

ผลกระทบของพารามิเตอร์ในกระบวนการกัดปาดหน้าที่ส่งผลต่อค่าความ
หยาบผิวสำหรับอะลูมิเนียมเกรด ADC 12 ด้วยวิธีการแฟคทอเรียล 3 ระดับ

**Effect of Face Milling Parameters on Surface Roughness of ADC 12
Aluminum Alloy Using 3 Levels Full-Factorial Design**

อุกฤษฏ์ ธนทรัพย์ทวี¹ ชยันต์ คำบรรลือ^{1*} กิตติ วิโรจรัตนพาฬพิศาล¹ มาโนช น้าฟู¹ ธวัชชัย ไชยลังการ¹
ปริยานุช เมฆฉาย¹ และ กชรวิศ หล้าคำ²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
41 ถนนพหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

² สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

Email: chayaii1976@gmail.com*

Ukrit Thanasuptawee¹, Chayan Khambunlue^{1*}, Kitti Wirotrattanaphaphisan¹, Manoch Numfu¹,
Tawachai Chailungkarn¹, Priyanuch Mekchay¹ and Kodcharawit Lamkam²

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology
Lanna Tak : 41/1 moo 7 Paholayothin road, Mai Ngam, Muang, Tak, 63000, Thailand,

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology
Lanna : 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai. 50300 Thailand

Email: chayaii1976@gmail.com*

Received 27 Aug 2023; Revised 20 Mar 2024

Accepted 26 Jun 2024; Available online 30 Jun 2024

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการศึกษาผลกระทบของพารามิเตอร์ในกระบวนการกัดปาดหน้า ประกอบด้วย 3 ปัจจัย คือ อัตราป้อนต่อฟัน ความเร็วตัด และความลึกในการกัดที่ส่งผลต่อค่าความหยาบผิว สำหรับวัสดุอะลูมิเนียมเกรด ADC 12 ในงานวิจัยนี้ขึ้นทดสอบถูกกัดปาดหน้าแบบใช้น้ำหล่อเย็นด้วยเครื่องซีเอ็นซี มิลลิง โดยใช้เม็ดมิดกัดที่ประกอบกับดอกกัดปาดหน้าขนาด 63 มิลลิเมตรในการตัดเฉือนชิ้นงาน จากนั้นค่าความหยาบผิวถูกวัดโดยเครื่องวัดความหยาบผิว งานวิจัยนี้ใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 3 ระดับ ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จากการทดลองพบว่าผลกระทบของปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าความหยาบผิวมากที่สุดคืออัตราป้อนต่อฟัน และความเร็วตัดตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าผลกระทบระหว่างความเร็วตัดและอัตราป้อนต่อฟัน ความเร็วตัดและความลึกในการกัด รวมถึงอัตราป้อนต่อฟันและความลึกในการกัดก็ส่งผลกระทบต่อความหยาบผิวที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลให้ได้ค่าความหยาบผิวต่ำที่สุดคือความเร็วตัด 800 เมตรต่อ นาที อัตราป้อนต่อฟัน 0.05 มิลลิเมตรต่อฟัน ความลึกการกัดในแนวแกน 0.6 มิลลิเมตร จะได้ความหยาบผิว 0.142

คำหลัก: กระบวนการกัดปาดหน้า พารามิเตอร์ในการตัดเฉือน อะลูมิเนียมเกรด ADC 12 การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 3 ระดับ ค่าความหยาบผิว

Abstract

The purpose of this study aims to determine the influence of machining parameters which were consisted of three parameters; feed per tooth, cutting speed and depth of cut on surface roughness in CNC face milling process of ADC 12 aluminum alloy. The settings of machining parameters were conducted through 3 levels full-factorial design with 2 replicates. In addition, CNC machining center and carbide insert were fitted together with milling cutter which 63 millimeters of diameter, under wet cutting condition. The surface roughness of end-milled face was measured by the surface roughness tester. It was found that the most influence main factor was feed per tooth, followed by cutting speed. It was also found that interaction between cutting speed and feed per tooth, cutting speed and depth of cut as well as feed per tooth and depth of cut also impact the surface roughness. In contrast, Depth of cut was not affected on surface roughness at significant level of 0.05. Moreover, the minimum of surface roughness value was obtained with 800 m/min of cutting speed, 0.05 mm/tooth of feed rate and 0.6 mm of depth of cut which result 0.142 of Ra.

Keywords: Face milling process, Machining parameters, ADC 12 aluminum alloy, 3 levels full-factorial design, Surface roughness

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในประเทศไทย ได้นำเอาอะลูมิเนียมมาใช้งานมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมที่ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เนื่องจากปัจจุบันได้มีการนำอะลูมิเนียมมาใช้แทนเหล็กในอุตสาหกรรมยานยนต์มากขึ้น เพราะอะลูมิเนียมเป็นวัสดุที่มีสมบัติเชิงกลที่ดี และมีน้ำหนักเบา หนึ่งในเกรดอะลูมิเนียมที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ด้วยกระบวนการหล่อฉีด ไม่ว่าจะเป็นชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ชิ้นส่วนอากาศยาน และอุตสาหกรรมอื่น ๆ คืออะลูมิเนียมเกรด ADC12 โดยเฉพาะอย่างยิ่งนิยมนำมาใช้ผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เนื่องจากอะลูมิเนียมเกรด ADC12 มีสมบัติการหล่อที่ดี สมบัติเชิงกลดี ไม่เกิดการเปราะในอุณหภูมิที่สูง สมบัติทนการลอมติดแม่พิมพ์สูง และคุณสมบัติการชุบเคลือบผิวดี จึงมีอัตราการใช้งานในปริมาณที่มากขึ้น [1]

กระบวนการกัดปาดหน้าด้วยดอกกัดปาดหน้า เป็นกระบวนการที่นิยมอย่างแพร่หลายในกระบวนการผลิต สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ ไม่

ว่าจะเป็นการขึ้นรูปชิ้นงานหรือการปรับปรุงคุณภาพผิวของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสามารถลดเวลาในการผลิต ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้ในเรื่องของเวลา เมื่อเปรียบเทียบกับดอกเอ็นมิล ในกระบวนการกัดปาดหน้าด้วยดอกกัดปาดหน้า ความหยาบผิวเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปแล้วหลังจากที่ชิ้นส่วนผ่านกรรมวิธีการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบต่าง ๆ จะต้องผ่านกระบวนการตัดเฉือนเพื่อปรับปรุงคุณภาพผิวก่อนที่จะส่งมอบให้กับลูกค้าหรือนำไปประกอบกับชิ้นส่วนอื่น ๆ ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการกัดปาดหน้าอะลูมิเนียมที่ใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่นั้นเกิดจากค่าความหยาบผิวไม่ได้ตามค่าที่กำหนดไว้ เกิดรอยร้าว รอยขีดข่วน นั่นคือจุดเริ่มต้นของการเสียหายเชิงกล [2] ซึ่งค่าความหยาบผิวได้รับผลกระทบจากค่าพารามิเตอร์พื้นฐานในกระบวนการตัดเฉือน ไม่ว่าจะเป็นความเร็วในการตัดเฉือน อัตราป้อนต่อฟัน และความลึกในการตัดเฉือน

การศึกษาถึงพารามิเตอร์ในกระบวนการปาดหน้าที่มีผลต่อค่าความหยาบผิวได้ถูกนำเสนอใน

หลายงานวิจัยเช่น Benardos และคณะ [3] ได้ใช้วิธีการทากูซีในการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์และใช้วิธีการโครงข่ายประสาทเทียมในการหาค่าที่เหมาะสม โดยศึกษาพารามิเตอร์พื้นฐานในกระบวนการตัดเฉือนประกอบด้วย ความลึกในการตัด อัตราป้อนต่อฟัน และความเร็วตัด สำหรับพยากรณ์ค่าความหยابผิวในกระบวนการกัดปาดหน้า อะลูมิเนียมเกรด 2xxx ซึ่งเป็นเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอากาศยาน Lin และคณะ [4] ได้ทำการหาค่าพารามิเตอร์การตัดเฉือนที่เหมาะสมต่อค่าความหยابผิวในกระบวนการกัดปาดหน้าวัสดุสแตนเลส โดยพบว่าอัตราป้อนมีผลต่อผลตอบมากที่สุด Bajic และคณะ [5] ได้ศึกษาสมการผลกระทบของพารามิเตอร์ในการตัดเฉือนที่มีผลต่อค่าความหยابผิว การสึกหรบของเครื่องมือตัด และแรงในการตัดเฉือน ในการกัดปาดหน้าชิ้นส่วน โดยศึกษาความเร็วตัด อัตราป้อนต่อฟัน และความลึกในการกัด จากการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วตัด ค่าความหยابผิวจะดีขึ้น ในขณะที่อัตราป้อนเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ค่าความหยابผิวเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย และนอกจากนี้ยังพบว่าค่าความลึกในการกัดไม่มีผลต่อค่าความหยابผิว Salehi และคณะ [6] ได้ศึกษาค่าที่ดีที่สุดสำหรับค่าความหยابผิวและอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดในการกัดปาดหน้าวัสดุสแตนเลส AISI 420 ได้สรุปว่าเมื่อเพิ่มความเร็วตัดและลดอัตราป้อนต่อฟันจะส่งผลให้ค่าความหยابผิวลดลง Simunovic และคณะ [7] ได้พยากรณ์คุณภาพของผิวชิ้นงานของอะลูมิเนียมอัลลอย Al 6061 ด้วยสมการการถดถอยในกระบวนการกัดปาดหน้าโดยศึกษาพารามิเตอร์ความเร็วรอบ อัตราป้อน และความลึกในการกัด จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราป้อนค่าความหยابผิวจะมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าเพิ่มความเร็วรอบค่าความหยابผิวจะลดลง ในขณะที่ความลึกในการกัดไม่ส่งผลต่อค่าความหยابผิว Surasit และคณะ [8]-[10] ได้ทำการศึกษาผลกระทบหลักของพารามิเตอร์ในการเฉือนต่อค่าความหยابผิวในกระบวนการกัดปาดหน้าวัสดุอะลูมิเนียมเกรด 2024 6061 และ 7075 โดยใช้การออกแบบการ

ทดลองแบบแฟคทอเรียล จากผลการทดลองพบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าความหยابผิวคืออัตราป้อนและความเร็วรอบ ในขณะที่ความลึกการกัดในแนวแกนไม่ส่งผลต่อค่าความหยابผิว

ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการศึกษาดังกล่าวถึงผลกระทบจากพารามิเตอร์ในการตัดเฉือนในกระบวนการกัดปาดหน้าวัสดุอะลูมิเนียมเกรด ADC 12 ยังมีการศึกษาน้อยมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นความสำคัญในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ในการตัดเฉือนต่อค่าความหยابผิวในกระบวนการกัดปาดหน้าอะลูมิเนียม เกรด ADC12 ด้วยวิธีการแฟคทอเรียล 3 ระดับ

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทดลองกัดปาดหน้าวัสดุอะลูมิเนียมเกรด ADC 12 แบบใช้สารหล่อเย็นด้วยเม็ดเม็ดกัด ยี่ห้อ ARNO รุ่น SNGX 120508FN - ALU AN 1015 ซึ่งเหมาะสำหรับกัดปาดหน้าอะลูมิเนียม โดยที่ชิ้นงานจะถูกจับยึดด้วยอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเพื่อยึดติดกับชุดทดสอบแรงตัดเฉือนดังรูปที่ 1 ในแต่ละการทดลองใช้เม็ดเม็ดกัดจำนวน 6 เม็ด ประกอบกับหัวกัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63 มิลลิเมตรและกัดปาดหน้าโดยใช้เครื่องซีเอ็นซีมีลิ่ง 3 แกน ยี่ห้อ CHEVALIER รุ่น QP1620-L ซึ่งในแต่ละการทดลองจะเปลี่ยนมุมมีดของเม็ดเม็ดกัดทุกครั้ง เพื่อมั่นใจว่าสภาพคมตัดของเม็ดเม็ดกัดมีคมตัดที่สมบูรณ์เหมือนกันทุกการทดลอง

การทดลองถูกออกแบบภายใต้การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 3 ระดับซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้สำหรับศึกษาถึงผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมจากพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อผลตอบ รวมถึงยังสามารถใช้สำหรับหาค่าที่เหมาะสมของกระบวนการ โดยกำหนดพารามิเตอร์ในการศึกษา 3 พารามิเตอร์ ประกอบด้วยความเร็วตัด อัตราป้อนต่อฟัน และความลึกในการกัด ซึ่งพารามิเตอร์ในการตัดเฉือนและระดับของแต่ละพารามิเตอร์แสดงดังตารางที่ 1 โดยที่ค่าระดับของแต่ละพารามิเตอร์ได้กำหนดตามคำแนะนำจากผู้ผลิตเครื่องมือตัดเฉือน ในการทดลอง

นี้ผู้วิจัยได้ทดลองซ้ำที่สภาวะเดียวกันซ้ำจำนวน 2 ครั้ง มีจำนวนการทดลองทั้งหมด $27 \times 2 = 54$ การทดลอง เมื่อขึ้นทดสอบผ่านกระบวนการกัดปาดหน้าในแต่ละการทดลองตามรูปที่ 2 จะถูกนำมาวัดค่าความหยาบผิวด้วยเครื่องวัดค่าความหยาบผิวยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น SJ-210 โดยที่ขึ้นทดสอบจากแต่ละการทดลองจะถูกวัดค่าความหยาบผิวทั้งหมด 30 จุด และนำมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งลำดับการทดลองและผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2



รูปที่ 1 การจับยึดชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานและชุดทดสอบแรงตัดเฉือน



รูปที่ 2 กระบวนการปาดหน้าแบบใช้สารหล่อเย็น

ตารางที่ 1 ปัจจัยในการตัดเฉือนและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย			หน่วย
ความเร็วตัด (V_c)	400	800	1200	m/min
อัตราป้อนต่อฟัน (F_z)	0.05	0.1	0.15	mm/tooth
ความลึกในการกัด (A_p)	0.2	0.6	1	mm

ตารางที่ 2 ตารางการออกแบบการทดลองและผลการทดลอง

Run Order	V_c	F_z	A_p	Ra	
				ซ้ำ 1	ซ้ำ 2
1	400	0.05	0.2	0.324	0.306
2	400	0.05	0.6	0.347	0.391
3	400	0.05	1	0.3	0.293
4	400	0.1	0.2	0.392	0.377
5	400	0.1	0.6	0.365	0.374
6	400	0.1	1	0.474	0.517
7	400	0.15	0.2	0.581	0.618
8	400	0.15	0.6	0.642	0.636
9	400	0.15	1	0.694	0.647
10	800	0.05	0.2	0.171	0.189
11	800	0.05	0.6	0.153	0.142
12	800	0.05	1	0.191	0.247
13	800	0.1	0.2	0.338	0.402
14	800	0.1	0.6	0.395	0.425
15	800	0.1	1	0.416	0.375
16	800	0.15	0.2	0.451	0.47
17	800	0.15	0.6	0.389	0.438
18	800	0.15	1	0.459	0.485
19	1200	0.05	0.2	0.223	0.189
20	1200	0.05	0.6	0.162	0.208
21	1200	0.05	1	0.144	0.189
22	1200	0.1	0.2	0.341	0.319
23	1200	0.1	0.6	0.419	0.401
24	1200	0.1	1	0.429	0.4
25	1200	0.15	0.2	0.624	0.66
26	1200	0.15	0.6	0.54	0.553
27	1200	0.15	1	0.435	0.444

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

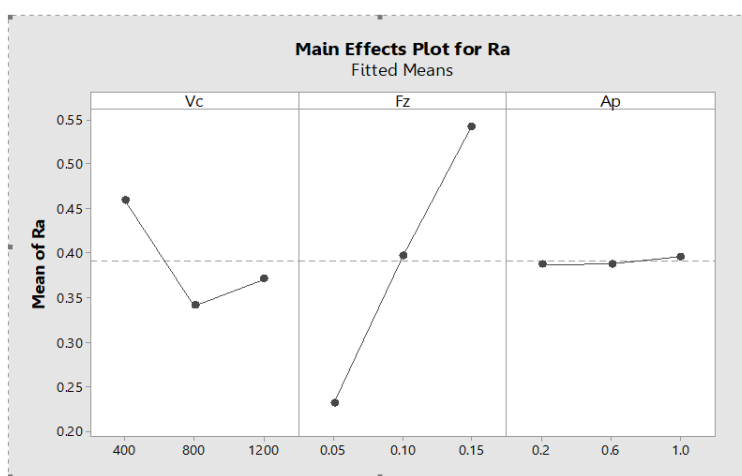
จากผลการทดลองข้อมูลจะถูกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับค่าความหยาบผิว ดังตารางที่ 3 เพื่อชี้ให้เห็นถึงผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อค่าความ

หยาบผิวที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าผลกระทบหลักของพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อค่าความหยาบผิวประกอบด้วย อัตราป้อนต่อฟันและความเร็วตัด ในขณะที่ความลึกการกัดในแนวแกนไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความหยาบผิว นอกจากนี้ยังพบว่าผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยที่

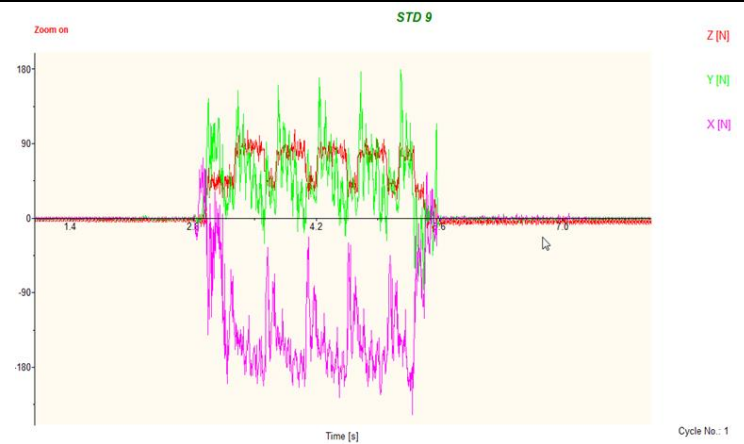
ส่งผลต่อค่าความหยาบผิวประกอบด้วยผลกระทบร่วมระหว่างความเร็วตัดและอัตราป้อนต่อฟัน ความเร็วตัดและความลึกในการกัด รวมถึงอัตราป้อนต่อฟันและความลึกในการกัด นอกจากนี้ยังพบว่าค่า R-square (adj) มีค่าเท่ากับ 91.76 % ซึ่งหมายความว่าแบบจำลองมีความพอเพียงในการฟิตข้อมูล

ตารางที่ 3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับค่าความหยาบผิว

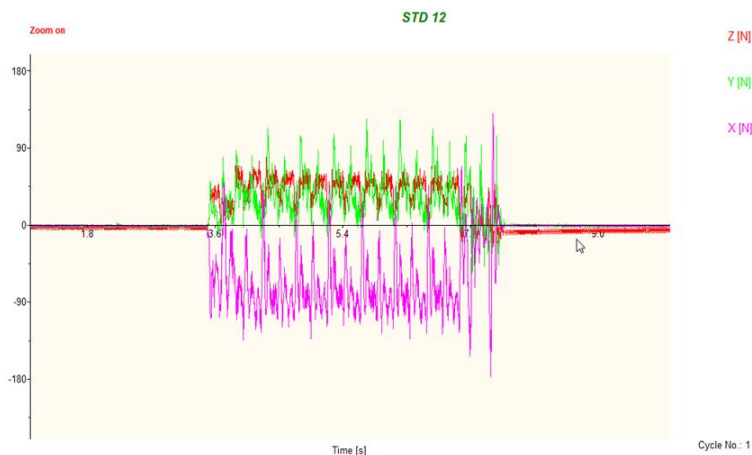
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	18	1.10447	0.061360	33.81	0.000
Linear	6	1.00892	0.168153	92.65	0.000
Vc	2	0.13726	0.068631	37.82	0.000
Fz	2	0.87072	0.435360	239.89	0.000
Ap	2	0.00093	0.000466	0.26	0.775
2-Way Interactions	12	0.09556	0.007963	4.39	0.000
Vc*Fz	4	0.05279	0.013198	7.27	0.000
Vc*Ap	4	0.02167	0.005417	2.98	0.032
Fz*Ap	4	0.02110	0.005274	2.91	0.035
Error	35	0.06352	0.001815		
Lack-of-Fit	8	0.04835	0.006043	10.75	0.000
Pure Error	27	0.01517	0.000562		
Total	53	1.16799			
R-sq = 94.56% R-sq(adj) = 91.76% R-sq(pred) = 87.05%					



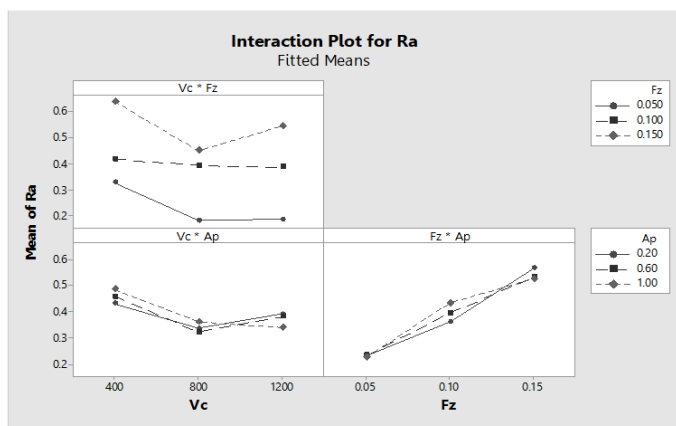
รูปที่ 3 ผลกระทบหลักของปัจจัยที่ส่งผลต่อความหยาบผิว



รูปที่ 4 แรงตัดเฉือนที่ความเร็วตัด 400 เมตรต่อนาที และอัตราป้อน 0.15 มิลลิเมตรต่อฟัน



รูปที่ 5 แรงตัดเฉือนที่ความเร็วตัด 800 เมตรต่อนาที และอัตราป้อน 0.05 มิลลิเมตรต่อฟัน



รูปที่ 6 ผลกระทบร่วมของปัจจัยที่ส่งผลต่อความหยาบผิว

นอกจากนี้ตารางที่ 3 ได้แสดงถึงผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อค่าความหยาบผิว ซึ่งเห็นได้ว่าผลกระทบหลักจากอัตราป้อนต่อฟันส่งผลต่อค่าความหยาบผิวมากที่สุด ตามด้วยผลกระทบหลักจากความเร็วตัด และผลกระทบร่วมระหว่างความเร็วตัดและอัตราป้อนต่อฟัน ความเร็วตัดและความลึกในการกัด รวมถึงอัตราป้อนต่อฟันและความลึกในการกัดตามลำดับ รูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าผลกระทบหลักของอัตราป้อนต่อฟันมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความหยาบผิวเมื่ออัตราป้อนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความหยาบผิวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเร็วตัดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความหยาบผิวเมื่อความเร็วตัดต่ำจะส่งผลให้ค่าความหยาบผิวสูงกว่าค่าความเร็วตัดสูง ซึ่งผลการทดลองจากงานวิจัยนี้มีผลไปในทางเดียวกันกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ในกระบวนการกัดวัสดุอะลูมิเนียมเกรดอื่น ๆ ที่ได้สรุปไว้ว่าอัตราป้อนที่ต่ำและความเร็วตัดสูงจะนำไปสู่ค่าความหยาบผิวที่ต่ำ [4-10] เนื่องจากเมื่อตัดเฉือนชิ้นงานด้วยอัตราป้อนต่อฟันต่ำและความเร็วตัดสูง จะส่งผลให้คมตัดของเม็ดมีดกัดหมุนกัดชิ้นงานในจำนวนรอบที่มากกว่าเมื่อเดินกัดชิ้นงานไปในระยะทางที่เท่ากัน หรืออีกนัยหนึ่งเมื่อหัวกัดปาดหน้าหมุนครบ 1 รอบคมตัดของเม็ดมีดกัดจะตัดเฉือนเนื้อวัสดุในปริมาณที่น้อยกว่า ซึ่งส่งผลให้เศษชิพที่เกิดจากการตัดเฉือนชิ้นงานมีความหนาน้อยกว่าการใช้อัตราป้อนต่อฟันสูงและความเร็วตัดต่ำ ซึ่งส่งผลให้การกัดชิ้นงานด้วยอัตราป้อนสูงและความเร็วตัดที่ต่ำนั้นจะทำให้เกิดแรงกระทำที่คมตัดสูง ดังรูปที่ 4 ได้แสดงถึงแรงในการตัดเฉือนที่วัดได้จากจาก Run Order 9 ที่ความเร็วตัด 400 เมตรต่อนาทีและอัตราป้อนต่อฟัน 0.015 มิลลิเมตรต่อฟัน พบว่ามีค่ามากกว่าแรงในการตัดเฉือนที่วัดได้จาก Run Order 12 ที่ความเร็วตัด 800 เมตรต่อนาที กับอัตราป้อนต่อฟัน 0.05 มิลลิเมตรต่อฟัน ที่ความลึกในการกัด 1 มิลลิเมตรเท่ากัน ดังรูปที่ 5 และในงานวิจัยนี้ยังพบว่าความลึกการกัดในแนวแกนไม่ส่งผลต่อค่าความหยาบผิวเหมือนดังที่นักวิจัยท่านอื่นได้สรุปไว้ [7-10]

รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ร่วมของแต่ละพารามิเตอร์

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดและอัตราป้อนต่อฟันพบว่าเมื่อความเร็วตัดมีค่าเท่ากับ 400 เมตรต่อนาทีค่าความหยาบผิวจะมีค่ามากกว่าค่าความเร็วตัด 800 และ 1200 เมตรต่อนาที ทั้งที่ระดับอัตราป้อนต่อฟัน 0.05 0.10 และ 0.15 มิลลิเมตรต่อฟัน และเมื่อค่าความเร็วตัดมีค่ามากขึ้นเป็น 800 และ 1200 เมตรต่อนาที ที่อัตราป้อนต่อฟัน 0.05 และ 0.10 มิลลิเมตรต่อฟันค่าความหยาบผิวจะมีแนวโน้มลดลง แต่ที่อัตราป้อนต่อฟันเท่ากับ 0.15 จะพบว่าค่าความหยาบผิวจะลดลงที่ความเร็วตัด 80 เมตรต่อนาที และจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความเร็วตัดเท่ากับ 1200 เมตรต่อนาที และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดและความลึกในการกัดพบว่าความเร็วตัดที่ 400 เมตรต่อนาทีจะส่งผลให้ค่าความหยาบผิวสูงที่สุดเมื่อความลึกในการกัดระหว่าง 0.2 ถึง 1 มิลลิเมตร นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราป้อนต่อฟันและความลึกในการกัดพบว่าอัตราป้อนต่อฟัน 0.05 0.10 และ 0.15 จะส่งผลให้ค่าความหยาบผิวเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความลึกในการกัดเนื่องจากว่าแรงตัดเฉือนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลให้ได้ค่าความหยาบผิวต่ำที่สุดคือความเร็วตัด 800 เมตรต่อนาที อัตราป้อนต่อฟัน 0.05 มิลลิเมตรต่อฟัน ความลึกการกัดในแนวแกน 0.6 มิลลิเมตร โดยได้ค่าความหยาบผิวเท่ากับ 0.142 ไมครอนดังรูปที่ 7

4. สรุป

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการศึกษผลกระทบของพารามิเตอร์ในการตัดเฉือนที่ส่งผลต่อค่าความหยาบของผิวในกระบวนการกัดปาดหน้าอะลูมิเนียมเกรด ADC 12 แบบใช้น้ำหล่อเย็น โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 3 ระดับ ซึ่งจากการทดลองพบว่าผลกระทบหลักของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อค่าความหยาบผิวคือ อัตราป้อนต่อฟันและความเร็วตัด นอกจากนี้ยังพบว่าผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความหยาบผิวประกอบด้วยผลกระทบร่วมระหว่างความเร็วตัดและอัตราป้อนต่อฟัน ความเร็วตัดและความลึกในการ

กัด รวมถึงอัตราป้อนต่อฟันและความลึกในการกัด โดยที่อัตราป้อนต่อฟันส่งผลกระทบท่อค่าความหยาบผิวมากที่สุด และจากงานวิจัยนี้พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อกระบวนการกัดปาดหน้าอะลูมิเนียมเกรด ADC 12 แบบใช้น้ำหล่อเย็น โดยใช้เม็ดมีดกัด

ยี่ห้อ ARNO รุ่น SNGX 120508FN - ALU AN 1015 คือความเร็วตัดที่ 800 เมตรต่อนาที อัตราป้อนต่อฟัน 0.05 มิลลิเมตรต่อฟัน และความลึกในการกัด 0.6 มิลลิเมตร โดยได้ค่าความหยาบผิวเท่ากับ 0.142 ไมครอน



รูปที่ 7 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อค่าความหยาบผิวน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] Okayasu M, Miyatomo Y and Morinaka K. Material Properties of Various Cast Aluminum Alloys Made Using a Heated Mold Continuous Casting Technique with and without Ultrasonic Vibration. *Metals* 2015;5: 1440-1453.
- [2] Routara B. C., Bandyopadhyay, A., and Sahoo, P. Roughness modeling and optimization in CNC end milling using response surface method: effect of workpiece material variation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2009;40 (11-12): 1166-1180.
- [3] Benardos P. G. and Vosniakos G.-C. Prediction of surface roughness in CNC face milling using neural networks and Taguchi's design of experiments. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*. 2002;18: 343-354
- [4] Lin T.-R. Optimisation Technique for Face Milling Stainless Steel with Multiple Performance Characteristics. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2002;19: 330-335.
- [5] Bajić D, Celent L and Jozić S. Modeling of the Influence of Cutting Parameters on the Surface Roughness, Tool Wear and Cutting Force in Face Milling in Off-Line Process Control. *Journal of Mechanical Engineering* 2012;11: 673-682
- [6] Salehi M, Akbari J and Ravari H.R. OPTIMIZATION OF TOOL LIFE AND SURFACE QUALITY WHEN HIGH SPEED MILLING OF STAINLESS STEEL 420. *8th International Conference on High Speed Machining* 2010.
- [7] Simunovic K, Simunovic G and Saric T. Predicting the Surface Quality of Face Milled Aluminium Alloy Using a Multiple Regression Model and Numerical Optimization. *MEASUREMENT SCIENCE REVIEW* 2013;5: 265-272