.2012.04.017
- [7] E. Basavaraj, B. Ramaraj, J.-H. Lee, and Siddaramaiah, “Polyamide 6/Carbon Black/Molybdenum Disulphide Composites: Friction, Wear and Morphological Characteristics,” *Materials Chemistry and Physics*, vol. 138, no. 2–3, pp. 658–665, Mar. 2013. doi:10.1016/j.matchemphys.2012.12.035
- [8] Y. Wang, Z. Yin, H. Li, G. Gao, and X. Zhang, “Friction and Wear Characteristics of Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE) Composites Containing Glass Fibers and Carbon Fibers Under Dry and Water-Lubricated Conditions,” *Wear*, vol. 380–381, pp. 42–51, Jun. 2017. doi:10.1016/j.wear.2017.03.006
- [9] H. A. Youssef and H. El-Hofy, *Machining Technology: Machine Tools and Operations*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2008.
- [10] G. S. Gehlen, P. D. Neis, J. C. Poletto, L. Y. Barros, D. Buner and N. F. Ferreira, “Pressure-Velocity Limit Evaluation on Pom-C + Carbon Black at Different Temperatures,” *Wear*, vol. 464–465, p. 203530, Jan. 2021. doi:10.1016/j.wear.2020.203530
- [11] H. Unal and A. Mimaroglu, “Friction and Wear Performance of Polyamide 6 and Graphite and Wax Polyamide 6 Composites Under Dry Sliding Conditions,” *Wear*, vol. 289, pp. 132–137, Jun. 2012. doi:10.1016/j.wear.2012.04.004
- [12] Y. Ren, L. Zhang, G. Xie, Z. Li, H. Chen, H. Gong, W. Xu, D. Guo and J. Luo, “A Review on Tribology of Polymer Composite Coatings,” *Friction*, vol. 9, no. 3, pp. 429–470, Jun. 2021
- [13] L. Zhang, G. Xie, S. Wu, S. Peng, X. Zhang, D. Guo, S. Wen and J. Luo, “Ultralow Friction Polymer Composites Incorporated with Monodispersed Oil Microcapsules,” *Friction*, vol. 9, no. 1, pp. 29–40, Sep. 2019. doi:10.1007/s40544-019-0312-4
- [14] A. Chabbi, M. A. Yallese, I. Meddour, M. Nouioua, T. Mabrouki, and F. Girardin, “Predictive Modeling and Multi-Response Optimization of Technological Parameters in Turning of Polyoxymethylene Polymer (POM C) Using RSM and Desirability Function,” *Measurement*, vol. 95, pp. 99–115, Jan. 2017. doi:10.1016/j.measurement.2016.09.043