



# การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งาน มีดกัด Tialn ที่ผ่านการลับคม ตัดแล้วชุบเคลือบผิว

บัญญัติ พันธุ์ประสิทธิ์เวช\* และปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ

## The Study Factors that Influenced the Tool Life of Tialn With Sharpening and Coating

Banyat Panprasitvech\* and Patipat Hongsuwan

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University Muang Nakhonpathom, Thailand 73000

\* Corresponding author. E-mail address: otani1443@yahoo.co.th

Received: 22 June 2016; Accepted: 26 September 2016

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งาน ของมีดกัด (Tialn) ที่ผ่านการลับคมตัดแล้วชุบเคลือบผิว ในการกัดเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel) S45C ปัจจัยควบคุมความเร็วตัด อัตราการป้อน และความลึก ปัจจัยที่ใช้ศึกษาประกอบด้วย ระยะการป้อน (Overlap) ทิศทางควบคุมการกัด (Cutting Direction) และน้ำหล่อเย็น (Coolant) ผลการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งานมีดกัดคือ ระยะการป้อน ทิศทางควบคุมการกัด และน้ำหล่อเย็น มีผลต่ออายุมีดกัดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อใช้ระยะการป้อน 4 มิลลิเมตร ส่งผลคมตัดมีดกัดมีอายุการใช้งานสั้นกว่าระยะการป้อน 2 มิลลิเมตร ทิศทางควบคุมการกัดแบบกัดตามจะส่งผลอายุการใช้งานสั้นกว่าการกัดทวน และการปิดน้ำหล่อเย็นจะส่งผลทำให้อายุการใช้งานสั้นกว่าการเปิดน้ำหล่อเย็น ผลการนำมีดกัดที่ผ่านกระบวนการลับคมตัดแล้วนำไปชุบเคลือบผิวใหม่ทำให้อายุการใช้งานเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ระยะการป้อน ทิศทางการควบคุมการกัด สารหล่อเย็น อายุการใช้งานมีดกัด

### Abstracts

This research aimed to study the factors that influenced the tool life of Tialn with through sharpening cutting and coating for milling medium steel carbon S45C. The control variables were cutting speed, feeding, and depth. This research studied the influences of overlap, cutting direction, and coolant on the tool life of Tialn with sharpening and coating and the tool life of End mill. The results showed that the factors influencing the tool life of Tialn were overlap, cutting direction, and coolant. At the significance level 0.05, the results indicated that the 4-mm overlap, clockwise direction, and turn-off coolant shortening the tool life of Tialn. Tialn with sharpening and coating had longer tool life than End mill Tialn.

Keywords: Overlap, Cut direction, Coolant, Tool life

### บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนเครื่องมือเครื่องจักรกลในปัจจุบันมีการแข่งขันทางด้านคุณภาพงานราคาและความละเอียดความถูกต้องของผลิตภัณฑ์งานสูง จึงทำให้อุตสาหกรรมการผลิตตระหนักถึงปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตจึงมีการพิจารณาถึงความเหมาะสม ในการเลือกใช้ประเภทวัสดุอุปกรณ์ กระบวนการตัดเฉือน และเครื่องมือเครื่องจักร ซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนกระบวนการ

ผลิตในอุตสาหกรรมเป็นอย่างสูง ดังนั้นเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการตัดเฉือน เป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผลิตได้ในอุตสาหกรรมการผลิต การเลือกใช้เครื่องมือในการตัดเฉือนจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติและปัจจัยที่เหมาะสม ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตจะพิจารณาจากราคาอุปกรณ์วัสดุที่ใช้ในกระบวนการตัดเฉือน ค่าความหยาบผิวงาน ขนาดความถูกต้องและอายุการใช้งานของเครื่องมือ เป็นต้น



อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนเครื่องมือและเครื่องจักรกลต่างๆ (Jonathan Lin, S.C.1994) กระบวนการตัดเฉือนจากงานกัด มีความสำคัญมาก จากกระบวนการในการตัดเฉือนพบว่า อุณหภูมิการกัด ความเร็วตัด อัตราการป้อน ทิศทางการควบคุมการกัด เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่มีผลต่อข้อจำกัดอายุการใช้งานของมีดกัด (Tanongsak, R. 2012) กระบวนการกัดของมีดกัดที่ไม่ใช้สารหล่อเย็นจะส่งผลดี จะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่จะส่งผลต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นของมีดกัด และแรงเสียดทานในการกัด (Pawoot, P. 2006) น้ำหล่อเย็น Coolant น้ำหล่อเย็น เป็นพวกน้ำมันตัดหรือน้ำมันสบู่ ที่ใช้ในการหล่อลื่นหรือเพื่อลดความร้อนและการเสียดสี ตัวแปรต่างๆ เหล่านี้ เป็นปัจจัยสำคัญจะทำให้ต้นทุนอุตสาหกรรมการผลิตต่ำและได้คุณภาพผิวผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ดังนั้นจึงได้ดำเนินการศึกษาทดสอบประสิทธิภาพมีดกัดผ่านการลับคมตัดแล้วนำไปชุบเคลือบผิวด้วยสารตั้งต้น เพื่อศึกษาหาปัจจัย ทิศทางควบคุมการกัด ปิดเปิดน้ำหล่อเย็นและระยะการป้อนที่เหมาะสม โดยทำการทดสอบเพื่อหาความหยาบผิวงานที่ส่งผลต่ออายุการใช้งานมีดกัด เปรียบเทียบประสิทธิภาพอายุการใช้งานของมีดกัด จากการศึกษาของงานวิจัยของ (Banyat, P. 2012) ได้นำมีดกัด Tialn YS 354-120 ที่สึกหรอมาแก้ไขแล้วทำการทดสอบการตัดเฉือน แต่ยังไม่มีการนำมีดกัดที่ลับแล้วนำไปชุบเคลือบผิวใหม่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยทดสอบประสิทธิภาพมีดกัดผ่านการลับคมตัดแล้วนำไปชุบเคลือบผิวใหม่ ซึ่งสามารถเป็นแนวทางและประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนเครื่องมือและเครื่องจักร

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งาน มีดกัด Tialn ที่ผ่านการลับคมตัดแล้วชุบเคลือบผิว
2. เพื่อเป็นแนวทางอุตสาหกรรมการผลิตในการลดต้นทุนเครื่องมืออุปกรณ์การตัดเฉือน

### วิธีการศึกษา

1. ศึกษาสภาพปัญหากระบวนการตัดเฉือนชนิดแบบการกัดผิวข้าง(Profile)โดยใช้มีดกัด Tialn YS

354-120 ที่นำไปลับคมตัดแล้วนำไปผ่านกระบวนการชุบเคลือบผิวคมตัด ทดลองการตัดเฉือนเหล็กกล้าคาร์บอน(S45C) โดยกำหนดเวลาการตรวจสอบความหยาบผิวงานเวลาการตัดเฉือนทุกๆ 30 นาทีและ 5 นาที

2. ศึกษากระบวนการกัดและพารามิเตอร์ในการตัดเฉือนในการกัดชนิดแบบกัดผิวข้าง(Profile) พารามิเตอร์ในงานวิจัยได้กำหนดการทดลอง การปิด เปิด น้ำหล่อเย็น (Coolant), ระยะการป้อน (Overlap) 2 และ 4 มิลลิเมตร และทิศทางควบคุมการตัดเฉือน(Cutting Direction)แบบทวนและแบบตาม ค่าพารามิเตอร์ควบคุมการตัดเฉือนกำหนดความลึกในการป้อน 5 มิลลิเมตร ความเร็วตัด Cutting speeds 85 เมตรต่อนาที อัตราการป้อน Table Feed 517 มิลลิเมตรต่อนาที

2.1 การกำหนดผลลัพธ์การทดลองค่าความหยาบละเอียดผิวงานได้จากการตรวจสอบค่าความหยาบผิวงาน Surface Roughness ไม่เกิน ( $R_a$ )  $\leq 1.6$  ไมโครเมตร โดยกำหนดเวลาการกัดการตรวจสอบทุกๆ 30 นาที เมื่อค่าความหยาบผิวงานใกล้ 1.5 ไมโครเมตร กำหนดการกัดและการตรวจสอบความหยาบผิวทุก 5 นาที เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด กำหนดให้ทำการวัดค่าความหยาบผิวงานซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

2.2 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในการตัดเฉือนที่ควบคุมในกระบวนการกัดรูปแบบชนิดกัดผิวข้าง(Profile) เป็นการกัดเนื้องานในลักษณะเส้นตรงที่ละแฉกตามชั้นความลึกของแกน Z เท่ากับ 5 มิลลิเมตร

3. ออกแบบกระบวนการตัดเฉือนด้วยใช้โปรแกรม Solid Works กำหนดวัสดุ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel) S45C ขนาดของชิ้นงานมีความยาว 200 มิลลิเมตร ความกว้าง 100 มิลลิเมตร ความหนา 100 มิลลิเมตร และใช้โปรแกรม Solid CAM กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการกัด ความลึกในการป้อน 5 มิลลิเมตร ความเร็วตัด Cutting speeds 85 เมตรต่อนาที อัตราการป้อน Table Feed 517 มิลลิเมตรต่อนาที และทิศทางควบคุมการตัด ทำการ Simulation ตรวจสอบกระบวนการตัดเฉือน นำจีโค้ด (G-Code) กระบวนการตัดเฉือนที่ได้จากโปรแกรม (Solid CAM) ไปใช้ควบคุมเครื่องกัดอัตโนมัติ (CNC Milling)

4. การออกแบบการทดลองโดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ ( $2^k$  Factorial design) เพื่อศึกษากระบวนการกัดที่มีประเภทการกัดชนิด

แบบกัดผิวข้าง (Profile) ซึ่งใช้ในกระบวนการกัดของ เครื่องกัดอัตโนมัติ (CNC Milling) โดยศึกษาอิทธิพลของ ปัจจัยคุณภาพงาน 3 ประเภท ระยะการป้อน การหล่อเย็น

และทิศทางการกัดที่มีผลต่อการสึกหรอของมีดกัด โดยกำหนดให้การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ที่ระดับ นัยสำคัญ ( $\alpha = 0.05$ )

ตารางที่ 1 แสดงตารางพารามิเตอร์และระดับของพารามิเตอร์ที่นำมาศึกษา

ปัจจัย (Factor)		ทิศทางการกัด (Cutting Direction)
ระยะการป้อน (Overlap)	น้ำหล่อเย็น (Coolant)	
2 มิลลิเมตร	เปิด	Climb Milling
	ปิด	Climb Milling
4 มิลลิเมตร	เปิด	Conventional Milling
	ปิด	Conventional Milling

ตารางที่ 2 ตารางการทดลองแบบการสุ่มมีดกัด 16 อัน และกำหนดพารามิเตอร์การกัด

รายละเอียด การทดสอบ	ระยะการป้อน (Overlap)	น้ำหล่อเย็น (Coolant)	มีดกัด และ ทิศทางการกัด	
			กัดทวน (Climb)	กัดตาม (Conventional)
มีดกัดผ่านกระบวนการลับ แล้วนำไปผ่านกระบวนการ ชุบเคลือบผิว	2 มม.	เปิด	4	3
		ปิด	13	6
		เปิด	5	15
	4 มม.	เปิด	14	9
		ปิด	12	2
		เปิด	8	11
		ปิด	16	7
			1	10

5. การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเพื่อความเหมาะสมโดยการใช้โปรแกรม Minitab วิเคราะห์โดย กำหนดระดับความเชื่อที่กำหนดเชื่อมั่นที่ 95% ( $\alpha = 0.05$ ) ซึ่งได้ตั้งสมมติฐานดังนี้ ถ้าค่า Sig. <  $\alpha$  จะ ปฏิเสธ (reject)  $H_0$  ยอมรับ (accept)  $H_1$  และผล ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร  $\rho$  ที่มีผลต่ออายุการใช้งาน มีกัด

$$H1_0 : \rho_{i1} = \rho_{i2}$$

$$H2_0 : \rho_{j1} = \rho_{j2}$$

$$H3_0 : \rho_{k1} = \rho_{k2}$$

$\rho_i$  คือทิศทางการตัดเฉือน แบบทวน และ แบบตาม (a)

$\rho_j$  คือระยะการป้อน แบบ 2 มม. และ 4 มม. (b)

$\rho_k$  คือสารหล่อเย็น เปิด และ ปิด (c)

$$H1_1 : \rho_{i1} \neq \rho_{i2}$$

$$H2_1 : \rho_{j1} \neq \rho_{j2}$$

$$H3_1 : \rho_{k1} \neq \rho_{k2}$$

N คือขนาดจำนวนข้อมูล

สมมติฐาน

$H1_0$ : ทิศทางการตัดเฉือนไม่มีผลต่อความเรียบ

ผิวอายุการใช้งานมีดกัด

$H2_0$ : ระยะการป้อนไม่มีผลต่อความเรียบผิวอายุ การใช้งานมีดกัด

$H3_0$ : สารหล่อเย็นไม่มีผลต่อความเรียบผิวอายุ การใช้งานมีดกัด

$H1_1$ : ทิศทางการตัดเฉือนมีผลต่อความเรียบ ผิวอายุการใช้งานมีดกัด

$H2_1$ : ระยะการป้อนมีผลต่อความเรียบผิวอายุ การใช้งานมีดกัด

$H3_1$ : สารหล่อเย็นมีผลต่อความเรียบผิวอายุ การ ใช้งานมีดกัด



การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$$SS_A = [a - (1) + ab - b + ac - c + abc - bc]^2 / 8n$$

$$SS_B = [b + ab + bc + abc - (1) - a - c - ac]^2 / 8n$$

$$SS_C = [c + ac + bc + abc - (1) - a - b - ab]^2 / 8n$$

$$SS_{AB} = [ab - a - b + (1) + abc - bc - ac + c]^2 / 8n$$

$$SS_{AC} = [(1) - a + b - ab - c + ac - bc + abc]^2 / 8n$$

$$SS_{BC} = [(1) + a - b - ab - c - ac + bc + abc]^2 / 8n$$

$$SS_{ABC} = [abc - bc - ac + c - ab + b + a - (1)]^2 / 8n$$

6. แสดงผลการตรวจสอบโดยสร้างกราฟจากโปรแกรมมินิแทบ(Minitab)เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและวิเคราะห์ผลเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการทดลองในการตัดเฉือนชิ้นงาน

**ผลการศึกษา ANOVA**

ผลการทดลองการตัดเฉือนชิ้นงานโดยใช้มีดกัด Tialn YS354-120 ที่นำไปลับคมตัดแล้วนำไปผ่านกระบวนการ

ชุบเคลือบผิวคมตัด โดยทดลองกัดเหล็กกล้าคาร์บอน (S45C) ซึ่งกำหนดค่าความเรียบผิวงานไม่เกิน  $(R_a) \leq 1.6$  ไมโครเมตร ใช้ความเร็วตัด Cutting Speeds 85 เมตรต่อนาที อัตราการป้อน Table Feed 517 มิลลิเมตรต่อนาที และความลึกในการตัดเฉือน 5 มิลลิเมตร ซึ่งได้กำหนดตัวแปร ทิศทางการควบคุมการกัด (Cutting Directional) การปิดเปิดน้ำหล่อเย็น(Coolant)และระยะการป้อน(Overlap) 2,4 มิลลิเมตร

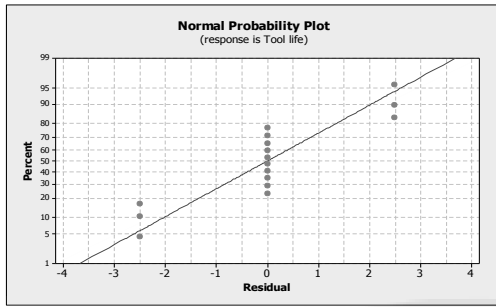
การวัดการตรวจสอบผลค่าความหยาบผิวงาน กำหนดเวลาการตัดเฉือน 30 นาที ทำการตรวจสอบค่าความหยาบผิวงานถึง 1.5 ไมโครเมตร กำหนดให้การวัดความหยาบผิวทุก ๆ 5 นาที เพื่อหาเวลาที่เหมาะสม การวัดการตรวจสอบค่าความหยาบผิวจำนวน 3 ครั้ง แล้วนำมาเฉลี่ย โดยกำหนดค่าความเรียบผิวงานไม่เกิน  $(R_a) \leq 1.6$  ไมโครเมตร ผลการทดลองการตัดเฉือนอายุการใช้งานของมีดกัด ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงอายุการใช้งานของมีดกัด (นาที)

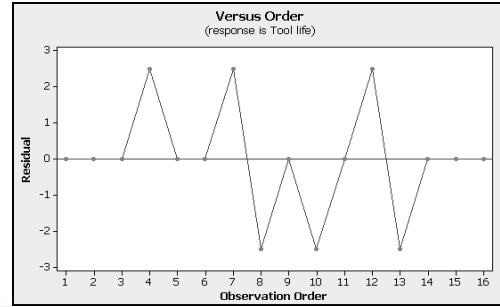
รายละเอียดการทดสอบ	ระยะการป้อน (Overlap)	น้ำหล่อเย็น (Coolant)	เวลาในการกัด (นาที)	
			กัดทวน (Climb)	กัดตาม (Coventional)
มีดกัดผ่านกระบวนการลับแล้วนำไปผ่านกระบวนการชุบเคลือบผิว	2 มม.	เปิด	890	55
			885	55
		ปิด	175	25
			175	25
	4 มม.	เปิด	475	25
			470	25
		ปิด	325	90
			325	85

การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากผลการทดลองโดยใช้ การวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual analysis) การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ของค่าส่วนตกค้าง ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) ซึ่งใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (Normal Probability Plot) โดยพิจารณาจากรูปที่ 1 และ

รูปที่ 2 พบว่าค่าส่วนตกค้าง (Residuals) จะมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง โดยที่แกน X คือค่าส่วนตกค้าง (Residuals) แกน Y คือ ค่าเปอร์เซ็นต์การแจกแจงปกติทำให้ประมาณได้ว่าค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ 1 กราฟการกระจายตัวแบบปกติภาพที่ (Normal Distribution)



รูปที่ 2 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Observation Order

จากการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual analysis) ที่ได้ จากข้อมูลในการทดลอง สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลการทดลอง มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ สามารถนำข้อมูล ดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนในขั้นต่อไป

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอายุการใช้งานของมีดกัดสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ความ

แปรปรวนของข้อมูลเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ ( $2^k$  Factorial design) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ Minitab มาทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยทั้งหมดโดย กำหนดระดับดับความเชื่อมั่นที่ 95% หรือ ( $\alpha = 0.05$ )

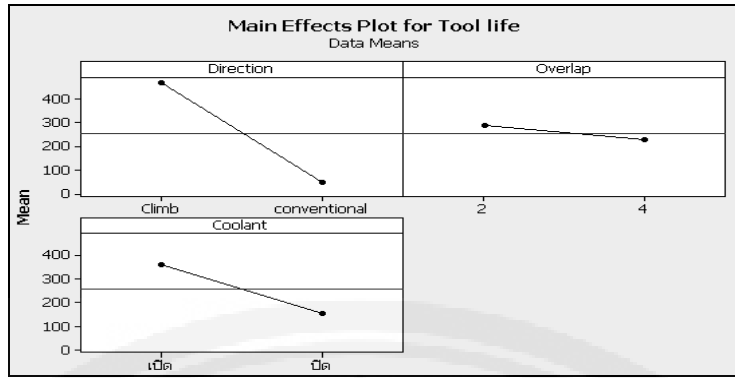
ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ของการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ

source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj SS	F	P
Direction	1	695139	695139	695139	148296.33	0.000
Overlap	1	13514	13514	13514	2883.00	0.000
Coolant	1	171189	171189	171189	36520.33	0.000
Direction*Overlap	1	22127	22127	22127	4720.33	0.000
Direction*Coolant	1	199139	199139	199139	42483.00	0.000
Overlap*Coolant	1	108077	108077	108077	23056.33	0.000
Direction*Overlap*Coolant	1	55814	55814	55814	11907.00	0.000
Error	8	37	37	5		
Total	15	1265036				

S = 2.16506 R-Sq = 100.00 % R-sq(adj) = 99.99%

จากข้อมูลที่วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab พบว่า ได้ค่า R-Sq=100.00% และค่า  $R^2_{adj}=99.99%$  จึงเป็นค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 95% ที่ดีจากค่า P-Value ของปัจจัยหลัก ของลักษณะทิศทางควบคุมกัดชิ้นงาน (Cutting Direction) รูปแบบการระบายความร้อน (Coolant) และระยะการป้อน (Overlap) เท่ากับ  $0.00 < \alpha$  (ซึ่งได้กำหนดไว้  $\alpha = 0.05$ ) เราจึงปฏิเสธสมมุติฐานหลัก ตัวแปรลดถอยลักษณะทิศทางควบคุม

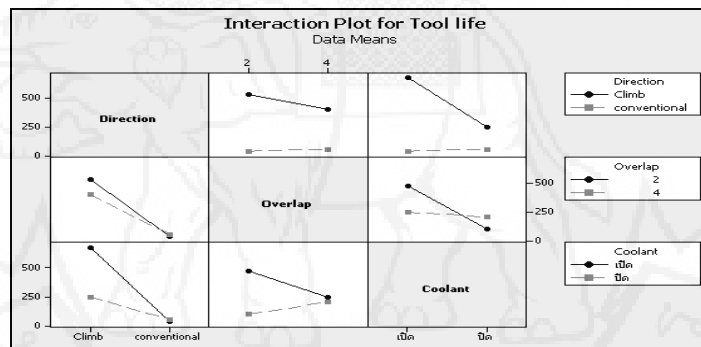
กัดชิ้นงาน รูปแบบการระบายความร้อน และระยะการป้อน มีผลอย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งค่า P-Value ของปัจจัยร่วม ระหว่างลักษณะทิศทางควบคุมกัดชิ้นงานกับรูปแบบการระบายความร้อน ลักษณะทิศทางควบคุมกัดชิ้นงาน กับระยะการป้อน และรูปแบบการระบายความร้อนกับระยะการป้อน เท่ากับ  $0.00 < \alpha$  เราจึงปฏิเสธสมมุติฐานหลัก (reject)  $H_0$  ยอมรับ (accept)  $H_1$  ปัจจัยร่วมมีผลต่ออายุการใช้งานของมีดกัดอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์จากอิทธิพลหลักจาก 3 ปัจจัย

เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์จากอิทธิพลหลักจาก 3 ปัจจัย ดังรูปที่ 3 ปัจจัยทิศทางควบคุมการกัด ระยะการป้อนและน้ำหล่อเย็น มีลักษณะกราฟชันขึ้น ซึ่งหมายความว่าปัจจัยทิศทางควบคุมการกัดแบบกัดทวน (Climb) ทำให้อายุการใช้งานของมีดกัดมากกว่าการเดินกัดแบบตาม (Conventional) ปัจจัยระยะการป้อน

(Overlap) มีลักษณะเส้นกราฟชันลง ซึ่งหมายความว่า ที่ระยะการป้อน 2 มิลลิเมตร ทำให้อายุการใช้งานของมีดกัดมากกว่าระยะการป้อน 4 และปัจจัยการเปิดน้ำหล่อเย็น ระบายความร้อนมีลักษณะกราฟชันขึ้น ซึ่งหมายความว่า การเปิดน้ำหล่อเย็น ทำให้อายุการใช้งานของมีดกัดมากกว่าการปิดน้ำหล่อเย็น



รูปที่ 4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย

จากรูปที่ 4 พบว่าอิทธิพลความสัมพันธ์ร่วม (Interaction Plot For Tool Life) ระหว่างปัจจัยลักษณะทิศทางควบคุมการกัดกับระยะการป้อน มีผลต่ออายุต่อการใช้งานของมีดกัด ซึ่งลักษณะการเดินกัดขึ้นงานแบบงานกัดทวนและมีระยะการป้อนเท่ากับ 2 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วตัด Cutting Speeds 85 เมตรต่อนาที อัตราการป้อน Table Feed 517 มิลลิเมตรต่อนาที และความลึกในการตัดเฉือน 5 มิลลิเมตร จะทำให้อายุการใช้งานของมีดกัดมากกว่า ลักษณะทิศทางควบคุมการกัดแบบตามและระยะการป้อนแบบอื่น ๆ

แบบเปิดน้ำ จะทำให้อายุการใช้งานของมีดกัดมากกว่า ลักษณะการเดินกัดขึ้นงานและรูปแบบการระบายความร้อนแบบอื่น ๆ

อิทธิพลความสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัยลักษณะทิศทางควบคุมการกัดกับรูปแบบการระบายความร้อนมีผลต่ออายุการใช้งานของมีดกัด ซึ่งลักษณะทิศทางควบคุมการกัดแบบงานกัดทวนและรูปแบบการระบายความร้อน

อิทธิพลความสัมพันธ์ร่วมระหว่างปัจจัยระยะการป้อน กับรูปแบบการระบายความร้อนมีผลต่ออายุการใช้งานของมีดกัด ซึ่งระยะการป้อนที่ 2 มิลลิเมตร กับรูปแบบการระบายความร้อนแบบเปิดน้ำ จะทำให้อายุการใช้งานของมีดกัดมากกว่า ระยะการป้อน 4 มิลลิเมตร กับรูปแบบการระบายความร้อนแบบอื่น ๆ เมื่อพิจารณาตารางแสดงผลอายุการใช้งานของมีดกัดที่ระดับของพารามิเตอร์ ทิศทางควบคุมการกัดแบบงานกัดทวน เปิดน้ำหล่อเย็น และระยะการป้อนที่ 2 มิลลิเมตร จะมีค่าดังตารางที่ 3





### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัย ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว) และภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ ที่อำนวยความสะดวกในการทำการวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติทางด้านโครงสร้างวัสดุ และอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักรเป็นไปได้อย่างดี

### เอกสารอ้างอิง

Banyat, P. (2012). The Study Factors Machining Bite Parts With Knives to cut though the sharpening Process with The Renewal of the Cutting Edges. (Master's thesis). Silpakorn University, Bangkok.

Jonathan Lin, S. C. (1994). Computer Numerical Control from Programming to Networking .Delmer Publishers.

Pawoot, P. (2006). *Study of the Factors that affect is Roughness and the Tool Wear in Bronze Milling.* (Master's thesis). King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok.

Sirichai, T. (2009). *Investigation of the effect of cutting lubricants on tool life during the turning of a cast iron FCD 400.* (Master's thesis). Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Bangkok.

Tanongsak, R. (2012). The Study Factors Affecting Tool Life and Surface Rough in Milling Stainless Steel AISI 304. (Master's thesis). King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok.