

**ทิศทางการตัดเฉือนที่มีผลต่อการสึกหรอของดอกกัดสำหรับ
เหล็กกล้าคาร์บอนผสมปานกลาง**
**THE EFFECT OF THE DIRECTION OF SHEARING ON THE WEAR AND
TEAR OF THE END MILL USED ON THE MEDIUM CARBON STEEL**

คมพันธ์ ชมสมุทร¹ และ สิงห์แก้ว ป็อกเท้ง²

¹อาจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 1381 ถนนประชาราษฎร์สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขต
บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800, kompan.c@rmutp.ac.th

²อาจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 1381 ถนนประชาราษฎร์สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขต
บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800, Singkaew.p@rmutp.ac.th

Kompan Chomsamutr¹ and Singkaew Poktern²

¹Lecturer, Department of Mechatronics Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat1 Rd, Wongsawang,
Bangsue, Bangkok 10800, Thailand, kompan.c@rmutp.ac.th

²Lecturer, Department of Mechatronics Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, 1381 Pracharat1 Rd Wongsawang
Bangsue Bangkok 10800, Thailand, Singkaew.p@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาทิศทางการตัดเฉือนที่มีผลต่อการสึกหรอของดอกกัดสำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนผสมปานกลาง (JIS-S45C) ด้วยเครื่องกัดอัตโนมัติ โดยการเปรียบเทียบทิศทางการกัดงานที่ผ่านการชดเชยรัศมีดอกกัดออกทางด้านซ้ายโดยใช้ G41 (Tool Path Compensation Left) และ การชดเชยรัศมีดอกกัดออกทางด้านขวาด้วย G42 (Tool Path Compensation Right) ของดอกกัด (End Mill) เหล็กกล้าความเร็วสูง (High Speed Steel: HSS) M42 ขนาด 12 มิลลิเมตร 4 คมตัด โดยกัดชิ้นงานที่ระยะทาง 3,000 มิลลิเมตร การวิจัยนี้ทดลองภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน คือ ใช้ความเร็วรอบ (Spindle Speed) 665 รอบต่อนาที อัตราป้อน (Feed Rate) 100 มิลลิเมตรต่อนาที ความกว้างของการกัด (Wide of Cut) 3 มิลลิเมตร และความลึกของการกัด

(Depth of Cut) 3 มิลลิเมตร ภายใต้สภาวะการตัดเฉือนแบบแห้ง ผลการวิจัย ปรากฏว่าชิ้นงานที่ผ่านการกัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยชิ้นงานที่ผ่านการกัดงานโดยใช้ G41 การสึกหรอที่ดอกกัดเฉลี่ยจะเกิดขึ้นน้อยกว่าชิ้นงานที่ผ่านการกัดงานโดยใช้ G42 อยู่ 22.56 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยของการสึกหรออยู่ที่ 13.73 μm และ 17.73 μm ตามลำดับ

คำสำคัญ: การสึกหรอของดอกกัด เครื่องกัดอัตโนมัติ ทิศทางการตัดเฉือน

ABSTRACT

This research aimed to study the effect of the direction of shearing on the tool wear and tear of the end mill used on the medium carbon steel of the automatic milling machine. This research project compared the effect of the direction of shearing, between the use of the G41 tool path compensation left and the G42 tool path compensation right, on the wear and tear of the high spindle speed, 12 millimeters, 4 flutes, M42 steel end mills, at the milling distance of 3,000 millimeters. The experiments were performed under the same condition, namely, at the spindle speed of 665 rounds per minute, the feed rate of 100 millimeters per minute, the width of cut of 3 millimeters, and the depth of cut of 3 millimeters, under the dried milling process. The result revealed that the direction of shearing caused significant different wear and tear, with a statistical significance score of 0.05. The work piece crated using the G41 tool compensation caused less wear and tear than using G42 tool compensation, at 22.56 percent; with the average wear and tear of 13.73 and 17.73 μm , respectively.

KEYWORDS: Tool wear, CNC Milling, Cutter compensation.

1. บทนำ

ปัจจุบันกระบวนการผลิตชิ้นส่วนด้วยการตัดเฉือน (Machining) เช่น เครื่องกลึง และ เครื่องกัดอัตโนมัติ (Machining Center) สำหรับงานกัดนั้นส่วนใหญ่ที่ทำการผลิตชิ้นส่วน แม่พิมพ์ และเครื่องมืออื่นๆ ซึ่งต้องใช้โปรแกรมการทำงานแตกต่างกันตามงานที่ออกแบบไว้ ลักษณะการตัดเฉือนนอกจากจะต้องทราบ ชนิดของวัสดุ ความแข็ง และส่วนผสมทางเคมี แล้วการกำหนดเงื่อนไขในการตัด เช่น ความเร็วตัด ความเร็วรอบ อัตราป้อน และความลึกในการตัด ซึ่งมีความสำคัญในการทำงานเป็นอย่างมาก เพื่อการผลิตที่เหมาะสมทั้งในด้านต้นทุนการผลิต เวลาและคุณภาพชิ้นงาน ในทางเทคนิคสำหรับโปรแกรมการทำงานของเครื่องจักรกลอัตโนมัติ ที่มีผลต่อการสึกหรอของดอกกัด (Tool Wear) คือ ทิศทางการกัด ตามโปรแกรม G-Code ที่ได้กำหนดไว้

ด้วยเหตุผลข้างต้นนี้ การศึกษาความสามารถในการตัดเฉือน ของเครื่องจักรกลอัตโนมัติตาม ลักษณะและความแตกต่างของโปรแกรมการทำงานแต่ละแบบ เพื่อให้ทราบถึงสมรรถนะอย่าง แท้จริง ความแตกต่างในการทำงานของโปรแกรม โอกาสและความสูญเสียจากการใช้เครื่องจักร อย่างคุ้มค่าต่อการลงทุน ผลกระทบต่อคุณภาพ ต้นทุน และเวลาในการผลิต ผลการวิจัยจะเป็น ประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมโดยรวมด้านการใช้เครื่องจักรกลอัตโนมัติ ผู้วิจัยจึงกำหนดโครงการวิจัยนี้ ขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการทำงาน

ทิศทางการกัฏงาน G41 คือการชดเชยรัศมีดอกกัดออกทางด้านซ้าย (Tool Path Compensation Left) และ G42 คือการชดเชยรัศมีดอกกัดออกทางด้านขวา (Tool Path Compensation Right) เป็นการชดเชยขนาดดอกกัดตามเส้นของรูป [1] ซึ่งทิศทางการกัฏงาน ดังกล่าวนี้อาจมีผลโดยตรงต่อการสึกหรอ (Tool Wear) และอายุการใช้งานของดอกกัด (Tool Life) Khorasani et al [2] ได้ศึกษาอายุการใช้งานของเครื่องมือ จากการกัฏงานด้วยเครื่องกัด ใช้ดอกกัด ขนาด 20 มิลลิเมตร แบบ 4 คมตัด โดยวิธีการออกแบบการทดลอง (DOE) กำหนดให้ ความเร็ว รอบ 95, 360, 565, 950 และ 1500 รอบต่อนาที อัตราป้อน 22, 98, 132, 200 และ 360 มิลลิเมตร ต่อนาที ความลึกของการกัฏ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิเมตร จากการศึกษาพบว่า เงื่อนไข การกัฏงานที่ความเร็วรอบ 565 รอบต่อนาที อัตราป้อน 22 มิลลิเมตรต่อนาที ความลึกของการ 0.6 มิลลิเมตร มีอายุการใช้งานของเครื่องมือสูงสุดที่ 612 นาที Hadi et al [3] ได้เปรียบเทียบทิศ ทางการกัฏงานที่มีผลต่อการสึกหรอของเครื่องมือกับวัสดุ Inconel 718 โดยกำหนดค่าความเร็วตัด 100, 120 และ 140 เมตรต่อนาที อัตราป้อน 0.1, 0.15 และ 0.2 มิลลิเมตรต่อนาที และความลึกของ การ 0.5, 0.75 และ 1.0 มิลลิเมตร ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มขึ้นของเงื่อนไขในการกัฏงานมีผลต่อ การสึกหรอของเครื่องมือ และทิศทางการกัฏงานแบบ Down-Milling มีผลทำให้การสึกหรอของ เครื่องมือน้อยกว่า Houchuan et al [4] ได้ศึกษาอิทธิพลของค่าความเร็วตัด ที่มีผลต่อการสึกหรอ ของดอกกัด สำหรับวัสดุไทเทเนียมอัลลอยด์ Ti-1023 (Titanium Alloy Ti-1023) สรุปได้ว่าการแปร ผันของความเร็วตัดมีอิทธิพลอย่างมากต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง ความเร็วตัดหรือการอัตราป้อนต่อพื้น Chomsamutr and Cherdchoongam [5] ศึกษาประสิทธิภาพ ทิศทางการกัฏชิ้นงานด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติ แล้วหาค่าประสิทธิภาพการกัฏชิ้นงานโดยวัดจาก ค่าความหยาบผิวของชิ้นงาน ทำการเปรียบเทียบทิศทางการกัฏชิ้นงาน 2 ทิศทาง โดยกำหนด ปัจจัยการทดสอบ 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ คือ ความเร็วรอบ 1200, 1500 และ 1800 รอบต่อ นาที อัตราป้อน 80, 100 และ 120 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะป้อนลึก 3, 4 และ 5 มิลลิเมตร ใช้ ทองเหลืองเป็นวัสดุทดสอบ โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น ทดลองด้วยดอกกัด ขนาด 10 มิลลิเมตร แบบ 4 ฟัน เก็บข้อมูลการทดสอบตามวิธีทาคุชิ (Taguchi Method) แผนการทดลองคือ Orthogonal Array L9 พบว่าชิ้นงานที่กัฏด้วยทิศทางการกัฏด้านซ้ายให้ค่าความหยาบผิวน้อยกว่าชิ้นงานที่กัฏ

ด้วยทิศทางการกัดด้านขวา นั่นคือ ทิศทางการกัดทองเหลืองที่เหมาะสมสำหรับเครื่องกัดอัตโนมัติขนาดเล็กโดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็นคือการกัดชิ้นงานด้านซ้าย (G41)

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทิศทางการตัดเฉือนที่มีผลต่อการสึกหรอของดอกกัดขนาด 12 มิลลิเมตร 4 คมตัด สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนผสมปานกลาง ภายใต้สภาวะการตัดเฉือนแบบแห้ง

3. การดำเนินการและวิธีการวิจัย

การดำเนินการศึกษา ทิศทางการตัดเฉือนที่มีผลต่อการสึกหรอของดอกกัดสำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนผสมปานกลาง ด้วยเครื่องกัดอัตโนมัติ เป็นการศึกษาโดยใช้เครื่องกัดอัตโนมัติ รุ่น VMC200 เครื่องหมายการค้า EMCO และใช้ระบบควบคุม EMCOTRONIC TM02 [6] ซึ่งต้องมีการเขียนโปรแกรมกัดงานตามที่กำหนด 2 โปรแกรมคือ โปรแกรมที่ใช้การชดเชยรัศมีดอกกัดออกทางด้านซ้ายด้วย G41 และการชดเชยรัศมีดอกกัดออกทางด้านขวาด้านด้วย G42 ในการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ ดังแสดงรูปที่ 1 โดยการตัดเฉือนของดอกกัด 4 คมตัดของดอกกัด เหล็กกล้ารอบสูง M42 ขนาด 12 มิลลิเมตร โดยกัดชิ้นงานที่ระยะทาง 3,000 มิลลิเมตร การวิจัยนี้ทดลองภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน คือ ใช้ความเร็วรอบ 665 รอบต่อนาที อัตราป้อน 100 มิลลิเมตรต่อนาที ความกว้างของการกัด 3 มิลลิเมตร และความลึกของการกัด 3 มิลลิเมตร โดยไม่มีการใช้น้ำหล่อเย็น (Coolant) แสดงในรูปที่ 2 และ 3

โปรแกรมการกัดงานด้วย G41	โปรแกรมการกัดงานด้วย G42
N0000 G54	N0000 G54
N0010 G92 X0 Y-24.0 Z24.0	N0010 G92 X0 Y0 Z24.0
N0020 G59	N0020 G59
N0030 T0101	N0030 T0101
N0040 S665 G94 F100 M03	N0040 S665 G94 F100 M03
N0050 G00 X110.0 Y-10.0 Z5.0	N0050 G00 X110.0 Y10.0 Z5.0
N0060 G01 G41 X100.0 Y3.0	N0060 G00 G42 X100.0 Y-3.0
N0070 G01 X-10.0	N0070 G01 X-10.0
N0080 G01 G40 X-20.0 Y-20.0	N0080 G01 G40 X-20.0 Y10.0
N0090 G00 Z50.0	N0090 G00 Z50.0
N0100 G00 X110.0 Y-10.0	N0100 G00 X110.0 Y10.0
N0110 G53 G56	N0110 G53 G56
N0120 M30	N0120 M30

รูปที่ 1 เปรียบเทียบโปรแกรมการกัดงาน G41 และ G42

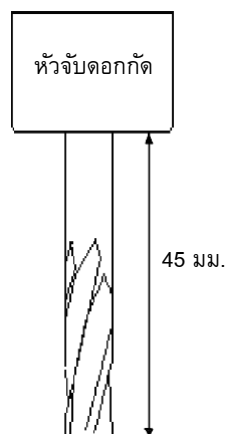


รูปที่ 2 การตัดเฉือนของโปรแกรม G41



รูปที่ 3 การตัดเฉือนของโปรแกรม G42

การทดสอบการตัดเฉือน จะใช้ดอกกัด เหล็กกล้ารอบสูง M42 จำนวน 15 ดอก ต่อทิศทางการกัด โดยทำการกัดชิ้นงาน เป็นระยะทาง 3,000 มิลลิเมตร แล้วทำการวัดระยะการสึกหรอของดอกกัด กำหนดความยาวส่วนปลายของดอกกัด 4 มม. ตัดให้ห่างจากหัวจับดอกกัด 45 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 จำลองความยาวการจับยึดดอกกัด 4 มม. ตัด

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องกัดอัตโนมัติ รุ่น VMC200 เครื่องหมายการค้า EMCO และใช้ระบบควบคุม EMCOTRONIC TM02



รูปที่ 5 เครื่องกัดอัตโนมัติ รุ่น VMC200

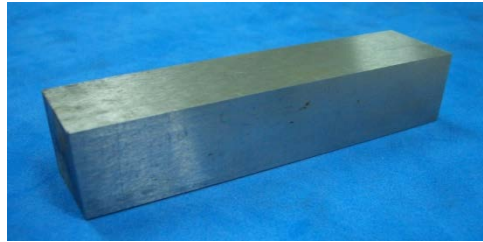
2) เครื่อง Profile Projector เครื่องหมายการค้า Nikon กำลังขยาย 50X ความละเอียด 1/1000 มิลลิเมตร



รูปที่ 6 เครื่อง Profile Projector เครื่องหมายการค้า Nikon

3.2 วัสดุที่ใช้ทดสอบ

วัสดุที่ใช้ทดสอบคือเหล็กกล้าคาร์บอนผสมปานกลาง ทำการปาดผิวเรียบ ให้มีขนาดชิ้นงานเท่ากันทุกชิ้น โดยขนาดชิ้นงานทดลองการตัดเฉือนมีขนาดหน้าตัด 24.00 มิลลิเมตร และความยาว 100 มิลลิเมตร ความแข็งของชิ้นงานเท่ากับ 160 HB



รูปที่ 7 เหล็กกล้าคาร์บอนผสมปานกลาง

3.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบ

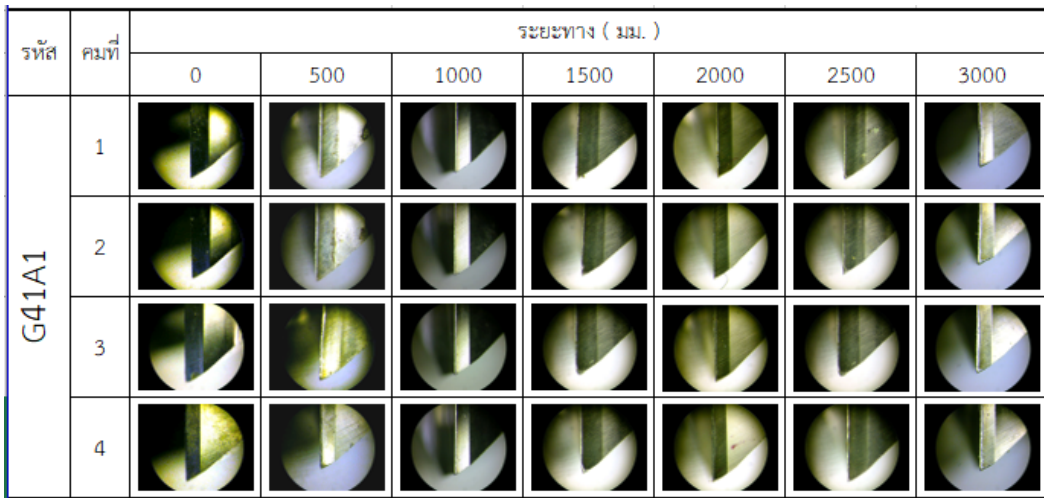
งานวิจัยนี้ใช้สถิติ T-test ในการทดสอบเนื่องจากการเป็นการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากร โดยที่ $n_1 < 30$ และ $n_2 < 30$ และ Sp^2 แทนความแปรปรวนร่วม [7]

$$T_0 = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{Sp \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (1)$$

$$Sp^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{(n_1 + n_2) - 2} \quad (2)$$

4. ผลการวิจัย

จากการทดลองเปรียบเทียบโปรแกรมการกัดชิ้นงานด้วยเครื่องกัดอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบโปรแกรม 2 โปรแกรม ที่ใช้การขัดเซียร์มีดอกกัดออกทางด้านซ้าย G41 และการขัดเซียร์มีดอกกัดออกทางด้านขวาด้วย G42 โดยใช้ดอกกัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร 4 คมตัด จำนวน 15 ดอกต่อทิศทางการกัด ทำการทดลองกัดชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนผสมปานกลาง เป็นระยะทาง 3,000 มิลลิเมตร ต่อ 1 ดอก แล้วจะทำการวัดความสึกหรอที่ผิวหลบของคมตัด (Flank Wear) โดยเครื่อง Profile Projector ยี่ห้อ Nikon กำลังขยาย 50X ความละเอียด 1/1000 มิลลิเมตร เพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบโดยวัดระยะทุกๆ 500 มิลลิเมตร ดังแสดงตัวอย่างภาพของการสึกหรอดอกกัดที่ 1 จากการใช้ G41 ในรูปที่ 8 แล้วนำค่าการสึกหรอทั้ง 4 คมตัดที่ได้มาเฉลี่ยตามตารางที่ 1



รูปที่ 8 ตัวอย่างภาพของการสึกหรอของดอกกัด

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยการสึกหรอของดอกกัด

การสึกหรอดอกกัด (μm)					
G41			G42		
16	14	13	15	17	18
11	13	17	15	16	16
12	15	13	17	20	21
15	14	12	19	20	18
14	13	14	17	19	18
Average = 13.73			Average = 17.73		
S.D. = 1.58			S.D. = 1.83		

การทดสอบสมมติฐานงานวิจัยเรื่อง ศึกษาทิศทางการตัดเฉือนที่มีผลต่อการสึกหรอของดอกกัดสำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนผสมปานกลาง ด้วยเครื่องกัดอัตโนมัติ ได้ทำการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการสึกหรอของดอกกัด เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตัดเฉือนของดอกกัดที่ผ่านการกัดงานโดยใช้ G41 และ G42 โดยใช้ T-test ผลการทดสอบการสึกหรอของดอกกัด ปรากฏว่าชิ้นงานที่ผ่านการกัดงานโดยใช้ G41 และ G42 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยมีค่า P-Value 0.000 ดังแสดงในรูปที่ 9

Two-Sample T-Test and CI: C1, C2

Two-sample T for C1 vs C2

	N	Mean	StDev	SE Mean
C1	15	13.73	1.58	0.41
C2	15	17.73	1.83	0.47

Difference = mu (C1) - mu (C2)

Estimate for difference: -4.000

95% CI for difference: (-5.281, -2.719)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -6.41 P-Value = 0.000 DF = 27

รูปที่ 9 ค่าทางสถิติทดสอบการสึกหรอของดอกกัด**5. อภิปรายผลและสรุปผล**

จากการทดลองเปรียบเทียบการกัดชิ้นงานด้วยเครื่องกัดอัตโนมัติ โดยใช้โปรแกรมกัดงานในทิศทาง การกัดที่แตกต่างกันด้วย G41 และ G42 ของดอกกัด เหล็กกล้ารอบสูง M42 ขนาด 12 มิลลิเมตร 4 คมตัด กัดชิ้นงานที่ระยะทาง 3,000 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วรอบ 665 รอบต่อนาที อัตราป้อน 100 มิลลิเมตรต่อนาที ความกว้างของการกัด 3 มิลลิเมตร และความลึกของการกัด 3 มิลลิเมตร ภายใต้สภาวะการตัดเฉือนแบบแห้ง เมื่อกัดงานแล้วปรากฏว่าชิ้นงานที่ผ่านการกัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ชิ้นงานที่ผ่านการกัดงานโดยใช้ G41 การสึกหรอที่ดอกกัดจะเกิดขึ้นน้อยกว่าชิ้นงานที่ผ่านการกัดงานโดยใช้ G42 มีค่าเฉลี่ยของการสึกหรออยู่ที่ 13.73 μm และ 17.73 μm ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของการสึกหรอน้อยกว่า 22.56 เปอร์เซ็นต์ เป็นการช่วยยืดอายุการใช้งานของดอกกัดให้สามารถใช้งานได้นานขึ้น และสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการทดลองและวิจัย

References

- [1] Trakankool C. CNC technology. 14th ed. Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan) Publishing; 2007. (In Thai)

- [2] Khorasani AM, Soleymani Yazdi MR, Safizadeh MS. Tool life prediction in face milling machining of 7075 Al by using artificial neural networks (ANN) and Taguchi design of experiment (DOE). IACSIT International Journal of Engineering and Technology 2011;3(1):30-5.
- [3] Hadi MA, Ghani JA, Che Haron CH, Hasim MS. Comparison between up-milling and down-milling operations on tool wear in milling Inconel 718. Procedia Engineering 2013;68:647-53.
- [4] Houchuan Y, Zhitong C, Zitong Z. Influence of cutting speed and tiil wear on the surface integrity of the titanium alloy Ti-1023 during milling. International Journal Advance Technology 2015;78:1113-26.
- [5] Chomsamutr K, Cherdchoongam S. A study of efficiency of milling direction on surface roughness by using Taguchi method. Kasem Bundit Engineering Journal;8(3):246-62. (In Thai)
- [6] EMCO Maier. Software description Emco winNC Emcotronic M2. Hallein, Austria: EMCO Maier Gesellschaft m.b.H.; 1995.
- [7] Montgomery DC. Design and Analysis of Experiments. 4th ed. New York: Wiley; 1997.

ประวัติผู้เขียนบทความ



คมพันธ์ ชมสมุทร อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Email: kompan.c@rmutp.ac.th

จบการศึกษา ปริญญาเอก (ปร.ด.) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2555

งานวิจัยที่สนใจ: CNC Machine, Maintenance Engineering, Productivity improvement



สิงห์แก้ว ปือกเหิง อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Email: Singkaew.p@rmutp.ac.th

จบการศึกษาปริญญาเอก (ปร.ด.) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2555

งานวิจัยที่สนใจ: CNC Machine, Machine design, Agricultural Machinery, Productivity improvement

Article History:

Received: October 16, 2019

Revised: December 11, 2019

Accepted: December 16, 2019