

การวิเคราะห์โปรไฟล์ความหยาบผิวจากกระบวนการขัดที่ส่งผลต่อกระบวนการสึกหรอ ตามทฤษฎีของ Bearing Area Curve

Analysis of The Surface Roughness in Lapping Process Affecting Wear Behavior Based on The Bearing Area Curve Theory

สุธรรม สีวาวุธ^{1*}, ยุพิน สุภาโชค², ปริญา ศรีสัตยกุล³ และ พรทิพย์ คงลำธาร⁴

^{1,3}สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 10120

^{2,4}สาขาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 10120

Sutham Siwawut^{1*}, Yupin Supachoke², Parinya Srisattayakul³, and Pornthip Khonglumtan⁴

^{1,3}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Krungthep, 10120

^{2,4}Department of Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Krungthep, 10120

*Corresponding author Email: sutham.s@mail.rmutk.ac.th

(Received: February 9, 2024; Revise: June 29, 2024; Accepted: June 29, 2024)

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาของพื้นผิว และพารามิเตอร์ที่เป็นส่วนประกอบของกราฟ bearing area curve (BAC) ซึ่งประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ reduced peak height (Rpk), core roughness depth (Rk), reduced valley depth (Rvk), material ratio 1 at the peak zone (Mr1) และ material ratio 2 at the valley zone (Mr2) ควบคู่กับพารามิเตอร์ arithmetic mean deviation (Ra) ของเหล็กกล้าเกรด SKD61 ขูดแข็งด้วยระบบสุญญากาศมีความแข็ง 52–55 HRC และขัดผิวขึ้นงานด้วยกระบวนการขัด (Lapping process) ด้วยผงอลูมินาที่แตกต่างกัน 4 ขนาด ได้แก่ 0.05, 0.30, 1.00 และ 3.00 ไมโครเมตร ภายใต้สภาวะใช้น้ำหล่อเย็นแบบน้ำมัน กราฟ BAC ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางการเลือกลักษณะพื้นผิวที่เหมาะสมสำหรับการต้านทานการสึกหรอ ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์พบว่าเหล็กกล้าเกรด SKD61 ที่ขัดด้วยผงอลูมินาขนาด 0.30 ไมโครเมตร มีช่วงระยะ run-in สั้น และมีพื้นที่สัมผัสหลักขนาดใหญ่ (พารามิเตอร์ Rk ใหญ่) แรงกระทำต่อพื้นที่จึงมีค่าลดลง ส่งผลให้สามารถต้านทานการสึกหรอมากขึ้น

คำสำคัญ: Bearing area curve กระบวนการขัด ความหยาบผิว พฤติกรรมการสึกหรอ

Abstract

This paper presents an analysis of the surface morphology, and the constituent parameters of the Bearing Area Curve (BAC), which include reduced peak height (Rpk), core roughness depth (Rk), reduced valley depth (Rvk), material ratio at the peak zone (Mr1), and material ratio at the valley zone (Mr2), in conjunction with the arithmetic mean deviation (Ra). The study focuses on SKD61 tool steel, hardened to a hardness range

of 52–55 HRC using vacuum hardening, and processed through a lapping process with four different alumina abrasive sizes: 0.05, 0.30, 1.00, and 3.00 micrometers, under oil-based diamond lapping lubricant conditions. The BAC analysis was employed to guide the selection of optimal surface characteristics for improved wear resistance. The analysis results revealed that SKD61 tool steel lapped with a 0.30 micrometer alumina abrasive size exhibited a short run-in period and a large contact area (high Rk), which reduces the load per unit area, leading to enhanced wear resistance.

Keywords: Bearing area curve, Lapping process, Surface roughness, Wear behavior

1. บทนำ

กระบวนการขัด (Lapping Process) เป็นวิธีการที่สามารถจัดวัสดุออกจากผิวชิ้นงานได้อย่างแม่นยำ และเป็นที่ยอมรับใช้ในการตกแต่งผิวสำเร็จในขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ เนื่องจากกระบวนการนี้ช่วยลดหรือขจัดรอยขีดข่วนบนพื้นผิว ลดความเสียหายได้ผิว และลดค่าความหยาบผิวได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีข้อดีที่สำคัญ ได้แก่ ง่ายต่อการจับยึดชิ้นงาน มีต้นทุนต่ำ และสามารถรักษารูปร่างตามมิติได้อย่างเที่ยงตรงและแม่นยำ โดยแทบไม่ได้รับผลกระทบจากความร้อนหรือความเค้นที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ แม้ว่ากระบวนการขัดจะมีประโยชน์มากมาย แต่ก็ยังเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน โดยมีปัจจัยหลายอย่างส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของพารามิเตอร์ในกระบวนการขัด เช่น แรงกด ความเร็วสัมพัทธ์ เวลา และขนาดของสารกัดกร่อน การรักษาสถานะของกระบวนการขัดที่เหมาะสมและการรักษาความเรียบของแผ่นขัดจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ได้คุณภาพผิวที่ดีขึ้น [1]

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับพารามิเตอร์ต่างๆ ในกระบวนการขัด นักวิจัยพบว่าแรงกดมีผลกระทบโดยตรงต่อความหยาบผิวในทิศทางที่แปรผันตรง กล่าวคือ เมื่อพารามิเตอร์อื่นไม่เปลี่ยนแปลง แรงกดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้วัสดุกัดกร่อนลดลงเล็กน้อย และเกิดแรงเสียดทานระหว่างวัสดุกัดกร่อนกับชิ้นงานมากขึ้น ส่งผลให้ความหยาบผิวเพิ่มตามไปด้วย [2–4] ในทางตรงข้ามพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น ความเร็วสัมพัทธ์ เวลา และขนาดของสารกัดกร่อนนั้นจะมีผลกระทบในทิศทางที่แปรผกผันกับความหยาบผิว กล่าวคือ เมื่อความเร็วสัมพัทธ์ เวลาในการขัด และความเข้มข้นของวัสดุกัดกร่อนเพิ่มขึ้น ความหยาบผิวจะลดน้อยลง [5]

เหล็กกล้า SKD61 เป็นวัสดุหลักที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์สำหรับงานร้อน แม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูป และแม่พิมพ์ที่ต้องรับแรงกระแทกอย่างรุนแรง วัสดุนี้มีความแข็งแรงสูงและทนทานต่อการสึกหรอได้ดี จึงถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม ความเสียหายของแม่พิมพ์มากกว่า 80% เกิดจากการสึกหรอที่บริเวณพื้นผิวอันเนื่องมาจากแรงเสียดทาน [6–8] การควบคุมคุณภาพของพื้นผิวเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากลักษณะพื้นผิวที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของคุณภาพผิวแม่พิมพ์ พื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอจะเพิ่มแรงเสียดทานนำไปสู่ปัญหาที่ส่งผลต่อกระบวนการระหว่างถอดแม่พิมพ์ รวมถึงกระบวนการขึ้นรูปที่ไม่ได้ขนาด และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย การควบคุมลักษณะคุณภาพของพื้นผิวที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่คือการควบคุมความหยาบผิวในรูปแบบ 2 มิติ ด้วยค่าพารามิเตอร์ Ra และ Rz ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าคุณภาพผิวเป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้าและเพื่อทำนายคุณสมบัติและอายุการใช้งานของชิ้นส่วนนั้นๆ นอกเหนือจากการควบคุมค่าพารามิเตอร์ Ra และ Rz แล้ว ลักษณะเฉพาะของความหยาบผิวที่สามารถอธิบายความเสียดทานและพฤติกรรมการสึกหรอได้อย่างมีประสิทธิภาพคือการใช้กราฟ BAC (Bearing Area Curve) ซึ่งเป็นเส้นโค้งสถิติที่นิยมใช้ในการออกแบบและควบคุมลักษณะผิว โดยเฉพาะในชิ้นส่วนของระบบขับเคลื่อนเครื่องยนต์ เช่น กระบอกลูกสูบ, แหวนลูกสูบ, ตลับลูกปืน และแมคคานิคัลซีล (Mechanical Seals) กราฟ BAC เป็นที่ยอมรับว่าเป็นเครื่องมือที่สามารถอธิบายโปรไฟล์พื้นผิวได้ดีและสามารถประเมินการสึกหรอของพื้นผิวได้อย่างแม่นยำ [9–10] Peiyu He และคณะได้เสนอวิธีการปรับปรุงลักษณะพื้นผิวในมุมมองของกราฟ BAC เพื่อเพิ่มความต้านทานการสึกหรอและเพิ่ม

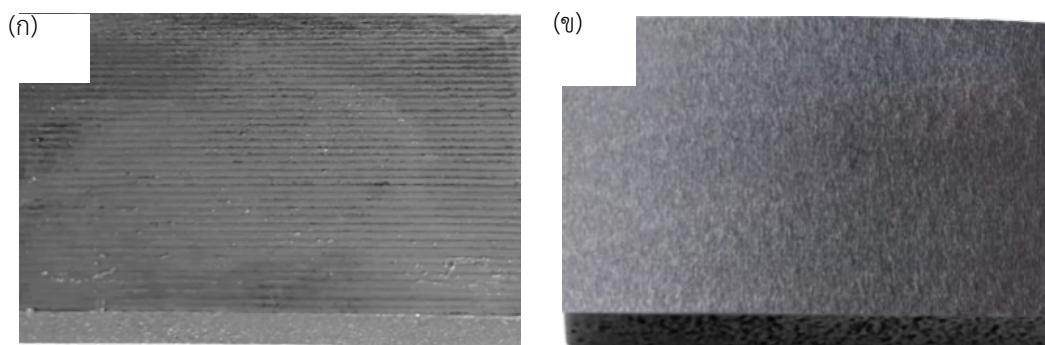
อายุการใช้งานของเหล็กกล้า H13 โดยพบว่าการคำนวณปริมาณการสึกหรอมีความแม่นยำมากกว่า 96% [8] นอกจากนี้ การตรวจสอบประสิทธิภาพในการเจียระไนเหล็กกล้า AISI D2 ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยใช้กราฟ BAC ในการประเมินลักษณะพื้นผิว พบว่าอัตราส่วน Bearing Area ที่สูงขึ้นส่งผลให้แรงในการเจียระไน และความหยาบผิวลดลง [11] การนำกราฟ BAC มาใช้อธิบายการสึกกร่อนจากการเสียดสีในกระบวนการขัดก็มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย และพบว่ากราฟ BAC มีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาณการสึกหรอที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนี้ [12] จากการวิเคราะห์ดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่ากราฟ BAC เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประเมินลักษณะพื้นผิวและทำนายการสึกหรอ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมคุณภาพผิวในกระบวนการขัดและการใช้งานในอุตสาหกรรมการผลิตแม่พิมพ์และชิ้นส่วนที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง

การวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่กระบวนการขัด (Lapping Process) เพื่อปรับปรุงคุณภาพผิวแม่พิมพ์เหล็กกล้า SKD61 ซึ่งเป็นวัสดุหลักที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์สำหรับงานร้อน และงานที่ต้องรับแรงกระแทกสูง และมีปัญหาด้านความเสียหายที่เกิดจากการสึกหรอของพื้นผิวในการบวนการผลิตชิ้นส่วนที่ได้กล่าวมาข้างต้น การควบคุมคุณภาพผิวจึงเป็นสิ่งสำคัญในการลดแรงเสียดทาน และอัตราการใช้สึกหรอ โดยวิเคราะห์ผลกระทบของความเร็วสัมพัทธ์ เวลา และขนาดของสารกัดกร่อนต่อความหยาบผิวของชิ้นงานในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการขัดเหล็กกล้า SKD61 โดยศึกษาความหยาบผิวในรูปแบบ 2 มิติ ด้วยพารามิเตอร์ Ra และวิเคราะห์กราฟ BAC (Bearing Area Curve) เพื่อปรับปรุงกระบวนการขัดในอุตสาหกรรม เพิ่มคุณภาพ และยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ที่ผลิตจากเหล็กกล้า SKD61

2. วิธีการทดลอง

2.1. การเตรียมวัสดุ

เหล็กกล้าเกรด SKD61 ตามมาตรฐาน JIS (Japanese Industrial Standard) ขนาด 25 x 40 x 10 มิลลิเมตร ได้รับการเตรียมชิ้นงานโดยการเจียระไนผิวด้วยล้อหิน Ceramic-Aluminum Oxide รุ่น SGB ที่ความเร็วรอบ 3,600 รอบต่อนาที และชุบแข็งด้วยระบบสุญญากาศ (Vacuum Heat Treatment) เพื่อเพิ่มความแข็งที่ 52-55 HRC ที่อุณหภูมิเผา 1,030 องศาเซลเซียส และเย็นตัวด้วยก๊าซไนโตรเจนเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างเหล็กให้เป็นมาร์เทนไซต์ ชิ้นงานจึงถูกอบคืนไฟที่ 500 องศาเซลเซียสและปล่อยให้เย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง องค์ประกอบทางเคมีตรวจสอบโดยบริษัทมาสเตอร์เทค แอนด์ ซีสเต็มส์ จำกัด ดังแสดงในรูปที่ 1 และตารางที่ 1 ตามลำดับ



รูปที่ 1 ชิ้นงานตัวอย่าง (ก) ก่อน และ (ข) หลังเจียระไน

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีเหล็กกล้า JIS SKD61

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)						
C	Si	Mn	P	Cr	Mo	V
0.365	1.001	0.342	0.020	5.028	1.234	0.840

2.2. การทดสอบขัดละเอียด

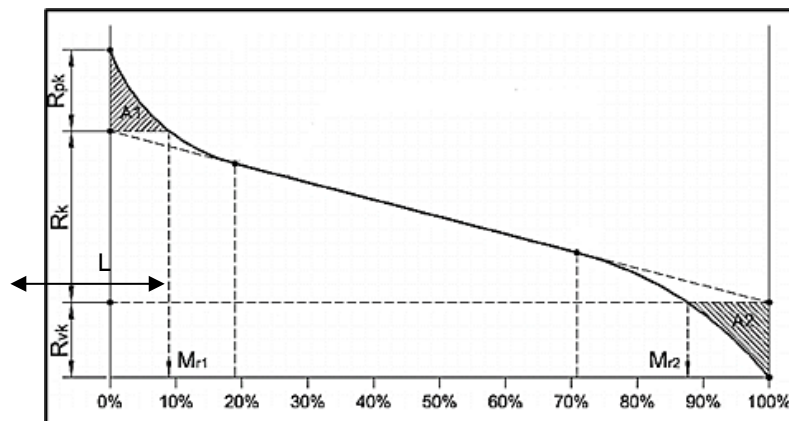
หลังจากเตรียมผิวชิ้นงานด้วยกระบวนการเจียรไนเรียบร้อยแล้ว การขัดละเอียดจะถูกดำเนินการด้วยเครื่องขัดความแม่นยำสูง Lamaster model 15 (Lapmaster, Chicago) เพื่อให้ได้คุณภาพผิวที่มีที่สุด โดยมีเงื่อนไข และรายละเอียดการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เงื่อนไข และรายละเอียดการทดลองสำหรับกระบวนการขัดละเอียด

ขนาดผงขัดลูมินา (ไมโครเมตร)	0.05, 0.30, 1.00, and 3.00
ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	60
น้ำหนักกด (กิโลกรัม)	2
เวลาขัด (นาที)	60
น้ำหล่อเย็น	Diamond Lapping Lubricant Oil Base
อัตราส่วนน้ำหล่อเย็น (มิลลิลิตร)	ผงขัดลูมินา : น้ำหล่อเย็น : น้ำสะอาด (อัตราส่วน 1: 1: 5)

2.3. การตรวจสอบลักษณะพื้นผิว และความหยาบผิว

หลังจากกระบวนการขัดเหล็กกล้าเกรด SKD61 ด้วยผงขัดลูมินาที่มีขนาดแตกต่างกัน 4 ขนาด (0.05, 0.30, 1.00, และ 3.00 ไมโครเมตร) เสร็จสิ้นแล้ว ชิ้นงานตัวอย่างถูกตรวจสอบลักษณะพื้นผิวทั่วไปด้วยกล้องจุลทรรศน์ 3 มิติรุ่น LEXT OLS5000 (Olympus, ประเทศญี่ปุ่น) โดยใช้กำลังขยาย 50 เท่า จากนั้นดำเนินการวัดและวิเคราะห์ความหยาบผิวด้วยพารามิเตอร์ R_a และพารามิเตอร์ของกราฟ BAC ที่ประกอบด้วย R_{pk} , R_k , R_{vk} , Mr_1 และ Mr_2 ตามมาตรฐาน ISO 13565-2 ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 พารามิเตอร์จากเส้นโค้งสะสม BAC [13]

ขั้นตอนการตรวจสอบความหยาบผิวนี้ใช้เครื่องวัดความหยาบผิว 2 มิติรุ่น FTA-S4D4000 (Mitutoyo, ประเทศญี่ปุ่น)

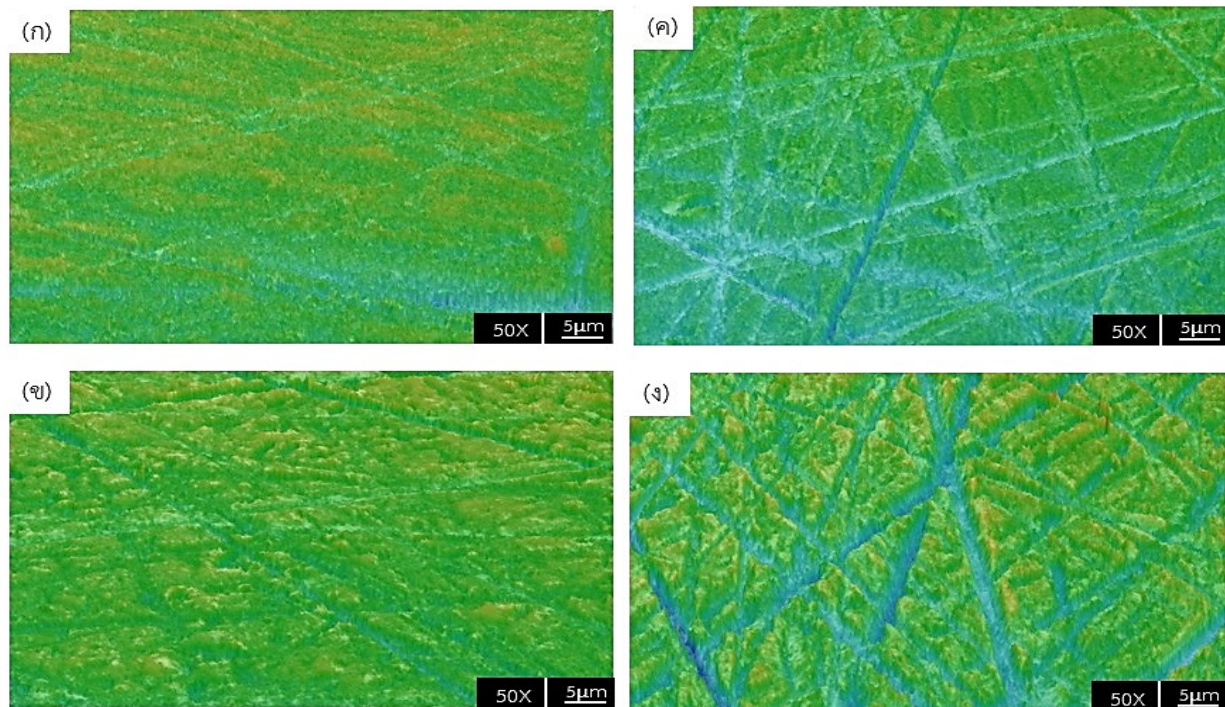
ด้วยสไลต์สกรีนมี 2 ไมโครเมตร ตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian) และความยาวคลื่น (Cut off length) เท่ากับ 0.8 มิลลิเมตร โปรไฟล์ความหยาบผิวถูกวัดด้วยระยะความยาวประเมินเท่ากับ 4.8 มิลลิเมตร โดยรวมระยะเผื่อก่อนวัด (Pre) และระยะเผื่อหลังวัด (Post) ด้านละครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น แต่ละตัวอย่างจะทำการวัดทั้งหมด 5 ตำแหน่งกระจายทั่วชิ้นงาน และนำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ผล

3. ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

3.1 ลักษณะพื้นผิว

ในกระบวนการขัด อนุภาคของผงขัดจะกระจายแบบสุ่มทั่วพื้นผิวขัดด้วยการหมุนตามแนวรัศมีวงโคจรของชุดวงแหวน ขับเคลื่อนของเครื่องขัด การกระจายนี้ทำให้เกิดแนวเส้นการกัดกร่อนหมุนวนเป็นเกลียวในแนวรัศมีของชิ้นงานตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการ เมื่อเวลาผ่านไป แนวเส้นทางการขัดจะถูกซ้อนทับตัดกันเป็นระยะๆ ซึ่งส่งผลให้พื้นผิวมีลักษณะเป็นแนวเส้นในทุกทิศทาง พื้นผิวที่มีแนวเส้นเป็นอิสระนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วสัมพัทธ์ และวิธีการเคลื่อนที่ของอนุภาคแต่ละชนิด [14] ทำให้ความหยาบผิวจากกระบวนการขัดมีความสม่ำเสมอ และใกล้เคียงในทุกทิศทาง

ลักษณะพื้นผิวทั่วไปจากกระบวนการขัด ดังแสดงในรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างที่ถูกขัดด้วยผงอลูมินาขนาด 1.00 และ 3.00 ไมโครเมตร มีร่องรอยการขีดข่วนขนาดใหญ่ ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของความหยาบผิวมีค่าสูงขึ้น สาเหตุหลักมาจากเกิดเศษวัสดุขนาดใหญ่หลุดออกในระหว่างกระบวนการขัด และวนเข้าสู่กระบวนการขัด นอกจากนี้มวลของผงขัดอลูมินาจะลดลงตามขนาดผงขัดที่ใหญ่ขึ้น [15] ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์ที่แรงกดขนาดเท่ากัน ผงขัดอลูมินาที่มีขนาดใหญ่กว่าจะส่งผลให้แรงกดลงบนชิ้นงานเพิ่มมากขึ้น เป็นผลทำให้มีความหยาบผิวที่หยาบขึ้น



รูปที่ 3 ลักษณะพื้นผิวของเหล็กกล้าเกรด SKD61 ที่ผ่านกระบวนการขัดด้วยผงอลูมินาขนาด (ก) 0.05, (ข) 0.30, (ค) 1.00 และ (ง) 3.00 ไมโครเมตร

3.2 ลักษณะค่าความหยาบผิว

ผลการตรวจสอบความหยาบผิวพารามิเตอร์ Ra และพารามิเตอร์ของกราฟ BAC ที่ประกอบด้วย Rpk, Rk, Rvk, Mr1, และ Mr2 ด้วยเครื่องวัดความหยาบผิว 2 มิติ ปลายสไตส์สรีรมี 2 ไมโครเมตร ตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian) และความยาวคลื่น (Cut off length) เท่ากับ 0.8 มิลลิเมตร แต่ละตัวอย่างทำการวัดทั้งหมด 5 ตำแหน่งกระจายทั่วชิ้นงาน และนำค่ามาเฉลี่ยเพื่อวิเคราะห์ผล ดังแสดงในตารางที่ 3

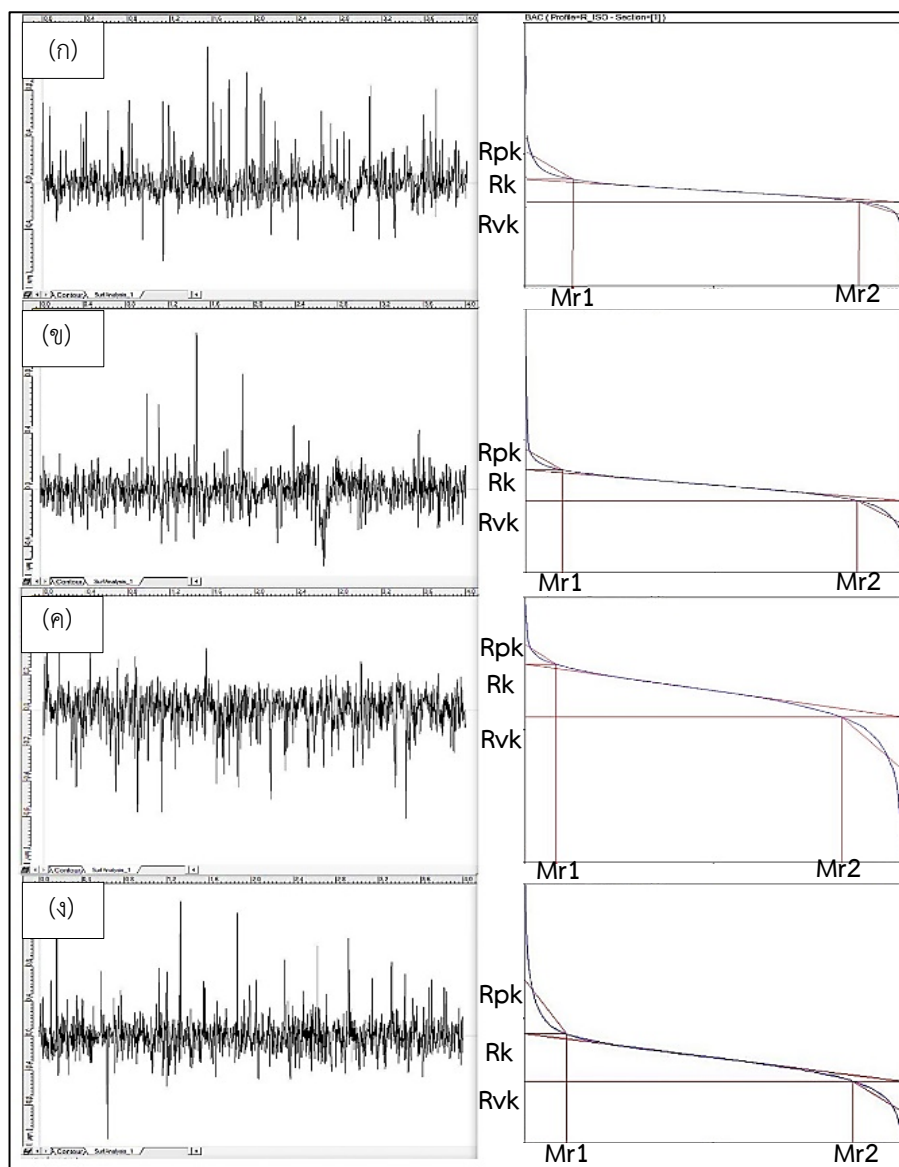
ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ Ra, Rk, Rpk, Rvk, Mr1 และ Mr2

ขนาดผงขัดอลูมินา (μm)	0.05	0.30	1.00	3.00
Ra (μm)	0.0690	0.0749	0.1124	0.1153
Rk (μm)	0.1917	0.1930	0.2497	0.2964
Rpk (μm)	0.1294	0.0831	0.1493	0.3427
Rvk (μm)	0.1493	0.1889	0.3809	0.1902
Mr1 (%)	9.63	8.24	9.09	11.17
Mr2 (%)	87.10	84.10	83.41	87.15

หลังจากช่วงรันอินสิ้นสุดลง ความหยาบบริเวณยอดผิวสูงส่วนบนได้ถูกขัดถูออกหมดแล้ว กระบวนการไทรโบลีย์จะเริ่มเข้าสู่ช่วงของพารามิเตอร์ Rk หรือ ซึ่งเป็นผิวหลักในการรับแรงกระทำทั้งหมด และสามารถประเมินอายุการใช้งานของชิ้นงานได้ ในช่วงนี้จะเป็นสภาวะที่สัมผัสประสิทธิภาพเสียดทานมีค่าคงที่ และเกิดการสึกหรอแบบขัดถู (abrasive wear) [16] จากรูปที่ 4 (ก) และรูปที่ 4 (ข) จะพบว่าค่าพารามิเตอร์ Rk ที่ต่ำใกล้เคียงกันคือ 0.1917 และ 0.1930 ไมโครเมตร ตามลำดับ ลักษณะพื้นผิวมีแนวโน้มเป็นแนวนอน และมีขนาดใหญ่ เมื่อมีการขัดถูบนผิวของพื้นที่ Rk จะเกิดการกระจายแรงกระทำมากกว่า ส่งผลให้ค่าแรงกระทำต่อพื้นที่มีค่าต่ำลง

ในส่วนของพารามิเตอร์ Rvk เป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการกักเก็บน้ำมันหล่อลื่นในสภาวะหล่อลื่นของวัสดุ ในกระบวนการที่ต้องใช้งานร่วมกับสารหล่อลื่น จากการศึกษาพารามิเตอร์นี้พบว่าโดยทั่วไปออกแบบให้มีขนาดอยู่ในช่วง 0.80 – 1.20 ไมโครเมตร และพารามิเตอร์ Mr2 อยู่ที่ประมาณ 70 – 85% โดยเฉลี่ย สำหรับกระบวนการที่มีการใช้งานร่วมกับสารหล่อลื่น [17] ในกรณีของการใช้งานแม่พิมพ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้สารหล่อลื่น พารามิเตอร์ Rvk จึงมีบทบาทในการกักเก็บอนุภาคขนาดเล็กที่เกิดการหลุดร่อนจากการขัดถูที่เกิดจากกระบวนการก่อนหน้า และมีบทบาทในการเปลี่ยนความหยาบผิวในช่วงของ Rk หมดลงเท่านั้น

จากพิจารณาภาพรวมของพารามิเตอร์ทั้งหมด และการวิเคราะห์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าลักษณะพื้นผิวที่คาดว่าจะสามารถทนต่อการสึกหรอได้ดีคือ ลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างที่ได้จากกระบวนการขัดด้วยผงอลูมินาขนาด 0.30 ไมโครเมตร แม้ว่าค่าพารามิเตอร์ Ra และ Rk ของตัวอย่างที่ขัดด้วยผงอลูมินา 0.05 ไมโครเมตรจะมีพื้นผิวขนาดเล็กที่สุด และมีความหยาบผิวที่ต้องการ แต่หากพิจารณาถึงภาพรวมของพารามิเตอร์ทั้งหมด ตั้งแต่ช่วงระยะรันอิน พบว่าตัวอย่างที่ขัดด้วยผงอลูมินาขนาด 0.30 ไมโครเมตร มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะเกิดการหลุดลอกของเศษวัสดุในปริมาณน้อย การยึดติดในกระบวนการต่ำ และมีระยะ L เท่ากับ 0.8020 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะการเข้าสู่ช่วงเสถียรของกระบวนการที่สั้นที่สุดอีกด้วย ดังนั้นตัวอย่างที่ขัดด้วยผงอลูมินาขนาด 0.30 ไมโครเมตร จึงเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพด้านไทรโบลีย์ในมุมมองของกราฟ BAC



รูปที่ 4 เส้นโค้งสะสม BAC ของเหล็กกล้าเกรด SKD61 ที่ผ่านกระบวนการขัดด้วยผงอลูมินาขนาด (ก) 0.05, (ข) 0.30, (ค) 1.00 และ (ง) 3.00 ไมโครเมตร

4. สรุป

การวิจัยนี้เน้นการปรับปรุงคุณภาพผิวแม่พิมพ์เหล็กกล้า SKD61 ซึ่งใช้ในงานที่ต้องรับแรงกระแทก และต้องมีความแข็งแรงสูง ปัญหาหลักที่พบคือความเสียหายจากการสึกหรอของพื้นผิวในกระบวนการผลิตชิ้นส่วน การวิเคราะห์ผลกระทบของความเร็วสัมพัทธ์ เวลา และขนาดของสารกัดกร่อนในกระบวนการขัดละเอียดถูกนำเสนอเพื่อศึกษาลักษณะสันฐานวิทยาของพื้นผิว พารามิเตอร์ความหยาบผิว Ra และส่วนประกอบของกราฟ BAC ที่ประกอบด้วย reduced peak height (Rpk), core roughness depth (Rk), reduced valley depth (Rvk), material ratio 1 at the peak zone (Mr1) และ material ratio 2 at the valley zone (Mr2) พบว่ากระบวนการขัดมีความสามารถในการสร้างผิวที่มีลักษณะเส้นเป็นอิสระ และสม่ำเสมอ การวิเคราะห์ค่าความ

หยาบผิวแสดงให้เห็นว่า ลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างที่ได้จากกระบวนการขัดด้วยผงอลูมินาขนาด 0.30 ไมโครเมตร สามารถทนต่อการสึกหรอได้ดี เนื่องจากมีช่วงรันอินสั้นทำให้เข้าสู่ช่วงเสถียรของกระบวนการได้เร็วขึ้น

การประเมินพฤติกรรมการสึกหรอจำเป็นต้องวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เป็นส่วนประกอบของเส้นโค้งสะสม BAC ร่วมกับพารามิเตอร์ Ra ซึ่งเป็นแนวทางในการออกแบบพื้นผิวเบื้องต้นในอุตสาหกรรมทั่วไป จากการศึกษา และวิเคราะห์พารามิเตอร์ของ BAC พบว่าพารามิเตอร์ Rk เป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ต้องวิเคราะห์ร่วมกับ Rpk รวมถึงระยะทางก่อนเข้าสู่ช่วงเสถียรของกระบวนการก็จำเป็นต้องพิจารณาร่วมด้วยเช่นกันเพื่อให้สามารถยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ให้ยาวนาน

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Piotrowski, “Tool Wear Prediction in Single-Sided Lapping Process,” *Machines*, vol. 8, no. 4, p. 59, Sep. 2020. doi:10.3390/machines8040059
- [2] S. B. Yeruva, *Particle Scale Modeling of Material Removal and Surface Roughness in Chemical Mechanical Polishing*. Gainesville, Fla: University of Florida, 2005.
- [3] J. Su, X. Zhang, M. Xue, W. Xiao, and T. Zhang, “Study on Lapping Process of 304 Stainless Steel Using Tribochemical Fixed-Abrasive Lapping Platen,” *Manufacturing Technology*, vol. 22, no. 2, pp. 231–239, May 2022. doi:10.21062/mft.2022.022
- [4] M. R. Pratheesh Kumar, B. S. Arun, and R. Aravind Babu, “Optimization of Process Parameters in Lapping of Stainless Steel”, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 2, no. 9, 2013, pp. 1865–1872.
- [5] P. R. Parate, and R. B. Yarasu, “Optimization of Process Parameters of Lapping Operation by Taguchi Approach for Surface Roughness of SS 321”, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, vol. 4, no. 4, pp 15–21, 2013.
- [6] T. V. Do, Q. M. Nguyen, and M. T. Pham, “Optimization of Cutting Parameters for Improving Surface Roughness During Hard Milling of AISI H13 Steel,” *Key Engineering Materials*, vol. 831, pp. 35–39, Feb. 2020. doi:10.4028/www.scientific.net/kem.831.35
- [7] J. Wang, Z. Xu, and X. Lu, “Effect of The Quenching and Tempering Temperatures on The Microstructure and Mechanical Properties of H13 Steel,” *Journal of Materials Engineering and Performance*, vol. 29, no. 3, pp. 1849–1859, Feb. 2020. doi:10.1007/s11665-020-04686-0
- [8] P. He, S. Lu, Y. Wang, R. Li, and F. Li, “Analysis of The Best Roughness Surface Based on The Bearing Area Curve Theory,” in *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, vol. 236, no. 3, pp. 527–540, May 2021. doi:10.1177/13506501211018937
- [9] S. Chandra Sharma and D. Hargreaves, “A Suitable Method for Journal Bearing Wear Measurement,” *Industrial Lubrication and Tribology*, vol. 66, no. 1, pp. 15–22, Feb. 2014. doi:10.1108/ilt-06-2011-0104

- [10] M. Sivanesh Prabhu, A. Elaya Perumal, S. Arulvel, and R. Franklin Issac, “Friction and Wear Measurements of Friction Stir Processed Aluminium Alloy 6082/CACO₃ Composite,” *Measurement*, vol. 142, pp. 10–20, Aug. 2019. doi:10.1016/j.measurement.2019.04.061
- [11] A. Sharma, A. Chaudhari, M. Z. Yusufzai, and M. Vashista, “Effectiveness of Using Liquid Nitrogen Cryogen in Grinding to Enhance the Grinding Performance of Hard Steel,” in *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, vol. 238, no. 1–2, pp. 315–327, Jan. 2023. doi:10.1177/09544054221147622
- [12] M. Kumar, A. Sidpara, and V. Racherla, “Analysis of Tool Wear and Counter Surface Roughness in The Flexible Abrasive Tool Finishing,” *Lubricants*, vol. 10, no. 11, p. 318, Nov. 2022. doi:10.3390/lubricants10110318
- [13] *Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface Texture: Profile Method; Surfaces Having Stratified Functional properties – Part 2: Height Characterization Using the Linear Material Ratio Curve*, ISO 13565–2:1996.
- [14] Z. Chen, D. Wen, J. Lu, J. Yang, and H. Qi, “Surface Quality Improvement by Using a Novel Driving System Design in Single–Side Planetary Abrasive Lapping,” *Materials*, vol. 14, no. 7, p. 1691, Mar. 2021. doi:10.3390/ma14071691
- [15] K. Rubešová, M. Peković, H. Jirková, and D. Hradil, “Resistance of Tool Steel Processed by Unconventional Forming Technology Against Abrasive Wear,” *Manufacturing Technology*, vol. 21, no. 2, pp. 241–246, Apr. 2021. doi:10.21062/mft.2021.028
- [16] M. El Mansori, B. Goeldel, and L. Sabri, “Performance Impact of Honing Dynamics on Surface Finish of Precoated Cylinder Bores,” *Surface and Coatings Technology*, vol. 215, pp. 334–339, Jan. 2013. doi:10.1016/j.surfcoat.2012.09.062
- [17] K. D. Lawrence, and B. Ramamoorthy, “Multi–Surface Topography Targeted Plateau Honing for The Processing of Cylinder Liner Surfaces of Automotive Engines,” *Applied Surface Science*, vol. 365, pp. 19–30, Mar. 2016. doi:10.1016/j.apsusc.2015.12.245