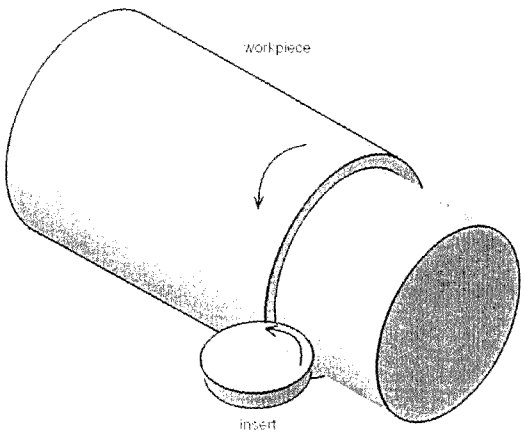
บทที่ 4
การกัดขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องมือตัดแบบโรตารี่

การออกแบบเครื่องมือตัดแบบโรตารี่

จากการทดลองข้างต้นพบว่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่าง Rake face ของเครื่องมือตัดกับเศษกลึงมีผลต่อแรงในการตัดดังนั้นจุดมุ่งหมายในการวิจัยคือการลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นหรือทำให้ทิศทางของแรงเสียดเปลี่ยนไปเพื่อช่วยลดแรงในการตัดซึ่งในงานวิจัยนี้จะเสนอหลักการใช้ driven rotary tool ในการกลับทิศของแรงเสียดทาน

4.1 มีดกลึงแบบโรตารี่

มีดกลึงแบบโรตารี่ (Self-propelled rotary tool) คือการกลึงที่เม็ดมีดกลมหมุนรอบแกนตัวเองขณะที่ทำการตัดเฉือนชิ้นงาน คมตัดของเม็ดมีดจะเคลื่อนที่ตลอดเวลาในขณะที่ทำการกลึง ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การกลึงโดยใช้มีดกลึงแบบโรตารี่

การหมุนของเม็ดมีดในการกลึงแบบโรตารี่ส่งผลต่อกลไกในการตัดทำให้แตกต่างจากการกลึงแบบปกติที่เม็ดมีดอยู่กับที่โดยการกลึงแบบโรตารี่มีข้อดีหลายประการเช่น

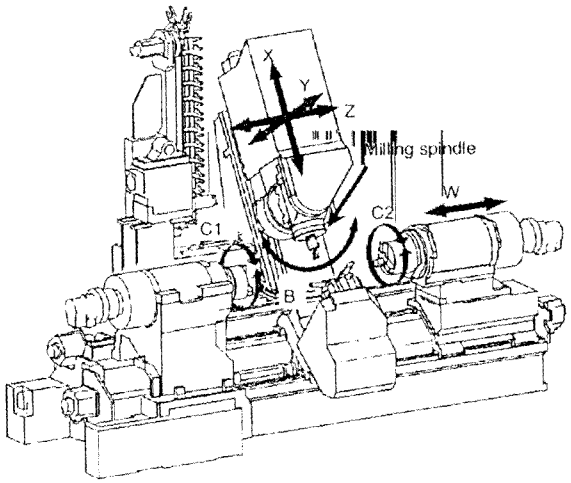
1.การเพิ่มประสิทธิภาพในการคลายความร้อนของ coolant เนื่องจากการหมุนของเม็ดมีดทำให้คมตัดส่วนที่ทำการตัดสามารถหมุนออกมารับ coolant ได้โดยตรงก่อนที่จะกลับไปตัดเฉือนชิ้นงานอีกครั้ง จากที่กล่าวมาแล้วในการขึ้นรูปวัสดุ hard-to-cut พบว่าปัญหาด้านความร้อนเป็นปัญหาที่สำคัญเนื่องจากวัสดุ hard-to-cut ส่วนใหญ่มีค่าสัมประสิทธิการนำความร้อนที่ต่ำ ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนจึงมีส่วนสำคัญในการยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือตัด โดยปกติแล้วเมื่อใบมีดตัดอยู่กับที่บริเวณหน้าผิวสัมผัสระหว่างหน้ามีดกับเศษกลึงซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดความร้อนจาก deformation ขึ้นจะสัมผัสกับ coolant ได้ไม่เต็มที่เนื่องจากมีเศษกลึงเป็นตัวบังไว้ แต่ในการตัดแบบโรตารี่นั้นเนื่องจากหน้าสัมผัสระหว่างหน้ามีดและเศษกลึงมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาดังนั้นขณะที่หน้ามีดหมุนออกมาจากบริเวณตัดก็จะสามารถรับ coolantได้อย่างเต็มที่ส่งผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งส่งผลดีกับการกัดขึ้นรูปวัสดุประเภท hard to cut

2.การแบ่งเบาภาระ load ที่เกิดขึ้นบนคมมีดตัด เมื่อเปรียบเทียบกับการกลึงแบบมีดกลึงอยู่กับที่คมตัดจะรับภาระ load จากแรงในการตัดอยู่จุดเดียวตลอดเวลาแต่สำหรับการกลึงแบบโรตารี่คมตัดจะกระจาย load ที่เกิดขึ้นไปทั่วคมตัดทำให้การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงลดลงอายุการใช้งานของเม็ดมีดจึงยาวนานขึ้น

ในการกลึงแบบโรตารีนั้นกลไกการตัดจะมีความซับซ้อนกว่าการกลึงแบบปกติที่หน้ามีดไม่มีการเคลื่อนที่ ซึ่งผลของการหมุนจะก่อให้เกิดความแตกต่างในเรื่องทิศทางของแรงเสียดทาน ความเร็วในการตัด และความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของ coolant เป็นต้นซึ่งจะส่งผลให้การตัดแบบโรตารี่มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปวัสดุประเภท hard-to-cut ได้เป็นอย่างดี

4.2 การติดตั้งมีดกลึงแบบโรตารี่

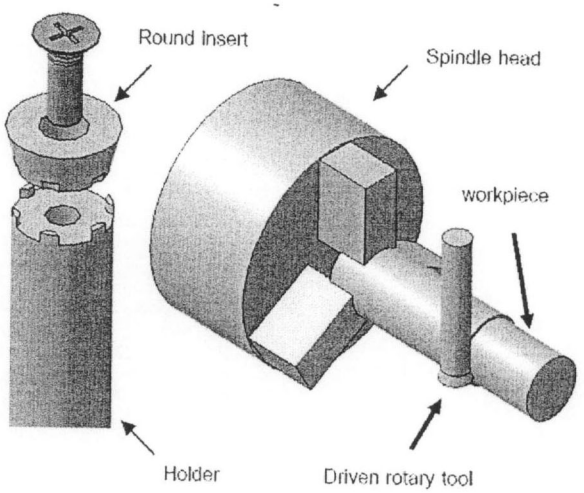
มีดกลึงแบบโรตารี่จะใช้เม็ด insert กลมหมุนรอบแกนตัวเองขณะที่ทำการตัดชิ้นงาน โดยการหมุนเม็ดมีดนั้นได้ประยุกต์ใช้เครื่อง CNC แบบ multitasking ในการทดลองซึ่งสามารถกลึงชิ้นงานโดยที่หัว milling เป็นตัวควบคุมความเร็วรอบในการหมุนของเม็ดมีด โดยเม็ด insert กลมที่ใช้จะเป็นเม็ด insert ขนาดมาตรฐานที่มีใช้กันอยู่ในท้องตลาดโดยในงานวิจัยนี้จะอาศัยเครื่อง โดยเครื่อง CNC ที่ใช้ในการทดลองคือ Mazak Integrex 100 - IV ดังแสดงในรูปที่ 4.2

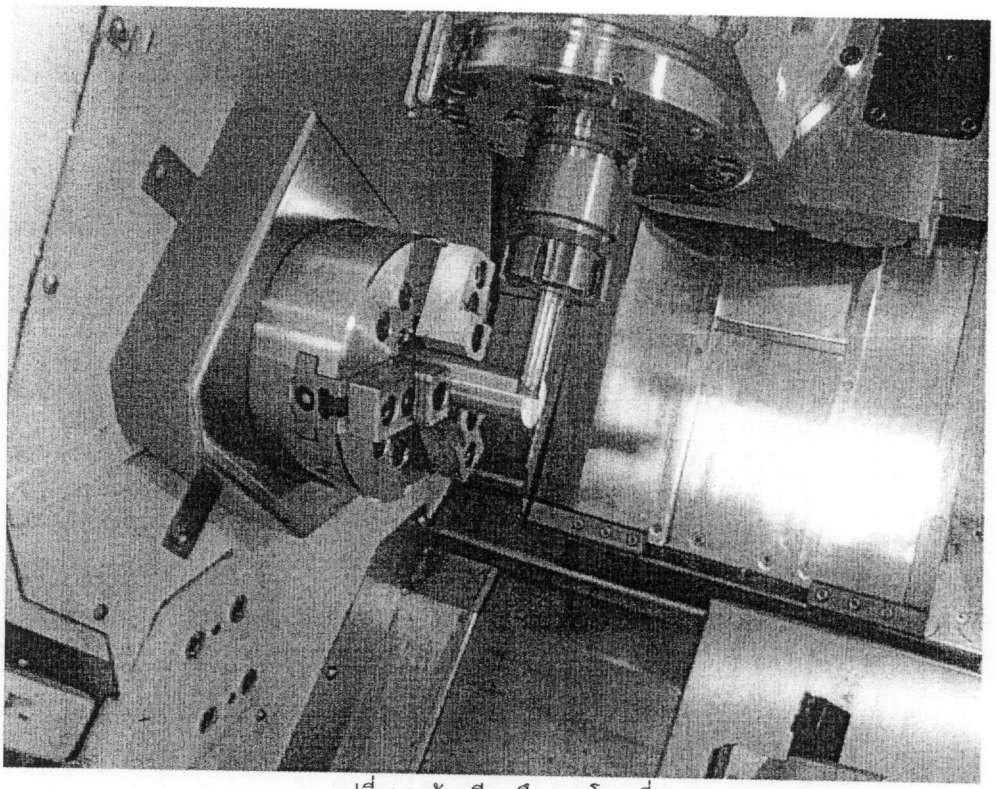


รูปที่ 4.2 เครื่อง CNC แบบ multitasking 9 แกนการเคลื่อนที่

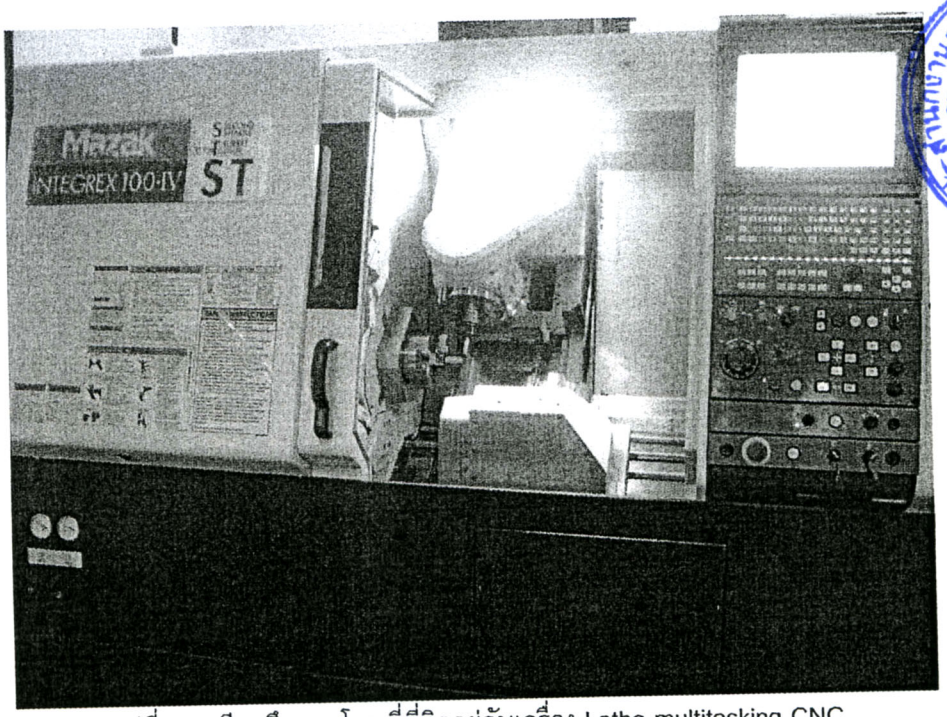
เครื่อง cnc multitasking ที่ใช้จะเป็นเครื่องที่สามารถทำงานได้ 9 แกนคือแกนการหมุนของหัวกลึง (C1) แกนการเคลื่อนที่ของหัว milling (X,Y,Zและ B) แกนหมุนของ sub spindle (C2) แกนการเคลื่อนที่ของ sub spindle (W) และแกนการเคลื่อนที่ของ lower turret (X2,Z2) ในการใช้งานเพื่อให้เกิดการกลึงแบบโรตารี่จะอาศัยหัวหมุนของ milling ในการควบคุมการหมุนของเม็ดมีดและอาศัยการเคลื่อนที่ในแนว (Y,Z) ในการ feed เม็ดมีดและใช้แกนหมุน C1 ในการกำหนด cutting speed การใช้หัว milling ของเครื่อง cnc ในการหมุนเม็ดมีดกลึงทำให้สามารถควบคุมรอบการหมุนได้อย่างถูกต้องแม่นยำรวมถึงตำแหน่งการกลึงและอัตราการ feed

ด้ามมีดกลึงที่ใช้ในการหมุนเม็ดมีดมีลักษะดังรูปที่ 4.3 โดยทำการติดด้ามมีดเข้ากับหัว milling ของเครื่อง CNC





รูปที่ 4.3 ด้ามมีดกลึงแบบโรตารี่

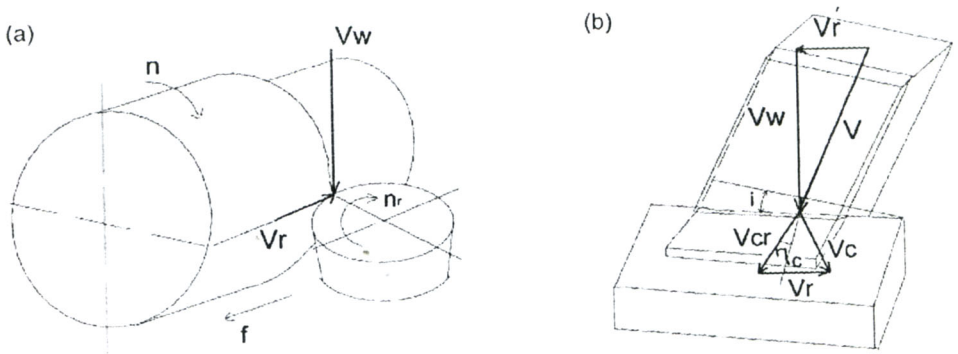


รูปที่ 4.4 มีดกลึงแบบโรตารี่ที่ติดอยู่กับเครื่อง Lathe multitasking CNC

ในการกลึงแบบโรตารี่นั้นในขณะทำการตัดเฉือนชิ้นงานคมตัดของเม็ดมีดไม่ได้อยู่กับที่ตลอดเวลาเหมือนการกลึงแบบปกติ โดยผลจากการหมุนของเม็ดมีจะทำให้เกิดความเร็วของการตัดแบบ oblique cutting ซึ่งแตกต่างจากการตัดแบบปกติที่เม็ดมีดไม่มีการหมุนซึ่งเป็น orthogonal cutting

4.3 ผลของความเร็วที่มีต่อกลไกการตัดของเครื่องมือตัดแบบโรตารี่ [24]

โดยในการกลึงแบบโรตารี่นั้นความเร็วในการหมุนของเม็ดมีด V จะส่งผลต่อมุม inclination angle โดยเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.5



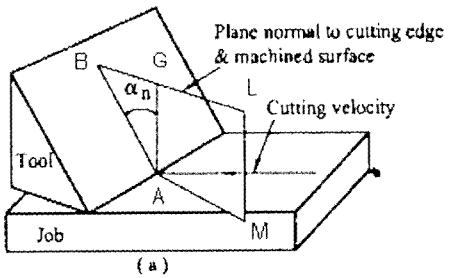
รูปที่ 4.5 ความเร็วขณะทำการกลึงด้วยมีดกลึงแบบโรตารี่

ความเร็วในการตัด V_w จะมีทิศตั้งฉากกับคมตัดส่วนความเร็วบนเม็ดมีดจะมีทิศตามแนวรัศมีของคมตัดและ V_r คือความเร็วของชิ้นงานเมื่อเทียบกับเม็ดมีด กำหนดให้ V คือความเร็วรวมของชิ้นงานเมื่อเทียบกับเม็ดมีด ซึ่งความเร็ว V นี้จะทำให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ไปตามคมตัดโดยมีมุม inclination angle, i ดังรูปซึ่งเป็นเสมือนการตัดแบบ

oblique cutting โดยมุม equivalent inclination angle สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ $\tan i = \frac{V_r}{V_w}$ ส่งผลให้สามารถในการพิจารณากลไกการตัดของมีดกลึงแบบโรตารี่สามารถพิจารณาเป็นการตัดแบบ oblique cutting ได้

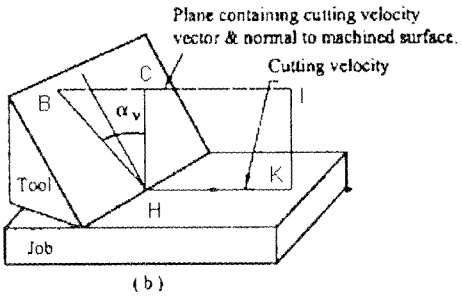
4.4 ผลของ oblique cutting กับ effective rake angle [25]

ในการตัดแบบ oblique cutting จะพบว่ากลไกการตัดจะแตกต่างจาก orthogonal cutting ซึ่งในการตัดแบบ oblique cutiing จะมีมุม rake angle 3 แบบ คือ



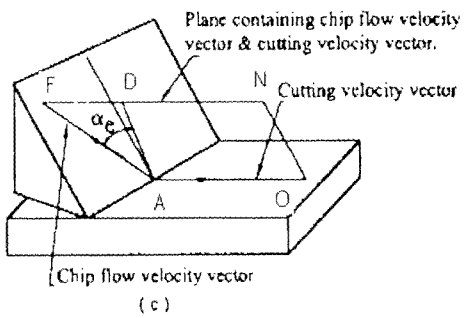
รูปที่ 4.6 Normal rake angle

a)normal rake angle, α_n ซึ่งเป็นมุมที่วัดจากหน้ามีดไปยังเส้นตั้งฉากกับทิศทางของความเร็วตัดโดยวัดบนระนาบตามคมตัด(ระนาบ ABG)ดังรูปที่ 4.6 normal rake angle นี้จะพิจารณาเหมือนกับการตัดแบบ orthogonal cutting



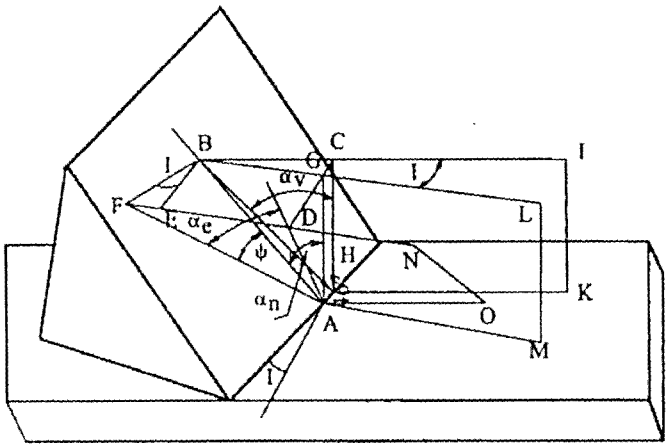
รูปที่ 4.7 Velocity rake angle

b)velocity rake angle, α_v ซึ่งเป็นมุมที่วัดจากหน้ามีดไปยังเส้นตั้งฉากกับทิศทางของความเร็วตัดโดยวัดบนระนาบขนานไปกับทิศทางของความเร็วตัด(ระนาบ HBC)ดังรูปที่ 4.7 ซึ่งเมื่อพิจารณาการกลึงแบบ oblique cutting จะพบว่าทิศทางความเร็วในการตัดจะทำมุม i กับหน้ามีดดังนั้น velocity rake angle จะแปรผันโดยตรง inclination angle



รูปที่ 4.8 Effective rake angle

c)Effective rake angle, α_e ซึ่งเป็นมุมที่วัดจากหน้ามีดไปยังเส้นตั้งฉากกับทิศทางของความเร็วตัดโดยวัดบนระนาบตามความเร็วในการตัดและ chip velocity vector (ระนาบ ADF)ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ซึ่ง effective rake angle จะเป็น rake angle ที่สำคัญที่ใช้ในการพิจารณาการตัดแบบ oblique cutting



รูปที่ 4.9 geometric ของ Effective rake angle

ในการพิจาณาเพื่อหา effective rake angle โดยดูจาก geometric ดังรูป 4.9

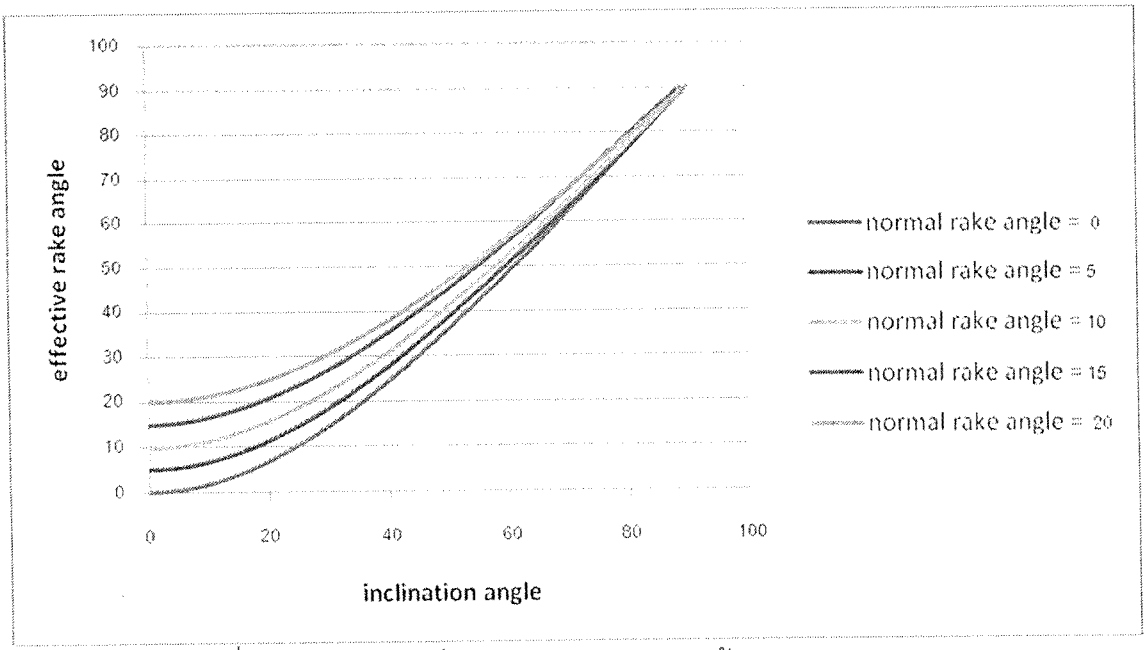
$$\sin\alpha_e = \frac{DF}{AF} = \frac{FE+ED}{AF}$$

จากรูป 4.9 $ED = BC$ และ $\angle BCD = 90^\circ$ จะได้

$$\sin\alpha_e = \frac{FE}{FB}\times\frac{FB}{AF} + \frac{BC}{BG}\times\frac{BG}{AB}\times\frac{AB}{AF}$$ จะได้ว่า

$$\sin\alpha_e = \sin i\sin\eta_c + \cos i\cos\eta_c\sin\alpha_n$$

ซึ่งเมื่อพิจารณาจากสมการนี้จะพบว่าในการคำนวณหาค่า Effective rake angle จะต้องทำการวัด chip flow angle ซึ่งต้องทำการทดลองเพื่อหาค่าทำให้ไม่สามารถทำคำนวณในเชิงตัวเลขต่อได้ดังนั้นจึงทำการตั้ง assumption เพิ่มเติมโดยอาศัย Stabler's rule โดยกำหนดให้ chip flow angle มีค่าเท่ากับ inclination angle ดังนั้นจะได้ว่า $\sin\alpha_e = \sin^2 i + \cos^2 i\sin\alpha_n$ ซึ่งจากสมการดังกล่าวจะสามารถลดค่าตัวแปร chip flow angle ลงไปได้ ซึ่งจากตามสมการนี้จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง effective rake angle กับ ค่ามุม inclination angle ดังรูปที่ 4.10



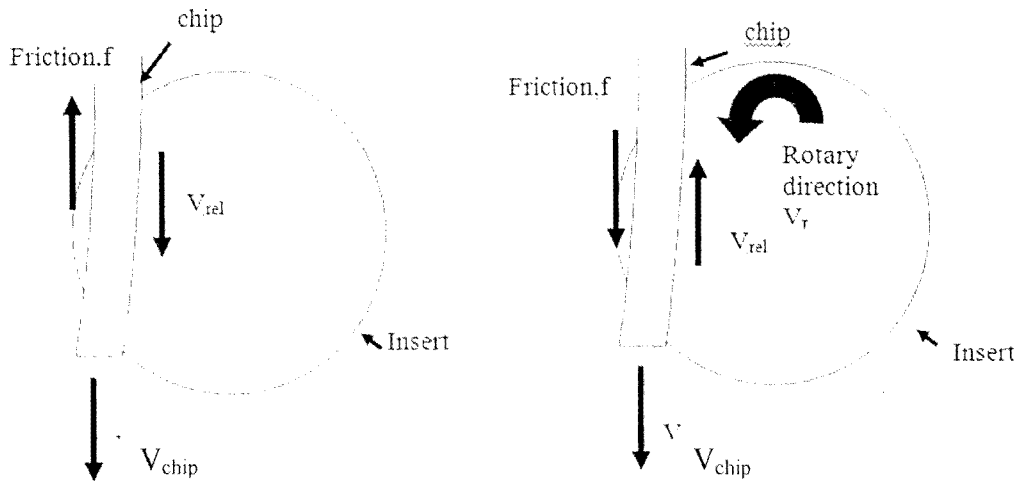
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง inclination angle กับ effective rake angle

จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มค่า Inclination angle ค่า effective angle ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยซึ่งการเพิ่มค่า inclination angle สามารถทำได้โดยการเพิ่ม cutting speed ratio ให้เพิ่มขึ้นนั่นเอง

ผลของ rake angle เมื่อพิจารณาการตัดแบบ orthogonal จากทฤษฎีของ merchant จะพบว่าการเพิ่ม rake angle ให้มากขึ้นจะลดแรงในการตัดให้ลดลงแต่ในขณะเดียวกันการเพิ่ม rake angle จะส่งผลคมของมีดตัดแหลมขึ้นซึ่งส่งผลต่อความแข็งแรงของมีดตัดให้แตกหักง่ายขึ้นแต่สำหรับการเพิ่ม effective rake angle จะไม่ส่งผลต่อ geometry ของมีดดังนั้นจึงไม่ทำให้ความแข็งแรงของมีดลดลงไปแต่ทำให้แรงในการตัดลดลงซึ่งจุดดีนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับมีดกลึงแบบโรตารี่ที่ซึ่งสามารถปรับมุม effective rake angle ได้ด้วยการปรับ cutting speed ratio นั่นเอง

4.5 การกลับทิศของแรงเสียดทานในการกลึงโดยใช้มีดกลึงแบบโรตารี่

ในการกลึงชิ้นงานแบบโรตารี่นั้นจะพบว่าทิศทางความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างหน้ามีดและเศษกลึงมีผลต่อทิศทางของแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นบนเศษกลึงโดยเมื่อพิจารณาการกลึงแบบ facing จะพบว่าทิศทางความเร็วของเศษกลึงจะขนานไปกับการหมุนของเม็ดมีดกลึงซึ่งจะส่งผลให้ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างเศษกลึงกับหน้ามีดเปลี่ยนทิศไป



a) b)

รูปที่ 4.11 ทิศทางของแรงเสียดทานในการกลึงแบบโรตารี่

เมื่อพิจารณาแรงที่เกิดขึ้นขณะทำการตัดตามรูปที่ 4.11 การเคลื่อนที่ของเศษกลึงบนหน้ามีดจะส่งผลกระทบต่อทิศทางของแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นบนเม็ดมีดโดยในการกลึงแบบปกติที่เม็ดมีดไม่มีเคลื่อนที่ (V_r= 0) แต่เศษกลึงจะมีความเร็ว V_{chip} ส่งผลให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างหน้าสัมผัสของหน้ามีดไปในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 4.11 a) แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้แรงในการตัดเพิ่มขึ้นและยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความร้อนบนเม็ดมีด และแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นยังมีส่งผลให้เศษกลึงหลุดออกไปจากหน้ามีดได้ยากขึ้นด้วย แต่เมื่อพิจารณาการกลึงโดยใช้เม็ดมีดแบบโรตารี่แล้วจะพบว่าเมื่อความเร็วของเม็ดมีดมีค่ามากกว่าความเร็วของเศษกลึง(V_r>V_{chip}) แล้วความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างเศษกลึงและเม็ดมีดจะมีทิศทางตรงข้ามดังรูปที่ 4.11 b) ส่งผลให้ทิศของแรงเสียดทานเปลี่ยนไปทิศของแรงเสียดทานที่เปลี่ยนไปนี้จะช่วยทำให้เศษกลึงหลุดออกจากหน้ามีดไปได้ง่ายขึ้น

เมื่อพิจารณาถึง shear angle จากความสัมพันธ์ระหว่าง shear angle และ ค่าสัมประสิทธิแรงเสียดทานของ Merchant $\phi = 45^\circ - \frac{\beta}{2} + \frac{\alpha}{2}$ จะพบว่าเมื่อแรงเสียดทานกลับทิศจะส่งผลให้ shear angle เพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้แรงในการตัดลดลงนั่นเอง และเมื่อพิจารณาจากทิศทางของแรงเสียดทานที่เปลี่ยนไปนี้จะเห็นได้ว่าจากปกติการลดแรงเสียดทาน β ยิ่งทำให้ shear angle เพิ่มมากขึ้น

4.6 การทดลอง

ในการทดลองจะอาศัยหลักการกลับทิศของแรงเสียดทานที่กล่าวมาข้างต้นโดยทดลองกลึงชิ้นงาน stainless steel 316L แล้วจึงนำมาพิจารณา tool wear ที่เกิดขึ้นโดยเปรียบเทียบกับมีดกลึงที่ไม่มีการหมุน

จุดประสงค์การทดลอง

1.ศึกษาการกลึงโดยใช้เครื่องมือตัดแบบโรตารี่ที่มีการหมุนของเม็ดมีดมากกว่าความเร็วตัด

2.ศึกษาการเกิดเศษกลึงในการกลึงโดยใช้มีดกลึงแบบโรตารี่โดยอาศัยกล้องถ่ายภาพความเร็วสูงในการบันทึกภาพ

ขั้นตอนการทดลอง

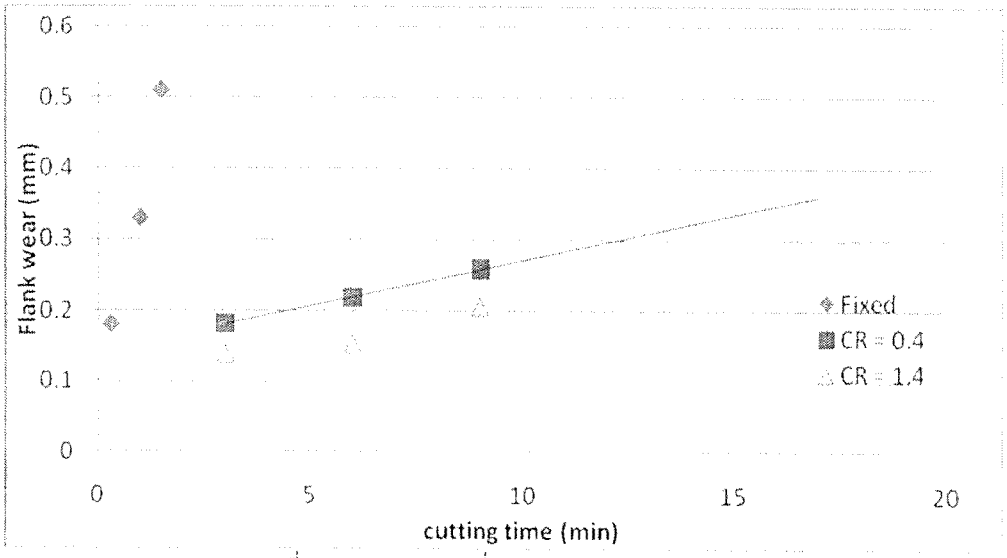
การทดลองศึกษาผลของการหมุนของเม็ดมีดกลึงแบบโรตารี่กับอายุการใช้งาน

ในการทดลองจะอาศัยมีดกลึงแบบโรตารี่ในการศึกษาผลกระทบของการกลับทิศของแรงเสียดทานที่เกิดจากการหมุนของเม็ดมีดที่มีผลต่อการสึกหรอของเครื่องมือตัด โดยเครื่องมือตัดแบบโรตารี่ที่ใช้จะติดอยู่กับหัว milling ของเครื่อง CNC สามารถปรับรอบการหมุนได้ตั้งแต่ 0-10000 rpm โดยในการทดลองจะใช้เม็ดมีดกลึง WIDIA RDMT1605MOTX ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 mm ในการทดสอบและกลึงชิ้นงาน stainless steel 316L ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 mm โดยทำการกลึงที่ ความเร็วในการตัด 50, 70 และ 90 m/min โดยทดลองปรับอัตราส่วนความเร็วในการหมุนของเม็ดมีดโรตารี่กับความเร็วในการตัด (Cutting speed Ratio,CR) เป็น 0 (เม็ดมีดอยู่กับที่) 0.4 และ 1.4 เท่าของความเร็วในการตัด ในการทดลองจะทำการทดลองกลึง stainless steel เป็นชุดชุดละ 3 นาทีแล้วจึงนำมาวัดขนาด flank wear ที่เกิดขึ้นบนหน้ามีดและทำการกลึงต่อจนครบตามที่ต้องการเป็น cutting time รวม 9 นาที

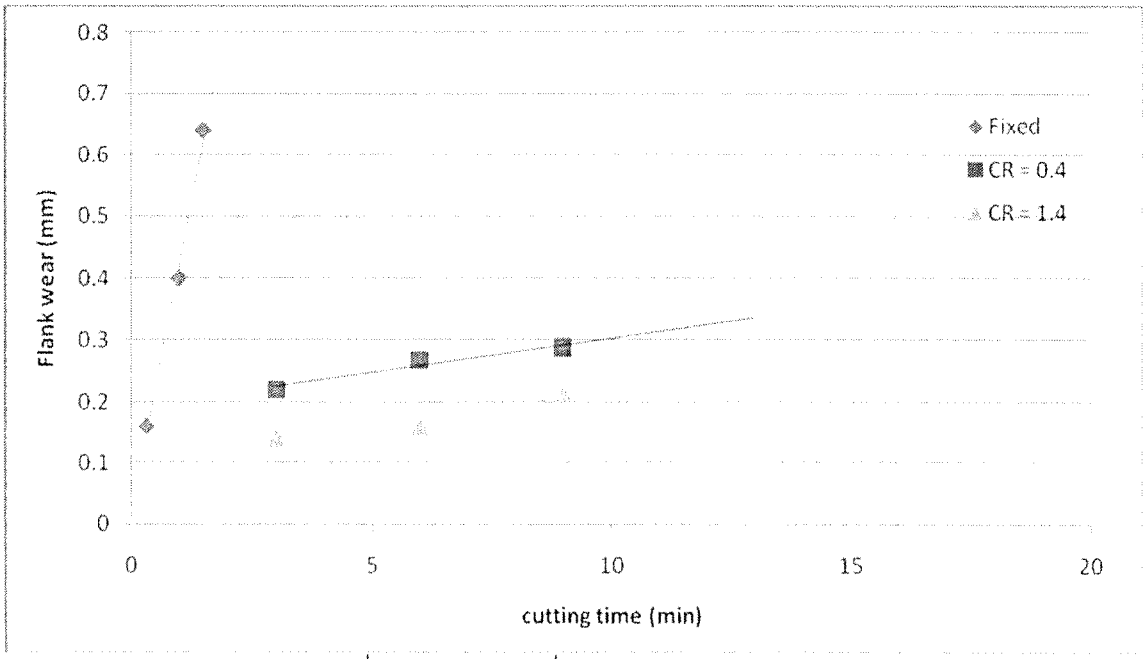
วัสดุที่ใช้ทดลอง	Stainless steel 316L
ขนาดชิ้นงาน (mm)	ø 32
ความเร็วในการตัด (cutting speed,m/min)	50, 70, 90
อัตราส่วนความเร็วในการตัด(cutting speed ratio,CR)	0(fixed),0.4 และ 1.4
ระยะเวลาในการทดลอง(min)	3 6 9
อัตราการป้อน (feed,mm/rev)	0.2
ระยะกินลึก (depth of cut,mm)	0.4

ตารางที่ 4.1 สรุปเงื่อนไขการทดลอง

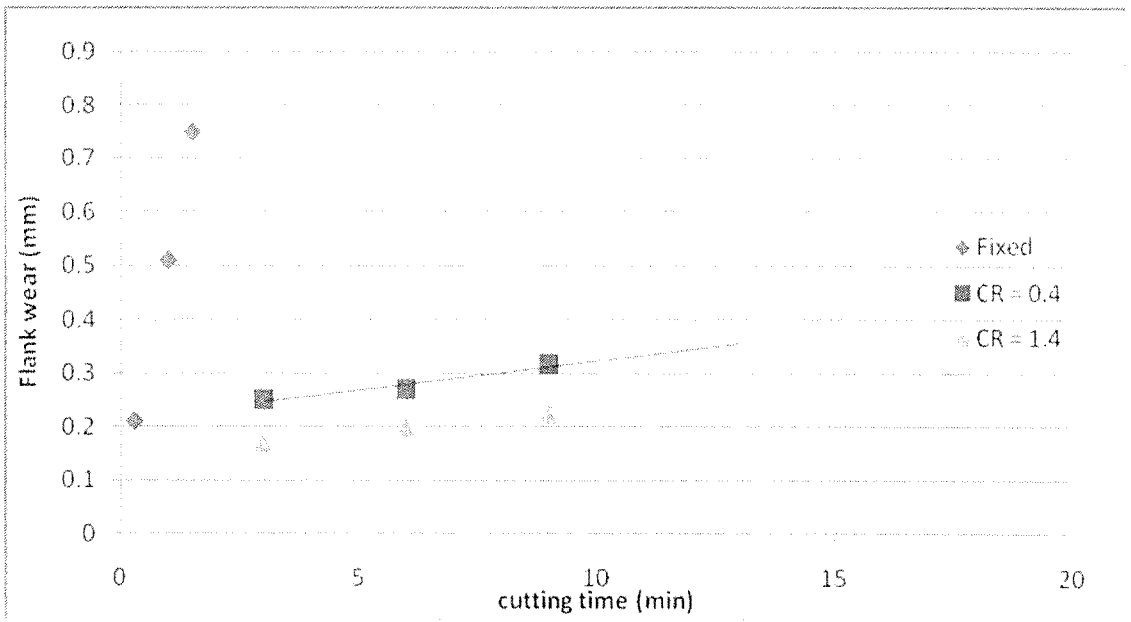
ผลการทดลอง



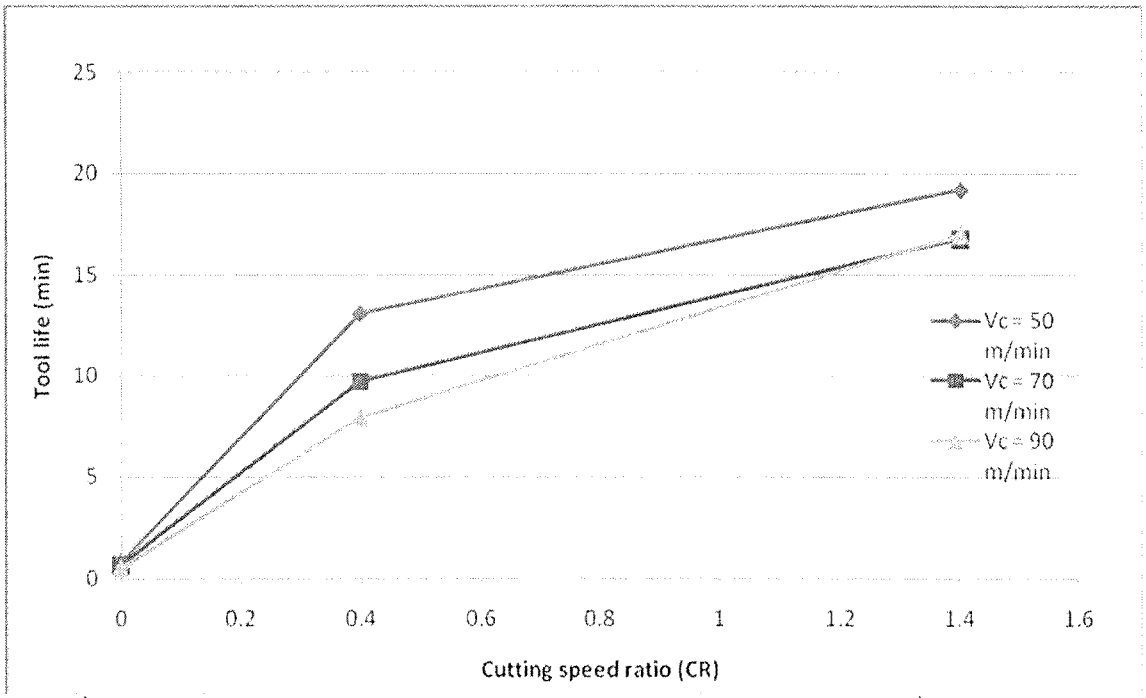
รูปที่ 4.12 tool wear ที่ cutting speed 50 m/min



รูปที่ 4.13 tool wear ที่ cutting speed 70 m/min



รูปที่ 4.14 tool wear ที่ cutting speed 90 m/min



รูปที่ 4.15 tool life(maximum flank wear 0.3 mm criteria) กับ cutting speed ratio ที่ความเร็วตัดต่างๆ

Cutting speed (m/min)	Chip thickness (mm)		
	Fixed	CR = 0.4	CR = 1.4
50	0.161	0.154	0.091
70	0.185	0.176	0.103
90	0.196	0.199	0.110

ตารางที่ 4.2 ความหนาเศษกลึงที่ cutting speed ต่างๆ

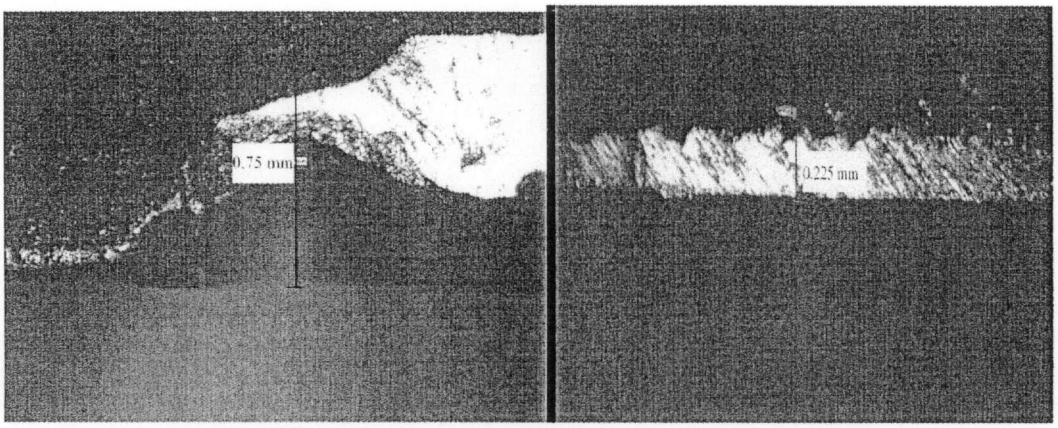
วิเคราะห์ผลการทดลอง

1.จากการพิจารณาการสึกหรอของเม็ดมีดตัดที่ได้จากการทดลองปรากฏว่าเมื่อค่า cutting speed ratio เพิ่มขึ้นอายุการใช้งานของเม็ดมีดก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเนื่องจากการเพิ่มค่า cutting speed ratio จะส่งผลให้มุม inclination angle มีค่าเพิ่มขึ้นและการเพิ่มขึ้นของมุม inclination angle นี้จะส่งผลให้ effective rake angle เพิ่มขึ้นตามสมการ $\sin\alpha_e = \sin^2 i + \cos^2 i \sin\alpha_n$ การเพิ่มของ rake angle จะส่งผลให้ค่าแรงในการตัดลดลง ซึ่งส่งผลให้เกิดการสึกหรอน้อยลงตามผลการทดลอง

2.เมื่อพิจารณาถึงความหนาเศษกลึงที่เกิดขึ้นจะพบว่าเศษกลึงที่ได้จากการกลึงด้วยมีดกลึงแบบโรตารี่จะมีขนาดเศษกลึงที่บางกว่าเนื่องจากการกลับทิศของแรงเสียดทานส่งผลให้ shear angle มีค่ามากขึ้นตามสมการของ Merchant $\phi = 45^\circ - \frac{\beta}{2} + \frac{\alpha}{2}$ ซึ่งการกลับทิศของแรงเสียดทาน β จะยิ่งทำให้ shear angle มากซึ่งส่งผลให้เศษกลึงที่ได้มีขนาดบางลง

3.เมื่อพิจารณาการสึกหรอที่เกิดขึ้นบนเม็ดมีดจะพบว่าการมีดกลึงที่เม็ดมีดอยู่กับที่นั้นจะมีการแตกหักเป็นแบบแตกหัก(crack) ดังรูปที่ 4.17 a) แต่ในขณะที่เม็ดมีดจากมีดกลึงแบบโรตารี่จะมีลักษณะเป็นการสึกหรอ

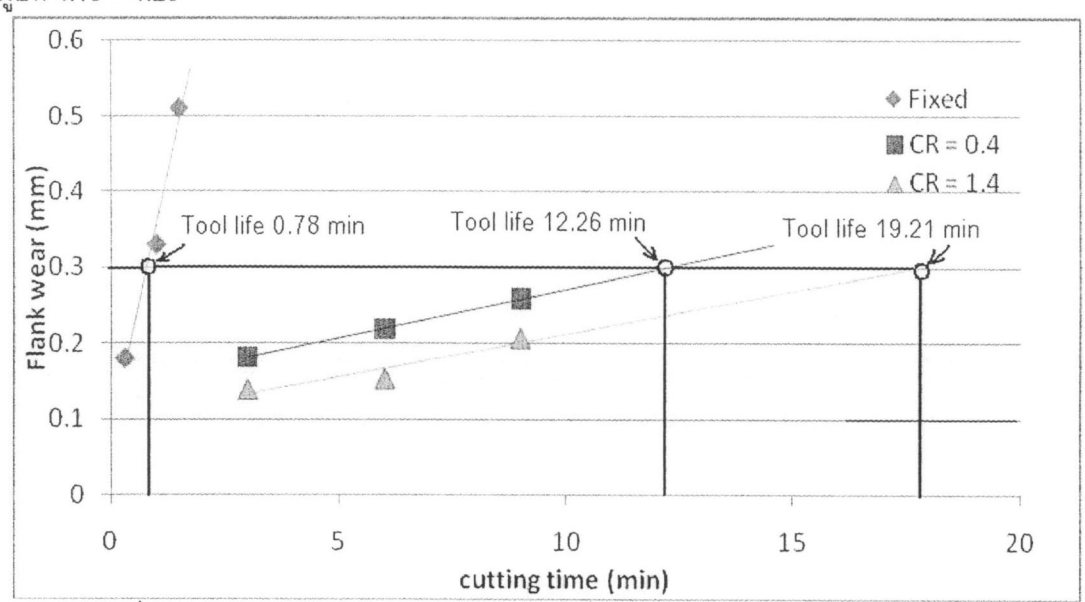
ดังรูปที่ 4.17 b) ซึ่งการแตกหักที่เกิดในมีดกลึงแบบอยู่กับที่นั้นเกิดจากแรงตัดที่มากส่งผลให้อายุการใช้งานของเม็ดมีดสั้นลงมาก



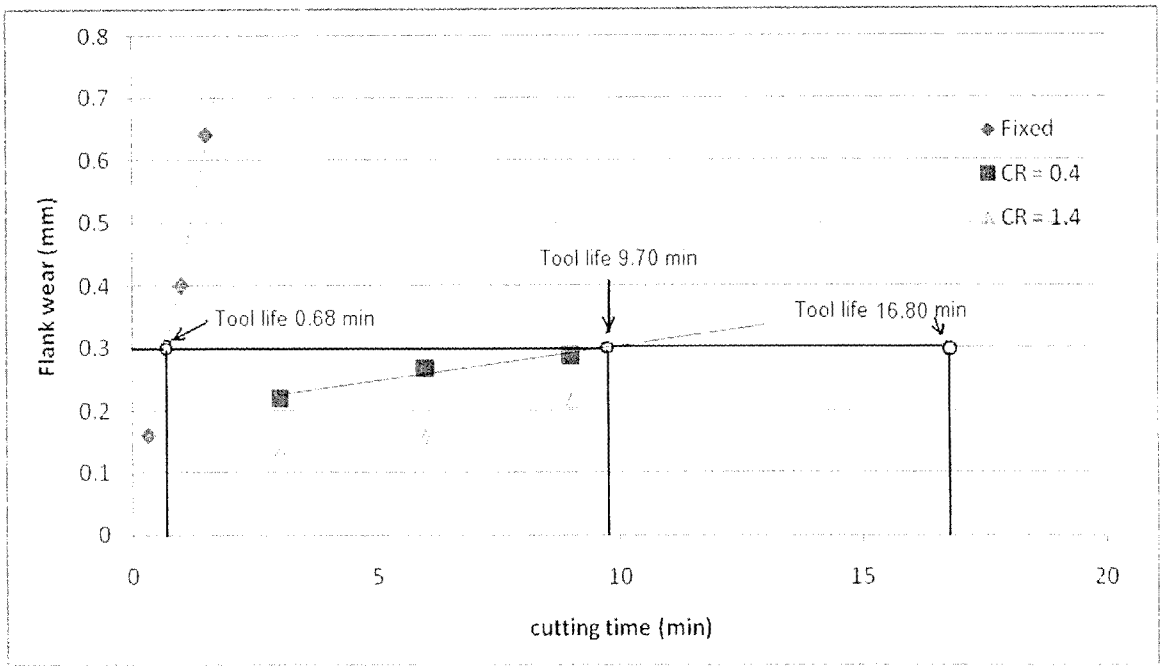
a) b)

รูปที่ 4.17 การสึกหรอของเม็ดมีด a)เม็ดมีดอยู่กับที่ b)เม็ดมีดจากมีดกลึงแบบโรตารี่

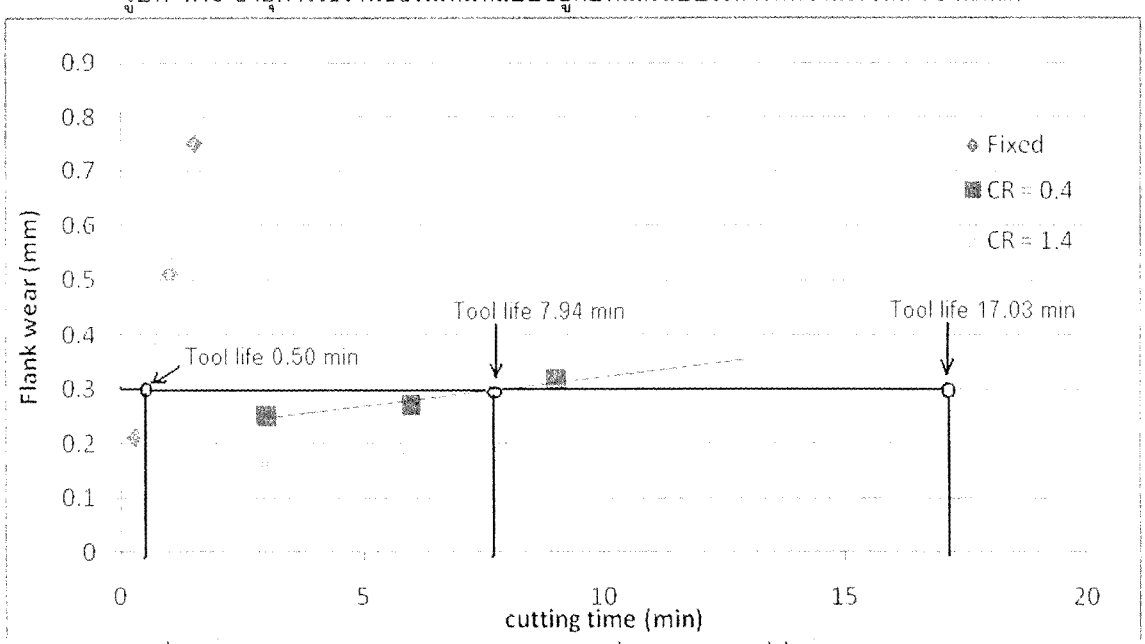
4.เมื่อพิจารณาอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดโดยพิจารณาอายุการใช้งานตามมาตรฐาน ISO 3685 : 1993 (E) ได้กำหนดการวัดขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบ (flank wear) ไว้ไม่เกิน 0.3 mm ซึ่งจากข้อกำหนดนี้สามารถหาอายุการใช้งานของเม็ดมีดกลึงได้โดยการประมาณค่านอกช่วง (Extrapolation) จากจุดข้อมูลการทดลองขนาดผิวหลบที่ 3 6 และ 9 นาทีได้ โดยจุดสิ้นสุดการใช้งานคือจุดที่มีดกลึงมีการสึกหรอ 0.3 mm ดังแสดงในรูปที่ 4.18 – 4.20



รูปที่ 4.18 อายุการใช้งานของเม็ดมีดแบบอยู่กับที่และแบบโรตารี่ที่ความเร็วตัด 50 m/min



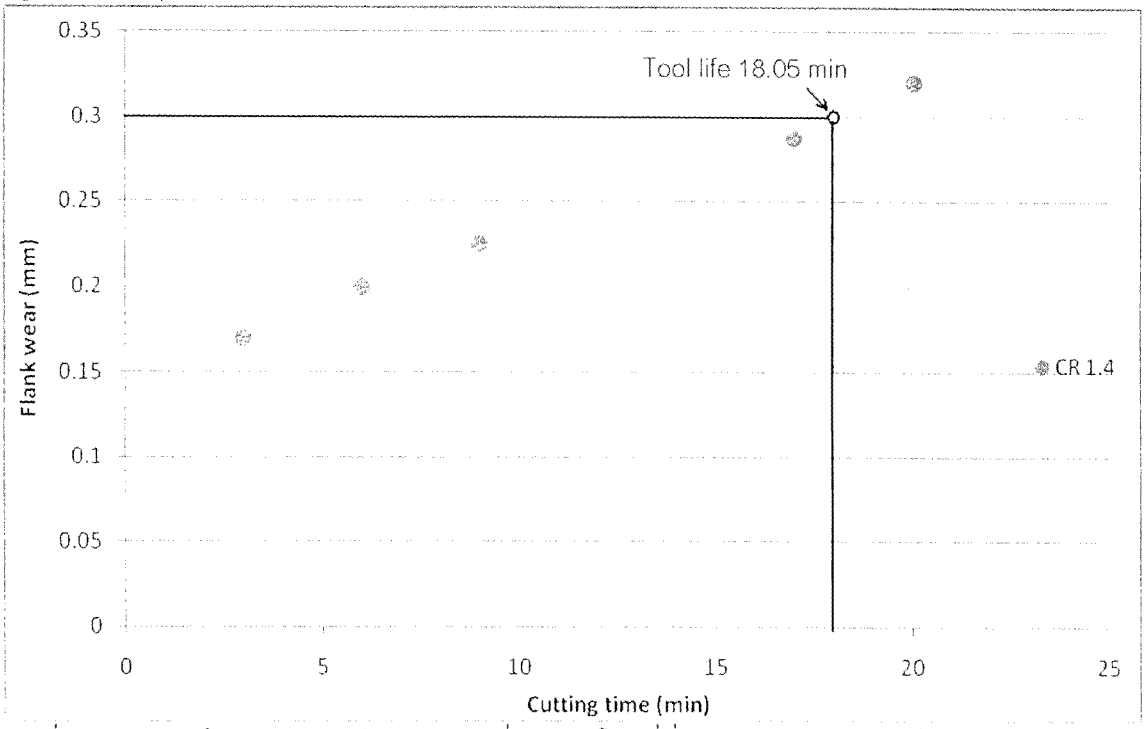
รูปที่ 4.19 อายุการใช้งานของเม็ดมีดแบบอยู่กับที่และแบบโรตารี่ที่ความเร็วตัด 70 m/min



รูปที่ 4.20 อายุการใช้งานของเม็ดมีดแบบอยู่กับที่และแบบโรตารี่ที่ความเร็วตัด 90 m/min

เมื่อพิจารณาอายุการใช้งานของมีดกลึงที่ความเร็วต่างๆแล้วจะพบว่าอายุการใช้งานของมีดกลึงแบบโรตารี่ยาวนานกว่ามีดกลึงแบบอยู่กับที่มากโดยที่ความเร็วตัด 90 m/min มีดกลึงแบบโรตารี่อัตราส่วนความเร็ว 1.4 มีอายุการใช้งานมากกว่ามีดกลึงแบบอยู่กับที่ 34.12 เท่า แต่เนื่องจากอายุการใช้งานของมีดกลึงแบบโรตารี่เป็นการประมาณนอกช่วงซึ่งเป็นการทำนายค่า ดังนั้นเพื่อยืนยันผลการทดลองจึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยการทดลองกลึงด้วยมีดกลึงแบบโรตารี่ที่ความเร็ว 90 m/min ด้วยอัตราส่วนความเร็ว 1.4 ซึ่งเป็นอัตราส่วนความเร็วที่มีอายุการใช้งานมากที่สุดโดยใช้เวลา 17 และ 20 นาทีซึ่งเป็นช่วงเวลาที่คาดว่าจะหมดอายุการใช้งานของเม็ดมีดแล้วจึงทำการวัดขนาดผิวหลบได้ขนาดผิวหลบ 0.287 mm และ 0.32 mm ตามลำดับซึ่งเมื่อนำค่าที่ได้มาหาอายุการใช้

งานอีกครั้งด้วยวิธีประมาณค่าในช่วงดังแสดงในรูปที่ 4.21 พบว่ามีอายุการใช้งาน 18.05 นาทีซึ่งค่าอายุการใช้งานนี้จะมีความน่าเชื่อถือมากกว่าเนื่องจากเป็นการประมาณค่าในช่วงซึ่งเมื่อเทียบกับอายุการใช้งานของมีดกลึงแบบอยู่กับที่จะมีอายุการใช้งานมากกว่า 36.19 เท่า



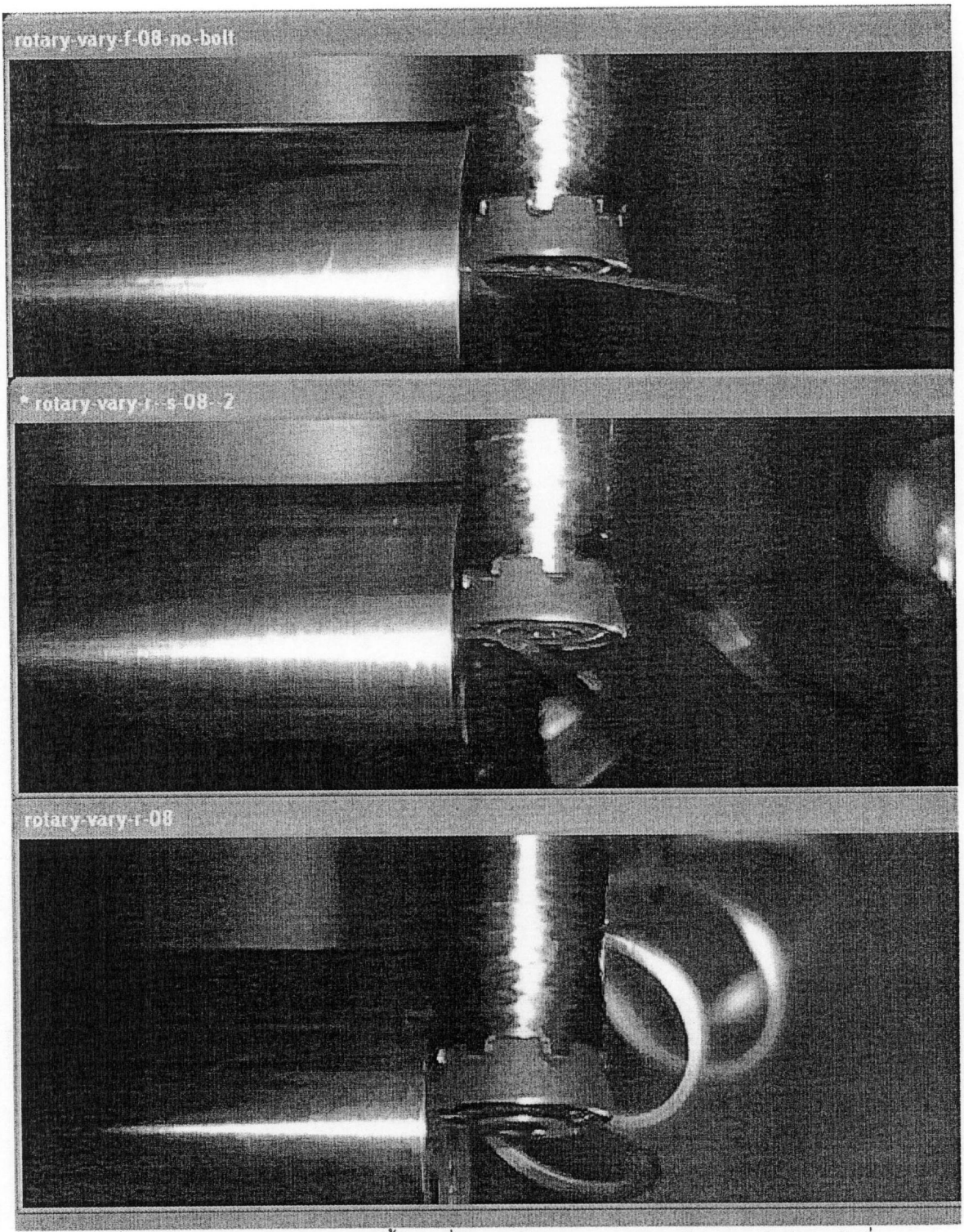
รูปที่ 4.21 อายุการใช้งานของเม็ดมีดแบบอยู่กับที่และแบบโรตารี่ที่ความเร็วตัด 90 m/min โดย 5 จุดการทดลอง

5.เมื่อพิจารณา chip formation จากกล้องถ่ายภาพความเร็วสูงจะพบว่าเศษกลึงที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันโดยเมื่อพิจารณาเศษกลึงที่เกิดจาก cutting speed ratio ต่างกันจะมีลักษณะไม่เหมือนกันโดยเศษกลึงที่ได้จากมีดกลึงแบบอยู่กับที่จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงแบบ ribbon type ส่วน
เศษกลึงที่ได้จากมีดกลึงแบบโรตารี่จะเป็นแบบ spring type ซึ่งเป็นลักษณะเศษกลึงที่ดีกว่า และเศษกลึงที่ได้จากมีดกลึงแบบโรตารี่จะมีความหนาของเศษกลึงที่บางกว่า

a)

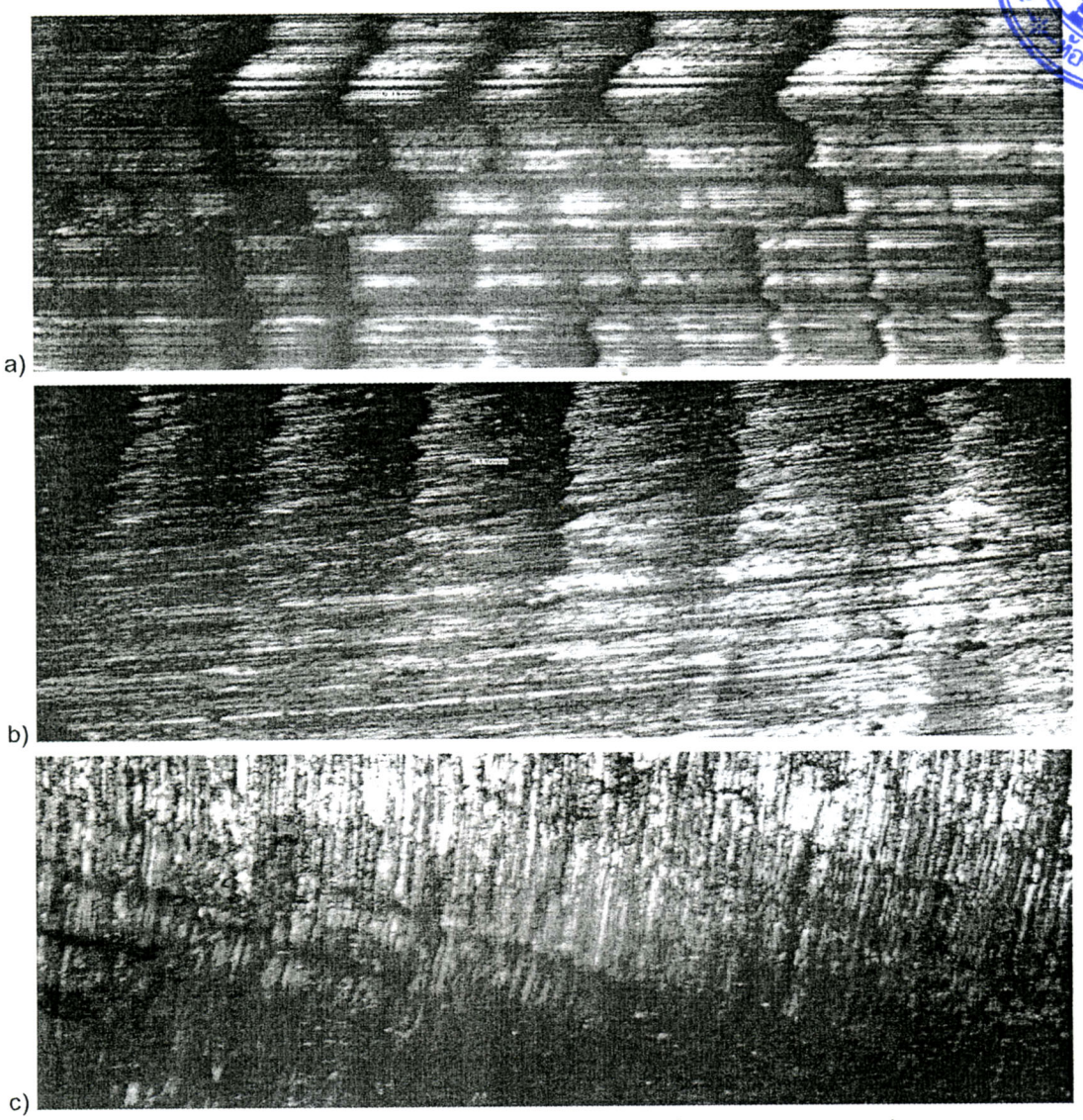
b)

c)

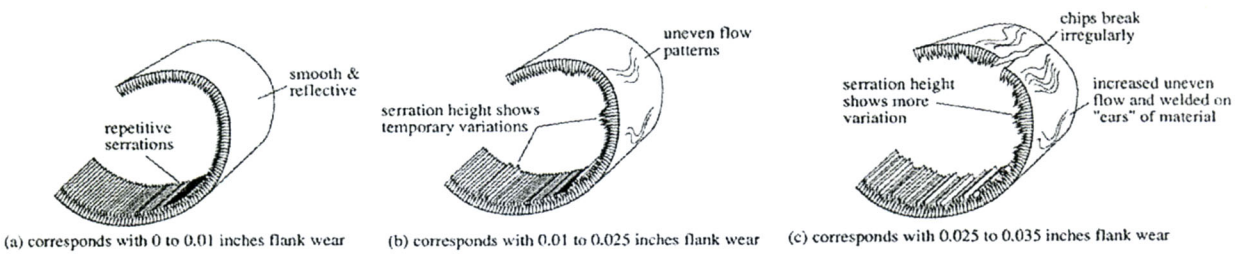


รูปที่ 4.19 ภาพถ่ายขณะทำการกลึงชิ้นงานที่ได้จากกล้องถ่ายภาพความเร็วสูง a)เม็ดมีดอยู่กับที่ b)มีดกลึงแบบโรตารี่ CR =0.4 c) มีดกลึงแบบโรตารี่ CR =1.4

6. จากการพิจารณาลักษณะเศษกลึงที่เกิดขึ้นปรากฏว่าเศษกลึงที่ได้จากการทดลองด้วยมีดกลึงแบบโรตารี่จะมีผิวเศษกลึงที่ราบเรียบกว่าการกลึงแบบที่มีดกลึงอยู่กับที่ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.20 ลักษณะผิวของเศษกลึง a)เม็ดมีดอยู่กับที่ b)มีดกลึงแบบโรตารี่ CR =0.4
c)มีดกลึงแบบโรตารี่ CR =1.4



รูปที่ 4.21 chip formation เมื่อมีดเกิดการสึกหรอ

ซึ่งโดยปกติเมื่อมีดมีการสึกหรอหรือที่อลงนั้นจะก่อให้เกิดแรงในการตัดที่เพิ่มมากขึ้นดังนั้นการพิจารณาผิวเศษกลึงจึงสามารถบอกได้ถึงสภาวะการตัดดังรูปที่ 4.20 เศษกลึงที่มีแรงตัดมากและไม่สม่ำเสมอจะเกิด uneven flow ขึ้นซึ่งจากการทดลองจะพบว่าเศษกลึงที่ได้จากมีดกลึงที่อยู่กับที่ (รูปที่4.18 a) จะเกิด uneven flow ขึ้นเป็นรอย

ขนาดใหญ่อย่างเด่นชัดแสดงให้เห็นถึงแรงในการตัดที่ไม่ราบเรียบแต่ในขณะที่เศษกลึงที่ได้จากการกลึงด้วยมีดกลึงแบบโรตารี่ที่มีค่า CR 0.4 และ 1.4 (รูปที่ 4.18 b) และ c) ตามลำดับ)จะเห็นได้ว่า uneven flow ของเศษกลึงมีขนาดน้อยลงซึ่งเป็นผลมาจากแรงตัดที่น้อยลงนั่นเอง

7.ในการตัดแบบปกติ orthogonal cutting ที่มีดตัดไม่มีการหมุนนั้นการเพิ่ม rake angle จะช่วยให้แรงในการตัดลดลงแต่ในขณะเดียวกันการเพิ่มมุม rake angle จะส่งผลให้ความแข็งแรงของคมมีดลดลงเนื่องจากคมมีดจะมีมุมที่แหลมขึ้นส่งผลให้ความแข็งแรงลดลง แต่การเพิ่ม effective rake angle จากการหมุนของมีดกลึงแบบโรตารี่นั้นไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของเม็ดมีดส่งผลให้เม็ดมีดแบบโรตารี่มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่ามีดกลึงแบบโรตารี่สามารถช่วยยืดอายุการใช้งานของเม็ดมีดได้ด้วยการลดแรงในการตัดซึ่งมีผลมาจาก cutting mechanism ที่เปลี่ยนไปคือ

1.ค่า cutting speed ratio จะส่งผลให้ effective rake angle ของมีดกลึงมีค่ามากขึ้นส่งผลให้แรงในการตัดลดลงการสึกหรอของเครื่องมือตัดจึงลดลง

2.การหมุนของเม็ดมีดที่มีความเร็วสูงสามารถกลับทิศของแรงเสียดทานบริเวณสัมผัสระหว่างหน้ามีดและเศษกลึงส่งผลให้เกิดแรงดันเศษกลึงให้หลุดออกไปได้ง่ายขึ้น

จากการผลทดลองพบว่าที่ความเร็วตัด 90 m/min มีดกลึงแบบโรตารี่จะมีอายุการใช้งานมากกว่ามีดกลึงที่ไม่มีการหมุน 36.19 เท่า