

การศึกษาอิทธิพลของเครื่องมือตัดในกระบวนการตัดเฉือนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304

**A STUDY INFLUANCE OF CUTTING TOOL FOR TURNING
STAINLESS STEEL AISI 304**

ประสาน แสงเขียว

PRASAN SANKHLEO

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2553

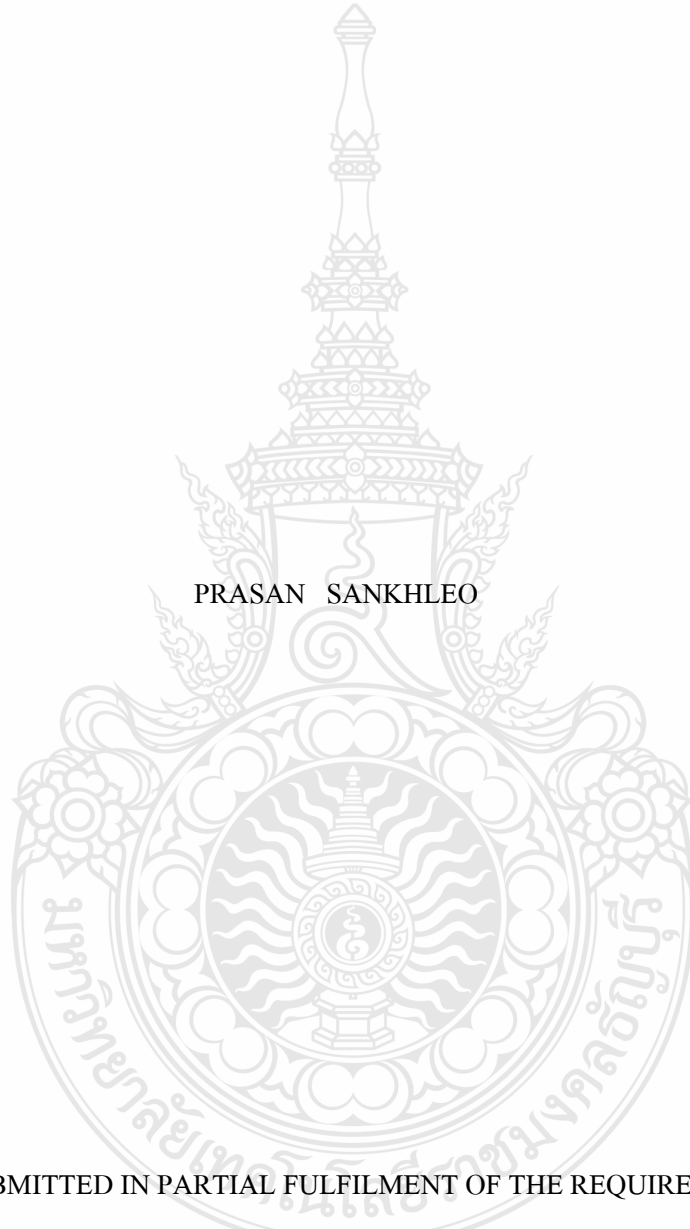
การศึกษาอิทธิพลของเครื่องมือตัดในกระบวนการตัดเฉือน
เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304

ประสาน แสงเขียว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2553

**A STUDY INFLUENCE OF CUTTING TOOL FOR TURNING
STAINLESS STEEL AISI 304**

PRASAN SANKHLEO



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI

2010

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือ
เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายประสาน แสงเขียว





ใบรับรองวิทยานิพนธ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาอิทธิพลของเครื่องมือตัดในกระบวนการตัดเฉือน
เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304
A STUDY INFLUENCE OF CUTTING TOOL FOR TURNING
STAINLESS STEEL AISI 304

ชื่อนักศึกษา

นายประสาน แสงเขียว

รหัสประจำตัว

124970404008-0

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ดร. ศิริชัย ต่อสกุล

วัน เดือน ปี ที่สอบ

29 สิงหาคม 2553

สถานที่สอบ

ห้องประชุมภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุศล พร้อมมูล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิวกร อ่างทอง)

.....กรรมการ
(ดร. กิตติพงษ์ กิมะพงศ์)

.....กรรมการ
(ดร. ศิริชัย ต่อสกุล)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชัย หิรัญวโรดม)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อปริญญานิพนธ์

การศึกษาอิทธิพลของเครื่องมือตัดในกระบวนการตัด
เฉือนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304

นักศึกษา

นายประสาน แสงเขียว

รหัสประจำตัว

124970404008-0

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา

2553

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

ดร. ศิริชัย ต่อสกุล

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรในการตัดเฉือนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 โดยการนำเม็ดมีดคาร์ไบด์ที่ต่างชนิดกัน 3 ชนิด คือ A, B และ C มาทำการตัดเฉือนเหล็กกล้าไร้สนิม เพื่อเลือกใช้เม็ดมีดคาร์ไบด์ที่มีประสิทธิภาพและใช้ต้นทุนต่ำสุด โดยกำหนดตัวแปรในการศึกษา คือ ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกป้อน

การทดลองจะทำการตัดเฉือนชิ้นงานเพื่อหาเวลาที่ผลิตทั้งหมดใน 1 คมตัด ส่วนการวัดค่าความหยาบผิวจะทำการวัดค่า ทุก ๆ ช่วงความยาวที่ 243-270 มิลลิเมตร เวลาที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ผลโดยใช้หลักการออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม MINITAB เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ต่อการผลิตชิ้นงาน

จากผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรที่ส่งผลต่อการผลิตชิ้นงานมากที่สุด คือ ความเร็วตัด รองลงมาคือ อัตราป้อน และความลึกป้อนมีผลเพียงเล็กน้อย ส่วนค่าใช้จ่ายจากชิ้นส่วนที่ผลิตได้นั้น เม็ดมีดที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดคือ ชนิด B ที่ค่าใช้จ่าย 34.23 บาท/ชิ้น รองลงมาคือชนิด A ที่ 34.40 บาท/ชิ้น และชนิด C ที่ 35.30 บาท/ชิ้น หากพิจารณาทั้งเวลาที่ผลิตชิ้นงานและจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้ พบว่า เม็ดมีดชนิด B เป็นตัวเลือกแรกๆ ที่ควรพิจารณาเลือกใช้ เพราะเมื่อพิจารณาภาพรวมจะเห็นได้ว่า มีค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงานที่ต่ำที่สุด

คำสำคัญ : อายุการใช้งาน / เม็ดมีดคาร์ไบด์ / เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 / ความเร็วตัด / อัตราป้อน / ความลึกป้อน

Thesis Title : A STUDY INFLUANCE OF CUTTING TOOL FOR
TURNING STAINLESS STEEL AISI 304

Student Name : Mr. Prasan Sankhleo

Student ID : 124970404008-0

Degree Award : Master of Engineering

Study Program : Industrial Engineering

Academic Year: 2010

Thesis Advisor : Dr. Sirichai Torsakul

ABSTRACT

The objectives of this research aim to study parameters in machining process against stainless steel AISI 304. The three types of carbide inserts, A, B and C were used to machine the stainless Steel. The experiments were also performed in order to investigate the efficiency and cost of each carbide type by varying cutting speed, feed rate and depth of cut.

In the experiments the parts were longitudinally turned for determining the total cutting time that each insert type can be used. The surface roughness (Ra) is measured and recorded at the distance 243-270 mm, Moreover, measurement values were the analyzed by principle of design of experiment with MINITAB program.

The result shows that the cutting speed is the most effect to production, Following by feed rate and depth of cut. In the case of cost of manufacturing cost, Insert type B has been found to be the lowest of 34.23 Baths/piece, Type A of 34.40 Baths/piece and type C of 35.30 Baths/piece. As a result, Type B insert should be select for having the least manufacturing cost.

Key words: Tool life / Insert Carbide / Stainless Steel AISI 304 / Cutting Speed / Feed / Depth of Cut

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตชิ้นส่วนในการตัดเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือจากอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและบุคลากรหลาย ๆ ฝ่าย

ขอขอบคุณ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งคอยให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนแล้วเสร็จ ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตวังไกลกังวล ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการจัดทำวิจัย

ท้ายนี้ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ขอขอบคุณการสนับสนุนจากทุนมหัศจรรย์ สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทุนประเภท Window I (โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย: ทุน สกว.-อุตสาหกรรม) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

นายประสาน แสงเขียว

29 สิงหาคม 2553

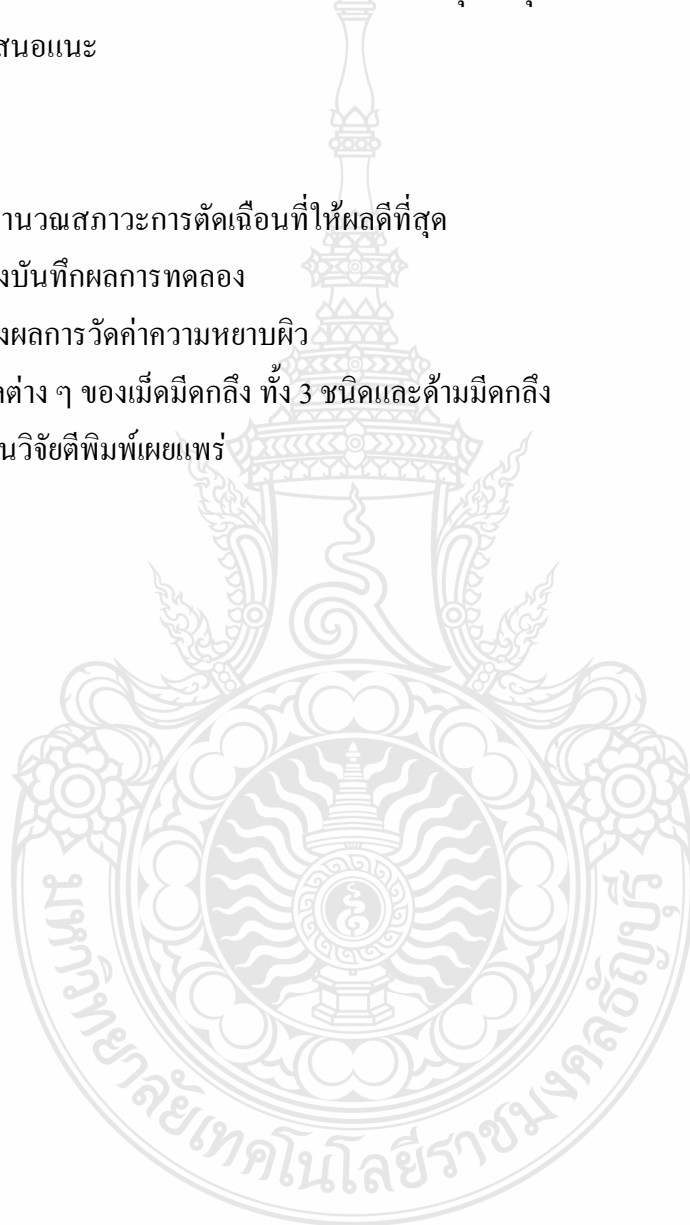


สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการทำโครงการวิจัย	2
1.4 ข้อจำกัดในการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กระบวนการตัดเดือนโลหะ	4
2.2 วัสดุที่ใช้ทำเม็ดมีดตัด	15
2.3 ความหยาบผิว	19
2.4 ของไหลในกระบวนการตัด	21
2.5 การวิเคราะห์ต้นทุนในกระบวนการตัดเดือน	25
2.6 วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	
3.1 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	32
3.2 การออกแบบการทดลอง	35
3.3 วิธีการทดลอง	38
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์	
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	42
4.2 ผลการวิเคราะห์การสึกหรอของเครื่องมือตัด	48
4.3 การวิเคราะห์ค่าความหยาบผิว	58
4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมในการทำงานของเม็ดมีดชนิดต่าง ๆ	64

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	
5.1 สภาวะการตัดเนื้องอกของเม็คมัดกลิ้ง	66
5.2 การเลือกสภาวะการตัดเนื้องอกเมื่อต้องการต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด	66
5.3 การคำนวณค่าใช้จ่ายเพื่อเลือกใช้เม็คมัดที่ต้นทุนต่ำสุด	67
5.4 ข้อเสนอแนะ	67
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก	71
ก. การคำนวณสภาวะการตัดเนื้องอกที่ให้ผลดีที่สุด	
ข. ตารางบันทึกผลการทดลอง	
ค. ตารางผลการวัดค่าความหยาบผิว	
ง. ข้อมูลต่าง ๆ ของเม็คมัดกลิ้ง ทั้ง 3 ชนิดและด้ามมัดกลิ้ง	
จ. ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่	
ประวัติผู้เขียน	121



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อมูลการเลือกใช้จุ่มกมิดที่ให้อัตราการตัดเดือนสูงที่สุด	6
2.2 ข้อมูลการเลือกใช้จุ่มกมิดที่ให้ความเรียบผิวต่าง	6
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหยาบทางคณิต	20
3.1 การออกแบบตารางกำหนดสภาวะการตัดเดือนสำหรับการทดลอง	35
3.2 การทดลองสภาวะการตัดเดือนต่อจำนวนชิ้นส่วนในการตัดเดือน	36
3.3 ผลการทดลองหาอายุการใช้งานเม็ดมีดกลึงชนิด A คือ CCMT120408-MA	37
3.4 ผลการทดลองหาอายุการใช้งานเม็ดมีดกลึงชนิด B คือ CCMT120408MF	37
3.5 ผลการทดลองหาอายุการใช้งานเม็ดมีดกลึงชนิด C คือ CCMT120408-MM	38
4.1 ค่าใช้จ่ายที่คำนวณได้ในการผลิตชิ้นส่วนใน 1 คมตัด	65



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 รูปร่างของเม็ดมีดและความแข็งแรงสำหรับการใช้งานแต่ละประเภท	5
2.2 การระบุตำแหน่งเลขรหัสการเลือกใช้เม็ดมีดกลึง (Insert) มาตรฐาน ISO	7
2.3 ตำแหน่งเลขรหัสการเลือกใช้เม็ดมีดกลึงตามมาตรฐาน ISO	8
2.4 ลักษณะของการสึกหรอบนผิวหอบ (Flank Wear)	9
2.5 ลักษณะของการสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear)	9
2.6 การสึกหรอที่ปลายมีด (Nose wear)	10
2.7 กราฟความสัมพันธ์ของพัฒนาการของการสึกหรอบนผิวหอบ (Flank wear)	11
2.8 เขตของการสึกหรอตามมาตรฐานสากล (ISO)	14
2.9 การหาค่าความหยาบ R_a	19
2.10 การหาค่าความหยาบ R_z	19
2.11 การหาค่าความหยาบ R_{Max}	20
2.12 น้ำมันคูแลนต์ผสมกับน้ำ	22
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานการทดลอง	31
3.2 ชนิดของเม็ดมีดที่ใช้ในการทดลอง	32
3.3 เครื่องกลึงซีเอ็นซี (CNC Lath) ที่ใช้ในการทดลอง	33
3.4 ด้ามจับเม็ดมีดกลึงที่ใช้จับเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิด	34
3.5 เครื่อง Microscopes ที่ใช้ในการตรวจดูลักษณะการสึกหรอของเม็ดมีด	34
3.6 ขนาดของชิ้นส่วนที่ทำการทดลอง	38
3.7 ช่วงระยะการวัดความหยาบผิวของชิ้นงานทดลอง	39
3.8 ชิ้นงานที่ทำการทดลอง	40
3.9 การวัดความหยาบผิวชิ้นงานทดลอง	40
4.1 Normal Probability Plot of the Residuals ของเม็ดมีดชนิด A	42
4.2 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ANOVA ของเม็ดมีดชนิด A	43
4.3 การวิเคราะห์ Main Effect Plot ของเม็ดมีดชนิด A	44
4.4 Normal Probability Plot of the Residuals ของเม็ดมีดชนิด B	44
4.5 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ANOVA ของเม็ดมีดชนิด B	45
4.6 การวิเคราะห์ Main Effect Plot ของเม็ดมีดชนิด B	46
4.7 Normal Probability Plot of the Residuals ของเม็ดมีดชนิด C	46
4.8 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ANOVA ของเม็ดมีดชนิด C	47

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 การวิเคราะห์ Main Effect Plot ของเม็คมัดชนิด C	48
4.10 การเปรียบเทียบปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้ของเม็คมัดชนิด A ที่ความเร็วตัด และอัตราป้อนที่ต่างกัน	49
4.11 การสึกหรอของเม็คมัดชนิด A ที่ $V=135$ เมตร/นาที, $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ	50
4.12 การสึกหรอของเม็คมัดชนิด A ที่ $V=185$ เมตร/นาที, $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ	50
4.13 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ชิ้นส่วนของเม็คมัดชนิด A ที่ความเร็วตัด และอัตราป้อนที่ต่างกัน	51
4.14 การเปรียบเทียบปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้ของเม็คมัดชนิด B ที่ความเร็วตัด และอัตราป้อนที่ต่างกัน	52
4.15 การสึกหรอของเม็คมัดชนิด B ที่ $V=165$ เมตร/นาที, $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ	52
4.16 การสึกหรอของเม็คมัดชนิด B ที่ $V=210$ เมตร/นาที, $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ	53
4.17 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ชิ้นส่วนของเม็คมัดชนิด B ที่ความเร็วตัด และอัตราป้อนที่ต่างกัน	54
4.18 การเปรียบเทียบปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้จากเม็คมัดชนิด C ที่ความเร็วตัด และอัตราป้อนต่างกัน	55
4.19 การสึกหรอของเม็คมัดชนิด C ที่ $V=225$ เมตร/นาที, $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ	55
4.20 การสึกหรอของเม็คมัดชนิด C ที่ $V=265$ เมตร/นาที, $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ	56
4.21 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ชิ้นส่วนของเม็คมัดชนิด C ที่ความเร็วตัด และอัตราป้อนที่ต่างกัน	56
4.22 ค่าความหยาบผิวของเม็คมัดชนิด A ที่ความเร็วตัด 135 เมตร/นาที	58
4.23 ค่าความหยาบผิวของเม็คมัดชนิด A ที่ความเร็วตัด 185 เมตร/นาที	58
4.24 ค่าความหยาบผิวของเม็คมัดชนิด B ที่ความเร็วตัด 165 เมตร/นาที	59
4.25 ค่าความหยาบผิวของเม็คมัดชนิด B ที่ความเร็วตัด 210 เมตร/นาที	60
4.26 ค่าความหยาบผิวของเม็คมัดชนิด C ที่ความเร็วตัด 225 เมตร/นาที	60
4.27 ค่าความหยาบผิวของเม็คมัดชนิด C ที่ความเร็วตัด 265 เมตร/นาที	61
4.28 ค่าความหยาบผิวที่ความเร็วตัดต่ำกว่าอัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ ของเม็คมัดทั้ง 3 ชนิด	62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.29 ค่าความหยาบผิวที่ความเร็วตัดสูงสุดกับอัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ ของเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิด	62
4.30 ค่าความหยาบผิวที่ความเร็วตัดต่ำกับอัตราป้อน 0.30 มิลลิเมตร/รอบ สุดของเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิด	63
4.31 ค่าความหยาบผิวที่ความเร็วตัดสูงสุดกับอัตราป้อน 0.30 มิลลิเมตร/รอบ ของเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิด	64



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคปัจจุบัน อุตสาหกรรมการผลิตต่างก็มุ่งที่จะพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตต่ำ และลูกค้าเกิดความพึงพอใจ อีกทั้งสามารถเพิ่มผลกำไรให้กับบริษัทผู้ผลิต ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำความรู้ทางวิชาการและเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ เพื่อให้สามารถแข่งขันทางอุตสาหกรรมได้ จึงเป็นที่ได้เปรียบหากบริษัทสามารถนำวิธีการและเทคโนโลยีใหม่ๆ มาช่วยในการปรับปรุงการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถลดต้นทุนที่ใช้ในสายงานการผลิต ดังนั้นในวงการอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านวิศวกรรมอุตสาหการ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่มีบทบาทต่ออุตสาหกรรมการผลิต ที่ต้องมีการศึกษาและวิจัยอยู่ตลอดเวลาเพื่อมาช่วยพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตในด้านต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตจิ๊ก ฟิ๊กเจอร์ อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ ต่างก็ใช้วิทยาการความรู้และเทคโนโลยีใหม่มาช่วยในกระบวนการผลิต เช่นการนำเทคโนโลยีเครื่องจักรกลอัตโนมัติ (CNC) และเทคโนโลยีด้านการบริหารต่าง ๆ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์และความพึงพอใจของลูกค้า [1-2]

ซึ่งกระบวนการตัดเนื้อโลหะโดยกระบวนการกลึง ถือว่าเป็นกระบวนการผลิตที่มีบทบาทในการขึ้นรูป ณ ยุคปัจจุบัน โดยได้มีการนำเครื่องกลึงอัตโนมัติ (CNC Lathe) มาใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งในกระบวนการกลึงจำเป็นจะต้องมีการเลือกใช้สภาวะการตัดเนื้อที่เหมาะสม เพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือตัด และลดต้นทุนในการสั่งซื้อเครื่องมือตัดที่ใช้ในสายการผลิต ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดตัวแปรในการตัดเนื้อเพื่อสามารถใช้งานเครื่องมือตัดให้คุ้มค่ากับงาน และเกิดประโยชน์สูงสุด [3-4]

สำหรับงานวิจัยนี้ จะมุ่งศึกษาเพื่อลดต้นทุนที่ใช้ในสายการผลิตของบริษัทห้างหุ้นส่วนจำกัด จุลพงษ์การช่าง ที่ทำการผลิต ข้อต่อ และ จิ๊ก ที่ใช้เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ผลิตอยู่เป็นประจำ อีกทั้งใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาสายการผลิตอื่น ๆ โดยการศึกษาจะเป็นการศึกษาเพื่อลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำลง โดยการศึกษาการตัดเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 อีกทั้งสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวางแผนเพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อ เพื่อให้เหมาะสมกับปริมาณการผลิตในสายการผลิตของบริษัทห้างหุ้นส่วนจำกัด จุลพงษ์การช่าง

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อลดต้นทุนในการผลิตของบริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด จุลพงษ์การช่าง
- 1.2.2 สามารถลดเวลาในการทำงาน
- 1.2.3 เพื่อวิเคราะห์อายุการใช้งานและศึกษาการสึกหรอของเม็ดมีดกลึง 3 ชนิด

1.3 ขอบเขตของการทำโครงการวิจัย

- 1.3.1 เป็นการศึกษาสภาวะการตัดเฉือนที่กระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304
- 1.3.2 ศึกษาสภาวะการตัดเฉือน เพื่อวิเคราะห์หาอายุการใช้งานของเม็ดมีดกลึงที่ใช้ในการผลิตของบริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด จุลพงษ์การช่าง
- 1.3.4 เป็นการศึกษาเพื่อหาตัวแปรที่ส่งผลต่อความหยาบผิว ต่อการตัดเฉือนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ซึ่งตัวแปรที่ทำการศึกษามีดังนี้
 - 1.3.4.1 ความเร็วตัด (Cutting Speed) ต่อ อายุการใช้งานของเม็ดมีดกลึง (Tool Life)
 - 1.3.4.2 อัตราป้อน (Feed) ต่อ อายุการใช้งานของเม็ดมีดกลึง
 - 1.3.4.3 ความลึกป้อน (Depth of Cut) ต่อ อายุการใช้งานของเม็ดมีดกลึง
- 1.3.5 เป็นการศึกษาวิเคราะห์การสึกหรอและอายุการใช้งานของเม็ดมีดกลึงทั้ง 3 ชนิด ดังนี้
 - 1.3.5.1 ชนิด A คือ CCMT120408-MA
 - 1.3.5.2 ชนิด B คือ CCMT120408MF
 - 1.3.5.3 ชนิด C คือ CCMT120408-MM
- 1.3.6 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความหยาบผิวในการตัดเฉือน คือ เครื่อง SURFTTEST: 301 ของบริษัท Mitutoyo
- 1.3.7 ในการตัดเฉือนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 จะใช้น้ำมันหล่อเย็นที่เป็นแบบชนิดอิมัลชันน้ำมัน (MILKY EMULSION) อัตราการผสม คือ สารหล่อเย็น 1 ส่วน และน้ำ 20 ส่วน
- 1.3.8 ค่าความความหยาบผิวสุดท้ายของชิ้นงานหลังการตัดเฉือนต้องไม่เกิน $3.2 \mu\text{m}$ ตามที่กำหนดในแบบงาน

1.4 ข้อยกจำกัดในการศึกษา

- 1.4.1. เนื่องจากเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีอยู่ไม่เพียงพอ จึงไม่ได้ศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อการตัดเฉือนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ดังนี้
 - 1.4.1.1 การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นขณะทำการตัดเฉือน
 - 1.4.1.2 ค่า Parameter ของแรงดันในการฉีดน้ำมันหล่อเย็น
 - 1.4.1.3 อัตราส่วนของแรงที่กระทำในขณะที่ทำการตัดเฉือน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.5.1 สามารถลดต้นทุนในการผลิตของบริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด จุลพงษ์การช่าง
- 1.5.2 สามารถใช้เครื่องมือตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพในการผลิตชิ้นส่วนของ บริษัทห้างหุ้นส่วนจำกัด จุลพงษ์การช่าง
- 1.5.3 เพื่อให้บริษัทห้างหุ้นส่วนจำกัด จุลพงษ์การช่าง เลือกใช้เครื่องมือตัดได้อย่างเหมาะสมกับสายการผลิต
- 1.5.4 สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสายการผลิตอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการตัดเฉือนโลหะ [3]

กระบวนการตัดเฉือนโลหะเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดเศษโลหะ (Chip) การตัดเฉือนโลหะจะเกิดรูปร่างลักษณะของเศษที่แตกต่างกัน ซึ่งการพิจารณาการตัดเฉือนโลหะนั้นจะศึกษาควบคู่กับการควบคุมการเกิดเศษโลหะในการตัดเฉือนด้วยเม็ดมีดกลึง เพราะสิ่งที่ตามมาคือการก่อให้เกิดความร้อนในการตัดเฉือน การควบคุมการเกิดเศษจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน จากชนิดของเม็ดมีดกลึง วัสดุชิ้นงาน และคุณสมบัติของวัสดุต่าง ๆ จะทำให้เกิดอุณหภูมิในการตัดเฉือนที่แตกต่างกันตามความแตกต่างของความแข็งของวัสดุ การเสียดสีกันของวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูง และการใช้แรงตัดเฉือนที่จะส่งผลต่อการใช้กำลังตัดเฉือนชิ้นงาน อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจะส่งผลในทางลบต่อเม็ดมีดกลึง กำลังของการตัดเฉือนจะส่งผลต่อการแตกหักของปลายคมตัดของเม็ดมีดกลึง การเลือกเม็ดมีดกลึงสำหรับตัดเฉือนชิ้นงานจะหมายถึง การเลือกมุมของเม็ดมีดกลึงที่เหมาะสมกับชนิดของวัสดุชิ้นงานด้วย ดังนั้นการควบคุมการเกิดเศษ จะเป็นการเลือกค่าสภาวะการตัดเฉือนของเม็ดมีดกลึงสำหรับตัดเฉือนชิ้นงาน จะทำให้เกิดอายุของการใช้งานที่แตกต่างกันด้วย

2.1.1 แนวทางปฏิบัติสำหรับงานกลึง

2.1.1.1 ตัวแปรสำหรับการเลือกเม็ดมีด (Insert)

การเลือกเม็ดมีดกลึง จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการในการใช้งานของเม็ดมีดกลึงที่จะช่วยให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ประกอบด้วย

- ก. ขอบเขต และขีดจำกัดของชิ้นงาน เช่น รูปร่างของชิ้นงาน
- ข. ประเภทของงานกลึง เช่น งานกลึงหยาบ หรือกลึงละเอียด
- ค. ลักษณะของงานกลึง เช่น งานคว้าน หรือ งานปอกผิว
- ง. ความเสถียรของเครื่องกลึง ที่มีความแกร่งพอต่อการกลึงชิ้นงาน
- จ. กำลัง และสมรรถนะของเครื่องกลึง
- ฉ. วัสดุชิ้นงาน เช่น ความแข็ง (Hardness) ความแข็งแรง (Strength)
- ช. ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์

2.1.1.2 แนวทางปฏิบัติสำหรับงานกลึงหยาบ

การกลึงหยาบเป็นกระบวนการเตรียมขนาดของชิ้นงานให้ได้ใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการ ก่อนการกินชิ้นงานครั้งสุดท้ายให้ได้ตามขนาดกำหนด และผิวชิ้นงานตามต้องการ ดังนั้นข้อคำนึง ในการปฏิบัติงานกลึงหยาบจะประกอบด้วย

ก. การเลือกมุมตัดที่มีมุมตัดสูงที่สุด

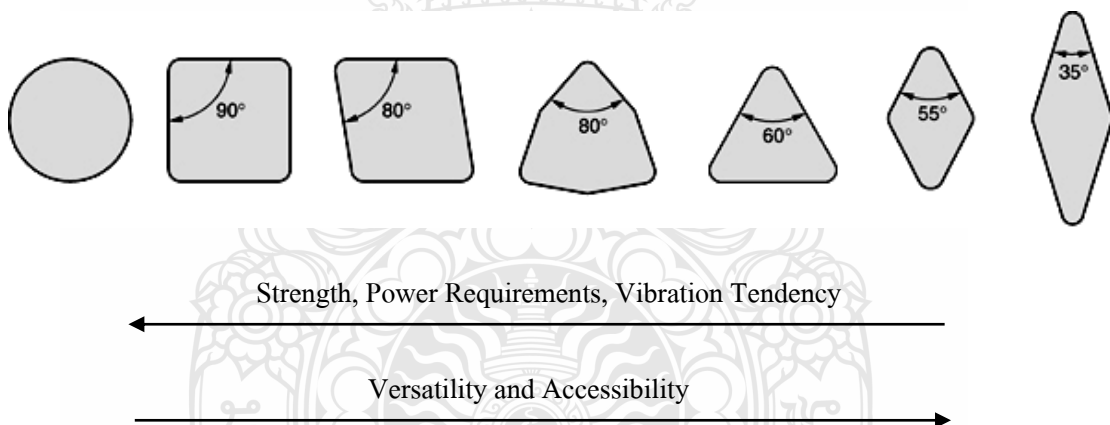
ผลจากการเลือกมุมตัดสูงที่สุด จะทำให้เกิดเศษยาว, การกระจายความร้อนได้ดี, ป้องกันจมูกมิด (Nose) และลดการเสียดจากปลายคมตัดกะเทาะ (Chipping)

ข. การเลือกด้ามมิดที่โตที่สุด

จะช่วยให้การจับยึดได้มั่นคง ลดปัญหาจากการโก่งตัวของด้ามมิด ลดการตกลของปลายมิดที่เกิดจากการงัดระหว่างปลายมิดตัด และชิ้นงานที่ต่ำกว่าศูนย์กลาง

ค. การเลือกรูปร่างที่มีความแข็งแรงที่สุด

ช่วยให้ปริมาณการตัดเฉือนได้สูง และลดต้นทุนของคมตัด รูปร่างของเม็ดมิด (Insert Geometry) ที่มีผลต่อความแข็งแรง ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รูปร่างของเม็ดมิดและความแข็งแรงสำหรับการใช้งานแต่ละประเภท [5]

ง. การเลือกจมูก (Insert Nose Radius) ที่โตที่สุด

ทำให้สามารถเพิ่มอัตราป้อนได้มาก และปลายมุมตัดมีความแข็งแรง การระบายความร้อนได้ดี ข้อพิจารณาคือ ถ้าจมูกโตเกินไปจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนขณะทำการตัดเฉือน

จ. เลือกความลึกป้อนสูงสุด

การเลือกความลึกป้อนสูงสุด เท่าที่กำลัการตัด (Power) และปลายมุมตัดรับได้

ฉ. การเลือกอัตราป้อนสูงสุด

ข. การเลือกอัตราป้อนไม่ควรเกิน 80% ของรัศมีจมูกมิด ดังแสดงในตาราง

ที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลการเลือกใช้จุมกมิตที่ให้อัตราการตัดเฉือนสูงที่สุด [6]

จุมกมิต (มิลลิเมตร)	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6
อัตราป้อนตัดสูงสุด (มิลลิเมตร/รอบ)	0.16	0.32	0.65	0.96	1.28

ซ. เลือกเกรดให้เหมาะกับงาน

2.1.1.3 แนวทางปฏิบัติในการกลึงละเอียด

โดยปกติแล้วความเรียบผิวจะขึ้นอยู่กับ จุมกมิตตัด (Insert Nose Radius) และอัตราป้อน (Feed) ซึ่งการพิจารณาความเรียบผิวนี้จะเป็นไปตามเรขาคณิต และรูปร่างของเม็ดมีดกลึงนั่นเอง ดังนั้นการเลือกจุมกมิตกลึงกับอัตราป้อนจะต้องสัมพันธ์กัน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลการเลือกใช้จุมกมิตที่ให้ความเรียบผิวต่าง ๆ [6]

ความเรียบผิว		รัศมีจุมกมิต (มิลลิเมตร)					ความโตอินเสิร์ต (มิลลิเมตร)					
		0.4	0.8	1.2	1.6	2.4	10	12	16	20	25	32
Ra	CLA	อัตราป้อน (มิลลิเมตร/รอบ)										
0.6	24	0.07	0.10	0.12	0.14	0.17	0.25	0.28	0.32	0.36	0.40	0.45
1.6	64	0.11	0.15	0.19	0.22	0.26	0.40	0.44	0.51	0.57	0.63	0.71
3.2	128	0.17	0.24	0.29	0.34	0.42	0.63	0.69	0.80	0.89	1.00	1.13
6.3	252	0.22	0.30	0.37	0.43	0.53	0.80	0.88	1.01	1.13	1.26	1.43
12.5	320	0.27	0.36	0.47	0.54	0.66	1.06	1.10	1.26	1.42	1.41	1.79
25.0	1280			1.08	1.32		2.00	2.20	2.54	2.94	3.33	3.59

การทำให้ชิ้นงานได้ผิวสำเร็จที่ดีขึ้นจะต้องมีข้อปฏิบัติดังนี้

ก. การเลือกมุมคายเป็นบวก (Positive Rake)

ข. เพิ่มความเร็วตัด (Cutting Speed)

ค. ลดรัศมีจุมกมิต

ง. ลดอัตราป้อน

2.1.1.4 เม็ดมีดตัดมาตรฐาน ISO [3]

สำหรับรหัสตามมาตรฐาน ISO ประกอบด้วยอักษร และตัวเลขรวมกัน 10 ตัว
ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 การระบุตำแหน่งเลขรหัสการเลือกใช้เม็ดมีดกลึง (Insert) มาตรฐาน ISO

จากรายละเอียดของแต่ละตัวเลขและตัวอักษรสามารถอธิบายได้จากรูปมาตรฐาน
เม็ดมีดตัดดังแสดงในภาคผนวก ง.

2.1.1.5 ค้ำจับเม็ดคอลลิ่งมีมาตรฐาน ISO

มาตรฐานของค้ำจับเม็ดคอลลิ่ง ISO จะมีทั้งหมด 14 ตัวอักษร โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตำแหน่งเลขรหัสการเลือกใช้เม็ดคอลลิ่งตามมาตรฐาน ISO

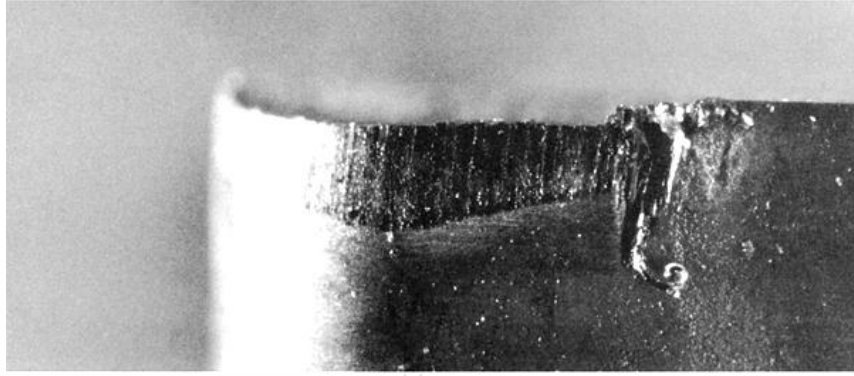
รหัสของมาตรฐาน ISO ของค้ำจับเม็ดคอลลิ่งนี้จะแบ่งออก 2 ส่วนคือ ค้ำจับเม็ดคอลลิ่งภายนอก และค้ำจับเม็ดคอลลิ่งภายใน ซึ่งลักษณะของการเลือกใช้เม็ดคอลลิ่งจะสัมพันธ์กันกับการเลือก ค้ำจับเม็ดคอลลิ่งดังแสดงในภาพผนวก ง.

2.1.2 ชนิดการสึกหรอบนคมตัดของมีดคอลลิ่ง [7]

โดยทั่วไปแล้วการสึกหรอบนคมตัดของมีดคอลลิ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามลักษณะของตำแหน่งที่เกิดการสึกหรอ คือ การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) การสึกหรอบนผิวภายใน (Crater Wear) และการสึกหรอที่ปลายมีด (Nose Wear)

2.1.2.1 การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear)

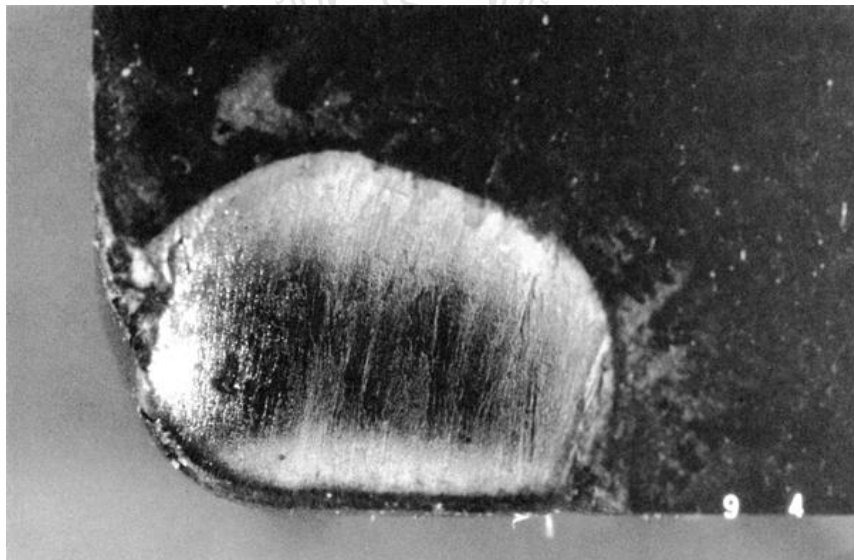
การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) จะเกิดขึ้นเป็นแนวยาวด้านข้างของคมตัดดังในรูปที่ 2.4 การสึกหรอชนิดนี้เกิดจากการขัดสีกันระหว่างด้านข้างของมีดคอลลิ่ง กับโลหะที่กำลังทำการตัดเนื้อ เมื่อการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) เกิดขึ้นมากก็จะมี การขัดสีเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องการกำลังสำหรับการตัดเนื้อ



รูปที่ 2.4 ลักษณะของการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) [5]

2.1.2.2 การสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear)

การสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear) จะมีลักษณะเป็นหลุมหรือเป็นร่องลึกเกิดใกล้ๆ กับคมตัด แสดงในรูปที่ 2.5 การสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear) เกิดจากการไหลของเศษกลิ้งไปบนผิวคายของมีดกลึง เมื่อการสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear) เกิดขึ้นมากในที่สุดก็จะทำให้คมตัดเกิดการแตกหักได้



รูปที่ 2.5 ลักษณะของการสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear) [5]

2.1.2.3 การสึกหรอที่ปลายมีด (Nose Wear)

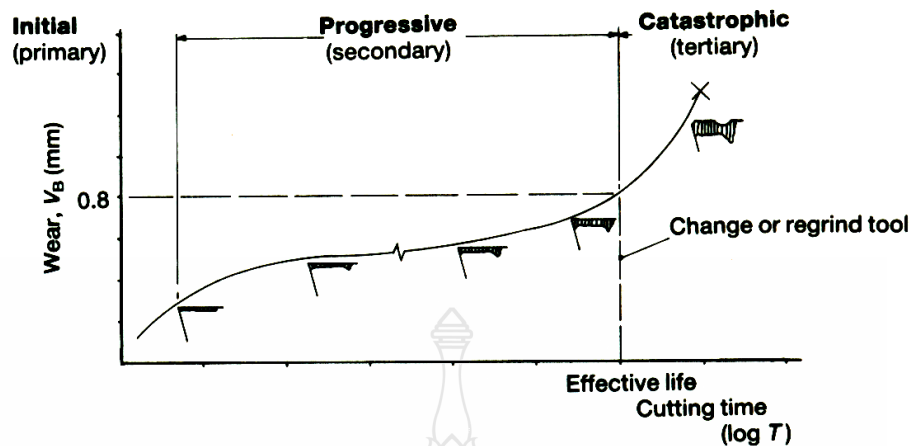
การสึกหรอที่ปลายมีด (Nose Wear) เป็นการสึกหรอที่ปลายมีดกลึงหรือจุดที่เกิดการเสียดสีระหว่างปลายมีดกลึงกับโลหะที่กำลังทำการตัดเฉือน แสดงในรูปที่ 2.6 การสึกหรอที่ปลายมีด (Nose Wear) บนคมตัดจะส่งผลกับคุณภาพของผิวชิ้นงาน



รูปที่ 2.6 การสึกหรอที่ปลายมีด (Nose Wear) [5]

2.1.3 การสึกหรอเม็ดมีดกับการอายุการใช้งาน [7]

การสึกหรอของคมตัดจะเป็นตัวบ่งชี้ว่า มีดมีการหมดสภาพมีขนาดเกินที่กำหนดไว้ ซึ่งขนาดของการสึกหรอของคมตัดที่ใช้ เป็นเครื่องมือในการประมาณอายุการใช้งานของมีดตัด (Tool Life) นั้น อาจจะประมาณจากขนาดของการสึกหรอบนผิว (Crater Wear) หรือขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) ก็ได้ ขนาดของการสึกหรอที่ใช้ในการประมาณอายุการใช้งานของมีดตัด จะเป็นขนาดของการสึกหรอที่ถึงจุดที่การสึกหรอเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและส่งผลกระทบต่อขนาดของมีดที่จะใช้งานต่อไป ซึ่งเรียกจุดนี้ว่าจุดวิกฤติ (Critical Point) เช่น ถ้าพิจารณาพัฒนาการของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) ในระหว่างอายุของใบมีดจะพบว่ามี 3 ชั้น คือ การสึกหรอขั้นแรก (Primary Wear or Initial Wear) การสึกหรอขั้นที่สอง (Secondary Wear or Progressive Wear) และขั้นสุดท้ายเป็นการสึกหรอขั้นที่สาม (Tertiary Wear or Catastrophic Wear) ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 กราฟความสัมพันธ์ของพัฒนาการของการสึกหรอบนผิวหอบ (Flank wear) [7]

2.1.4 การกำหนดอายุการใช้งานของใบมีด

การสึกหรอขั้นแรก (Primary Wear or Initial Wear) เมื่อนำมีดกลึงที่เพิ่งลับใหม่ หรือ ใบมีดใหม่มาใช้ทำการตัดเฉือนชิ้นงาน คมตัดก็จะเกิดความเสียหายอย่างรวดเร็ว จากรูปที่ 2.7 กราฟ แสดงขนาดของการสึกหรอเทียบกับเวลา แสดงให้เห็นว่าอัตราการสึกหรอในขั้นแรกจะสูงมาก ซึ่ง อัตราการสึกหรอนี้จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ใช้ในการตัดเฉือน และวัสดุของชิ้นงานที่ทำการตัดเฉือน

การสึกหรอขั้นที่สอง (Secondary Wear or Progressive Wear) การสึกหรอในขั้นนี้เป็น การสึกหรอที่ดำเนินต่อเนื่องมาจากการสึกหรอในขั้นแรก แต่การสึกหรอเพิ่มขึ้นในลักษณะคงที่ คือ อัตราการสึกหรอน้อยกว่าช่วงแรก จุดสิ้นสุดของการสึกหรอในช่วงนี้จะเรียกว่าจุดวิกฤติของการสึกหรอบนผิวหอบ (Critical Point of Flank Wear) หรือเรียกง่าย ๆ ว่า Critical Flank ซึ่งจุดนี้มักใช้เป็น จุดสิ้นสุดของอายุการใช้งานของใบมีด ในกรณีนี้จะสิ้นสุดเมื่อการสึกหรอบนผิวหอบ (Flank Wear, VB_p) มีขนาดมากกว่า 0.8 มม. (รูปที่ 2.7)

การสึกหรอขั้นที่สาม (Tertiary Wear or Catastrophic Wear) การสึกหรอในขั้นนี้เป็น การสึกหรอขั้นสุดท้าย การสึกหรอจะเกิดขึ้นมากและรวดเร็วซึ่งจะนำไปสู่การสูญเสียสภาพการใช้งาน (Failure) ของใบมีดหรืออินเสิร์ต การสูญเสียสภาพการใช้งานนี้เกิดจากการประกอบกันของการสึกหรอบนผิวหอบที่มีค่าสูง (High Flank Wear) กับการการสึกหรอบนผิวคายที่มีขนาดใหญ่ (Large Crater Wear)

2.1.5 เกณฑ์การหมดอายุของใบมีดกลึง (Tool Life Criterion) [7]

สภาพการหมดอายุของใบมีดกลึง (Tool Life Criterion) สามารถพิจารณาได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ

2.1.5.1 เกณฑ์การหมดอายุการใช้งานของใบมีดโดยยึดถือตัวใบมีดเป็นหลัก (Tool Life Criteria base on tool) ซึ่งก็ได้แก่การพิจารณาสภาพของใบมีดโดยอาจถือว่่าใบมีดสิ้นสภาพเมื่อ

- ก. คมมีด (Cutting Edge) กระทบหรือร้าว
- ข. ขนาดของการสึกหรอบนผิวหหลบ (Flank Wear) ใหญ่เกินไป ตาม ISO 3685: 1993 ถ้า $VB_{max} > 0.6$ มม. หรือ $VB_{Average} > 0.3$ มม.
- ค. ขนาดของการสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear) ลึกเกินไปหรือใหญ่เกินไป หรือกว้างเกินไป
- ง. พิจารณาการสึกหรอบนผิวหหลบ (Flank Wear) และการสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear) ประกอบเข้าด้วยกัน
- จ. ปริมาตรหรือน้ำหนักของเนื้อสารที่สึกออกจากใบมีดมีค่ามากเกินไป
- ฉ. ใบมีดแตกหักลงจริงๆ

2.1.5.2 เกณฑ์การหมดอายุการใช้งานของใบมีดโดยยึดถือเอาชิ้นงานเป็นหลัก (Tool Life Criteria Base on Work Piece)

- ก. ความขรุขระของพื้นผิวของชิ้นงานมีค่าสูงเกินไป หรือหยาบเกินไปกว่าที่กัดความเรียบผิวในแบบงาน
- ข. ขนาดของชิ้นส่วนที่ผลิตออกมามีขนาดไม่ถูกต้องตามที่กำหนด เช่น เกิด Nose Wear มีดก็จะทุ่ มีดก็มีขนาดสั้นลง ทำให้ชิ้นงานโตขึ้น หรือ โตไม่สม่ำเสมอ

2.1.5.3 เกณฑ์การหมดอายุการใช้งานของใบมีดโดยยึดถือหลักอื่นๆ

- ก. แรงแหรือกำลังในการตัดโลหะมีค่าสูงจนเกินไป
- ข. เสียงที่เกิดจากการกลึง ดังกว่าปกติ มีค่าผิดไป เช่น การใช้วัดเสียงความถี่สูง / ความถี่ต่ำ Acoustic Emission Signals
- ค. การสั่นสะเทือนในการตัดโลหะโดยวัดแรงสั่นสะเทือนเนื่องจากการกระทบของมีดตัดชิ้นงาน

2.1.6 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการสึกหรอบนคมตัดของใบมีดกลึงตามมาตรฐาน ISO [7]

2.1.6.1 การแบ่งเขตของการสึกหรอบนผิวหหลบ (Flank Wear)

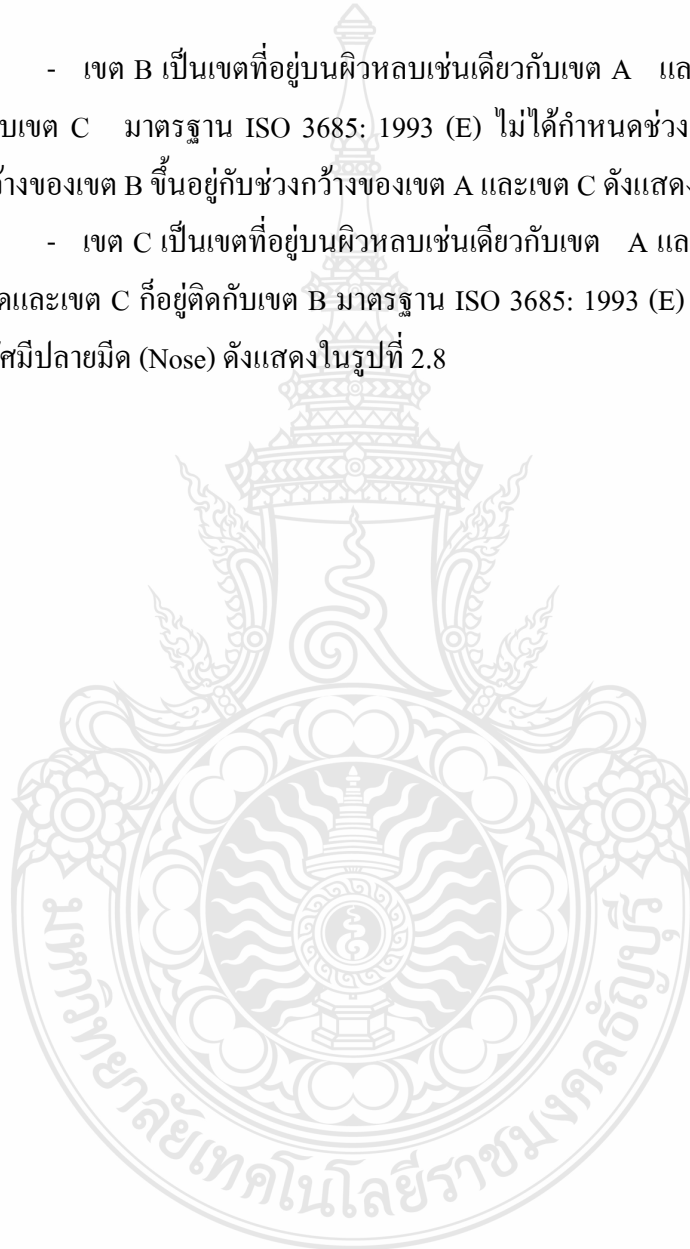
มาตรฐาน ISO ได้มีการแบ่งเขตของการสึกหรอบนผิวหหลบ (Flank Wear) เพื่อให้การวัดขนาดของการสึกหรอบนผิวหหลบ (Flank wear) เป็นไปในแนวทางเดียวกัน โดยเขตของการสึกหรอบนผิวหหลบ (Flank Wear) แสดงในรูปที่ 2.8

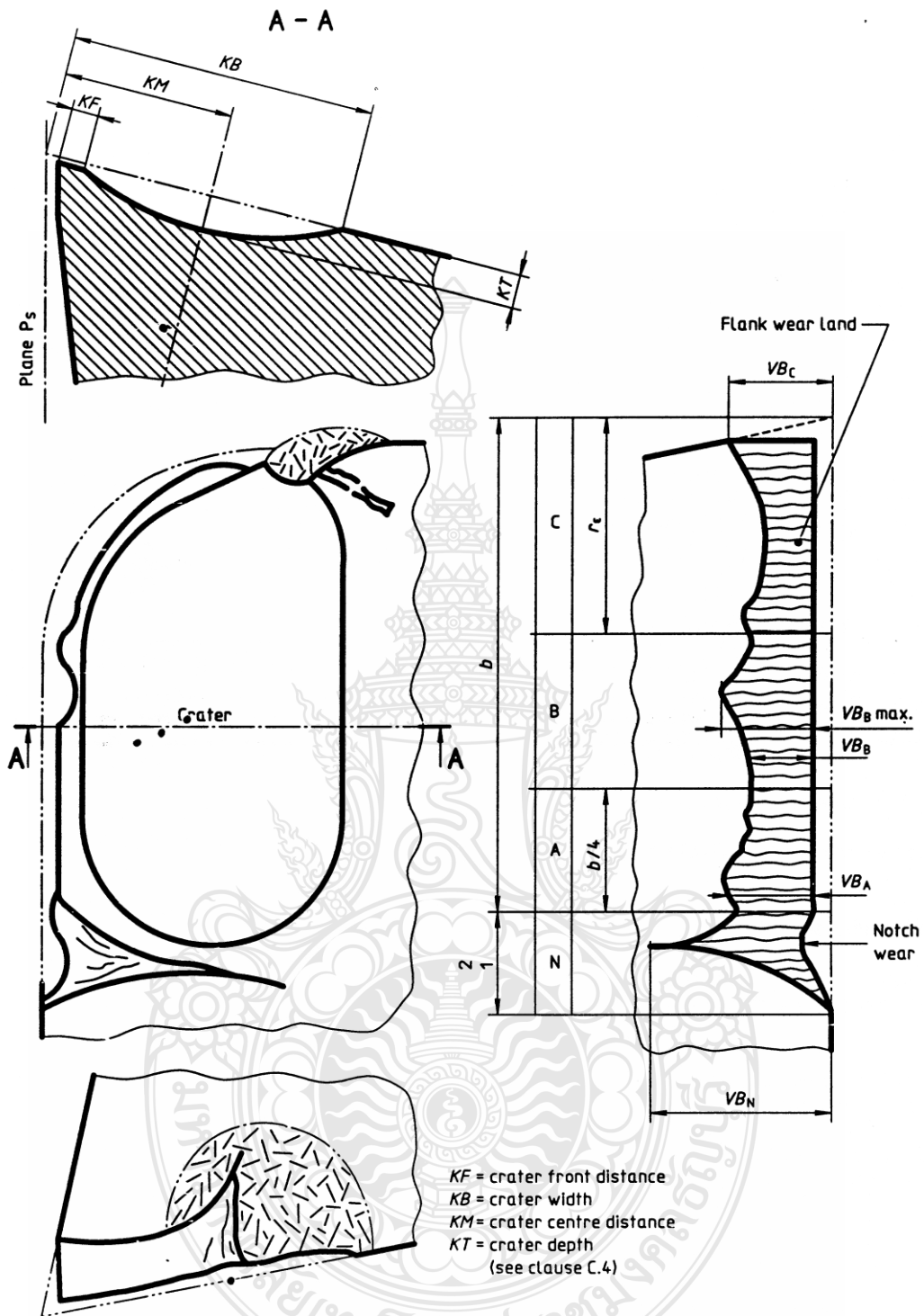
จากรูปที่ 2.8 มาตรฐาน ISO ได้แบ่งเขตของการสึกหรอบนผิวหอบ (Flank Wear Zone) ออกเป็น 3 เขต คือ เขต A เขต B และเขต C โดยกำหนดให้ b เป็นระยะป้อนลิ้นในการตัดเฉือนชิ้นงาน

- เขต A เป็นเขตที่อยู่บนผิวหอบด้านในสุดของคมตัด มาตรฐาน ISO 3685: 1993 (E) ได้กำหนดให้เขต A มีค่าเท่ากับ 1 ใน 4 ของ b (เมื่อ b = ระยะป้อนลิ้น) ดังแสดงในรูปที่ 2.8

- เขต B เป็นเขตที่อยู่บนผิวหอบเช่นเดียวกับเขต A และเขต B ก็เป็นเขตที่อยู่ระหว่างเขต A กับเขต C มาตรฐาน ISO 3685: 1993 (E) ไม่ได้กำหนดช่วงกว้างของเขต B แต่จะกำหนดให้ช่วงกว้างของเขต B ขึ้นอยู่กับช่วงกว้างของเขต A และเขต C ดังแสดงในรูปที่ 2.8

- เขต C เป็นเขตที่อยู่บนผิวหอบเช่นเดียวกับเขต A และเขต B เขต C จะอยู่นอกสุดของคมตัดและเขต C ก็อยู่ติดกับเขต B มาตรฐาน ISO 3685: 1993 (E) ได้กำหนดให้เขต C มีช่วงกว้างเท่ากับรัศมีปลายมีด (Nose) ดังแสดงในรูปที่ 2.8





รูปที่ 2.8 เขตของการสึกหรอตามมาตรฐานสากล (ISO) [8]

2.1.6.2 ข้อกำหนดในการใช้ขนาดของการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) เป็นเครื่องมือในการบ่งบอกการเสื่อมสภาพและการสึกหรอของใบมีด มาตรฐาน ISO 3685 : 1993 (E) ได้กำหนดการวัดขนาดของการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) โดยกำหนดให้ทำการวัดขนาดของการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) ในช่วงกว้างของเขต B และกำหนดให้ V_B เป็นขนาดของการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) เฉลี่ย ส่วน $V_{B_{Max}}$ เป็นขนาดของการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) สูงสุด นอกจากนี้มาตรฐาน ISO 3685 : 1993 (E) ยังมีข้อกำหนดในการใช้ขนาดของการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) เป็นเครื่องมือในการบ่งบอกการเสื่อมสภาพและการสึกหรอของใบมีด โดยกำหนดให้เลือกใช้ได้สองกรณี คือถ้าเลือกใช้ขนาดของการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) เฉลี่ย จะกำหนดให้ใบมีดเสื่อมสภาพและการสึกหรอเมื่อขนาดของการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) เฉลี่ย (V_B) มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 0.3 มม. และถ้าเลือกใช้ขนาดของการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) สูงสุด จะกำหนดให้ใบมีดเสื่อมสภาพและการสึกหรอเมื่อขนาดของการสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear) สูงสุด ($V_{B_{Max}}$) มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 0.6 มม. ตำแหน่ง $V_{B_{Max}}$ และ V_B แสดงในรูปที่ 2.8 (มาตรฐาน ISO 3685 :1993)

2.2 วัสดุที่ใช้ทำมีดตัด (Tool Materials) [5]

จากลักษณะการเสียหายของเครื่องมือตัด 3 ลักษณะ ที่กล่าวมาแลวข้างต้นทำให้สามารถระบุคุณสมบัติที่สำคัญ 3 ประการ ของวัสดุที่ควรจะนำมาทำเครื่องมือตัด ดังนี้

1. Toughness เป็นความสามารถของวัสดุที่จะรับพลังงานโดยไม่เกิดการพังหรือแตกหัก วัสดุที่จะใช้ทำมีดตัดควรมีลักษณะผสมระหว่าง ความแข็งแรง (Strength) และความเหนียว (Ductility)
2. Hot Hardness เป็นความสามารถของวัสดุที่จะยังคงความแข็งไวได้ที่อุณหภูมิสูง
3. Wear Resistance เป็นความสามารถของวัสดุในการต้านทานการสึกหรอ ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดในการต้านทานการสึกหรอ คือ ความแข็งวัสดุที่ใช้ทำมีดตัดควรมีคุณสมบัติสำคัญทั้ง 3 ประการข้างต้น จะมากน้อยแตกต่างกันอย่างไรขึ้นอยู่กับวัสดุที่เลือกมาใช้ วัสดุที่นิยมนำมาใช้ทำมีดตัด ได้แก่ เหล็กกล้าคาร์บอน (Plain Carbon and Low Alloy Steels) เหล็กกล้าความเร็วสูง (High-Speed Steel, HSS) โลหะผสมโคบอลต์ (Cast Cobalt Alloys) ซีเมนต์คาร์ไบด์ (Cemented Carbides, Cermets) เซรามิกส์ (Ceramics) เพชร (Synthetic Diamond) เป็นต้น ค่าความแข็งและความแข็งแรงของวัสดุชนิดต่างๆ ที่ใช้ทำมีดตัดโดยค่า Transverse Rupture Strength เป็นค่าที่ใช้พิจารณา Toughness ของวัสดุ

2.2.1 Plain Carbon and Low-alloy Tool Steels

เหล็กกล้าคาร์บอน หรือเหล็กกล้าที่มีส่วนผสมของโลหะผสมอื่นๆ ต่ำ เป็นวัสดุชนิดแรกๆ ที่ถูกพัฒนาใช้ทำมีดตัดก่อนที่จะมีการพัฒนาเหล็กกล้าความเร็วสูง เหล็กกล้าคาร์บอนที่จะใช้ใน

การตัดสามารถทำให้มีความแข็งสูงถึง 60 Rockwell C แต่ในปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้ในอุตสาหกรรม เนื่องจากทำงานได้ไม่ดีในสภาวะการตัดที่เกิดความร้อนสูง ยกเว้นในงานที่มีความเร็วในการตัดต่ำ

2.2.2 High-Speed Steel (HSS)

เหล็กกล้าความเร็วสูงจะมีส่วนผสมของโลหะผสมมากขึ้น ทำให้สามารถคงความแข็งของวัสดุได้ดีที่อุณหภูมิสูงเมื่อเทียบกับเหล็กกล้าคาร์บอน จึงสามารถใช้งานที่ความเร็วตัดสูง ๆ ได้ เหล็กกล้าความเร็วสูงมีหลายชนิดแต่สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ โดยสถาบันเหล็กกล้าอเมริกา (AISI) ได้แก่ 1) ชนิดที่ผสมทั้งสแตน (Tungsten Type) เรียกว่า เหล็กเกรดที (T-grades) และ 2) ชนิดที่ผสมโมลิบดีนัม (Molybdenum Type) เรียกว่า เหล็กเกรดเอ็ม (M-grades)

เหล็กกล้าชนิดที่ผสมทั้งสแตน จะมีทั้งสแตน (W) เป็นโลหะผสมหลัก ในอัตราส่วน 12 - 20% นอกจากนี้ยังมีโลหะผสมอื่นๆ อีกเช่น โครเมียม (Chromium, Cr) ประมาณ 4% และวานาเดียม (Vanadium, V) 1 - 2% เหล็กกล้าความเร็วสูงเกรดที ที่เป็นที่รู้จักและใช้กันมากชนิดหนึ่งคือ T1 หรือ เหล็กกล้าความเร็วสูงชนิด 18-4-1 จะมีโลหะผสมดังนี้ 18% W, 4% Cr และ 1% V

เหล็กกล้าชนิดที่ผสมโมลิบดีนัม จะมีทั้งสแตนและโมลิบดีนัม เป็นส่วนผสมหลักในอัตราส่วน 6% และ 5% ตามลำดับ รวมทั้งโลหะผสมอื่นๆ เช่นเดียวกับเหล็กเกรดที สำหรับคุณสมบัติของโลหะผสมชนิดต่าง ๆ ที่เติมในเหล็กกล้าความเร็วสูง

เหล็กกล้าความเร็วสูงทั่วไปจะมีส่วนผสมของคาร์บอน (C) ประมาณ 0.75 - 1.5% ในทางการค้าเหล็กกล้าความเร็วสูงจะมีความสำคัญ และนิยมใช้กันมากในปัจจุบันแม้จะมีการใช้งานมานานแล้ว โดยจะเหมาะกับมีดตัดหรือเครื่องมือตัดที่มีรูปร่างซับซ้อนเช่น ดอกเจาะ ดอกตลับ หรือมีดกัด เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถผ่าน กระบวนการทางความร้อนให้มีความแข็งสูงถึง 65 Rockwell C รวมถึงมีค่า Toughness ที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น เช่น เซรามิกส์ หรือซีเมนต์คาร์ไบด์ สำหรับการปรับปรุงคุณสมบัติ หรือเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดของวัสดุชนิดนี้ให้ดีขึ้นทำได้โดยการเคลือบผิวด้วยไททาเนียมไนไตรด์ (Titanium Nitride, TiN)

2.2.3 Cast Cobalt Alloys

โลหะผสมโคบอลท์ จะประกอบไปด้วย โคบอลท์ประมาณ 40 - 50%, โครเมียมประมาณ 25 - 35%, ทั้งสแตนประมาณ 15 - 20% และโลหะผสมอื่นๆ เครื่องมือตัดหรือมีดตัดที่ทำจากวัสดุชนิดนี้จะถูกผลิตให้มีรูปร่างที่ต้องการด้วยกระบวนการหล่อในแม่พิมพ์กราฟไฟต์ แล้วทำการเจียรในให้มีรูปร่างและความคมตามต้องการ คุณสมบัติในการทนการสึกหรอ (Wear Resistance) จะมีความสูงกว่าเหล็กกล้าความเร็วสูงแต่ไม่ดีเท่าซีเมนต์คาร์ไบด์ คุณสมบัติเรื่อง Toughness จะสูงกว่าซีเมนต์คาร์ไบด์แต่ไม่ดีเท่าเหล็กกล้าความเร็วสูง ส่วนค่าความแข็งในการทำงานในสภาวะที่มีความร้อนสูง (Hot Hardness) ของโลหะผสมโคบอลท์จะมีความอยู่ระหว่างวัสดุทั้งสอง

มีดตัดที่ทำจากวัสดุชนิดนี้จะเหมาะกับการกัดหยาบ (Heavy Roughing Cuts) ที่ความเร็วสูงกว่ามีดตัดที่ทำจากเหล็กกล้าความเร็วสูง และที่อัตราการป้อนสูงกว่ามีดตัดที่ทำจากซีเมนต์คาร์ไบด์

และ สามารถใช้ตัดหรือกัดชิ้นงานที่ทำจากทั้งโลหะและอโลหะ รวมถึงพลาสติกและกราไฟต์ ปัจจุบัน มีดตัดที่ทำจากโลหะผสมโคบอลต์ มีความสำคัญน้อยกว่ามีดตัดที่ทำจากเหล็กกล้าความเร็วสูง และ ซีเมนต์คาร์ไบด์

2.2.4 Cemented Carbides, Cermets and Coated Carbides

Cemented Carbides เป็นกลุ่มของวัสดุที่ทำจากทั้งสแตนคาร์ไบด์ (WC) โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปด้วยโลหะผง (Powder Metallurgy Technique) โดยมีโคบอลต์เป็นวัสดุประสาน รวมถึงอาจมี ส่วนผสมอื่นๆ เช่น ไททานิยมคาร์ไบด์ (TiC) และ แทนทาลัมคาร์ไบด์ (TaC) ในช่วงแรกของการทำ มีดตัดจากซีเมนต์คาร์ไบด์ส่วนผสมหลักจะเป็นทั้งสแตนคาร์ไบด์ และ โคบอลต์ซึ่งสามารถใช้ในการ กัดชิ้นงาน เหล็กหล่อและชิ้นงานที่ไม่ใช่โลหะเพราะสามารถใช้งานที่ความเร็วตัดสูงกว่ามีดตัดที่ทำ จากเหล็กกล้าความเร็วสูงและโลหะผสมโคบอลต์ แต่พบว่าการสึกหรอแบบ Crater Wear เกิดขึ้น อย่างรวดเร็วทำให้อายุการใช้งานของมีดตัดที่ทำจากซีเมนต์คาร์ไบด์ในยุคแรกๆ ค่อนข้างสั้นและไม่ เหมาะกับการตัดชิ้นงานที่ทำจากเหล็ก จากนั้นมีการค้นพบส่วนผสมที่ทำให้การสึกหรอลดลงได้แก่ การเติมไททานิยมคาร์ไบด์ (TiC) และแทนทาลัมคาร์ไบด์ (TaC) ซึ่งส่วนผสมใหม่นี้สามารถใช้ใน การตัดหรือกัดชิ้นงานที่ทำจากเหล็กได้ด้วย ดังนั้นซีเมนต์คาร์ไบด์จึงสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ใหญ่ๆ ได้แก่

1) เกรดที่ใช้ตัดชิ้นงานที่ไม่ใช่เหล็ก (Non-Steel Cutting Grade) เช่น อลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง แมกนีเซียม เหล็กหล่อ จะมีส่วนผสมหลักคือ ทั้งสแตนคาร์ไบด์และโคบอลต์ (WC-Co)

2) เกรดที่ใช้กับชิ้นงานที่ทำจากเหล็ก (Steel Cutting Grade) เช่น เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ สแตนเลส หรือโลหะผสมกลุ่มเหล็กอื่นๆ จะเพิ่มส่วนผสมอีกสองอย่าง คือ ไททานิยมคาร์ไบด์ (TiC) และ แทนทาลัมคาร์ไบด์ (TaC) คุณสมบัติของซีเมนต์คาร์ไบด์ทั้งสองเกรดจะคล้ายๆ กัน ได้แก่ 1) มี ค่าความทนแรงอัดสูง (High Compressive Strength) แต่มีค่าความทนแรงดึงต่ำถึงปานกลาง (Low-to-Moderate Tensile Strength), 2) ความแข็งสูง (High Hardness), 3) ความแข็งในการทำงานที่ อุณหภูมิสูงมีค่าสูง (High Hot Hardness), 4) ความทนต่อการสึกหรอสูง (High Wear Resistance) 5) ค่าการนำความร้อนสูง (High Thermal Conductivity) 6) ค่าโมดูลัสของอีลาสติคสูง (High Modulus of Elasticity) 7) ค่า Toughness ต่ำกว่าเหล็กกล้าความเร็วสูง

ส่วนผสมของซีเมนต์คาร์ไบด์ จะมีความหลากหลายซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มตามมาตรฐาน ANSI เรียกว่า ระบบเกรดซี (C-Grade System)

Cermets เป็นส่วนผสมของเซรามิกและโลหะบางชนิด โดยใช้ซีเมนต์คาร์ไบด์ ถือเป็น วัสดุชนิดหนึ่งในกลุ่ม Cermets แต่ลักษณะเฉพาะของ Cermets คือจะมีส่วนผสมของไททานิยม คาร์ไบด์ (TiC) แทนทาลัมคาร์ไบด์ (TaC) และไททานิยมคาร์ไบด์ไนไตรด์ (TiCN) ที่มีนิเกิลและ โมลิบดีนัม เป็นวัสดุประสาน เหมาะกับการกัดชิ้นงานที่ทำจาก เหล็กกล้า สแตนเลส และเหล็กหล่อ

ที่ความเร็วสูงและ อัตราการป้อนต่ำซึ่งจะทำให้ผิวของชิ้นงานเรียบโดยอาจไม่จำเป็นต้องมีการเจียรใน

Coated Carbides เป็นซีเมนต์คาร์ไบด์ที่เคลือบผิวบางๆ ด้วยวัสดุที่ทนต่อการสึกหรอ เช่น ไททาเนียมคาร์ไบด์ ไททาเนียมไนไตรด์ และ อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ที่ความหนาของการเคลือบจะบางมากอยู่ในช่วง 0.0001 – 0.0005 นิ้ว (2.5-13 μm) เนื่องจากพบว่าการเคลือบที่หนาเกินไปจะทำให้วัสดุเปราะและแตกง่าย มีดตัดที่ทำจากวัสดุชนิดนี้นิยมใช้กับชิ้นงานที่ทำจาก เหล็กหล่อและเหล็กกล้าในกระบวนการกลึงและกระบวนการกัดโดยใช้ความเร็วสูง ในระยะหลังมีการพัฒนาวัสดุให้ใช้งานกับโลหะนอกกลุ่มเหล็กได้ โดยการเคลือบด้วยวัสดุต่างชนิดกัน เช่น โครเมียมคาร์ไบด์ (CrC) เซอร์โคเนียมไนไตรด์ (ZrN) และเพชร (Diamond) ซึ่งจะช่วยให้อายุการใช้งานของมีดตัดได้

2.2.5 Ceramics

เซรามิกเป็นวัสดุที่มีส่วนผสมหลักคือ อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ที่มีเกรนละเอียดมากในปริมาณ 99% โดยประมาณ และอาจมีออกไซด์ชนิดอื่นๆ ผสมอยู่ด้วยเล็กน้อยเช่น เซอร์โคเนียมออกไซด์ (Zirconium Oxide) เซรามิกผลิตโดยกระบวนการกดอัดขึ้นรูปที่ความดันและอุณหภูมิสูงโดยไม่ต้องใช้วัสดุประสาน (Sintering Process) มีดตัดที่ทำจากเซรามิกจะใช้งานได้ดีเยี่ยมในการกลึงเหล็กหล่อและเหล็กกล้าที่ความเร็วสูง โดยเฉพาะในการกลึงละเอียด ซึ่งจะให้ผิว ชิ้นงานที่ดีมากแต่ไม่เหมาะอย่างยิ่งในการกัดหยาบเนื่องจากมีค่า Toughness ต่ำ นอกจากนี้มีดตัดที่มีส่วนผสมของอลูมิเนียมออกไซด์มักถูกใช้อย่างแพร่หลายในงานขัดละเอียด (Abrasive) เช่น การเจียรใน

2.2.6 Synthetic Diamonds and Cubic Boron Nitride

Synthetic Diamonds หรือ เพชรสังเคราะห์ ในบรรดาวัสดุทั้งหลายที่เรารู้จักเพชร (Diamond) นับเป็นวัสดุที่มีความแข็งที่สุด จากการวัดค่าความแข็งพบว่าเพชรจะมีค่าความแข็งมากกว่าทั้งสแตนคาร์ไบด์และอลูมิเนียมออกไซด์ประมาณ 3 – 4 เท่า เนื่องจากความแข็งเป็นคุณสมบัติสำคัญประการหนึ่งของมีดตัดที่ดี ทำให้เพชรเป็นหนึ่งในวัสดุที่ถูกพิจารณานำมาใช้งาน กระบวนการผลิตมีดตัด ที่ทำจากเพชรสังเคราะห์ทำได้โดยกระบวนการกดอัดขึ้นรูปเพชรที่มีเกรนละเอียดมากที่ความดันและอุณหภูมิสูงโดยไม่ต้องใช้วัสดุประสาน สำหรับการใช้งานของมีดตัดที่ทำจากเพชรจะนิยมใช้ในการกัดชิ้นงานที่ไม่ใช่เหล็กที่ความเร็วสูง และ ใช้ในการขัดผิวชิ้นงานที่ไม่ใช่โลหะ เช่น ไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) และกราไฟต์ ส่วนชิ้นงานที่ทำจากเหล็กไม่ค่อนิยมใช้กับมีดตัดชนิดนี้ เนื่องจากจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างเหล็กกับคาร์บอนในเพชร Cubic Boron Nitride (CBN) เป็นวัสดุที่มีความแข็งรองลงมาจากเพชร กระบวนการผลิตจะเหมือนกันคือใช้การกดอัดที่ความดันและอุณหภูมิสูง โดยปกติมักใช้ในการเคลือบผิวมีดตัดที่ทำจาก ซีเมนต์คาร์ไบด์ และเนื่องจาก CBN จะไม่ทำปฏิกิริยากับเหล็กและนิกเกิลเหมือนกับเพชร ทำให้เป็นที่นิยมใช้ในการกัดชิ้นงานที่ทำจากเหล็กกล้าและโลหะผสมนิกเกิล วัสดุทั้งสองจะมีราคาแพง ดังนั้นการนำมาใช้งานจำเป็นต้องคำนึงถึงต้นทุนด้วย

2.3 ความหยาบผิว (Roughness) [3]

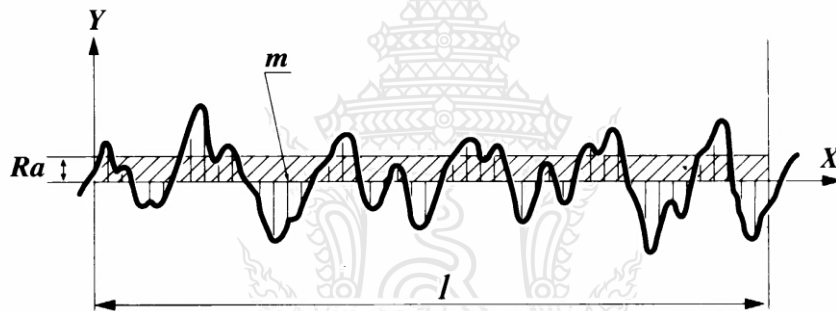
2.3.1 การวัดความหยาบผิว (Measurement of Roughness)

เครื่องมือที่ใช้วัดผิวของชิ้นงานแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบใช้การสัมผัสโดยตรงกับผิวชิ้นงาน (Contact-type Instrument) และไม่สัมผัสชิ้นงาน (Non-Contact Instrument) แบบสัมผัสชิ้นงาน

2.3.2 การหาค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน

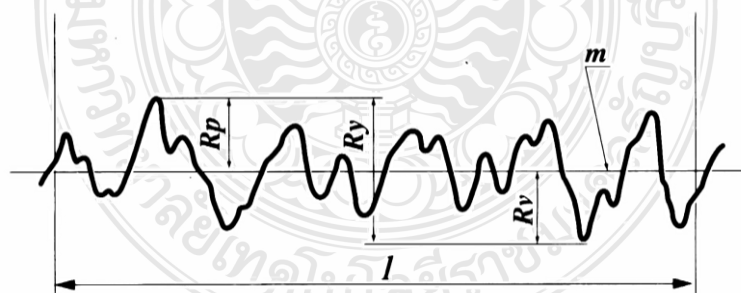
การหาค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน สามารถหาได้จากผิวงานมาตรฐานตามลักษณะความหยาบ ตั้งแต่หยาบจนถึงละเอียด โดยใช้เครื่องมือช่วยในการหาความหยาบละเอียดของผิวงานดังนี้

2.3.2.1 ความหยาบผิว R_a ได้จากการรวมพื้นที่ยอดแหลมเหนือเส้นกึ่งกลางกับพื้นที่หลุมใต้เส้นกึ่งกลางแล้วหารด้วยความยาว l_m ค่าของ R_a มีหน่วยเป็น μm



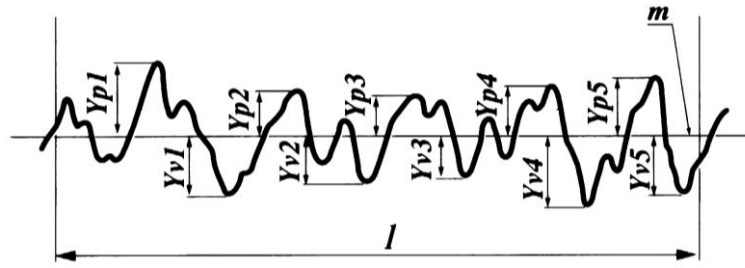
รูปที่ 2.9 การหาค่าความหยาบ R_a [9]

2.3.2.2 ค่าความหยาบผิว R_z ได้จากการวัดทดสอบเป็นช่วงเท่าๆ กัน 5 ช่วง ซึ่งวัดบนผิวงานจริงแล้วนำค่าที่ได้มารวมกันแล้วหารด้วย 5 ค่าของ R_z จะมีหน่วยเป็น μm



รูปที่ 2.10 การหาค่าความหยาบ R_z [9]

2.3.2.3 ค่าความหยาบผิวสูงสุด R_{Max} หมายถึง ความลึกสูงสุดของร่องความหยาบที่มีอยู่ในระยะทดสอบ



รูปที่ 2.11 การหาค่าความหยาบ R_{Max} [9]

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหยาบทางคณิต [9]

ค่าเฉลี่ยความหยาบทางคณิต R_a		ความสูงสูงสุด R_y	ค่าเฉลี่ยความหยาบ 10 จุด R_z	ความยาวสุ่ม R_y, R_z I (Mm)	สัญลักษณ์ แบบเดิม
ชุดมาตรฐาน	ค่าตัดออฟ λ_c (mm)	ชุดมาตรฐาน			
0.012 a	0.08	0.05 s	0.05 z	0.08	
0.025 a	0.25	0.1 s	0.1 z		
0.05 a		0.2 s	0.2 z	0.25	▽▽▽▽
0.1 a	0.8	0.4 s	0.4 z		
0.2 a		0.8 s	0.8 z		
0.4 a		1.6 s	1.6 z		
0.8 a		3.2 s	3.2 z		
1.6 a		6.3 s	6.3 z		
3.2 a	2.5	12.5 s	12.5 z	2.5	▽▽
6.3 a	8	25 s	25 z		
12.5 a		50 s	50 z		
25 a		100 s	100 z		
50 a		200 s	200 z		
100 a	-	400 s	400 z	-	~

* ค่าตัวเลขทั้งสามไม่ใช่ค่าสมบูรณ์แต่ทำการปัดเพื่อให้ดูง่ายขึ้น

* ค่า R_a คำนวณจากความยาว R_y และ R_z ได้จากการรวมค่าตัดออฟและความยาวสุ่ม แล้วหารด้วย 5

2.4 ของไหลในกระบวนการตัด (Cutting Fluids) [5]

ของไหลในกระบวนการตัด หมายถึง ของเหลวหรือแก๊สที่ใช้ในกระบวนการตัดหรือกัดเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการตัด มีหน้าที่หลัก 2 ประการ ได้แก่ 1) ลดความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณที่เกิดการเฉือน (Shear Zone) และบริเวณที่เกิดความเสียดทาน (Friction Zone) และ 2) ลดความเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างมีดตัดกับเศษตัดและมีดตัดกับชิ้นงาน นอกจากนี้ยังมีประโยชน์อื่น ๆ เช่น ช่วยล้างเศษตัดออกจากชิ้นงาน (โดยเฉพาะในการเจียรระโน), ช่วยลดอุณหภูมิของชิ้นงานทำให้ง่ายในการหยิบจับหรือเคลื่อนย้าย, ลดแรงและกำลังในการตัด, ช่วยปรับปรุงขนาดและผิวสำเร็จของชิ้นงาน

2.4.1 ชนิดของของไหลในการตัด (Types of Cutting Fluids)

การจำแนกประเภทของของไหลในการตัดจะพิจารณาจากหน้าที่ (Function) การทำงานก่อนแล้วจึงพิจารณาส่วนผสมทางเคมี (Chemical Formulation) Cutting Fluid Function การจำแนกประเภทของของไหลในการตัดตามหน้าที่การทำงาน จะพิจารณาจากหน้าที่หลักคือการลดความร้อนและลดความเสียดทาน ดังนั้นจึงแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) น้ำหล่อเย็น (Coolants) และ 2) น้ำมันหล่อลื่น (Lubricants) น้ำหล่อเย็น (Coolants) จะมีหน้าที่ในการลดความร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดโดยการนำความร้อนออกจากมีดตัดและชิ้นงาน ปริมาณที่ใช้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางความร้อนของน้ำหล่อเย็นชนิดนั้นๆ โดยเฉพาะค่าความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) และ ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ยกตัวอย่างเช่น น้ำจะมีความร้อนจำเพาะ และ ค่าการนำความร้อนสูงเมื่อเทียบกับของเหลวชนิดอื่น ๆ จึงเป็นเหตุผลว่าน้ำมักถูกใช้เป็นส่วนผสมหลัก (Water-based Solutions) ในน้ำหล่อเย็น ซึ่งใช้งานได้ดีในการตัดที่ความเร็วสูง และเหมาะที่จะใช้กับมีดตัดที่ทำจากเหล็กกล้าความเร็วสูง เป็นต้น

น้ำมันหล่อลื่น (Lubricants) เป็นตัวหล่อลื่นซึ่งมีน้ำมันเป็นส่วนผสมหลัก (Oil-based Fluids) เนื่องจากน้ำมันมีคุณสมบัติในการหล่อลื่นดี น้ำมันหล่อลื่นจะช่วยลดความเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างมีดตัดกับเศษตัดและมีดตัดกับชิ้นงาน และมักใช้ในการตัดที่ความเร็วต่ำ เช่น การเจาะ การตบเกลียว เพราะมีแนวโน้มที่จะสูญเสียประสิทธิภาพที่ความเร็วสูงๆ เช่น ที่ความเร็วมากกว่า 400 ฟุต/นาที (120 เมตร/นาที) เนื่องจากการเคลื่อนที่ของเศษตัดที่ความเร็วสูงๆ จะทำให้น้ำมันหล่อลื่นเขาไปถึงส่วนที่มีดตัดกับเศษตัดสัมผัสกันได้ยาก นอกจากนี้ที่ความเร็วตัดสูงๆ ทำให้เกิดความร้อนสูง ซึ่งจะส่งผลให้น้ำมันระเหยก่อนที่จะทำหน้าที่หล่อลื่น แมว่าหน้าที่หลักของน้ำมันหล่อลื่น คือ ลดความเสียดทานแต่ยังมีผลต่อการลดอุณหภูมิด้วย เนื่องจากจะมีส่วนผสมที่มี ค่าความร้อนจำเพาะ และค่าการนำความร้อนซึ่งช่วยนำความร้อนออกจากกระบวนการตัดได้ นอกจากนี้ ค่าความเสียดทานที่ลดลงจะ ช่วยให้ความร้อนลดลงไปด้วย

โดยปกติของไหลในกระบวนการตัดทั้งสองชนิดจะใกล้เคียงกันเนื่องจาก ในน้ำหล่อเย็น ก็จะมีส่วนผสมบางอย่างที่ช่วยในการลดความเสียดทาน และในน้ำมันหล่อลื่นก็จะมีสารที่มีคุณสมบัติในการนำความร้อนออกจากกระบวนการตัดเช่นกัน การใช้ของไหลในกระบวนการตัดจะมีผลต่อคา

C ในสมการคำนวณอายุมีดตัดของเทปเลออร์ นั้นก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 10-40% แต่จะไม่มีผลต่อค่า n มากนัก

Chemical Formulation of Cutting Fluids ประเภทของของไหลในการตัดตามส่วนผสมทางเคมี สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ 1) Cutting Oils, 2) Emulsified Oils, และ 3) Chemical and Semi-Chemical Fluids คุณสมบัติและการใช้งานของของไหลทั้งสามกลุ่ม

Cutting Oils เป็นของไหลในการตัดที่มีน้ำมันเป็นส่วนผสมหลัก ซึ่งอาจได้จากน้ำมันปิโตรเลียม แรธาตุ สัตว์ หรือพืช แต่ที่ใช้กันทั่วไปคือน้ำมันปิโตรเลียมเนื่องจากมีมากและมีคุณสมบัติตามต้องการ เพื่อให้มีคุณสมบัติในการหล่อลื่นที่ดีมักจะมีการผสมน้ำมันหลายชนิด รวมถึงมีส่วนผสมทางเคมีบางชนิดเช่น ซัลเฟอร์ คลอรีน และฟอสฟอรัส ที่จะทำปฏิกิริยากับผิวเศษตัดและผิวมีดตัดเพื่อให้เกิดฟลอมบางๆ เรียกว่า Solid Films ทำให้ไม่เกิดการสัมผัสกันโดยตรงของผิววัสดุทั้งสอง

Emulsified Oils เป็นส่วนผสมของน้ำกับน้ำมัน โดยใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ ช่วยให้อส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยทั่วไปจะมีอัตราส่วนของน้ำต่อน้ำมันเป็น 30 : 1 รวมถึงมีส่วนผสมทางเคมีบางชนิด เช่น ซัลเฟอร์ คลอรีน และฟอสฟอรัส เนื่องจาก Emulsified Oils มีส่วนผสมที่เป็นน้ำและน้ำมันทำให้มีคุณสมบัติเป็นทั้งสารหล่อลื่นและสารหล่อเย็น

น้ำมันคูแลนที่ชนิดมิลค์กี้ (น้ำมันสบู่) เป็นน้ำมันที่มีองค์ประกอบของน้ำมันมากที่สุดเปรียบเทียบกับน้ำมันคูแลนที่ชนิดสังเคราะห์ และ น้ำมันคูแลนที่ชนิดกึ่งสังเคราะห์โดยมีองค์ประกอบของ Soap ,Fatty Acid, Based Oil Sulfonate โดยลักษณะการใช้ต้องมีการผสมกับน้ำในอัตราส่วน 3%-15% ขึ้นอยู่ลักษณะของงานหลังจากผสมจะมีสีขาวขุ่นเหมือนนํ้านม และเป็นคลอลอยด์โดยน้ำมันคูแลนที่จะมีองค์ประกอบ ของ Emulsifier อยู่ซึ่งจะเป็นตัวเชื่อมให้นํ้ากับนํ้ารวมตัวกันได้ (Emulsifier) จะมีขั้วที่ละลายในน้ำและขั้วที่ละลายในน้ำมัน และเมื่อใช้ไปได้ระยะหนึ่งจะเกิดการเน่าเสียซึ่งเกิดจากการมีแบคทีเรียเข้าไปอยู่ในน้ำมัน ซึ่งแบคทีเรียจะกินน้ำมันเป็นอาหารและเกิดกลิ่นเน่าเหม็น หรืออาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของน้ำมันจึงจำเป็นต้องถ่ายออกจากระบบการผลิต



รูปที่ 2.12 น้ำมันคูแลนที่ผสมกับน้ำ [10]

Chemical Fluids เป็นส่วนผสมของน้ำกับสารเคมีบางชนิด เช่น ซัลเฟอร์ คลอรีน ฟอสฟอรัสและอื่นๆจะมีคุณสมบัติการหล่อเย็นดีแต่การหล่อเย็นไม่ค่อยดีเมื่อเทียบกับสองชนิดข้างบน ส่วน Semi-chemical Fluids จะเพิ่มส่วนผสมของ Emulsified Oils เล็กน้อยเพื่อเพิ่มคุณสมบัติการหล่อเย็น

2.5 การวิเคราะห์ต้นทุนในกระบวนการตัดเฉือน [4]

ต้นทุนในกระบวนการตัดเฉือนสามารถแบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อยได้ดังนี้

2.5.1 ค่าวัสดุชิ้นงาน ถือว่าเป็นค่าที่ไม่ขึ้นอยู่กับสถานะการตัด ดังนั้นถ้ากำหนดให้

$$\begin{aligned} C &= \text{ค่าวัสดุชิ้นงาน} \\ \text{ดังนั้น} \quad C_2 &= \text{Constant} \end{aligned} \quad (2.1)$$

2.5.2 ค่าใช้จ่ายขณะทำการตัดเฉือนโลหะต่อหนึ่งหน่วยชิ้นงาน เป็นค่าใช้จ่ายเฉพาะในกรณีที่เครื่องมือตัดเกิดการตัดโลหะเท่านั้น สามารถแยกเป็นองค์ประกอบย่อยได้อีก คือ เป็นค่าใช้จ่ายของค่าแรงงานคนงานและค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ทำการตัดเฉือนโลหะ ดังนั้นถ้ากำหนดให้

$$\begin{aligned} C_2 &= \text{ค่าใช้จ่ายขณะเกิดการตัด/หนึ่งหน่วยชิ้นงาน (บาท/ชิ้น)} \\ X_{m1} &= \text{ค่าแรงคนงานต่อหน่วยเวลา (บาท/วินาที)} \\ X_{m2} &= \text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยเวลาเมื่อให้สถานะการตัดใด ๆ} \\ &\quad \text{(บาท/วินาที)} \\ T_m &= \text{เวลาที่เกิดการตัดเฉือนโลหะ (วินาที)} \\ \text{เพราะฉะนั้น} \quad C_2 &= (X_{m1} + X_{m2}) T_m \end{aligned} \quad (2.2)$$

ในกรณีที่เป็นการกรึงหรือการกลึงทรงกระบอกแบบเครื่องกลึง สามารถคำนวณเวลาที่ใช้ในการตัดเฉือนโลหะได้ โดยถ้ากำหนดให้

$$\begin{aligned} L_w &= \text{ความยาวของผิวทรงกระบอกที่เกิดการตัดเฉือน (มม.)} \\ f &= \text{อัตราป้อน (มม./นาที)} \\ N_w &= \text{ความเร็วรอบของชิ้นงาน (รอบ/วินาที)} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น

$$T_m = \frac{L_w}{fN_w} \quad (2.3)$$

เนื่องจาก

$$N_w = \frac{1000V}{\pi D} \quad (2.4)$$

โดยที่

$$V = \text{ความเร็วตัด (เมตร/นาที)}$$
$$D = \text{เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (มม.)}$$

เพราะฉะนั้นสมการที่ 2.3 จะกลายเป็น

$$T_m = \frac{\pi L_w D}{1000 fV} \quad (2.5)$$

แทนค่าสมการที่ 2.5 ลงในสมการที่ 2.2 จะได้

$$C_2 = \frac{(X_{m1} + X_{m2}) \pi L_w D}{1000 fV} \quad (2.6)$$

เมื่อพิจารณาสมการที่ 2.6 พบว่าถ้าเพิ่มอัตราป้อนและความเร็วตัด จะสามารถลดเวลาที่ใช้ในการตัดเฉือนโลหะได้ จึงทำให้ต้นทุนในด้านค่าแรงคนงานลดลง แต่จะทำให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยเวลามีค่าสูงขึ้น เนื่องจากต้องใช้พลังงานในการตัดเฉือนโลหะสูงขึ้น

2.5.3 ค่าใช้จ่ายขณะไม่เกิดการตัดต่อหน่วยชิ้นงาน สามารถแยกเป็นองค์ประกอบย่อยได้คือ ค่าใช้จ่ายเมื่อถอดเปลี่ยนชิ้นงาน , ค่าใช้จ่ายในการถอยเครื่องมือตัดเพื่อเริ่มต้นรอบใหม่ , ค่าใช้จ่ายขณะเคลื่อนที่เครื่องมือตัดก่อนการเกิดการตัด และค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบชิ้นงาน ดังนั้นถ้ากำหนดให้

$$C_3 = \text{ค่าใช้จ่ายขณะไม่เกิดการตัดต่อหน่วยชิ้นงาน}$$
$$T_{11} = \text{เวลาที่ใช้ในการถอดเปลี่ยนชิ้นงาน (วินาที)}$$
$$T_{12} = \text{เวลาที่ใช้ในการถอยเครื่องมือตัด เพื่อเริ่มต้นรอบใหม่}$$
$$T_{13} = \text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เครื่องมือตัดก่อนเกิดการตัด(วินาที)}$$
$$T_{14} = \text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยเวลาขณะถอดมีดตัด (บาท/วินาที)}$$

X_{11} = ค่าไฟต่อหน่วยเวลาเพื่อเคลื่อนเครื่องมือตัดก่อนตัดเดือน
 ชั่งงาน (บาท/วินาที)

เพราะฉะนั้น

$$C_3 = X_{m1} T_{11} + (X_{11} + X_{m1}) T_{12} + (X_{12} + X_{m1}) T_{13} + X_{m1} T_{14} \quad (2.7)$$

L_a = ระยะเคลื่อนเครื่องมือตัดก่อนเกิดการตัด (มม.)

เพราะฉะนั้น

$$T_{13} = \frac{\pi L_a}{1000 fV} \quad (2.8)$$

แทนสมการที่ 2.8 ในสมการที่ 2.7 จะได้

$$C_3 = X_{m1} T_{11} + (X_{12} + X_{m1}) T_{12} + (X_{12} + X_{m1}) \frac{\pi L_a D}{1000 fV} + X_{m1} T_{14} \quad (2.9)$$

2.5.4 ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดต่อหน่วยชั่งงาน โดยไม่รวมราคาของเครื่องมือ
 ตัด ดังนั้นถ้ากำหนดให้

C_4 = ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดต่อหน่วยชั่งงาน

X_d = ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเวลาขณะเปลี่ยนเครื่องมือตัด
 (บาท/วินาที)

T_d = เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดต่อหนึ่งหน่วย
 ชั่งงาน

เพราะฉะนั้น

$$C_4 = X_d T_d \quad (2.10)$$

ถ้ากำหนดให้ N = จำนวนมีดตัดที่ใช้ต่อหน่วยชั่งงาน

$$N = \frac{T_m}{T} \quad (2.11)$$

โดยที่ T = อายุการใช้งานของเครื่องมือตัด (วินาที)
 ถ้ากำหนดให้ T_{d1} = เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดตัดต่อหนึ่งคมตัด (วินาที)

$$\text{ดังนั้น } T_d = T_{d1} \left(\frac{T_m}{T} \right) \quad (2.12)$$

แทนค่าสมการที่ 2.12 ลงในสมการที่ 2.10 จะได้ว่า

$$C_4 = X_d T_{d1} \left(\frac{T_m}{T} \right) \quad (2.13)$$

เมื่อพิจารณาสมการที่ 2.13 พบว่า ถ้าต้องการให้ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดต่อหน่วยชิ้นงานลดลง จะต้องเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดให้มากขึ้น นั่นคือต้องลดสภาวะการตัดลง

2.5.5 ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือตัดต่อหน่วยสินค้า ถ้ากำหนดให้

C_5 = ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือตัดต่อหนึ่งหน่วยชิ้นงาน
 Y = ราคาของเครื่องมือตัดต่อหนึ่งหน่วยสินค้า

$$\text{เพราะฉะนั้น } C_5 = Y \left(\frac{T_m}{T} \right) \quad (2.14)$$

2.5.6 ค่าโสหุ้ยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดเฉือนโลหะ สามารถแยกออกเป็นองค์ประกอบย่อยได้เช่น ค่าเสื่อมของเครื่องจักร, ค่าเสื่อมราคาของด้ามจับเครื่องมือตัด, ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องจักรกล

ดังนั้นกำหนดให้

C_6 = ค่าโสหุ้ยต่าง ๆ ต่อหนึ่งหน่วยชิ้นงาน
 X_0 = ค่าโสหุ้ยต่อหน่วยเวลา (บาท/วินาที)
 T_t = เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน 1 ชิ้น

$$\text{เพราะฉะนั้น } C_6 = X_0 T_t \quad (2.15)$$

$$\text{โดยที่ } T_t = T_m + T_1 + T_{12} + T_{13} + T_{14} + T_d \quad (2.16)$$

ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตชิ้นงานหนึ่งชิ้น คำนวณได้จากผลรวมของค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังนี้

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 \quad (2.17)$$

แทนสมการที่ 2.1 , 2.6 , 2.9 , 2.13 , 2.14 , 2.15 , 2.16 ลงในสมการที่ 2.17

$$C_t = C_1 + (X_{m_1} + X_{m_2}) \frac{\pi L_w D}{1000 fV} + X_{m_1} T_{11} \quad (2.18)$$

$$+ (X_{12} + X_{m_1}) T_{12} + (X_{12} + X_{m_1}) \frac{\pi L_a D}{1000 fV}$$

$$+ X_{m_1} T_{14} + (X_d T_{d1} + Y) \frac{T_m}{T} + X_0 T_t$$

2.5.7 เวลาที่ไม่เกิดการตัดเฉือนโลหะ หมายถึง เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานโดยไม่มีการตัดเฉือนโลหะมีดังนี้ คือ เวลาถอดเปลี่ยนชิ้นงาน, เวลาที่ใช้ในการถอยเครื่องมือตัดเพื่อเริ่มต้นรอบใหม่, เวลาที่ใช้เคลื่อนเครื่องมือตัดก่อนเกิดการตัด และเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบชิ้นงาน ดังนั้นถ้ากำหนดให้

$$T_1 = \text{เวลาที่ไม่เกิดการตัดต่อหน่วยชิ้นงาน (วินาที)}$$

$$\text{เพราะฉะนั้น } T_1 = T_{11} + T_{12} + T_{13} + T_{14} \quad (2.19)$$

แทนค่าสมการที่ 2.8 ลงในสมการที่ 2.19 จะได้

$$T_1 = T_{11} + T_{12} + \frac{\pi L_a D}{1000 fV} + T_{14} \quad (2.20)$$

2.5.8 เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนใบมีดต่อหน่วยชิ้นงาน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.12 คือ

$$T_d = T_{d1} \left(\frac{T_m}{T} \right) \quad (2.21)$$

เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานหนึ่งชิ้นจะได้จากผลรวมขององค์ประกอบย่อยต่าง ๆ ดังนี้
ถ้ากำหนดให้

T_t = เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานหนึ่งชิ้น

$$\text{เพราะฉะนั้น } T_t = T_m + T_1 + T_d \quad (2.22)$$

แทนค่าสมการที่ 2.5 , 2.12 ลงในสมการที่ 2.21

$$T_t = \frac{\pi W D}{1000 fD} + T_{11} + T_{12} + \frac{\pi A D}{1000 fD} + T_{14} + T_{d1} \left(\frac{T_m}{T} \right) \quad (2.23)$$

ในกรณีที่ต้องการอัตราการผลิตในหน่วยของชิ้นงานต่อหน่วยชั่วโมงการทำงานสามารถคำนวณได้จาก

$$PR = \frac{3600}{T_t} \quad (2.24)$$

โดยที่ PR = อัตราการผลิตชิ้นงาน (ชิ้นงาน/ชั่วโมง)

2.6 วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมเกียรติ ตั้งจิตตติเจริญ [1] ได้ทำการศึกษาการใช้เม็ดมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบผิวในการกลึงวัสดุชิ้นส่วนของปั๊มรถยนต์ที่เป็นวัสดุเหล็กหล่อสีเทาไฮมิวตฤประสงค์ คือ นำเสนอผลจากการวิจัยถึงอิทธิพลของความเร็วตัดที่มีผลต่ออายุการใช้งานของเม็ดมีดกลึงคาร์ไบด์ ในการผลิตชิ้นส่วนของปัมน้ำรถยนต์ เพื่อนำไปหาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด พบว่าความเร็วตัดและชนิดของเม็ดมีดกลึงคาร์ไบด์จะมีผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือตัด นั่นคือ เมื่อเพิ่มความเร็วตัดหรือเปลี่ยนเม็ดมีดกลึงคาร์ไบด์ อายุการใช้งานของเม็ดมีดกลึงคาร์ไบด์ก็จะเปลี่ยนไปในทางเพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วแต่ชนิดของคาร์ไบด์ ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้อัตราป้อนตัดและความลึกในการตัดคงที่

สุขชีพ โลหะพันธ์ศรี [2] ได้ทำการศึกษาวิจัยถึงการใช้อนุเม็ดมีดกลึงคาร์ไบด์สำเร็จรูปที่เป็นวัสดุคาร์ไบด์เคลือบผิวและวัสดุเซรามิกส์ ในการกลึงชิ้นงานที่เป็นวัสดุเหล็กหล่อสีเทา โดยมีจุดประสงค์เพื่อการศึกษาผลกระทบของอัตราป้อนและความเร็วตัดของเม็ดมีดกลึง มีผลต่อการสึกหรอของใบมีดและความเรียบผิวของชิ้นงานสำหรับงานกลึงละเอียด และศึกษาอายุการใช้งานที่กำหนดจากการสึกหรอของเม็ดมีดกลึงและความเรียบผิวของชิ้นงานเพื่อให้ได้จุดที่สภาวะเงื่อนไขการตัดให้ผลตอบแทนสูงที่สุด พบว่า ความเร็วตัดและอัตราป้อนใบมีดตัดมีผลต่ออายุการใช้งานของเม็ดมีดกลึง กล่าวคือ เมื่อ

เพิ่มความเร็วตัดและอัตราป้อนเพิ่มขึ้น การสึกหรอก็จะเพิ่มมากขึ้นโดยอัตราป้อนใบมีดมีผลกระทบ น้อยกว่าความเร็วตัด นอกจากนี้อัตราป้อนใบมีดยังมีผลต่อความเรียบผิวของชิ้นงาน คือ เมื่อเพิ่มอัตรา ป้อนใบมีด จะมีผลทำให้ชิ้นงานที่มีความเรียบผิวที่มีแนวโน้มนลดลง

Choudhury และ El-Baradie [11] ได้ทำการศึกษาแบบจำลองการทำนายอายุการใช้งานของมีด ตัด โดยการออกแบบการทดลองแบบ 2^3 แฟกทอเรียล สำหรับงานกลึง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และผลตอบสนองของอัตราการกำจัดเนื้อโลหะออก (MRR) ที่เกิดจากความเร็วตัด อัตราป้อนและ ความลึกในการตัดที่สภาวะการตัดเดือนที่แตกต่างกัน โดยใช้มีดตัดทั้งสเตนคาร์ไบด์ที่ไม่ได้เคลือบผิว วัสดุทดลองเป็นเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (EN24T) และการตัดเดือนไม่ใช้น้ำมันหล่อเย็น ผลการ ทดลองที่ได้คืออายุการใช้งานของมีดตัดจะลดลงแต่อัตราการกำจัดเนื้อโลหะจะมีค่าสูงขึ้น เมื่อค่า ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกในการตัดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น Cifci [22] ได้ศึกษาการตัดเดือน เหล็กกล้าสแตนเลสเกรด AISI 304 และเหล็กกล้าสแตนเลสเกรด AISI 316 ด้วยมีดตัดซีเมนต์คาร์ไบด์ ที่เคลือบด้วย TiC/TiCN/TiN และ TiCN/TiC/Al₂O₃ ที่สภาวะการตัดคือความเร็วตัดมี 4 ระดับคือ 120, 150, 180 และ 210 m/min อัตราป้อนคือ 0.16 mm/rev และความลึกในการตัดคือ 1 mm โดยใน การศึกษาจะมีผลตอบสนองที่เกิดขึ้นคือ ความขรุขระพื้นผิว และแรงที่ใช้ในการตัด ผลที่ได้จากการ ทดลองคือเมื่อค่าความเร็วตัดเปลี่ยนแปลงจาก 120 m/min เป็น 180 m/min จะทำให้ค่าความขรุขระ พื้นผิวลดลง และมีดตัดที่เคลือบด้วย TiC/TiCN/TiN จะใช้แรงในการตัดต่ำกว่าแบบเคลือบด้วย TiCN/TiC/Al₂O₃ ส่วนเหล็กกล้าสแตนเลสเกรด AISI 316 จะใช้แรงในการตัดสูงกว่าเกรด AISI 304 ประมาณ 2%

Nagpan [12] ได้ระบุถึงวัตถุประสงค์พื้นฐานทางด้านเศรษฐศาสตร์การผลิต คือ การตัดชิ้นส่วน ที่รวดเร็ว, เสียค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องมือต่ำ, ให้ผิวสำเร็จที่ดี, เวลาในการติดตั้งเครื่องมือที่น้อยที่สุด, การ ใช้พลังงานที่เหมาะสมกับการตัดเดือน เพราะฉะนั้นสิ่งที่จะบ่งบอกถึงอายุการใช้งานของเครื่องมือ ตัด คือปริมาณการตัดเดือนเศษ, จำนวนชิ้นงานที่ทำการแปรรูปได้และการตัดเดือนในหนึ่งหน่วยเวลา ข้อพิจารณาในการกำหนดอายุของเครื่องมือตัดจากสภาวะการตัดเดือนของเครื่องมือตัดต่าง ๆ ดังนี้ สภาวะการตัดเดือน (Cutting Conditions) เช่นความเร็วตัด (Cutting Speed), อัตราการป้อน (Feed) และความลึกป้อน (Depth of Cut), ลักษณะของงานตัดดังเช่น การตัดที่ต่อเนื่องหรือการตัดเป็นระยะ, รูปร่างของเครื่องมือตัด, วัสดุเครื่องมือตัด, สภาวะการตัดเดือนของเครื่องมือตัด

Jain [13] กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดและอายุการใช้งานของเครื่องมือตัด เมื่อ กำหนดใช้ความเร็วตัดสูง ๆ จะทำให้ อายุการใช้งานของเครื่องมือตัดลดลงด้วยความสัมพันธ์ดังกล่าว กำหนดในสมการดังนี้

$$VT^n = C \quad (2.25)$$

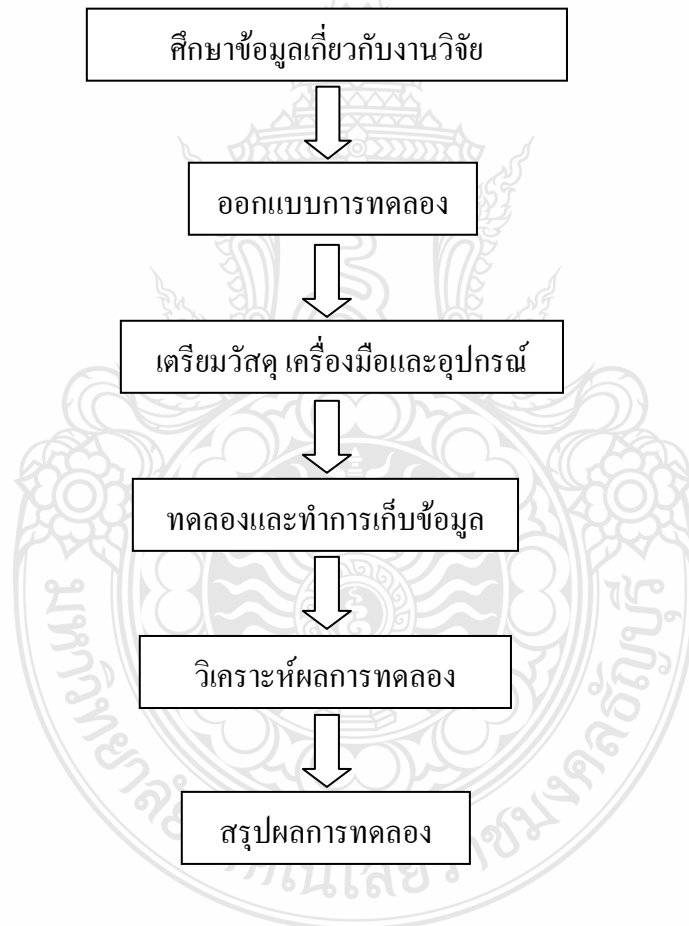
การทดสอบหาอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดกับการปรับค่าความเร็วตัด (Cutting -Speed) เมื่อนำมาเขียนกราฟจะได้รูปความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นโค้งลักษณะพาราโบลา และเมื่อเขียนในตารางล็อกกาลีทิมทำให้ได้ความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรง เมื่อ n คือดัชนีของวัสดุเครื่องมือตัดเป็นความชันเส้นตรงในเชิงล็อกกาลีทิม เมื่อนำผลการทดลองระหว่างการเปลี่ยนความเร็วตัด กับอายุการของเครื่องมือตัดนำมาเขียนกราฟลงในตารางล็อกได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ซึ่งจะมีค่าความชันที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับการใช้วัสดุเครื่องมือตัดชนิดใด ๆ สำหรับตัดเนื้อวัสดุชิ้นงานที่แตกต่างกันด้วย ดังเช่น 0.1 0.5 สำหรับ High Speed Steel Tools, 0.2 0.4 สำหรับ Tungsten Carbide Tools 0.4 0.5 สำหรับ Ceramic Tools จากสมการจะได้ค่า C คือค่าคงที่อายุการใช้งานของเครื่องมือในหนึ่งหน่วยเวลา



บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในขั้นตอนการดำเนินงานนี้จะมุ่งเน้นเพื่อศึกษาเพื่อหาอายุการใช้งานของเม็ดเม็ดคอลลี ที่มีผลต่อกระบวนการผลิตชิ้นส่วน จากกรณีศึกษา บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด จุลพงษ์การช่าง ในการศึกษาจะทำการศึกษาเม็ดเม็ดคอลลีทั้งหมด 3 ชนิดซึ่งจะมีสภาวะการตัดเฉือนต่อการผลิตชิ้นส่วนในสายการผลิต ซึ่งสภาวะการตัดเฉือนที่ประกอบไปด้วย ความเร็วตัด, อัตราป้อน, ความลึกป้อน ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานการทดลอง

3.1 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

3.1.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติตามความต้องการระบุตามแบบงานที่บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด จุลพงษ์การช่าง ใช้ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วน วัสดุที่ใช้ประกอบด้วย

3.1.1.1 วัสดุทดลอง

ก. เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ส่วนประสมทางเคมีประกอบด้วย

- คาร์บอน (Carbon : C) 0.05%
- โครเมียม (Chromium : Cr) 18.5%
- นิกเกิล (Nickel : Ni) 8.5%

แรงดึงสูงสุด 515 N/mm² ความแข็ง 200 HB

ข. วัสดุเม็ดมีดกลึง (Carbide Insert)

การทดลองเพื่อหาอายุการใช้งานของเม็ดมีดกลึงทั้ง 3 ชนิด โดยเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิดนี้ผลิตจากบริษัท 3 บริษัท ซึ่งมีรูปร่างและการใช้งานเหมือนกัน โดยเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิดจะมีการเคลือบผิวเป็นแบบ Chemical Vapour Deposition (CVD) คือ เป็นการเคลือบผิวโดยอาศัยกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีของแก๊สต่าง ๆ ในเตาเคลือบ โดยทั่วไปสารที่เคลือบได้แก่ ไทเทเนียมไนไตรด์, ไททาเนียมคาร์ไบด์(TiC), อลูมิเนียมออกไซด์(Al₂O₃) และไททาเนียมคาร์บอนไนไตรด์(TiCN) การเคลือบผิวแบบชนิดนี้สามารถนำไปใช้ในการเคลือบผิวแบบหลายชั้นได้ (Multi Layer Coating) เนื่องจากสารเคลือบขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊สที่ปล่อยเข้าไป โดยแต่ละชั้นหนา 2 - 12 μm



รูปที่ 3.2 ชนิดของเม็ดมีดที่ใช้ในการทดลอง

ก. น้ำหล่อเย็น (Coolant)

เป็นแบบชนิดอีมีลชั้นน้ำมัน อัตราส่วนผสมระหว่างสารหล่อเย็น 1 ส่วน กับน้ำ 20 ส่วน ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่ทางบริษัทผู้จำหน่ายแนะนำให้ใช้

3.1.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์การทดลอง

3.1.2.1 เครื่องจักรสำหรับการทดลอง

เป็นเครื่องกลึงซีเอ็นซี (CNC Lathe) MORI SEIKI NC1500 ซึ่งจะทำงานโดยใช้ระบบควบคุมของเครื่องโดยป้อนคำสั่ง G-code และ M-code เพื่อปฏิบัติงานตามแบบงานที่ต้องการของบริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด จุลพงษ์การช่าง



รูปที่ 3.3 เครื่องกลึงซีเอ็นซี (CNC Lath) ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2.2 ค้ำจับเม็ดมีดกลึง (Tool Holder)

ค้ำจับเม็ดมีดกลึง SCLCR 2020H 12 ซึ่งในการทดลองก็จะใช้ค้ำจับเม็ดมีดตัวนี้จับยึดเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิด



รูปที่ 3.4 ค้ำจับเม็ดมีดกลึงที่ใช้จับเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิด

3.1.2.3 เครื่องวัดความหยาบผิว (Surface Roughness Machine)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความหยาบผิวของชิ้นงานทดสอบ คือ เครื่อง SURFTEST : 301 ของ บริษัท Mitutoyo ซึ่งจะทำการวัดชิ้นงานที่ผ่านการกลึงมาเรียบร้อยแล้ว ซึ่งความหยาบผิวของชิ้นงานที่ทำการวัดต้องไม่เกิน $3.2 \mu\text{m}$ หากเกิน $3.2 \mu\text{m}$ ถือว่าเม็ดมีดที่ใช้ในการตัดเฉือนหมดอายุการใช้งาน โดยในการวัดค่าความหยาบผิวจะใช้ค่าคัตออฟ 2.5mm และค่าความยาวสุ่มที่ 2.5Mm ซึ่งอ้างอิงจากตารางที่ 2.3

3.1.2.4 เครื่อง Microscopes

ใช้ในการตรวจสอบและวัดค่าการสึกหรอหลังจากเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิด หมดอายุการใช้งาน โดยจะเป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบลักษณะและความแตกต่างของการสึกหรอที่เกิดขึ้น



รูปที่ 3.5 เครื่อง Microscopes ที่ใช้ในการตรวจสอบลักษณะการสึกหรอของเม็ดมีด

3.1.3 สภาวะการตัดเนื้อที่ใช้ในการทดลอง

3.1.3.1 ความเร็วตัด ; เมตร/นาที : ใช้ความเร็วตัดในการทดลองของเม็ดมีดแต่ละชนิดต่างกันซึ่งแต่ละชนิดใช้ความเร็วตัด 2 ระดับ ดังนี้

- ชนิด A คือ CCMT120408-MA ใช้ที่ 135 และ 185 เมตร/นาที
- ชนิด B คือ CCMT120408MF ใช้ที่ 165 และ 210 เมตร/นาที
- ชนิด C คือ CCMT120408-MM ใช้ที่ 225 และ 265 เมตร/นาที

ความเร็วตัดที่เลือกใช้ เป็นความเร็วตัดที่ได้จากคู่มือการใช้เครื่องมือตัดของเม็ดมีดแต่ละชนิด โดยความเร็วตัดตัวแรกเป็นความเร็วตัดที่คู่มือแนะนำให้ใช้ ส่วนความเร็วตัดที่สองเป็นค่าความเร็วตัดสูงสุดที่คู่มือแนะนำให้ใช้ได้

3.1.3.2 อัตราป้อน ; มิลลิเมตร/รอบ : ใช้อัตราป้อนในการทดลองเหมือนกันทั้ง 3 ชนิด มี 2 ระดับ คือ 0.24 และ 0.30 มิลลิเมตร/รอบ

3.1.3.3 ความลึกป้อน ; มิลลิเมตร : ใช้ระยะป้อนลึกในการทดลองเหมือนกันทั้ง 3 ชนิด มี 2 ระดับ คือ ที่ความลึก 1.0 มิลลิเมตร และ 1.35 มิลลิเมตร

3.2 การออกแบบการทดลอง

การเลือกใช้วิธีการออกแบบการทดลองจะทำได้โดยการเก็บผลการทดลองมาวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของสภาวะที่มีผลกระทบต่อกระบวนการตัดเนื้อชิ้นส่วนของบริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด จุลพงษ์การช่าง

3.2.1 ตารางกำหนดสภาวะการตัดเนื้อในการทดลอง

ในตารางที่ 3.1 เป็นค่าสภาวะต่าง ๆ ที่กำหนดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ของเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิด ซึ่งการกำหนดตารางการทดลองในตารางนี้จะใช้รูปแบบการทดลองของเม็ดมีดกลึงแต่ละชนิดที่เหมือนกันดังนี้

ตารางที่ 3.1 การออกแบบตารางกำหนดสภาวะการตัดเนื้อสำหรับการทดลอง

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	F ₁		F ₂	
	ความลึกป้อน (Depth of Cut) ; มิลลิเมตร			
	D ₁	D ₂	D ₁	D ₂
V ₁	T _{V1F1D1}	T _{V1F1D2}	T _{V1F2D1}	T _{V1F2D2}
V ₂	T _{V2F1D1}	T _{V2F1D2}	T _{V2F2D1}	T _{V2F2D2}

3.2.2 ตารางแสดงการทดลองสภาวะการตัดเนื้อต่อจำนวนชิ้นส่วนในการตัดเนื้อ

3.2.2.1 สภาวะที่ใช้ในการตัดเนื้อ

ตารางที่ 3.2 การทดลองสภาวะการตัดเนื้อต่อจำนวนชิ้นส่วนในการตัดเนื้อ

ความเร็วตัด ; เมตร/นาที	เวลาในการตัดเนื้อตัดเนื้อ (วินาที)	ค่าคงที่ของ สภาวะการตัด เนื้อ (F_{ij}, D_{ij})
V_{11}	T_{11}	
V_{12}	T_{12}	
V_{13}	T_{13}	
V_{21}	T_{21}	
V_{22}	T_{22}	
V_{23}	T_{23}	

อัตราป้อน ; มิลลิเมตร/รอบ	จำนวนชิ้นส่วนที่ตัดเนื้อ (ชิ้น)	ค่าคงที่ของ สภาวะการตัด เนื้อ (V_{ij}, D_{ij})
F_{11}	T_{11}	
F_{12}	T_{12}	
F_{13}	T_{13}	
F_{21}	T_{21}	
F_{22}	T_{22}	
F_{23}	T_{23}	

ความลึกป้อน; มิลลิเมตร	จำนวนชิ้นส่วนที่ตัดเนื้อ (ชิ้น)	ค่าคงที่ของ สภาวะการตัด เนื้อ (V_{ij}, F_{ij})
D_{11}	T_{11}	
D_{12}	T_{12}	
D_{13}	T_{13}	
D_{21}	T_{21}	
D_{22}	T_{22}	
D_{23}	T_{23}	

3.2.3 ตารางออกแบบการทดลอง

ตัวแปรที่นำมาทำการศึกษา

- ความเร็วตัด (Cutting Speed ; V) : เมตร/นาที
- อัตราป้อน (Feed ; F) : มิลลิเมตร/รอบ
- ความลึกป้อน (Depth of Cut ; D) : มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.3 ผลการทดลองหาอายุการใช้งานเม็ดมีดกลึงชนิด A คือ CCMT120408-MA

ความเร็วตัด ; เมตร/นาที	อัตราป้อน; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.30	
	ความลึกป้อน; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
135	T1 _{V=135,F=0.24,D=1.0}	T1 _{V=135,F=0.24,D=1.35}	T1 _{V=135,F=0.30,D=1.0}	T1 _{V=135,F=0.30,D=1.35}
	T2 _{V=135,F=0.24,D=1.0}	T2 _{V=135,F=0.24,D=1.35}	T2 _{V=135,F=0.24,D=1.0}	T2 _{V=135,F=0.30,D=1.35}
	T3 _{V=135,F=0.24,D=1.0}	T3 _{V=135,F=0.24,D=1.35}	T3 _{V=135,F=0.24,D=1.0}	T3 _{V=135,F=0.30,D=1.35}
185	T1 _{V=185,F=0.24,D=1.0}	T1 _{V=185,F=0.24,D=1.35}	T1 _{V=185,F=0.30,D=1.0}	T1 _{V=185,F=0.30,D=1.35}
	T2 _{V=185,F=0.24,D=1.0}	T2 _{V=185,F=0.24,D=1.35}	T2 _{V=185,F=0.30,D=1.0}	T2 _{V=185,F=0.30,D=1.35}
	T3 _{V=185,F=0.24,D=1.0}	T3 _{V=185,F=0.24,D=1.35}	T3 _{V=185,F=0.30,D=1.0}	T3 _{V=185,F=0.30,D=1.35}

ตารางที่ 3.4 ผลการทดลองหาอายุการใช้งานเม็ดมีดกลึงชนิด B คือ CCMT120408MF

ความเร็วตัด ; เมตร/นาที	อัตราป้อน; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.30	
	ความลึกป้อน ; มิลลิเมตร			
	1.0	1.35	1.0	1.35
165	T1 _{V=165,F=0.24,D=1.0}	T1 _{V=165,F=0.24,D=1.35}	T1 _{V=165,F=0.30,D=1.0}	T1 _{V=165,F=0.30,D=1.35}
	T2 _{V=165,F=0.24,D=1.0}	T2 _{V=165,F=0.24,D=1.35}	T2 _{V=165,F=0.24,D=1.0}	T2 _{V=165,F=0.30,D=1.35}
	T3 _{V=165,F=0.24,D=1.0}	T3 _{V=165,F=0.24,D=1.35}	T3 _{V=165,F=0.24,D=1.0}	T3 _{V=165,F=0.30,D=1.35}
210	T1 _{V=210,F=0.24,D=1.0}	T1 _{V=210,F=0.24,D=1.35}	T1 _{V=210,F=0.30,D=1.0}	T1 _{V=210,F=0.30,D=1.35}
	T2 _{V=210,F=0.24,D=1.0}	T2 _{V=210,F=0.24,D=1.35}	T2 _{V=210,F=0.30,D=1.0}	T2 _{V=210,F=0.30,D=1.35}
	T3 _{V=210,F=0.24,D=1.0}	T3 _{V=210,F=0.24,D=1.35}	T3 _{V=210,F=0.30,D=1.0}	T3 _{V=210,F=0.30,D=1.35}

ตารางที่ 3.5 ตารางผลการทดลองหาอายุการใช้งานเม็ดมีดกลึงชนิด C คือ CCMT120408-MM

ความเร็วตัด; เมตร/นาที	อัตราป้อน; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.30	
	ความลึกป้อน; มิลลิเมตร			
	1.0	1.35	1.0	1.35
225	$T1_{V=225,F=0.24,D=1.0}$	$T1_{V=225,F=0.24,D=1.35}$	$T1_{V=225,F=0.30,D=1.0}$	$T1_{V=225,F=0.30,D=1.35}$
	$T2_{V=225,F=0.24,D=1.0}$	$T2_{V=225,F=0.24,D=1.35}$	$T2_{V=225,F=0.24,D=1.0}$	$T2_{V=225,F=0.30,D=1.35}$
	$T3_{V=225,F=0.24,D=1.0}$	$T3_{V=225,F=0.24,D=1.35}$	$T3_{V=225,F=0.24,D=1.0}$	$T3_{V=225,F=0.30,D=1.35}$
265	$T1_{V=265,F=0.24,D=1.0}$	$T1_{V=265,F=0.24,D=1.35}$	$T1_{V=265,F=0.30,D=1.0}$	$T1_{V=265,F=0.30,D=1.35}$
	$T2_{V=265,F=0.24,D=1.0}$	$T2_{V=265,F=0.24,D=1.35}$	$T2_{V=265,F=0.30,D=1.0}$	$T2_{V=265,F=0.30,D=1.35}$
	$T3_{V=265,F=0.24,D=1.0}$	$T3_{V=265,F=0.24,D=1.35}$	$T3_{V=265,F=0.30,D=1.0}$	$T3_{V=265,F=0.30,D=1.35}$

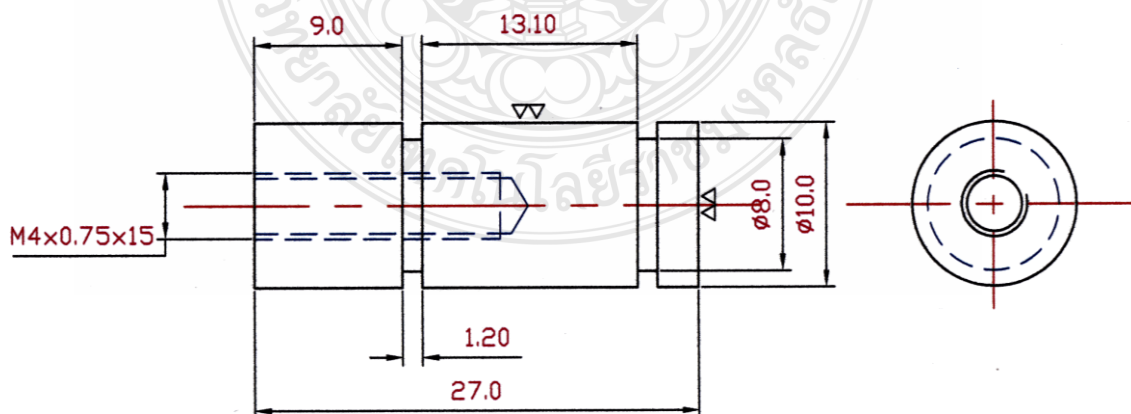
หมายเหตุ : T คือ เวลาที่ใช้ในการตัดเฉือนชิ้นส่วน

3.3 วิธีการทดลอง

การทำการทดลอง จะทดลองจากค่าสภาวะการตัดเฉือนที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ และกำหนดค่าต่าง ๆ ที่มีผลจากการทดลอง ให้ค่าการทดลองและตัวแปรที่จะใช้ในการควบคุมจะใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริงในกรณีศึกษาสายการผลิตของบริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด จุลพงษ์การช่าง

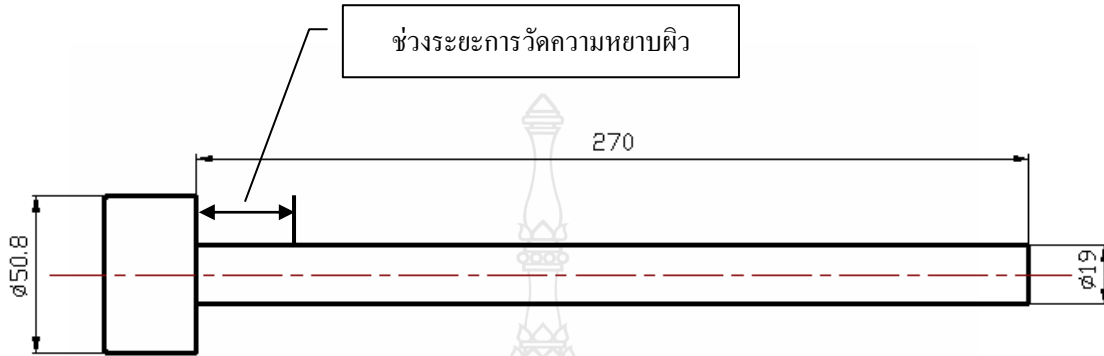
3.3.1 การวางแผนการตัดเฉือนชิ้นงานทดลอง

3.3.1.1 การวางแผนการทดลองโดยสร้างโปรแกรมอัตโนมัติ โดยกำหนดให้เครื่องกลึงปรับความเร็วรอบของเครื่องให้สัมพันธ์กับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานที่เปลี่ยนไประหว่างการทดลอง



รูปที่ 3.6 ขนาดของชิ้นส่วนที่ทำการทดลอง

3.3.1.2 การวัดความหยาบผิวชิ้นงานทดลอง จะทำการวัดผิวชิ้นงานทุก ๆ ช่วงความยาวที่ 243-270 มิลลิเมตร ซึ่งความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) ที่วัดได้ต้องไม่เกิน 3.2 μm หากความหยาบผิวชิ้นงานที่วัดได้มากกว่า 3.2 μm แสดงว่า เม็ดเม็ดที่ใช้ในการทดลองหมดอายุการใช้งาน



รูปที่ 3.7 ช่วงระยะการวัดความหยาบผิวของชิ้นงานทดลอง

3.3.2 การควบคุมตัวแปรในการทดลอง

3.3.2.1 ในการกลึงชิ้นงานจะใช้เครื่องกลึงอัตโนมัติที่สามารถปรับค่าสถานะการตัดเฉือนได้โดยอัตโนมัติ

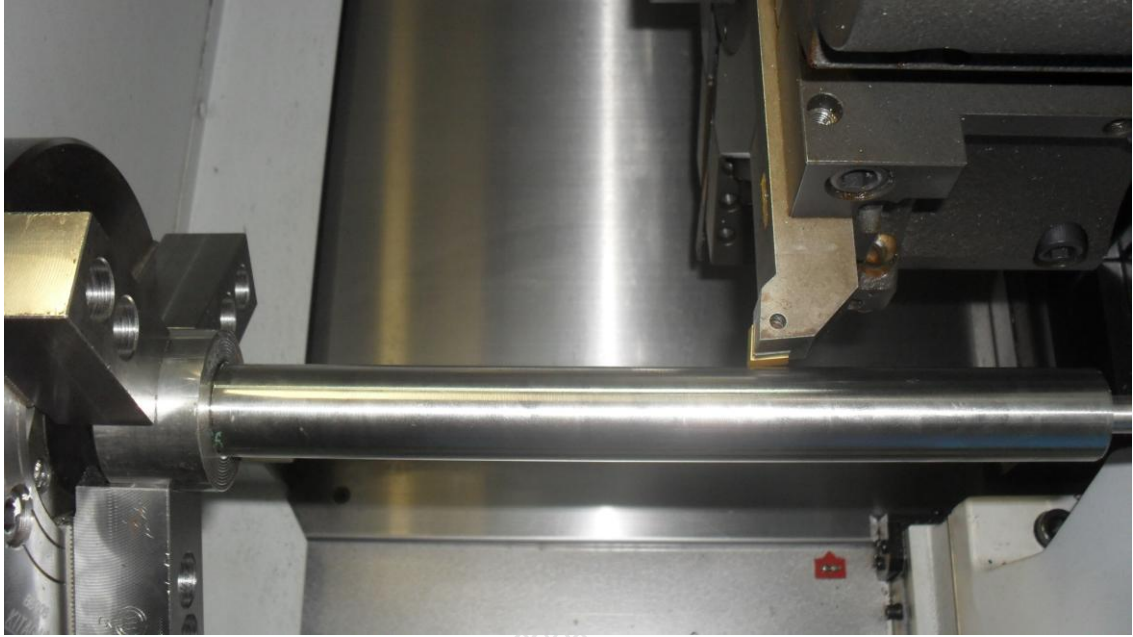
3.3.2.2 การใช้น้ำหล่อเย็น (Coolant) จะใช้อัตราในการผสมเดียวกันทั้งหมด

3.3.3 การเก็บข้อมูลการทดลอง

เป็นการเก็บค่าของเวลาในการตัดเฉือนชิ้นงานทดลอง ตั้งแต่เริ่มตัดเฉือนจนกระทั่งเม็ดเม็ดหมดอายุการใช้งาน โดยจะทำการทดลอง 3 ขั้นตอนดังนี้

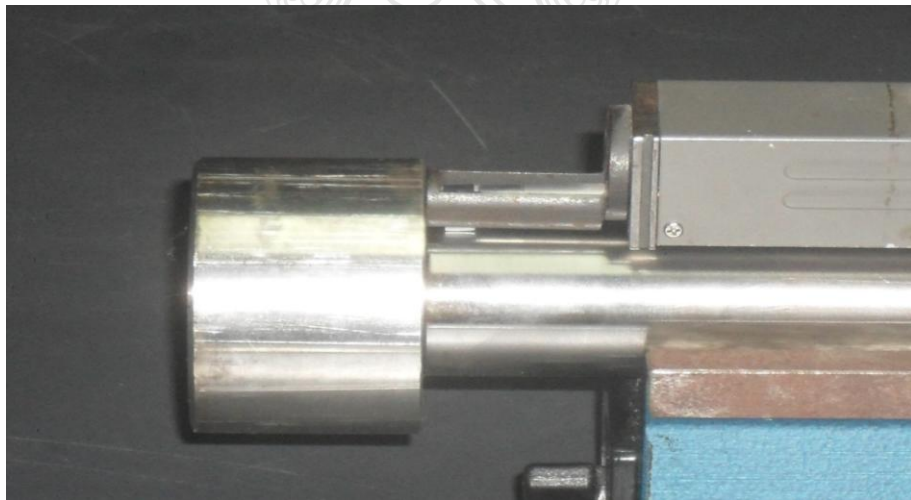
3.3.3.1 ทำการตัดเฉือนชิ้นงานทดลองที่มีความยาว 27 มิลลิเมตร (ความยาวตามแบบงานดังแสดงในรูปที่ 3.6) โดยใช้สภาวะการตัดเฉือนที่ได้กำหนดไว้ในตอนแรก เพื่อหาเวลาในการผลิตจริง

3.3.3.2 ทำการตัดเฉือนชิ้นงานตามสภาวะการตัดเฉือนที่กำหนด ในที่นี้ จะทำการตัดเฉือนโดยการจับเวลาทั้งหมดที่เม็ดเม็ดสามารถตัดเฉือนชิ้นงาน คือ จะทำการกลึงชิ้นงานตามความยาวที่ 270 มิลลิเมตร การกลึงจะทำการกลึงเป็นที่ละ Step



รูปที่ 3.8 ชิ้นงานที่ทำการทดลอง

3.3.3.3 ทำการวัดความหยาบผิวของชิ้นทดลองที่กลึงทุก ๆ การกลึงหนึ่ง Step คือ ที่ ช่วงความยาว 243-270 มิลลิเมตร จนกว่าความหยาบผิวของชิ้นงานทดลองจะเกิน $3.2 \mu\text{m}$



รูปที่ 3.9 การวัดความหยาบผิวชิ้นงานทดลอง

3.3.3.4 ทำการแปลงเวลาที่ได้จากการทดลองเป็นจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้ โดยการเอา เวลาที่ได้จากการทดลองในหัวข้อที่ 3.3.3.2 หาคด้วยเวลาที่ได้จากหัวข้อ 3.3.3.1 เพื่อหาปริมาณหรือ จำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้

เวลาและจำนวนชิ้นส่วนที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ จะนำมาเปรียบเทียบและคำนวณค่าใช้จ่าย เพื่อเลือกใช้เครื่องมือตัดที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด

3.3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.3.4.1 จะทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิธี General Factorial Design ซึ่งเป็นค่าทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะของการตัดเฉือน กับปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้ การวิเคราะห์จะวิเคราะห์โดยใช้ผลการทดลองของเม็คมัด 3 ชนิด ซึ่งสภาวะการตัดเฉือนประกอบด้วย ค่าความเร็วตัด, อัตราป้อน และความลึกป้อน การทดลองแต่ละสภาวะการตัดเฉือนจะมีการทำซ้ำ 3 ครั้ง (Replicate) ซึ่งค่าความเร็วตัดที่ใช้ในการทดลองของเม็คมัดแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ซึ่งมี 2 ระดับ ดังนี้

- เม็คมัดชนิด A (CCMT120408-MA) ใช้ค่าความเร็วตัด 135 และ 185 เมตร/นาที
- เม็คมัดชนิด B (CCMT120408MF) ใช้ค่าความเร็วตัด 165 และ 210 เมตร/นาที
- เม็คมัดชนิด C (CCMT120408-MM) ใช้ค่าความเร็วตัด 225 และ 265 เมตร/นาที

ค่าอัตราป้อน มี 2 ระดับ คือ 0.24 และ 0.30 มิลลิเมตร/รอบ

ค่าความลึกป้อน มี 2 ระดับ คือ 1.0 มิลลิเมตร และ 1.35 มิลลิเมตร

3.3.4.2 การวิเคราะห์การสึกหรอของเม็คมัดที่ใช้ในการทดลอง จะวิเคราะห์โดยการถ่ายภาพจากกล้อง Microscopes แล้วเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็คมัดที่ทำการตัดเฉือนชิ้นงานว่า ปริมาณของการสึกหรอ ของการตัดเฉือนที่ใช้เงื่อนไขในการตัดเฉือนที่แตกต่างกันในการผลิตชิ้นงานทดลองนั้น แตกต่างกันอย่างใด และเงื่อนไขของการตัดเฉือนที่กำหนดนั้นส่งผลอย่างไรต่อการตัดเฉือนชิ้นงานทดลอง

3.3.5 การคำนวณค่าใช้จ่ายในผลิตชิ้นส่วน

3.3.5.1 เก็บข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการตัดเฉือนชิ้นส่วน เช่น เวลาในการตัดเฉือนชิ้นส่วนต่อหนึ่งชิ้นตามเงื่อนไขของการตัดเฉือน และเวลาใช้ในการดำเนินการอื่นๆ

3.3.5.2 นำข้อมูลที่ได้ของแต่ละเงื่อนไขมาหาค่าเฉลี่ยว่าใน 1 คมตัดจะได้เวลาเฉลี่ยกี่วินาทีและจำนวนชิ้นส่วน โดยเฉลี่ยกี่ชิ้น

3.3.5.3 คำนวณหาค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการตัดเฉือนชิ้นส่วนใน 1 คมตัด โดยจะคำนวณค่าใช้จ่าย ใน 2 กรณี คือ กรณีการคำนวณค่าใช้จ่ายจากเวลาที่ใช้ในการตัดเฉือนน้อยที่สุดของเม็คมัดทั้ง 3 ชนิด และการคำนวณค่าใช้จ่ายจากปริมาณสูงสุดของชิ้นส่วนที่ผลิตได้

3.3.5.4 ค่าที่ได้จากการคำนวณ จะนำมาพิจารณาเลือกใช้สภาวะการตัดเฉือนและวัสดุเม็คมัดที่ให้ต้นทุนต่ำสุด

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์

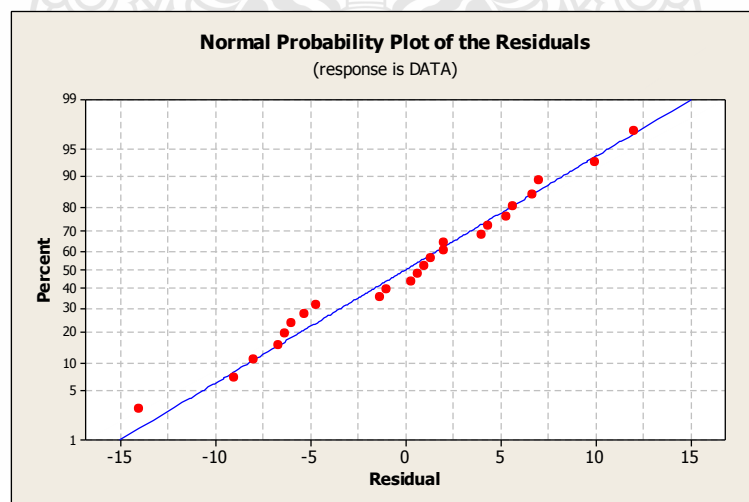
ในงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นทำการศึกษาเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการกลึงด้วยเม็ดมีดชนิดต่างๆ 3 ชนิดด้วยกัน โดยทำการตัดวัสดุชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการใช้เทคนิคทางสถิติในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ร่วมกับการทดสอบจริงในห้องปฏิบัติการเพื่อเพิ่มความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของงานวิจัย หลังทำการทดสอบสามารถอธิบายถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ได้ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิด คือ A , B และ C ดังนั้นจึงต้องใช้เทคนิคทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละเงื่อนไขในการทดลองเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับการทดลอง ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นต้องพิจารณาคูณภาพของข้อมูลนั้นว่ามีการแปรปรวนคงที่หรือมีคุณสมบัติเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติหรือไม่ จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค Normal Probability Plot และ ANOVA

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ของเม็ดมีดชนิด A

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Normal Probability Plot ดังรูปที่ 4.1 พบว่าข้อมูลทั้ง 24 ข้อมูลแสดงผลการกระจายเป็นแบบปกติ จึงสามารถอธิบายได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความเชื่อถือได้



รูปที่ 4.1 Normal Probability Plot of the Residuals ของเม็ดมีดชนิด A

หลังจากทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Normal Probability Plot จึงวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ANOVA ดังรูปที่ 4.2 พบว่า ของ Cutting Speed และ Feed ได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.000 และเมื่อพิจารณาตัวแปรในการทดลองตัวต่อมาพบว่าค่า P-Value เพิ่มขึ้นตามลำดับโดยเริ่มจาก Depth of Cut (0.284), Cutting Speed*Feed (0.503), Cutting Speed*Depth of Cut (0.641), Feed*Depth of Cut (0.605) และ Cutting Speed*Feed*Depth of Cut (0.917)

ในการแสดงผลค่าของ P-Value สำหรับตัวแปร Cutting Speed และ Feed ทำให้สามารถอธิบายได้ว่าตัวสถิติทดสอบ F หรือ Variance Ratio ของทั้งสองตัวแปรมีค่าสูงมาก และเนื่องจากความแปรผันในรูป Variance ของความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ทำให้ค่า MS มีค่าสูงมากอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง Cutting Speed และ Feed ส่งผลต่ออายุการใช้งานของเม็ดมิดชนิด A อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนตัวแปรอื่นมีผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Factor	Type	Levels	Values
Cutting Speed	fixed	2	135, 185
Feed	fixed	2	0.24, 0.30
Depth of Cut	fixed	2	1.00, 1.35

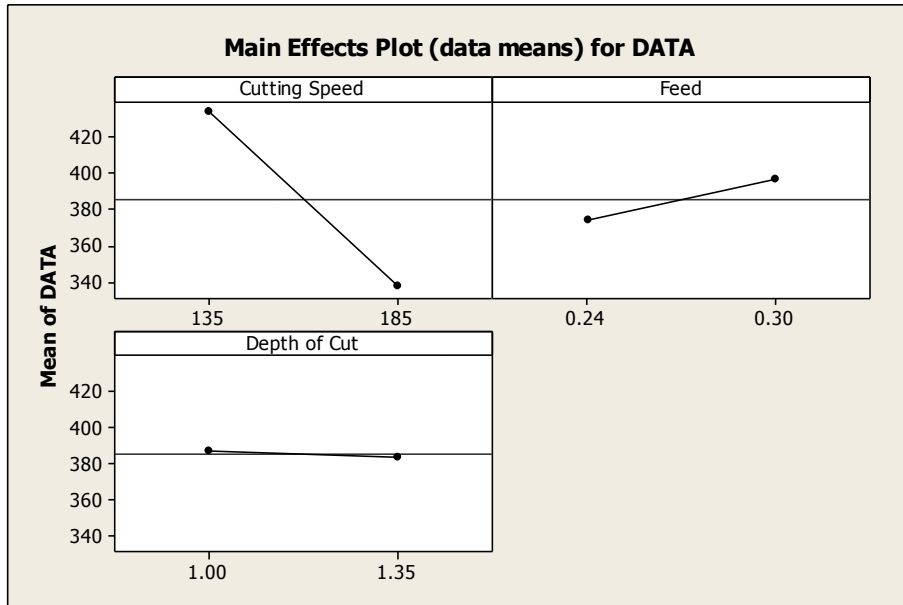
Analysis of Variance for DATA, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Cutting Speed	1	55680.7	55680.7	55680.7	929.30	0.000
Feed	1	2948.2	2948.2	2948.2	49.20	0.000
Depth of Cut	1	73.5	73.5	73.5	1.23	0.284
Cutting Speed*Feed	1	28.2	28.2	28.2	0.47	0.503
Cutting Speed*Depth of Cut	1	13.5	13.5	13.5	0.23	0.641
Feed*Depth of Cut	1	16.7	16.7	16.7	0.28	0.605
Cutting Speed*Feed*Depth of Cut	1	0.7	0.7	0.7	0.01	0.917
Error	16	958.7	958.7	59.9		
Total	23	59720.0				

S = 7.74059 R-Sq = 98.39% R-Sq(adj) = 97.69%

รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ANOVA ของเม็ดมิดชนิด A

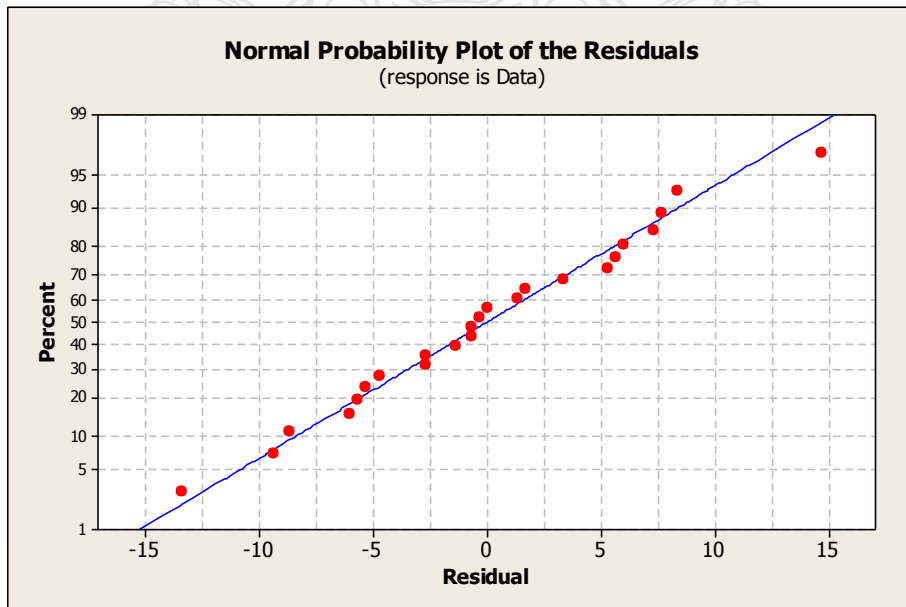
พิจารณากราฟซึ่งแสดงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของ Cutting Speed, Feed และ Depth of Cut เปรียบเทียบกับค่าเดิม ซึ่งผลกระทบนี้เรียกว่า Main Effect จากรูปที่ 4.3 แสดง Main Effect Plot ของเม็ดมิดชนิด A พบว่า เส้นเชื่อมระหว่างค่าเฉลี่ยของสองตัวแปร คือ Cutting Speed และ Feed มีความชันค่อนข้างมากแสดงว่ามีผลต่อจำนวนชิ้นงานเป็นอย่างมาก



รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ Main Effect Plot ของเม็คมัดชนิด A

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ของเม็คมัดชนิด B

ผลการวิเคราะห์เม็คมัดชนิด B ด้วย Normal Probability Plot ดังรูปที่ 4.4 พบว่าข้อมูลทั้ง 24 ค่าที่ได้จากการทดลองแสดงผลการกระจายเป็นเส้นตรงซึ่งเป็นแบบปกติ จึงสามารถอธิบายได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นมีความเชื่อถือได้



รูปที่ 4.4 Normal Probability Plot of the Residuals ของเม็คมัดชนิด B

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Normal Probability Plot จึงทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ANOVA ดังรูปที่ 4.5 พบว่า ตัวแปร Cutting Speed และ Feed ได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ในการทดลองต่อมาพบว่าค่า P-Value ของตัวแปรได้เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ โดยเริ่มจาก Depth of Cut (0.157), Cutting Speed*Feed (0.898), Cutting Speed*Depth of Cut (0.939), Feed*Depth of Cut (0.376) และ Cutting Speed*Feed*Depth of Cut (0.525)

ในการแสดงผลค่าของ P-Value สำหรับตัวแปร Cutting Speed และ Feed ทำให้สามารถอธิบายได้ว่าตัวสถิติทดสอบ F หรือ Variance Ratio ของทั้งสองตัวแปรมีค่าสูงมาก และค่าความแปรผันในรูป Variance ของความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ที่ทำให้ค่า MS มีค่าสูงมากอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง Cutting Speed และ Feed ส่งผลต่ออายุการใช้งานของเม็ดมีดชนิด B อย่างมีนัยสำคัญ ในส่วน Depth of Cut ส่งผลต่อการอายุการใช้งานเพียงเล็กน้อยเนื่องจากค่า MS ก่อนข้างน้อย ส่วนตัวแปรอื่นๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมามีผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

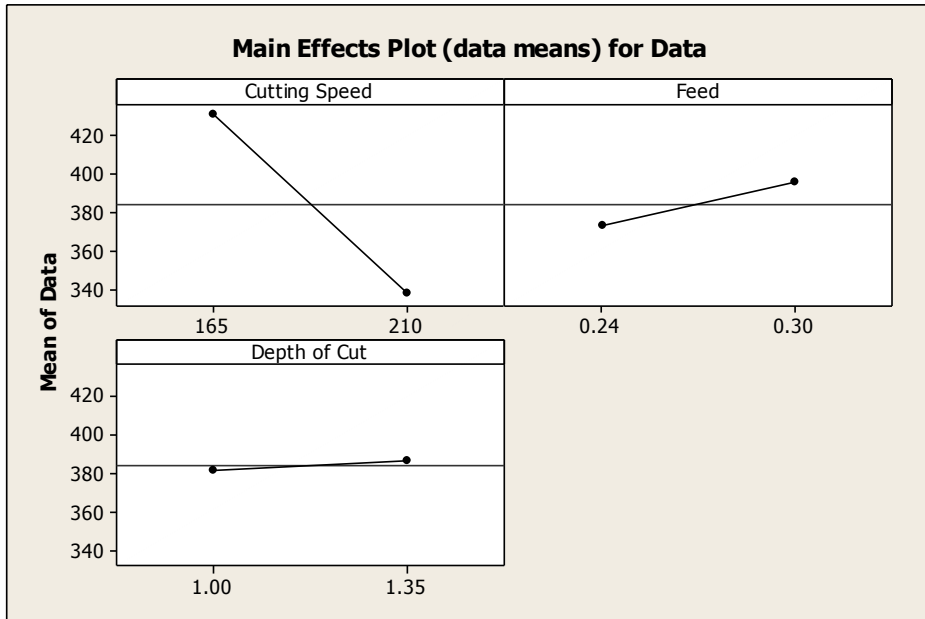
Factor	Type	Levels	Values
Cutting Speed	fixed	2	165, 210
Feed	fixed	2	0.24, 0.30
Depth of Cut	fixed	2	1.00, 1.35

Analysis of Variance for Data, using Adjusted SS for Tests							
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	
Cutting Speed	1	51430.0	51430.0	51430.0	835.69	0.000	
Feed	1	3105.4	3105.4	3105.4	50.46	0.000	
Depth of Cut	1	135.4	135.4	135.4	2.20	0.157	
Cutting Speed*Feed	1	1.0	1.0	1.0	0.02	0.898	
Cutting Speed*Depth of Cut	1	0.4	0.4	0.4	0.01	0.939	
Feed*Depth of Cut	1	51.0	51.0	51.0	0.83	0.376	
Cutting Speed*Feed*Depth of Cut	1	26.0	26.0	26.0	0.42	0.525	
Error	16	984.7	984.7	61.5			
Total	23	55734.0					

S = 7.84485 R-Sq = 98.23% R-Sq(adj) = 97.46%

รูปที่ 4.5 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ANOVA ของเม็ดมีดชนิด B

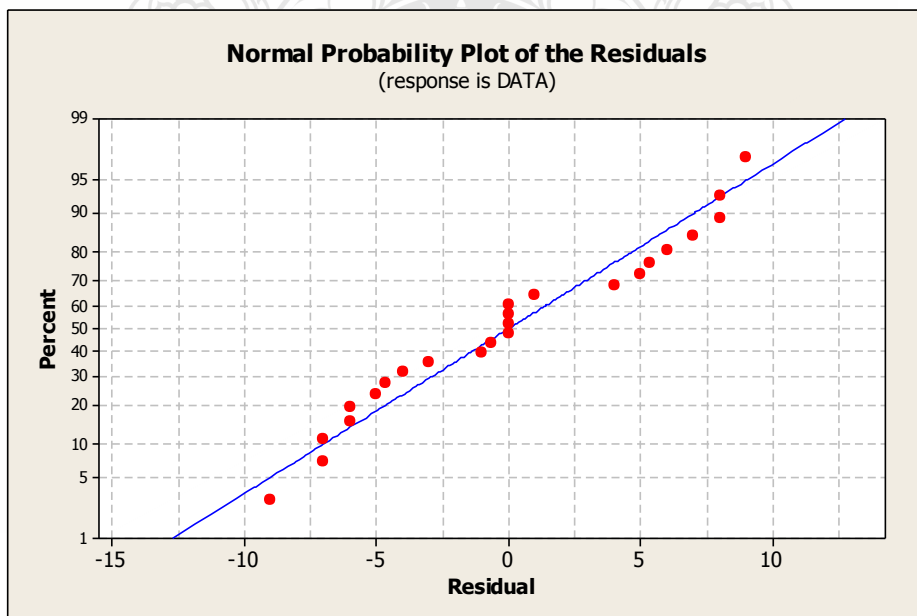
จากกราฟแสดงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของ Cutting Speed, Feed และ Depth of Cut เปรียบเทียบกับค่าเดิม ซึ่งผลกระทบนี้เรียกว่า Main Effect จากรูปที่ 4.6 แสดง Main Effect Plot ของเม็ดมีดชนิด B พบว่า เส้นเชื่อมระหว่างค่าเฉลี่ยของสองตัวแปร คือ Cutting Speed และ Feed มีความชันค่อนข้างมาก แสดงว่ามีผลต่อจำนวนชิ้นงานเป็นอย่างมาก ส่วน Depth of Cut มีผลต่อจำนวนชิ้นส่วนค่อนข้างน้อย



รูปที่ 4.6 การวิเคราะห์ Main Effect Plot ของเม็ดเม็ดชนิด B

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ของเม็ดเม็ดชนิด C

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Normal Probability Plot ดังรูปที่ 4.7 พบว่าข้อมูลทั้ง 24 ค่า แสดงผลการกระจายเป็นเส้นตรงซึ่งเป็นแบบปกติ จึงสามารถอธิบายได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้น มีความเชื่อถือได้



รูปที่ 4.7 Normal Probability Plot of the Residuals ของเม็ดเม็ดชนิด C

หลังจากทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Normal Probability Plot จึงวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ANOVA ดังรูปที่ 4.8 พบว่า ของ Cutting Speed, Feed ได้ค่าเท่ากับ 0.000 และเมื่อพิจารณาตัวแปรในการทดลองตัวต่อมาพบว่าค่า P-Value เพิ่มขึ้นตามลำดับโดยเริ่มจาก Depth of Cut (0.161), Cutting Speed*Feed (0.272), Cutting Speed*Depth of Cut (0.161), Feed*Depth of Cut (0.793) และ Cutting Speed*Feed*Depth of Cut (0.895)

ส่วนในการแสดงผลค่าของ P-Value สำหรับตัวแปร Cutting Speed และ Feed ทำให้สามารถอธิบายได้ว่าตัวสถิติทดสอบ F หรือ Variance Ratio ของทั้งสองตัวแปรมีค่าสูงมาก และค่าความแปรผันในรูป Variance ของความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ทำให้ค่า MS มีค่าสูงมากอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง Cutting Speed และ Feed ส่งผลต่ออายุการใช้งานของเม็ดมีดชนิด C อย่างมีนัยสำคัญ ในส่วน Depth of Cut จะไม่ค่อยส่งผลต่อการอายุการใช้งานเนื่องจากค่า MS ค่อนข้างน้อย ส่วนตัวแปรอื่นๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมามีผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

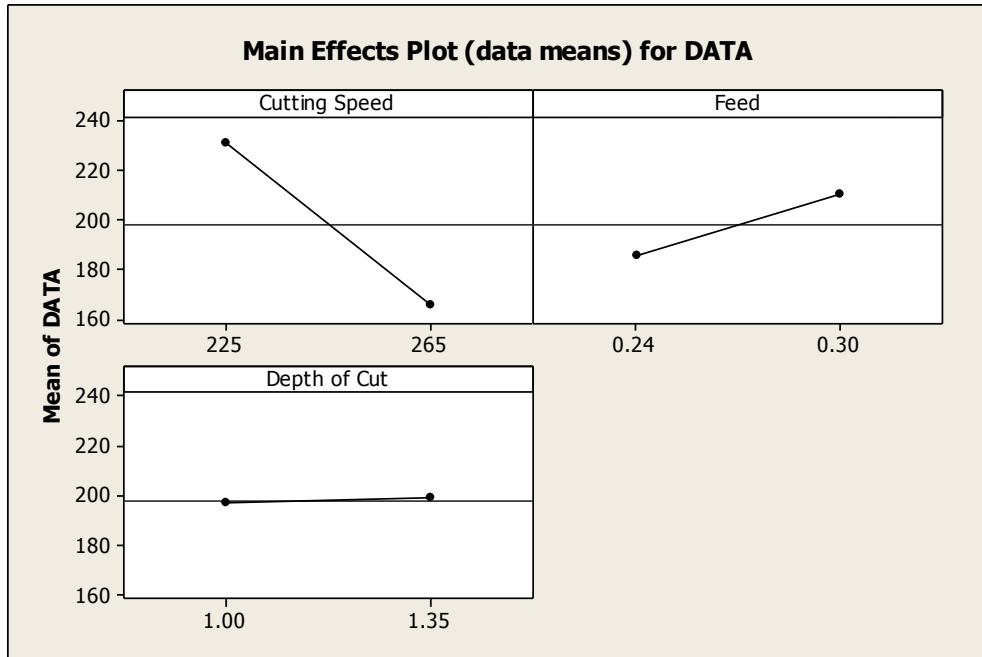
Factor	Type	Levels	Values
Cutting Speed	fixed	2	225, 265
Feed	fixed	2	0.24, 0.30
Depth of Cut	fixed	2	1.00, 1.35

Analysis of Variance for DATA, using Adjusted SS for Tests							
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	
Cutting Speed	1	92008	92008	92008	2467.26	0.000	
Feed	1	4988	4988	4988	133.76	0.000	
Depth of Cut	1	81	81	81	2.16	0.161	
Cutting Speed*Feed	1	48	48	48	1.29	0.272	
Cutting Speed*Depth of Cut	1	81	81	81	2.16	0.161	
Feed*Depth of Cut	1	3	3	3	0.07	0.793	
Cutting Speed*Feed*Depth of Cut	1	1	1	1	0.02	0.895	
Error	16	597	597	37			
Total	23	97806					

S = 6.10669 R-Sq = 99.39% R-Sq(adj) = 99.12%

รูปที่ 4.8 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ANOVA ของเม็ดมีดชนิด C

จากกราฟแสดงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของ Cutting Speed, Feed และ Depth of Cut เปรียบเทียบกับค่าเดิม ซึ่งผลกระทบนี้เรียกว่า Main Effect



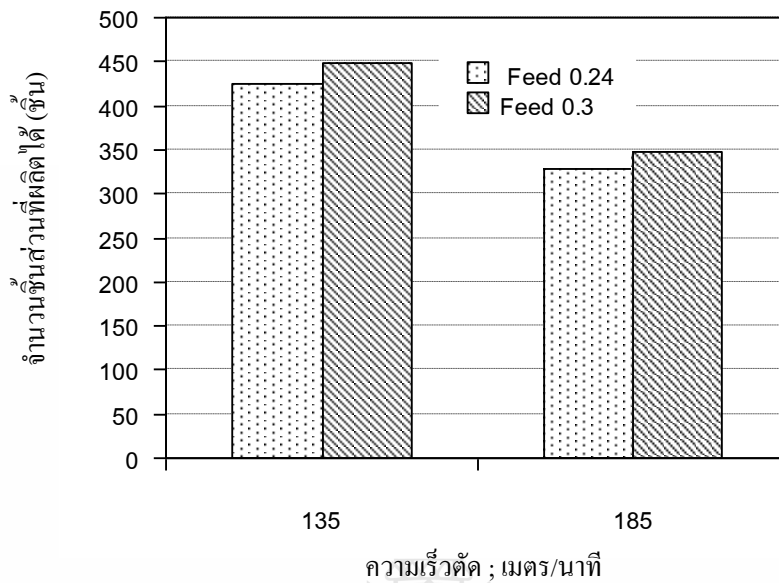
รูปที่ 4.9 การวิเคราะห์ Main Effect Plot ของเม็คมัดชนิด C

จากรูปที่ 4.9 แสดง Main Effect Plot ของเม็คมัดชนิด C พบว่า ทั้ง Cutting Speed และ Feed Rate แสดงอิทธิพลต่อปริมาณของจำนวนชิ้นส่วนที่ได้ คือ ปริมาณชิ้นส่วนที่ได้จะลดลงเมื่อเปลี่ยนค่า Cutting Speed ให้เพิ่มขึ้นแต่การเปลี่ยนอัตราป้อนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ชิ้นส่วนที่เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งค่าเฉลี่ยของสองตัวแปร คือ Cutting Speed และ Feed มีความชันค่อนข้างมาก แสดงว่ามีผลต่อจำนวนชิ้นงานเป็นอย่างมาก ส่วน Depth of Cut มีผลต่อจำนวนชิ้นส่วนค่อนข้างน้อย

4.2 ผลการวิเคราะห์การสึกหรอของเครื่องมือตัด

เป็นการวิเคราะห์การสึกหรอที่เกิดขึ้นกับเม็คมัดที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิด A, B และ C ตามเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลอง ทั้งนี้เพื่อคุณลักษณะการสึกหรอของเม็คมัดแต่ละชนิดว่าเป็นไปในลักษณะไหน เงื่อนไขตัวไหนที่มีอิทธิพลหรือว่าส่งผลต่อการสึกหรอของเม็คมัดแต่ละชนิดมากน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.2.1 อิทธิพลของความเร็วดัดและอัตราป้อนที่ส่งผลต่อการสึกหรอ

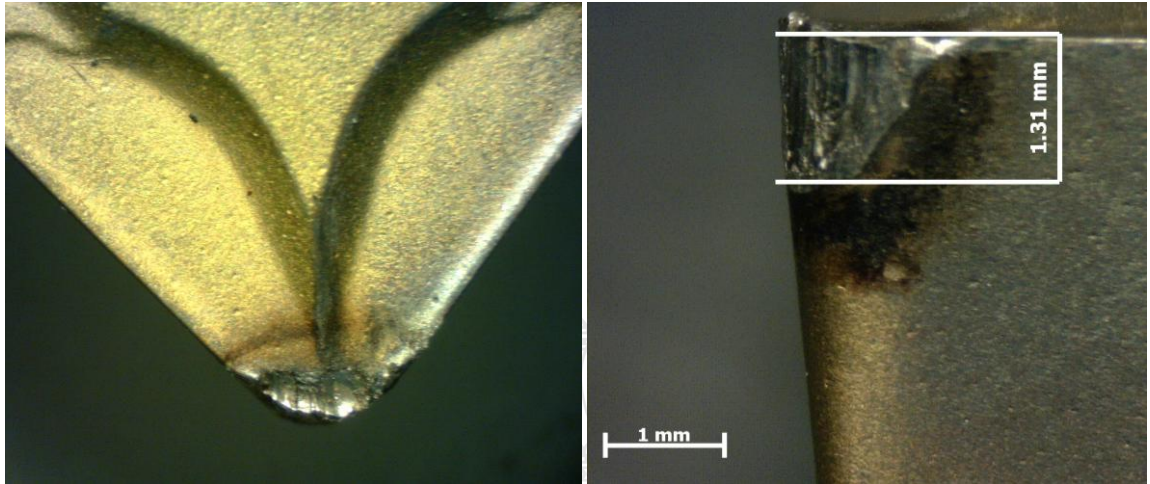


รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้ของเม็ดมีดชนิด A ที่ความเร็วดัดและอัตราป้อนที่ต่างกัน

จากรูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบ ความเร็วดัด และ อัตราป้อน ที่ส่งผลต่อการผลิตชิ้นส่วนของเม็ดมีดชนิด A พบว่า ที่ความเร็วดัด 135 เมตร/นาที กับอัตราป้อนที่ 0.3 มิลลิเมตร/รอบ สามารถผลิตชิ้นส่วนได้มากที่สุด คือ 447 ชิ้น แสดงในภาคผนวก ข. เนื่องจาก อัตราความร้อนจากการเสียดสีกันระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นงาน เกิดขึ้นน้อยกว่าความเร็วดัดที่ 185 เมตร/นาที ส่งผลให้อัตราการสึกหรอของเม็ดมีดเกิดขึ้นช้ากว่าทำให้สามารถผลิตชิ้นส่วนได้มากกว่า [15]

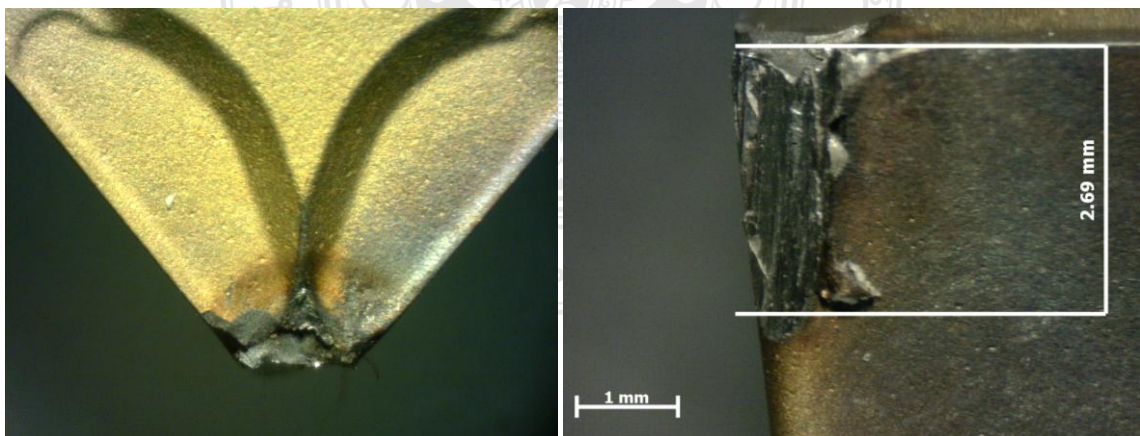
ส่วนการใช้อัตราป้อนที่ 0.3 มิลลิเมตร/รอบ จะทำให้ผลิตชิ้นส่วนได้มากกว่าการใช้อัตราป้อนที่ 0.24 มิลลิเมตร/รอบ เนื่องจาก การใช้อัตราป้อนที่ 0.3 มิลลิเมตร/รอบ จะทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของมีดตัดตามความยาวของชิ้นงานในแต่ละรอบ เกิดขึ้นมากกว่าการใช้อัตราป้อนที่ 0.24 มิลลิเมตร/รอบ จึงทำให้ระยะเวลาในการขัดสีกันระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นงานสั้นลง เป็นผลให้อัตราการสึกหรอเกิดขึ้นช้ากว่าการใช้อัตราป้อนที่ 0.24 มิลลิเมตร/รอบ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้เพิ่มขึ้น

โดยทั่วไปการใช้อัตราป้อนที่สูงขึ้นจะทำให้แรงตัดเฉือนของมีดตัดเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลทำให้มีดตัดเกิดการสึกหรออย่างรวดเร็ว และทำให้อัตราการผลิตลดลง แต่ในกรณีนี้ เป็นผลมาจาก แรงตัดที่เกิดขึ้นเมื่ออัตราป้อนเพิ่มขึ้นยังอยู่ในช่วงที่มีดตัดยังสามารถรับแรงตัดเฉือนได้อยู่ จึงทำให้สามารถผลิตชิ้นส่วนได้เพิ่มขึ้น



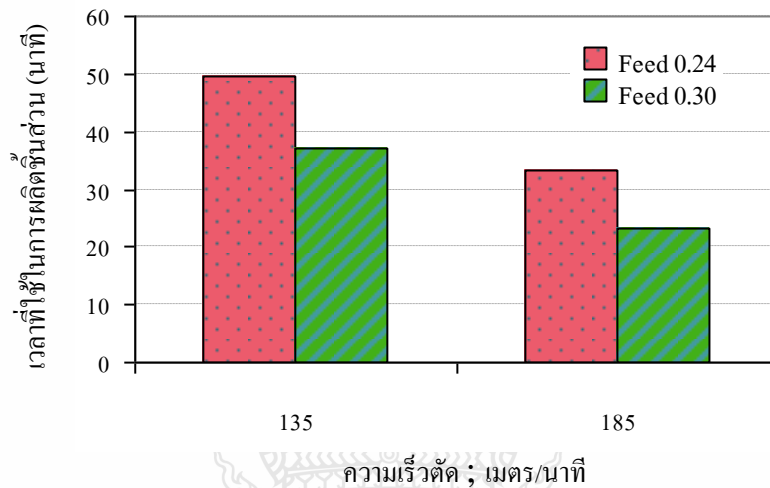
รูปที่ 4.11 การสึกหรอของเม็ดมีดชนิด A ที่ $V = 135$ เมตร/นาที, $F = 0.3$ มิลลิเมตร/รอบ

จากรูปที่ 4.11 ลักษณะการสึกหรอที่เกิดขึ้นของเม็ดมีดชนิด A ที่ความเร็วตัด $V = 135$ เมตร/นาที และ $F = 0.3$ มิลลิเมตร/รอบ นี้เป็นกลไกการสึกหรอแบบขัดสี ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นงานซึ่งจะทำให้เกิดอุณหภูมิสูงที่บริเวณคมตัดของเม็ดมีด [15] ดังนั้นจะส่งผลทำให้อัตราการสึกหรอของคมตัดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และการสึกหรอรูปแบบนี้เกิดขึ้นเนื่องจากเศษโลหะที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณคมตัด ทำให้เกิดแรงเฉือนบริเวณผิวสัมผัสสูงพอที่จะทำให้เกิดความเค้นเฉือนสูงกว่าที่เครื่องมือตัดจะรับได้ จึงทำให้เกิดการตัดเนื้อวัสดุเครื่องมือตัด [16] ซึ่งทำให้เกิดบริเวณของการสึกหรอที่ปลายมีด (Nose Wear) ซึ่งลักษณะการสึกหรอเริ่มแรกจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นในลักษณะที่ ความร้อนที่เกิดจากการขัดสีระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นงานจะสูงขึ้น และทำให้อัตราการสึกหรอที่ปลายเม็ดมีดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและหมดอายุการใช้งาน



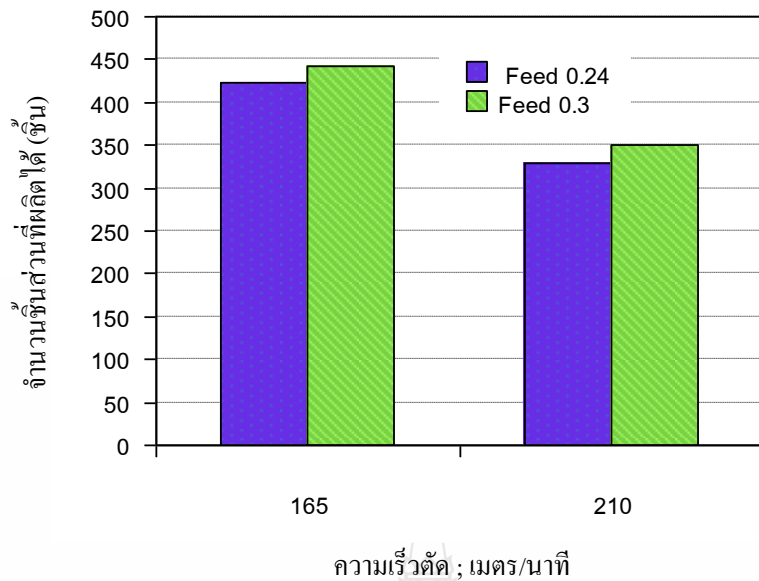
รูปที่ 4.12 การสึกหรอของเม็ดมีดชนิด A ที่ $V = 185$ เมตร/นาที, $F = 0.3$ มิลลิเมตร/รอบ

จากรูปที่ 4.12 ลักษณะการสึกหรอที่เกิดขึ้นของเม็ดมิดชนิด A ที่ความเร็วตัด $V = 185$ เมตร/นาที และ $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ เป็นการสึกหรอแบบขัดสี ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการขัดสีกันที่ปลายเม็ดมิดกับชิ้นงาน เมื่อการสึกหรอที่ปลายเม็ดมิด (Nose Wear) เกิดขึ้นก็จะทำให้เกิดการขัดสีระหว่างเม็ดมิดกับชิ้นงานมากขึ้น ซึ่งจะทำการล้างในการตัดเพิ่มมากขึ้นด้วย การสึกหรอแบบนี้อาจเกิดจากความเร็วตัดที่สูงเกินไป หรือเกิดขึ้นจากการใช้อัตราป้อนที่สูง



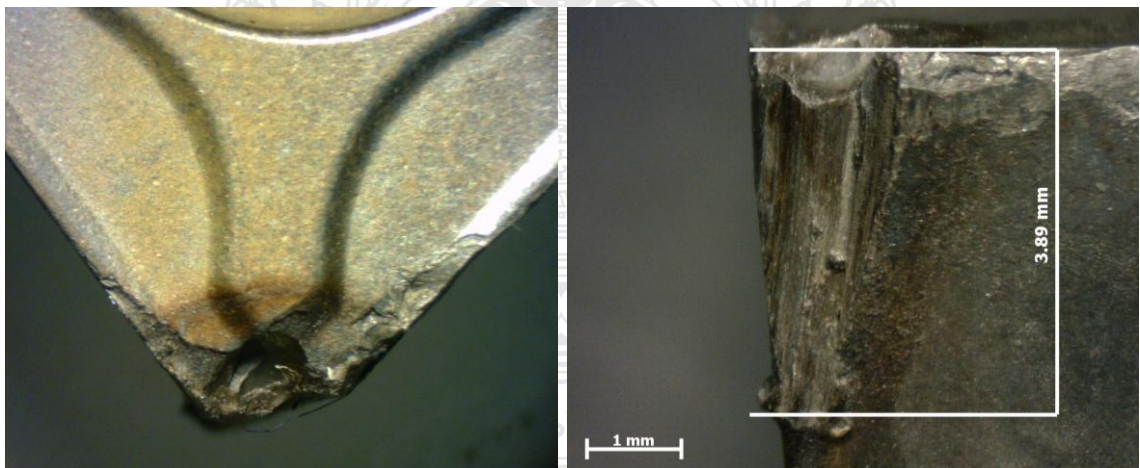
รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ชิ้นส่วนของเม็ดมิดชนิด A ที่ความเร็วตัด และอัตราป้อนที่ต่างกัน

จากตารางที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง ความเร็วตัด และ อัตราป้อน ที่ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนของเม็ดมิดชนิด A พบว่า การเพิ่มความเร็วตัดและอัตราป้อนจะทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนหรืออายุของเม็ดมิดลดลง คือ ที่ความเร็วตัด 185 เมตร/นาที จะใช้เวลาในการผลิตชิ้นส่วนน้อยกว่าที่ความเร็วตัด 135 เมตร/นาที ซึ่งปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้ก็จะน้อยตาม เนื่องจากความเร็วตัดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วรอบของหัวจับงานเพิ่มขึ้นตาม ด้วยเหตุนี้ เมื่อความเร็วรอบของหัวจับงานเพิ่ม ก็จะทำให้อัตราการเคลื่อนที่ตัดงานของมิดตัดเพิ่มตาม ส่งผลให้อัตราการของเศษที่เคลื่อนที่ผ่านเม็ดมิดเพิ่มขึ้น ทำให้มิดตัดต้องรับแรงเฉือนที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่างมิดตัดกับชิ้นงานเพิ่มขึ้นและเกินกว่ามิดตัดจะรับได้ จึงทำให้เม็ดมิดถึงเกิดการสึกหรอ และหมดอายุการใช้งาน ดังรูปที่ 4.10 และที่ อัตราป้อน 0.3 มิลลิเมตร/รอบ จะใช้เวลาในการผลิตชิ้นส่วนน้อยกว่าที่อัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ แต่ปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้จะมากกว่า เป็นผลมาจาก การเคลื่อนที่ตัดชิ้นงานของมิดตัดเพิ่มขึ้น ทำให้ระยะเวลาในการขัดสีกันระหว่างเม็ดมิดกับชิ้นส่วนลดน้อยลง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้เพิ่มขึ้น



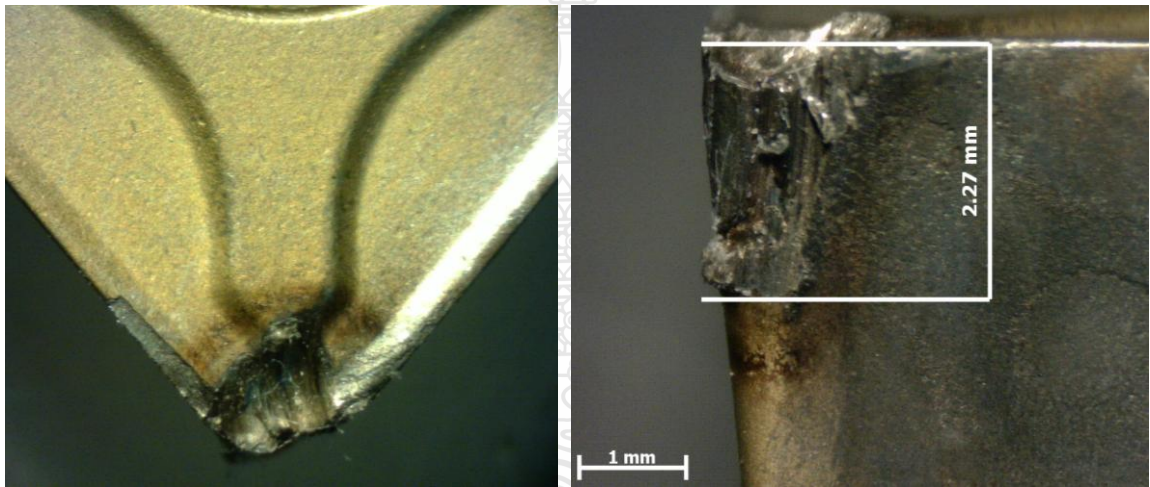
รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้ของเม็คมัดชนิด B ที่ความเร็วตัด และอัตราป้อนที่ต่างกัน

จากรูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง ความเร็วตัด และ อัตราป้อน ที่ส่งผลต่อการผลิตชิ้นส่วนของเม็คมัดชนิด B พบว่า ที่ความเร็วตัด 165 เมตร/นาที กับอัตราป้อนที่ 0.3 มิลลิเมตร/รอบ สามารถผลิตชิ้นส่วนได้มากที่สุด คือ 442 ชิ้น แสดงในภาคผนวก ข. เนื่องจาก อัตราความร้อนจากการเสียดสีกันระหว่างเม็คมัดกับชิ้นงาน เกิดขึ้นน้อยกว่าความเร็วตัดที่ 210 เมตร/นาที ส่งผลให้อัตราการสึกหรอของเม็คมัดเกิดขึ้นช้ากว่า ทำให้สามารถผลิตชิ้นส่วนได้มากกว่า [15]



รูปที่ 4.15 การสึกหรอของเม็คมัดชนิด B ที่ $V=165$ เมตร/นาที , $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ

จากรูปที่ 4.15 ลักษณะการสึกหรอที่เกิดขึ้นของเม็ดมีดชนิด B ที่ความเร็วตัด $V = 165$ เมตร/นาที และ $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ เป็นการสึกหรอแบบขัดสี เกิดจากการขัดสีกันระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นงานที่ตัดเฉือน ลักษณะของการสึกหรอจะเป็นไปในลักษณะการแตกหักด้านข้างคมตัด สาเหตุของการสึกหรอที่ปลายเม็ดมีดและมีการแตกหักด้านข้างคมตัดอาจเกิดเนื่องจาก แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างจุดสัมผัสของเม็ดมีดกับชิ้นงานสูงเกินไป ทำให้แรงต้านการตัดของเม็ดมีดสูงขึ้นจึงทำให้เกิดความร้อนสูง เป็นผลให้เม็ดมีดเกิดการสึกหรอและแตกหัก หรืออาจเกิดจากคมตัดไม่แข็งแรงพอที่จะต้านแรงที่มากกระทำ [15]



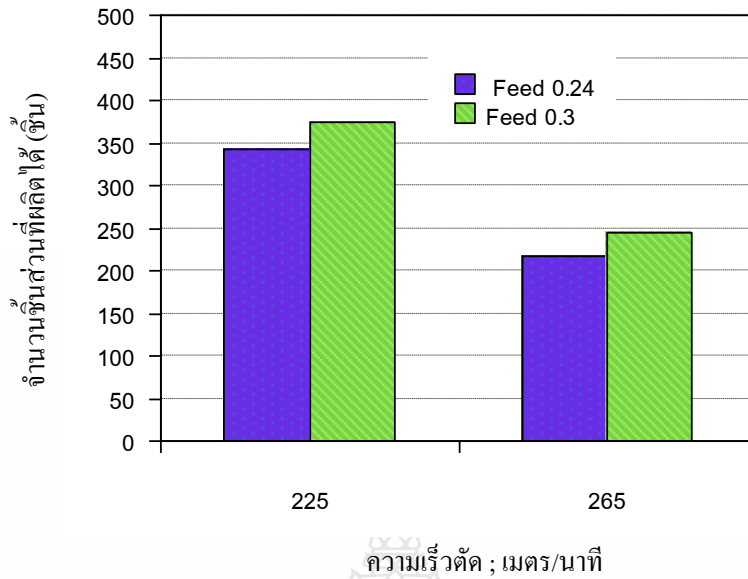
รูปที่ 4.16 การสึกหรอของเม็ดมีดชนิด B ที่ $V=210$ เมตร/นาที, $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ

จากรูปที่ 4.16 ลักษณะการสึกหรอที่เกิดขึ้นของเม็ดมีดชนิด B ที่ความเร็วตัด $V = 210$ เมตร/นาที และ $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ เป็นการสึกหรอจากการขัดสีกันระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นงาน การสึกหรอเมื่อการสึกหรอที่ปลายเม็ดมีดเกิดมากขึ้น ทำให้แรงต้านในการตัดของเม็ดมีดก็จะสูงขึ้นจึงทำให้เกิดความร้อนสูง จึงทำให้เกิดการแตกร้าวที่ขอบด้านข้างของคมตัด [15] และสาเหตุที่ของการสึกหรอที่ปลายเม็ดมีดอาจเกิดจากการใช้ความเร็วตัดหรืออัตราป้อนที่สูงเกินไป



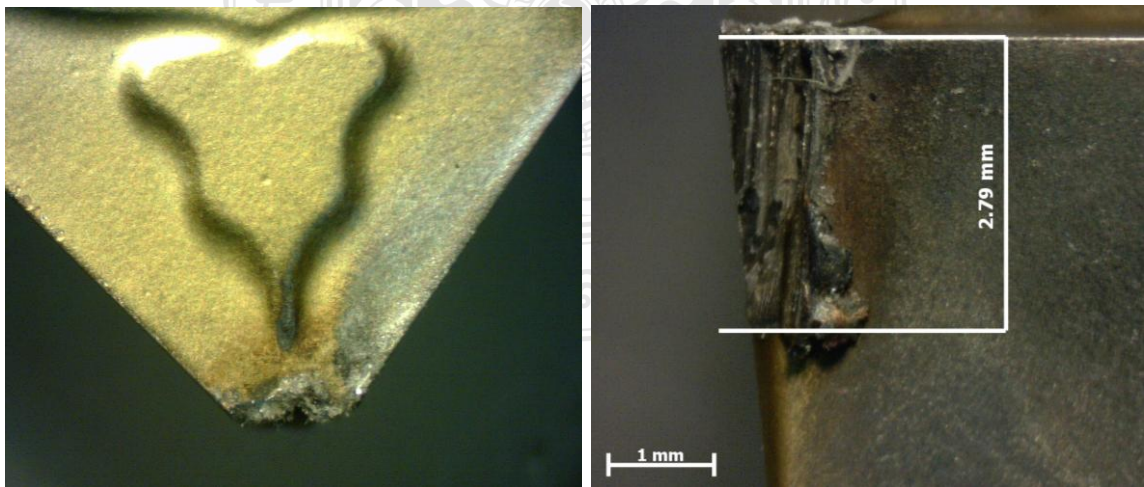
รูปที่ 4.17 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ชิ้นส่วนของเม็ดมีดชนิด B ที่ความเร็วตัด และอัตราป้อนที่ต่างกัน

จากตารางที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง ความเร็วตัด และ อัตราป้อน ที่ส่งผลต่ออายุการใช้งานในการผลิตชิ้นส่วนของเม็ดมีดชนิด B พบว่า การเพิ่มความเร็วตัดและอัตราป้อนจะทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนหรืออายุของเม็ดมีดลดลง คือ ที่ความเร็วตัด 210 เมตร/นาที จะใช้เวลาในการผลิตชิ้นส่วนน้อยกว่าที่ความเร็วตัด 165 เมตร/นาที ซึ่งปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้ก็จะน้อยตาม เนื่องจากความเร็วตัดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วรอบของหัวจับงานเพิ่มขึ้นตาม ด้วยเหตุนี้ เมื่อความเร็วรอบของหัวจับงานเพิ่ม ก็จะทำให้อัตราการเคลื่อนที่ตัดงานของมีดตัดเพิ่มตาม ส่งผลให้อัตราการของเศษที่เคลื่อนที่ผ่านเม็ดมีดเพิ่มขึ้น ทำให้มีดตัดต้องรับแรงเฉือนที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่างมีดตัดกับชิ้นงานเพิ่มขึ้นและเกินกว่ามีดตัดจะรับได้ จึงทำให้เม็ดมีดคลึงเกิดการสึกหรอ และหมดอายุการใช้งาน [15] ดังรูปที่ 4.14 และที่ อัตราป้อน 0.3 มิลลิเมตร/รอบ จะใช้เวลาในการผลิตชิ้นส่วนน้อยกว่าที่อัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ แต่ปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้จะมากกว่า สาเหตุอาจมาจาก การเคลื่อนที่ตัดชิ้นงานของมีดตัดเพิ่มขึ้น ทำให้ระยะเวลาในการขัดสีกันระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นส่วนลดน้อยลง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้เพิ่มขึ้น



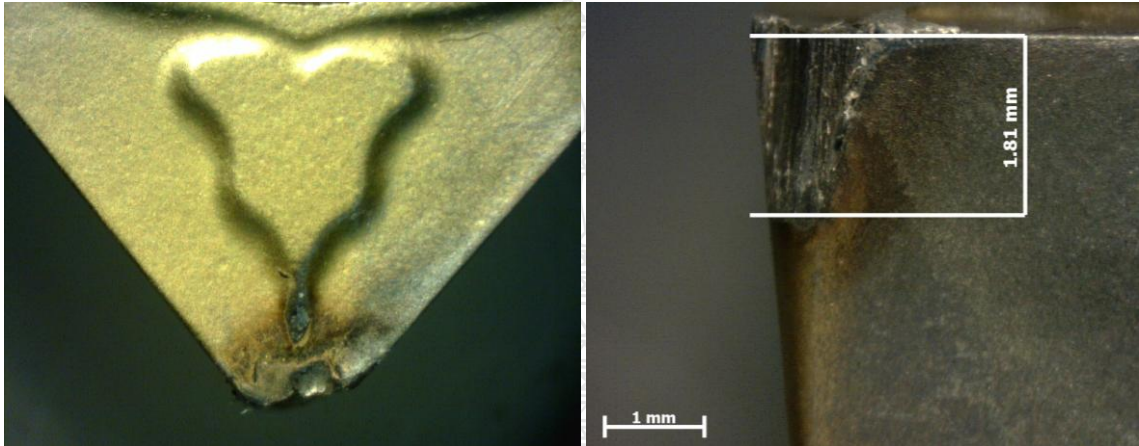
รูปที่ 4.18 การเปรียบเทียบปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้จากเม็ดมีดชนิด C ที่ความเร็วตัดและอัตราป้อนต่างกัน

จากรูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง ความเร็วตัด และ อัตราป้อน ที่ส่งผลต่อการผลิตชิ้นส่วนของเม็ดมีดชนิด C พบว่า ที่ความเร็วตัด 225 เมตร/นาที กับอัตราป้อนที่ 0.3 มิลลิเมตร/รอบ สามารถผลิตชิ้นส่วนได้มากที่สุด คือ 374 ชิ้น แสดงในภาคผนวก ข. ซึ่งน้อยกว่า 2 ชนิดที่กล่าวมา เนื่องจากการใช้ความเร็วตัดที่สูงขึ้น ทำให้อัตราความร้อนจากการเสียดสีกันระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นงานเกิดขึ้นเร็วกว่า การใช้ความเร็วตัดที่ 225 เมตร/นาที ส่งผลให้อัตราการสึกหรอของเม็ดมีดเกิดขึ้นช้ากว่า ทำให้สามารถผลิตชิ้นส่วนได้มากกว่าความเร็วตัดที่ 265 เมตร/นาที [15]



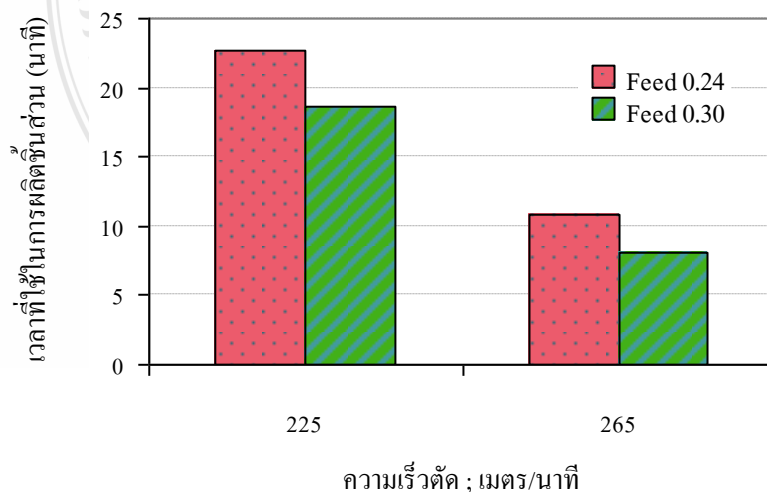
รูปที่ 4.19 การสึกหรอของเม็ดมีดชนิด C ที่ V= 225 เมตร/นาที, F=0.3 มิลลิเมตร/รอบ

จากรูปที่ 4.19 ลักษณะการสึกหรอที่เกิดขึ้นของเม็ดมีดชนิด C ที่ความเร็วตัด $V = 225$ เมตร/นาที และ $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ เป็นการสึกหรอที่เกิดจากการขัดสีกันระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นงานที่กำลังตัดเนื้อ เมื่อการสึกหรอที่ปลายเม็ดมีดเกิดขึ้นมาก ก็จะทำการกัดการตัดเนื้อชิ้นงานเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้มีคตัดสูญเสียความแข็งแรงและความต้านทานการสึกหรอของเม็ดมีดทำให้การสึกหรอเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและหมดอายุการใช้งาน



รูปที่ 4.20 การสึกหรอของเม็ดมีดชนิด C ที่ $V=265$ เมตร/นาที, $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ

จากรูปที่ 4.20 ลักษณะการสึกหรอที่เกิดขึ้นของเม็ดมีดชนิด C ที่ความเร็วตัด $V = 265$ เมตร/นาที และ $F=0.3$ มิลลิเมตร/รอบ การสึกหรอรูปแบบนี้เกิดจากการขัดสีกันระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นงานที่กำลังตัดเนื้อ เมื่อการสึกหรอที่ปลายเม็ดมีดเกิดขึ้นมาก ก็จะให้เกิดการขัดสีระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นงานเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งจะทำให้ต้องการกำลังในการตัดเนื้อมากขึ้นตามไปด้วย โดยสาเหตุการสึกหรออาจเกิดจากการใช้ความเร็วตัดสูงเกินไปหรือใช้อัตราป้อนสูง



รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ชิ้นส่วนของเม็ดมีดชนิด C ที่ความเร็วตัด และอัตราป้อนที่ต่างกัน

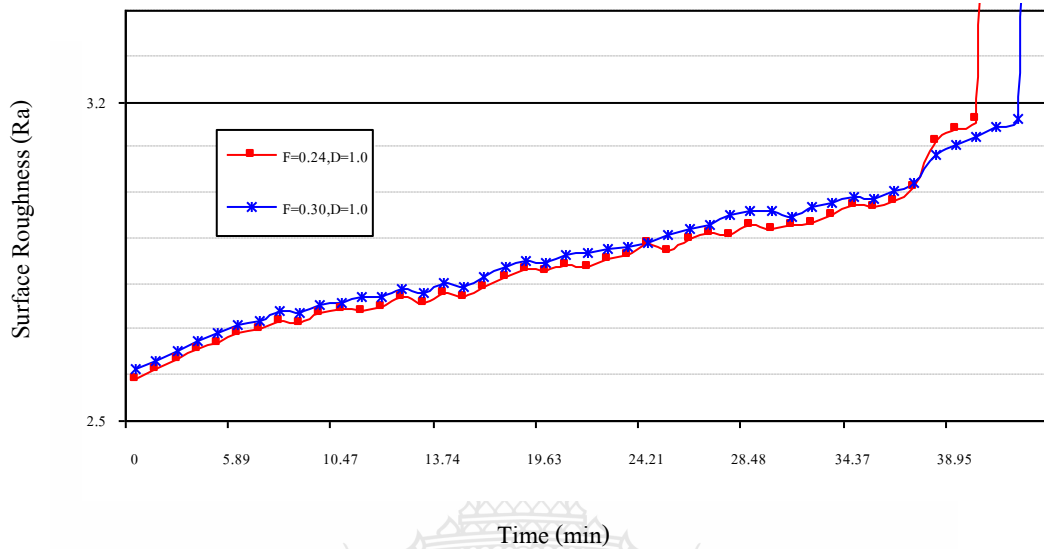
จากรูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง ความเร็วตัด และ อัตราป้อน ที่ส่งผลต่ออายุการใช้งานในการผลิตชิ้นส่วนของเม็ดมีดชนิด C พบว่า การเพิ่มความเร็วดัดและอัตราป้อนจะทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนหรืออายุของเม็ดมีดลดลง คือ ที่ความเร็วตัด 265 เมตร/นาที จะใช้เวลาในการผลิตชิ้นส่วนน้อยกว่าที่ความเร็วตัด 225 เมตร/นาที แต่ปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้ก็จะน้อยตามไปด้วย ดังรูปที่ 4.18 และที่ อัตราป้อน 0.3 มิลลิเมตร/รอบ จะใช้เวลาในการผลิตชิ้นส่วนน้อยกว่าที่ความเร็วตัด อัตราป้อนที่ 0.24 มิลลิเมตร/รอบ แต่ปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้จะมากกว่า สาเหตุอาจมาจาก ระยะเวลาในการขัดสีกันระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นส่วนลดลง เป็นผลให้อัตราการสึกหรอเกิดขึ้นช้ากว่าการใช้อัตราป้อนที่ 0.24 มิลลิเมตร/รอบ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้เพิ่มขึ้น

หากพิจารณาถึงขั้นตอนในการทำงานจริงสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อขณะที่ใช้ความเร็วตัดต่ำ ๆ การสึกหรอของมีดจะเป็นไปอย่างช้า ๆ ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิจากการเสียดสี ระหว่างมีดกับชิ้นงานจะมีค่าต่ำ แต่ถ้าใช้ความเร็วตัดสูงขึ้นความร้อนระหว่างผิวมีดกับชิ้นงาน และเศษตัดจะเกิดมากขึ้น ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดการสึกหรอที่บริเวณผิวของมีดกับชิ้นงานที่เสียดสีกัน ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานของมีดลดลง ส่วนของ Feed นั้นเมื่อเปลี่ยนค่า Feed ให้เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของชิ้นงานเพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก ระยะที่มีดตัดเข้าหาชิ้นงานนั้นเพิ่มขึ้น ความเร็วในการตัดเลื่อยก็จะมากตามไปด้วย ทำให้สามารถลดเวลาในการผลิตชิ้นส่วนแต่ละชิ้นลงได้

ในขณะที่ Depth of Cut พบว่าเส้นเชื่อมระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเดิมและค่าใหม่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อเปลี่ยนค่าความลึกป้อนจึงทำให้ทราบว่าความลึกป้อนมีผลต่อปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตค่อนข้างน้อย เนื่องจาก ความลึกป้อนที่ใช้ในการทดสอบนี้ค่อนข้างน้อย จึงไม่ค่อยส่งผลต่อการผลิตชิ้นส่วน

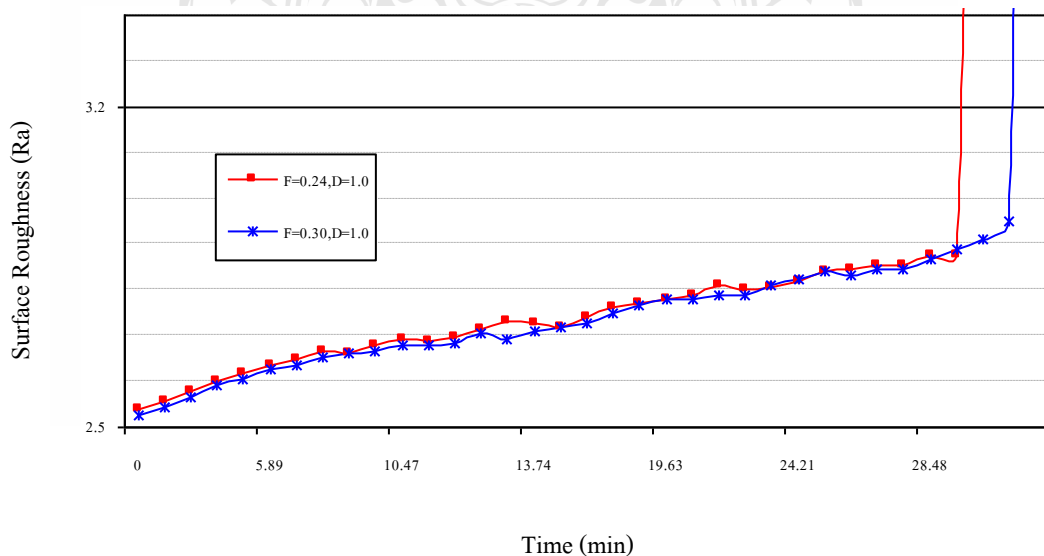
4.3 การวิเคราะห์ค่าความหยาบผิว

ผลที่ได้จากการวัดค่าความหยาบผิว (Ra) ของชิ้นงานที่ผ่านการตัดเนื้อด้วยเม็ดมีดตัดทั้ง 3 ชนิด แสดงในภาคผนวก ค. ซึ่งเมื่อได้นำมาเปรียบเทียบแสดงผลได้ดังนี้



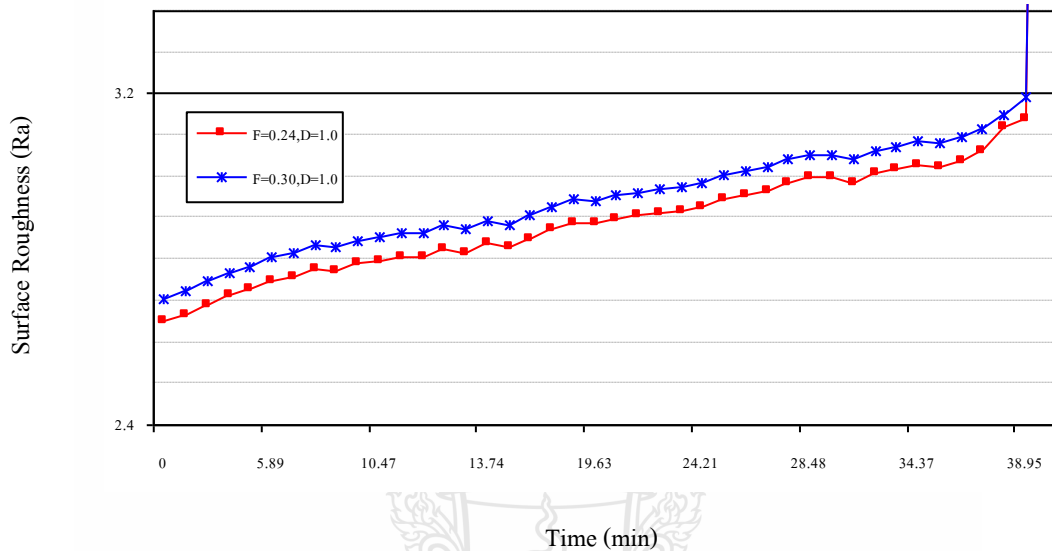
รูปที่ 4.22 ค่าความหยาบผิวของเม็ดมีดชนิด A ที่ความเร็วตัด 135 เมตร/นาที

จากรูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่อัตราป้อนต่างกันของเม็ดมีดชนิด A ที่ความเร็วตัด 135 เมตร/นาที โดยค่าความหยาบผิวของทั้งสองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาในการตัดเนื้อ โดยค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่อัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ จะมีค่าความหยาบผิวดำกว่า ที่อัตราป้อน 0.3 มิลลิเมตร/รอบ แต่เมื่อถึงช่วงเวลาประมาณ 37.25 นาที ค่าความหยาบผิวที่อัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ จะมีค่าสูงกว่าค่าความหยาบผิวที่อัตราป้อน 0.3 มิลลิเมตร/รอบ



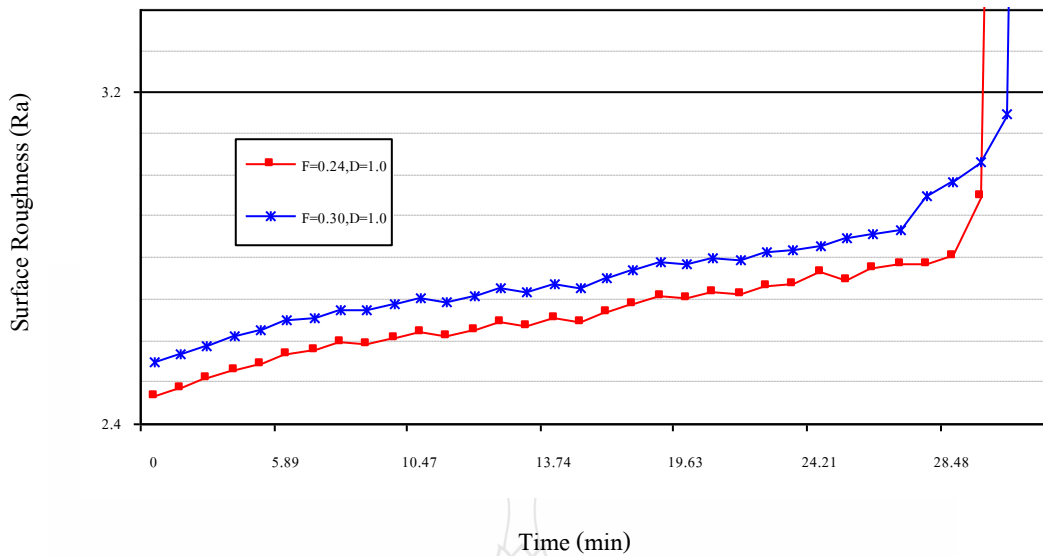
รูปที่ 4.23 ค่าความหยาบผิวของเม็ดมีดชนิด A ที่ความเร็วตัด 185 เมตร/นาที

จากรูปที่ 4.23 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่อัตราป้อนต่างกันของเม็ดมีดชนิด A ที่ความเร็วตัด 185 เมตร/นาที โดยค่าความหยาบผิวของทั้งสองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการตัดเพิ่มขึ้น โดยค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่อัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ จะมีค่าความหยาบผิวสูงกว่าที่อัตราป้อน 0.3 มิลลิเมตร/รอบ จนถึงเวลาที่ 33.17 นาที ค่าความหยาบผิวสูงเกิน 3.2 μm แสดงว่าเม็ดมีดหมดอายุการใช้งาน



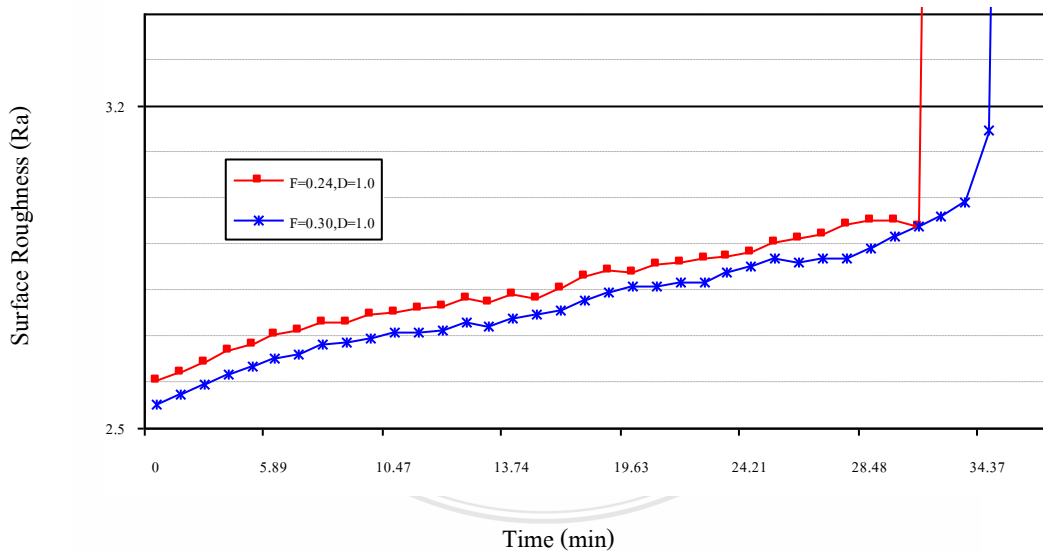
รูปที่ 4.24 ค่าความหยาบผิวของเม็ดมีดชนิด B ที่ความเร็วตัด 165 เมตร/นาที

จากรูปที่ 4.24 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่อัตราป้อนต่างกันของเม็ดมีดชนิด B ที่ความเร็วตัด 165 เมตร/นาที โดยค่าความหยาบผิวของทั้งสองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการตัดเพิ่มขึ้น โดยค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่อัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ จะมีค่าความหยาบผิวที่ต่ำกว่าอัตราป้อน 0.3 มิลลิเมตร/รอบ จนถึงเวลาที่ 41.40 นาที ค่าความหยาบผิวที่วัดได้สูงเกิน 3.2 μm แสดงว่าเม็ดมีดหมดอายุการใช้งาน



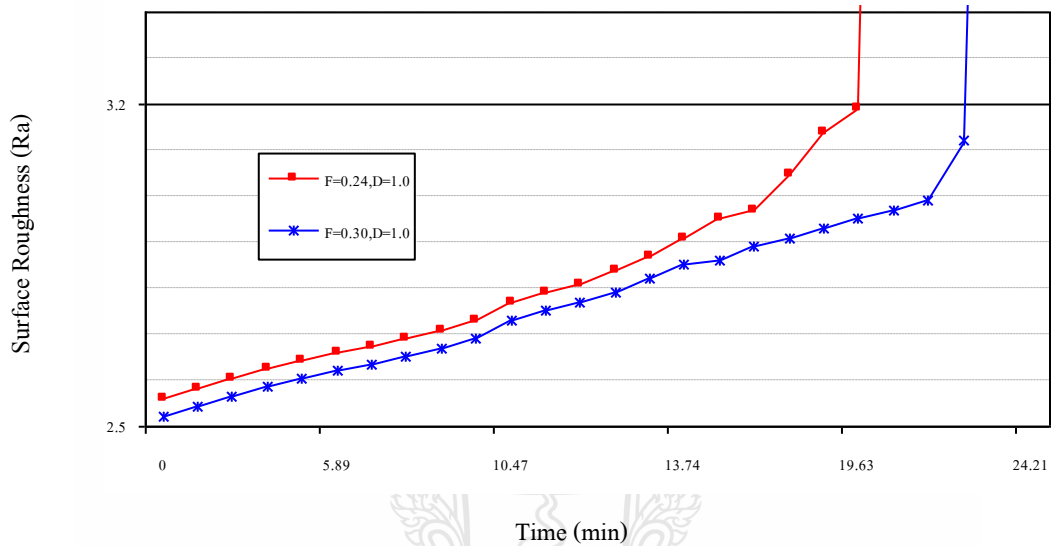
รูปที่ 4.25 ค่าความหยาบผิวของเม็ดมีดชนิด B ที่ความเร็วตัด 210 เมตร/นาที

จากรูปที่ 4.25 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่อัตราป้อนต่างกันของเม็ดมีดชนิด B ที่ความเร็วตัด 210 เมตร/นาที โดยค่าความหยาบผิวของทั้งสองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาในการตัดเพิ่มขึ้น โดยค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่อัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ จะมีค่าความหยาบผิวที่ต่ำกว่าอัตราป้อน 0.3 มิลลิเมตร/รอบ จนถึงเวลาที่ 30.93 นาที ค่าความหยาบผิวที่วัดได้สูงเกิน 3.2 μm แสดงว่าเม็ดมีดหมดอายุการใช้งาน



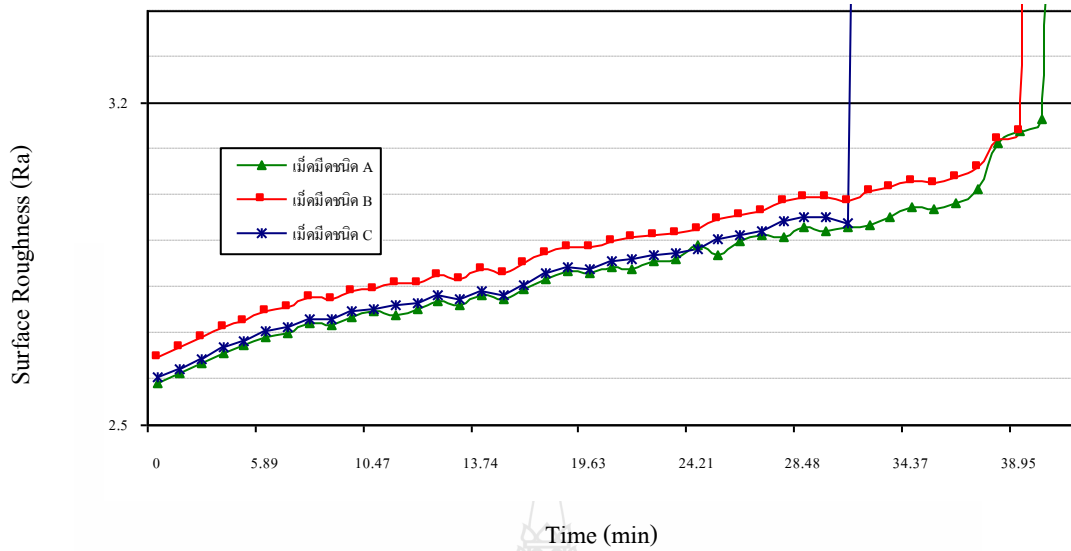
รูปที่ 4.26 ค่าความหยาบผิวของเม็ดมีดชนิด C ที่ความเร็วตัด 225 เมตร/นาที

จากรูปที่ 4.26 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่อัตราป้อนต่างกันของเม็ดมีดชนิด C ที่ความเร็วตัด 225 เมตร/นาที โดยค่าความหยาบผิวของทั้งสองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการตัดเพิ่มขึ้น โดยค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่อัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ จะมีค่าความหยาบผิวที่สูงกว่าอัตราป้อน 0.3 มิลลิเมตร/รอบ จนถึงเวลาที่ 34.30 นาที ค่าความหยาบผิวที่วัดได้สูงเกิน 3.2 μm แสดงว่าเม็ดมีดหมดอายุการใช้งาน



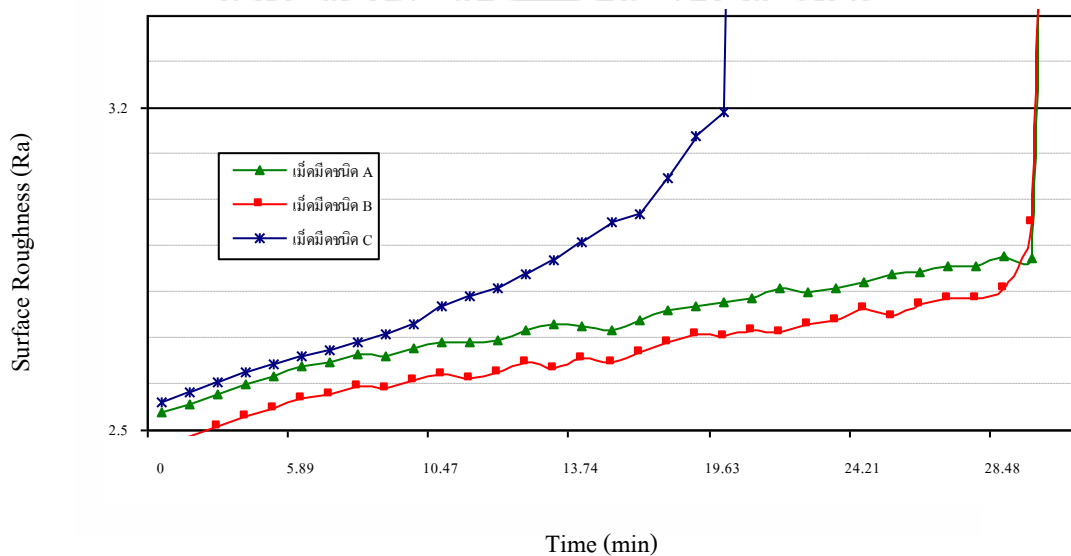
รูปที่ 4.27 ค่าความหยาบผิวของเม็ดมีดชนิด C ที่ความเร็วตัด 265 เมตร/นาที

จากรูปที่ 4.27 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่อัตราป้อนต่างกันของเม็ดมีดชนิด C ที่ความเร็วตัด 265 เมตร/นาที โดยค่าความหยาบผิวของทั้งสองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการตัดเพิ่มขึ้น โดยค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่อัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ จะมีค่าความหยาบผิวที่สูงกว่าอัตราป้อน 0.3 มิลลิเมตร/รอบ จนถึงเวลาที่ 22.67 นาที ค่าความหยาบผิวที่วัดได้สูงเกิน 3.2 μm แสดงว่าเม็ดมีดหมดอายุการใช้งาน



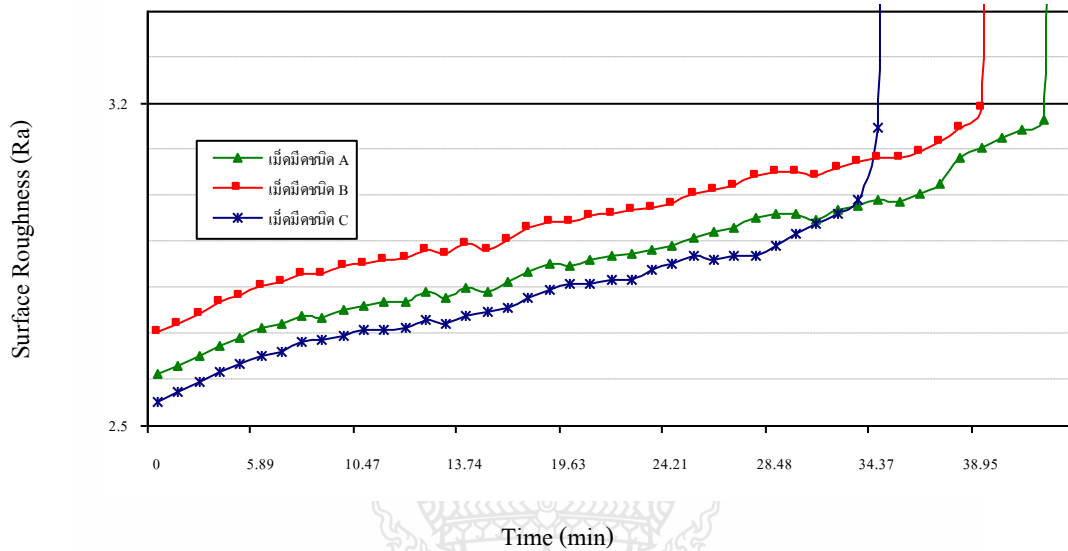
รูปที่ 4.28 ค่าความหยาบผิวที่ความเร็วตัดต่ำกับอัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ ของเม็คมัดทั้ง 3 ชนิด

จากรูปที่ 4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ความเร็วตัดต่ำสุดกับอัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ ของเม็คมัดทั้ง 3 ชนิด โดยค่าความหยาบผิวของทั้งสาม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการตัดเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความหยาบผิวต่ำสุด คือ เม็คมัดชนิด A รองลงมา คือ เม็คมัดชนิด C และเม็คมัดชนิด B จะมีค่าความหยาบผิวสูงสุด



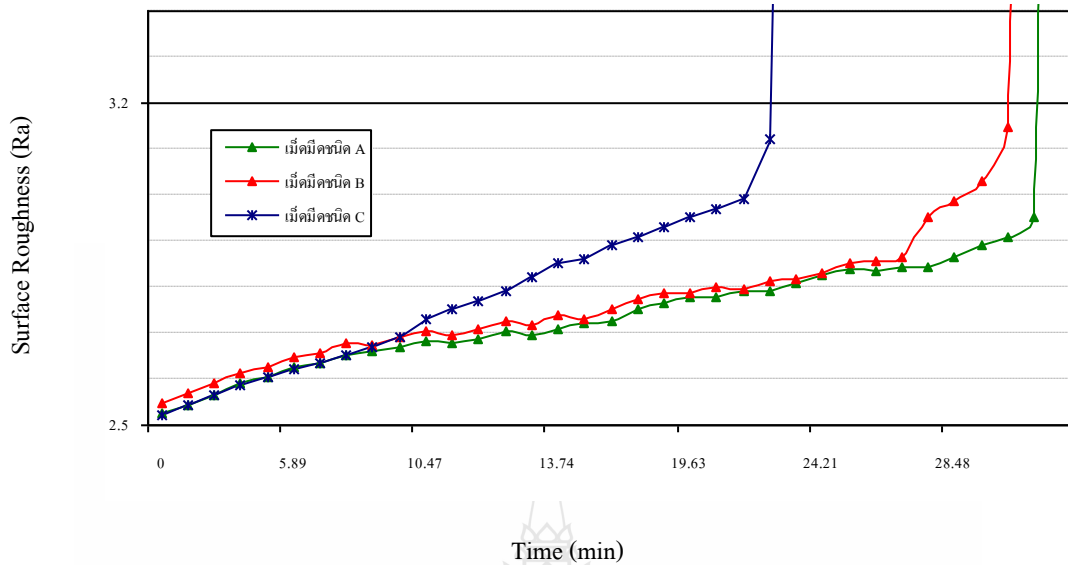
รูปที่ 4.29 ค่าความหยาบผิวที่ความเร็วตัดสูงที่สุดกับอัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ ของเม็คมัดทั้ง 3 ชนิด

จากรูปที่ 4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ความเร็วตัดสูงสุด กับ อัตราป้อน 0.24 มิลลิเมตร/รอบ ของเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิด โดยค่าความหยาบผิวของทั้งสาม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการตัดเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความหยาบผิวต่ำสุด คือ เม็ดมีดชนิด B รองลงมา คือ เม็ดมีดชนิด A และเม็ดมีดชนิด C จะมีค่าความหยาบผิวสูงสุด



รูปที่ 4.30 ค่าความหยาบผิวที่ความเร็วตัดต่ำกับอัตราป้อน 0.30 มิลลิเมตร/รอบ
สุดของเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิด

จากรูปที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ความเร็วตัดต่ำสุด กับ อัตราป้อน 0.30 มิลลิเมตร/รอบ ของเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิด โดยค่าความหยาบผิวของทั้งสาม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการตัดเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความหยาบผิวต่ำสุด คือ เม็ดมีดชนิด C รองลงมา คือ เม็ดมีดชนิด A และเม็ดมีดชนิด B จะมีค่าความหยาบผิวสูงสุด แต่ค่าความหยาบผิวที่วัดได้ของเม็ดมีดชนิด C ที่เวลา 37.36 นาที จะมีค่าสูงกว่าเม็ดมีดชนิด A และ B



รูปที่ 4.31 ค่าความหยาบผิวที่ความเร็วตัดสูงสุดกับอัตราป้อน 0.30 มิลลิเมตร/รอบ ของเม็คมัดทั้ง 3 ชนิด

จากรูปที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ความเร็วตัดสูงสุด กับ อัตราป้อน 0.30 มิลลิเมตร/รอบ ของเม็คมัดทั้ง 3 ชนิด โดยค่าความหยาบผิวของทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการตัดเลื่อนเพิ่มขึ้น ซึ่งเม็คมัดชนิด A และ C ที่ช่วงเวลาตั้งแต่ 1.28-8.13 นาที จะมีความหยาบผิวที่ใกล้เคียงกัน หลังจาก 10.47 นาที เป็นต้นไป ค่าความหยาบผิวของเม็คมัดชนิด C จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และจะสูงกว่าเม็คมัดชนิด A และ B

4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมในการทำงานของเม็คมัดชนิดต่างๆ

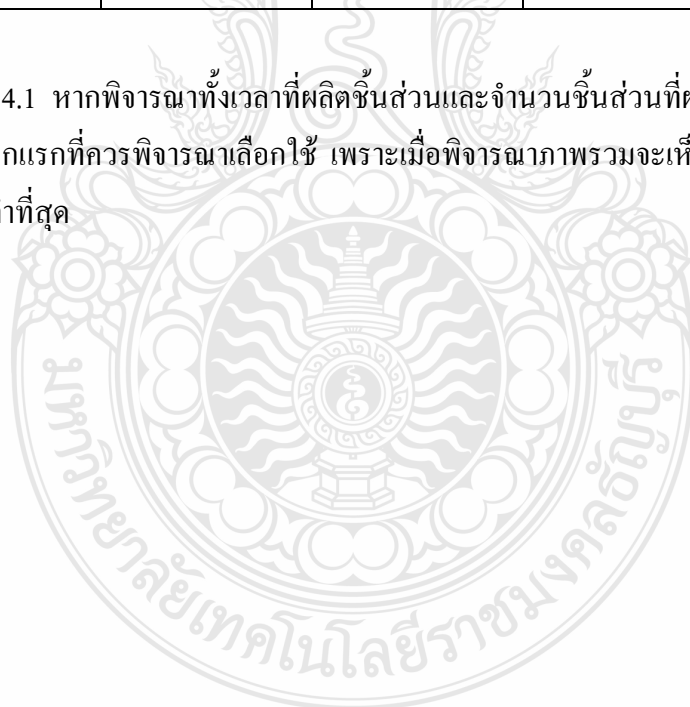
ผลของค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการใช้งานเม็คมัดแต่ละชนิด แสดงในตารางที่ 4.1 ในงานวิจัยนี้ได้ทำการคำนวณถึงความคุ้มค่าในการใช้งานเม็คมัดสำหรับงานกลึงเพื่อสะท้อนถึงต้นทุนในการทำงาน โดยรายละเอียดของการคำนวณและที่มาของต้นทุนต่าง ๆ แสดงในภาคผนวก ก. จากการทดลองเก็บข้อมูลโดยการกำหนดที่อายุการใช้งานที่ 1 คมตัดของเม็คมัดแต่ละชนิด

ในการคำนวณหาค่าใช้จ่ายจะคิดโดยพิจารณาถึงเวลาในการผลิตชิ้นส่วนที่ต่ำสุดใน 1 คมตัด และจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้มากสุดใน 1 คมตัด ซึ่งจากการคำนวณ พบว่า เม็คมัดที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดเมื่อพิจารณาถึงเวลาในการผลิตชิ้นส่วนใน 1 คมตัด คือ เม็คมัดชนิด B มีค่าใช้จ่าย 34.68 บาท/ชิ้น รองลงมาคือ เม็คมัดชนิด A ที่ 34.93 บาท/ชิ้น และ เม็คมัดชนิด C ที่ 37.73 บาท/ชิ้น ส่วนเม็คมัดที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดเมื่อพิจารณาถึงจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้ใน 1 คมตัด คือ เม็คมัดชนิด B มีค่าใช้จ่าย 34.23 บาท/ชิ้น รองลงมาคือ เม็คมัดชนิด A ที่ 34.40 บาท/ชิ้น และ เม็คมัดชนิด C ที่ 35.30 บาท/ชิ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าใช้จ่ายที่คำนวณได้ในการผลิตชิ้นส่วนใน 1 คมตัด

คำนวณค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาท/ชิ้น)		เวลา (นาที)	จำนวน (ชิ้น/คมตัด)
	เม็ดมีดชนิด A	เม็ดมีดชนิด B		
เวลาในการผลิตชิ้นส่วนที่ ต่ำสุดใน 1 คมตัด	เม็ดมีดชนิด A	34.93 บาท/ชิ้น	23.13 นาที	347 ชิ้น
	เม็ดมีดชนิด B	34.68 บาท/ชิ้น	17.35 นาที	347 ชิ้น
	เม็ดมีดชนิด C	37.73 บาท/ชิ้น	8.1 นาที	243 ชิ้น
จำนวนชิ้นส่วนที่ผลิต ได้มากสุดใน 1 คมตัด	เม็ดมีดชนิด A	34.40 บาท/ชิ้น	37.25 นาที	447 ชิ้น
	เม็ดมีดชนิด B	34.23 บาท/ชิ้น	29.47 นาที	442 ชิ้น
	เม็ดมีดชนิด C	35.30 บาท/ชิ้น	18.7 นาที	374 ชิ้น

จากตารางที่ 4.1 หากพิจารณาทั้งเวลาที่ผลิตชิ้นส่วนและจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้ พบว่า เม็ดมีดชนิด B เป็นตัวเลือกแรกที่ต้องพิจารณาเลือกใช้ เพราะเมื่อพิจารณาภาพรวมจะเห็นได้ว่า มีค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นส่วนที่ต่ำที่สุด



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สถานะการตัดเฉือนของเม็ดมีดกลึง

จากการทดลองเพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของอายุการใช้งานของเครื่องมือตัด กับความเร็วตัด, อัตราป้อน และความลึกป้อน โดยตัวแปรอื่น ๆ ที่มีผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือตัดมีค่าคงที่ เช่น วัสดุชิ้นงาน วัสดุเครื่องมือตัด และรูปทรงทางเรขาคณิตของเครื่องมือตัด ซึ่งในการทดลองสถานะการตัดเฉือนที่ใช้ในการทดลองมีผลต่ออายุการใช้งานดังต่อไปนี้

5.1.1 ความเร็วตัด

ความเร็วตัดจะมีผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือตัดมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราป้อนและความลึกตัด การเพิ่มความเร็วตัดจะทำให้อุณหภูมิในการตัดสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้เครื่องมือตัดมีอายุการใช้งานที่สั้นลง โดยสังเกตจากเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วตัดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้จำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้มีจำนวนที่น้อยลงจากเดิม

5.1.2 อัตราป้อน

อัตราป้อนจะมีผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือตัดรองจากความเร็วตัด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอัตราป้อนที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้การเคลื่อนตัดเฉือนชิ้นงานแต่ละรอบเกิดมากขึ้น เป็นผลให้ปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้มีจำนวนเพิ่มขึ้น สาเหตุอาจมาจาก ระยะเวลาในการขัดสีกันระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นส่วนต้นลง ซึ่งทำให้อัตราการสึกหรอเกิดขึ้นช้ากว่าการใช้อัตราป้อนที่ 0.24 มิลลิเมตร/รอบ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้เพิ่มขึ้น

5.1.3 ความลึกป้อน

ความลึกป้อนมีผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือตัดน้อยที่สุด เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้ จะเพิ่มความลึกป้อนเพียงเล็กน้อย ทำให้ความลึกป้อนส่งผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือตัดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

5.2 การเลือกสถานะการตัดเฉือนเมื่อต้องการต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด

จากการกำหนดสถานะการตัดเฉือน ในการกลึงงานรูปทรงกระบอกโดยทั่วไปความลึกป้อนจะถูกกำหนดโดยขนาดที่ต้องการของชิ้นงานอยู่แล้ว ดังนั้นสิ่งที่สำคัญที่ต้องพิจารณา คือ ความเร็วตัดและอัตราป้อน ซึ่งเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อการตัดเฉือนชิ้นส่วน และส่งผลต่อต้นทุนการผลิต จากการทดลองพบว่า

5.2.1 ความเร็วตัดและอัตราป้อนที่เพิ่มขึ้นจะช่วยลดเวลาในการผลิตชิ้นส่วนลง แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการใช้คมตัดในการตัดเนื้อชิ้นส่วนในปริมาณที่เพิ่มขึ้น และ ใช้ต้องเสียเวลาในการถอดเปลี่ยนเครื่องมือตัดบ่อยครั้งขึ้น

5.2.2 ความเร็วตัดคงที่ และ อัตราป้อนเพิ่มขึ้น จะช่วยให้การผลิตชิ้นส่วนมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5 เปอร์เซ็นต์

5.2.3 ความเร็วตัดที่ลดลงและอัตราป้อนคงที่ จะช่วยให้อายุการใช้งานของเครื่องมือตัดเพิ่มขึ้นคือ สามารถผลิตชิ้นส่วนได้มากขึ้น เฉลี่ย 22 เปอร์เซ็นต์

5.3 การคำนวณค่าใช้จ่ายเพื่อเลือกใช้เม็ดมิดที่ต้นทุนต่ำสุด

จากการคำนวณโดยพิจารณาถึงเวลาในการผลิตชิ้นส่วนที่ต่ำสุดใน 1 คมตัด แสดงในภาคผนวก ก. พบว่า เม็ดมิดที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด คือ เม็ดมิดชนิด B ที่ 34.68 บาท/ชิ้น อายุการใช้งานใน 1 คมตัดเท่ากับ 17.35 นาที สามารถผลิตชิ้นส่วนได้ เฉลี่ย 347 ชิ้น รองลงมา คือ เม็ดมิดชนิด A ที่ 34.93 บาท/ชิ้น อายุการใช้งานใน 1 คมตัด เท่ากับ 23.13 นาที โดยสามารถผลิตชิ้นส่วนได้ เฉลี่ย 347 ชิ้น และท้ายสุด คือ เม็ดมิดชนิด C ที่ 37.73 บาท/ชิ้น อายุการใช้งานใน 1 คมตัดเท่ากับ 8.10 นาที สามารถผลิตชิ้นส่วนได้ เฉลี่ย 243 ชิ้น

จากการคำนวณโดยพิจารณาถึงจำนวนหรือปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้มากสุดใน 1 คมตัด แสดงในภาคผนวก ก. พบว่า และจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้มากสุดใน 1 คมตัด จากการคำนวณ พบว่า การคิดค่าใช้จ่ายโดยการพิจารณาถึงจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตใน 1 คมตัด ให้ค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่าการพิจารณาถึงเวลาในการผลิตชิ้นส่วนใน 1 คมตัด คือ เม็ดมิด ชนิด B ที่ 34.23 บาท/ชิ้น โดยสามารถผลิตชิ้นส่วนได้ใน 1 คมตัด เฉลี่ย 442 ชิ้น ใช้เวลา 29.49 นาที รองลงมาคือ A ที่ 34.40 บาท/ชิ้น ใช้เวลา 37.25 นาที สามารถผลิตชิ้นส่วนได้ใน 1 คมตัด เฉลี่ย 447 ชิ้น และ C ที่ 35.30 บาท/ชิ้น ใน 1 คมตัดผลิตได้ เฉลี่ย 374 ชิ้น ใช้เวลา 18.7 นาที

หากพิจารณาทั้งเวลาที่ผลิตชิ้นส่วนและจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้ พบว่า เม็ดมิดชนิด B เป็นตัวเลือกแรกที่ดีควรพิจารณาเลือกใช้ เพราะเมื่อพิจารณาภาพรวมจะเห็นได้ว่า มีค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นส่วนที่ต่ำที่สุด

5.4 ข้อเสนอแนะ

การกำหนดสภาวะการตัดเนื้อและการเลือกใช้เครื่องมือตัดที่ให้ผลดีที่สุด มีความสำคัญต่อขบวนการผลิตที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนที่เป็นวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมอย่างมาก และเพื่อที่จะให้เป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจจะทำวิจัยทางด้านนี้ ขอเสนอแนะข้อบกพร่องในการทำงานบางประการดังนี้

5.4.1 ในการวิเคราะห์ความเสียหายของมิดตัดในงานวิจัยนี้ไม่ได้มีการศึกษาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างการตัดเฉือน จึงมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเม็ดมิด

5.4.2 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของความร้อนที่อาจจะส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบทางเคมีซึ่งนำไปสู่การสึกหรอจากการเปลี่ยนแปลงของ โครงสร้างจุลภาค



เอกสารอ้างอิง

- [1] สมเกียรติ ตั้งจิตตติเจริญ, อิทธิพลของความเร็วตัดที่มีผลต่ออายุของมีดตัดคาร์ไบด์สำหรับชิ้นส่วนปั๊ม น้ำรถยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541
- [2] สุขชีพ โลหะพันธ์ศรี, เงื่อนไขในการกลึงเหล็กหล่อสีเทาด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบผิวและมีดกลึง เซรามิกส์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539
- [3] นายพรศิลป์ อุบลี, การหาอายุการใช้งานของมีดมีดกลึงคาร์ไบด์ ต่อการตัดเนื้อเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ 20C, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543
- [4] นายนิธิ บุรณจันทร์, การกำหนดสภาวะการตัดที่ให้ผลดีที่สุดในระบบการกลึงทรงกระบอก, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2533
- [5] Mikell P. Groover, **Fundamentals of Modern Manufacturing**, Printed in Asia, pp. 542-562
- [6] ดิลก ศรีประไพ, 2542, การอบรมเรื่อง เทคโนโลยีซีเอ็นซี (CNC), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ร่วมกับสถาบันยานยนต์ กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [7] Smith, Graham T., 1947, **Advanced Machining – The Handbook of Cutting Technology**, High Street, Kempston, Bedford MK427BT, UK.
- [8] ISO, ISO 3685 – **Tool Life Testing With Single Point Turning Tools**, 2nd Edition (1993).
- [9] Mitsubishi Material, เครื่องมือคาร์ไบด์สำหรับงานตัดกลึง, Mitsubishi Carbide Co., Ltd.
- [10] บริษัท เอ็น แอนด์ พี เคมีคัลแอ็ดวานซ์ จำกัด, การบำบัดน้ำมันหล่อเย็น (Online), 2009. Available: <http://www.npchem.com/kulantoil.htm> (13 July 2009)
- [11] Choudhury, I.A. and El-Baradie, M.A., 1998, “**Tool Life Prediction Model by Design of Experiment for Turning High Strength Steel**, Journal of Material Processing Technology, Ireland, pp. 319-326.
- [12] Nagpan, G.R., 1996, **Machine Tool Engineering**, 7th ed., Delhi, India, pp.113-145
- [13] Jain, Er.R.K., **Production Technology**, 2nd en., Nraina New Delhi, Paris offset Printers, pp. 920-947
- [14] Sandvik Coromant AB, 2002, **Metalworking Product – Turning tools**, Elanders, Sweden
- [15] H.M.Lin, Y.S.Liao, C.C.Wei, **Wear Behavior In Turning High Hardness Alloy Steel By CBN Tool**, Wear 264 (2008) 679-684.

- [16] J.A. Arsecularatnea, L.C. Zhanga, C. Montrossb, **Wear and tool life of tungsten carbide, PCBN and PCD cutting tools**, International Journal of Machine Tools & Manufacture 46 (2006) 482–491
- [17] W. Grzesik, **Influence of tool wear on surface roughness in hard turning using differently Shaped ceramic tools**, Wear 265 (2008) 327–335
- [18] S.K. Choudhury, I.V.K. Appa Rao, **Optimization of cutting parameters for maximizing tool life**, International Journal of Machine Tools & Manufacture 39 (1999) 343–353
- [19] J.A. Arsecularatne, L.C. Zhanga, C. Montross, **Wear and tool life of tungsten carbide, PCBN and PCD cutting tools**, International Journal of Machine Tools & Manufacture 46 (2006) 482–491
- [20] Kennametal. 2005. **Lathe Tooling**. Catalog 4010 GB. Kennametal GmbH & Co.KG
- [21] George Thusty., **Manufacturing Process and Equipment**, United States of America, pp. 458-477
- [22] Scrop, K, 1995, **Manufacturing Engineering and Technology**, 3rd ed., Illinois, USA, Addison – Wesley, pp. 594-539
- [23] Komson, **Tool Wear** (Online), 2008. Available: [http://www.ptonline.org/img-lib/staff/file / komson_000212.doc](http://www.ptonline.org/img-lib/staff/file/komson_000212.doc) (22 November 2008)
- [24] Komson, **Tool Life** (Online), 2008. Available: [http://www.ptonline.org/img-lib/staff/file / komson_000213.doc](http://www.ptonline.org/img-lib/staff/file/komson_000213.doc) (22 November 2008)
- [25] Stephenson, D.A. and Agapiou, J.S., 1977, **Metal Cutting Theory and Practice**, New York, pp577-656.
- [26] นฤทธิ์ คชฤทธิ์, **ทฤษฎีการตัดปาดผิวโลหะและการประยุกต์ใช้งาน**, เอกสารประกอบการเรียนการสอน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขต ธีญบุรี



ภาคผนวก

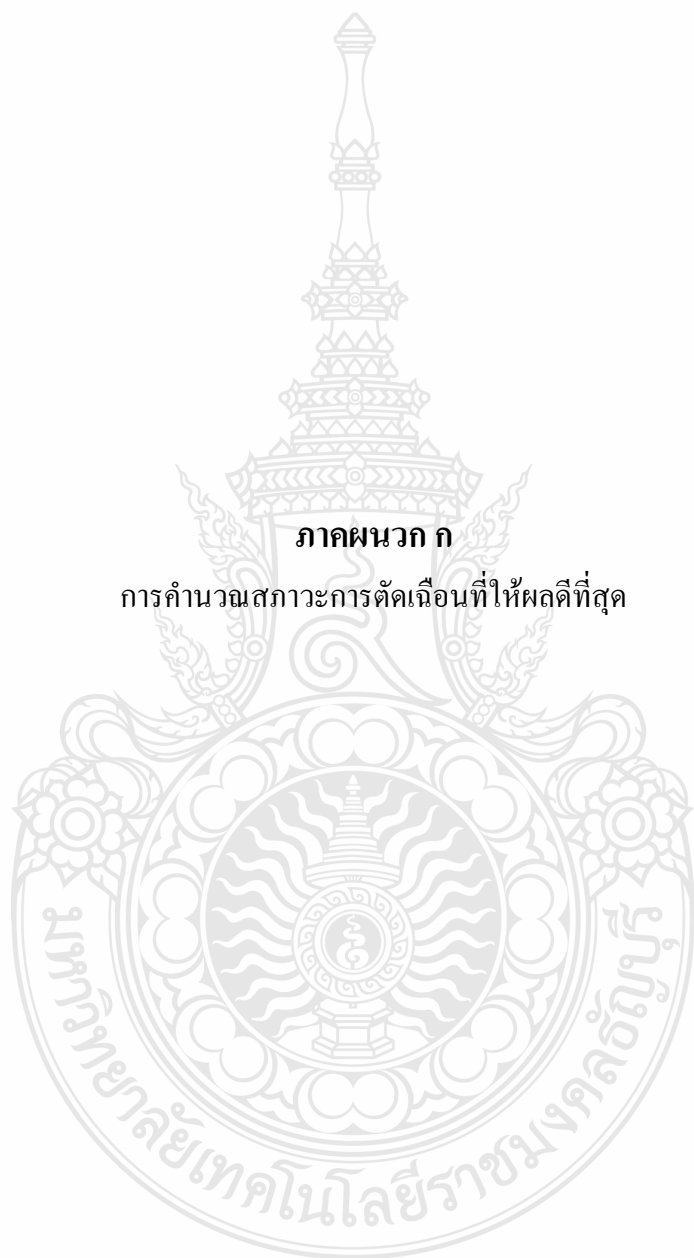
ภาคผนวก ก การคำนวณสภาวะการตัดเนื้อที่ให้ผลดีที่สุด

ข ตารางบันทึกผลการทดลอง

ค ตารางผลการวัดค่าความหยابผิว

ง ข้อมูลต่าง ๆ ของเมล็ดมีดกลิ้ง ทั้ง 3 ชนิดและด้ามมีดกลิ้ง

จ ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่



ภาคผนวก ก

การคำนวณสถานะการตัดเฉือนที่ให้ผลดีที่สุด

1. การคำนวณสถานะการตัดเดือนที่ให้ผลดีที่สุด

ขั้นตอนแรกของการทดลองจะทำการผลิตชิ้นงานตัวอย่างขึ้น 10 ชิ้น เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการที่จะจับเวลาที่ใช้ในการถอดและจับชิ้นงานเข้ากับหัวจับ เวลาที่ใช้ในการถอดเปลี่ยนเครื่องมือตัด เวลาที่ใช้ในการตัดเดือนชิ้นงานต่อหนึ่งชิ้น เป็นต้น

ตารางที่ ก.1 ผลการจับเวลาจากการทดลองผลิตชิ้นงานตัวอย่าง 10 ชิ้น (วินาที)

ขั้นตอนการทำงาน	ชิ้นงานตัวอย่างที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
1. จับชิ้นงานบนเครื่องกลึง	3	4	3	3	4	4	4	3	3	3	3.4
2. ถอดเปลี่ยนเครื่องมือตัดทั้งหมดอายุการใช้งาน	27	28	30	28	29	28	27	29	28	30	28.4
3. ถอดเครื่องมือตัดออกจากชิ้นงาน	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4. ถอดชิ้นงานออกเก็บ	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3.3

หลังจากที่ได้เวลาเฉลี่ยดังตารางที่ ก.1 แล้วก็จะต้องกำหนดข้อมูลเพิ่มเติมก่อนที่จะมีการคำนวณหาสภาวะการตัดเดือนที่ให้ผลดีที่สุด ดังนี้

ค่าวัสดุชิ้นงาน	32.40	บาท/ชิ้น
ค่าแรงคนงาน	200.00	บาท/วัน
ค่าเครื่องมือตัด		
- เม็ดมีดชนิด A	149.80	บาท/คมตัด
- เม็ดมีดชนิด B	133.75	บาท/คมตัด
- เม็ดมีดชนิด C	187.25	บาท/คมตัด
ค่าไฟฟ้า	4.96	บาท/หน่วย
ราคาขายของชิ้นงาน	50.00	บาท/ชิ้น
ค่าใช้จ่ายโสหุ้ย	0.05	บาท/วินาที

จากนั้นทำการคำนวณค่าใช้จ่ายและต้นทุนที่ใช้ในการตัดเดือนชิ้นส่วน โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

1.1 ค่าวัสดุชิ้นงาน = 32.4 บาท/ชิ้น

1.2 ค่าใช้จ่ายขณะเกิดการตัด

1.2.1 ค่าแรงคนงาน $200 / (8 \times 3600)$ = 0.0069 บาท/วินาที

1.2.2 ค่าไฟฟ้าขณะเกิดการตัด จากค่าไฟฟ้า 4.96 บาท/หน่วย และอัตราค่าการใช้ไฟฟ้าของเครื่อง 7.95 Kw = $(7.95 \times 4.96) / 3600$
= 0.011 บาท/วินาที

1.2.3 เวลาที่เกิดการตัด ที่ $F = 0.3$ = $(27 / 300) \times 60$
= 5.40 วินาที

ดังนั้นค่าใช้จ่ายขณะเกิดการตัด = $(0.0069 + 0.011) \times 5.40$
= 0.097 บาท/ชิ้น

1.3 ค่าใช้จ่ายขณะไม่เกิดการตัด

1.3.1 ค่าใช้จ่ายของค่าแรงคนงานขณะไม่เกิดการตัด
= (ค่าแรงคนงาน x เวลาที่ไม่เกิดการตัด) + ค่าไฟฟ้าขณะไม่เกิดการตัดเดือน
= $0.0069(3.4 + 3.3 + 3) + [(8 \times 5.40) / 3600]$
= 0.079 บาท/วินาที

1.4 ค่าใช้จ่ายขณะเปลี่ยนเครื่องมือตัดต่อหนึ่งหน่วยชิ้นงาน เมื่อคิดที่เวลาการทำงานที่น้อยที่สุด

= (ค่าแรงงานคนขณะถอดเปลี่ยนเครื่องมือตัด x เวลาที่ใช้ในถอดเปลี่ยนเครื่องมือตัด x เวลาที่เกิดการตัด) / อายุการใช้งานเครื่องมือตัด หรือ จำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้

หมายเหตุ : อายุการใช้งานเลือกจากเวลาน้อยสุดในการตัดเดือนของแต่ละคมตัด

1.4.1 ค่าใช้จ่ายขณะเปลี่ยนเครื่องมือตัดของเม็ดมีดชนิด A
= $(0.0069 \times 28.4 \times 5.40) / 347$
= 0.003 บาท/ชิ้น

1.4.2 ค่าใช้จ่ายขณะเปลี่ยนเครื่องมือตัดของเม็ดมีดชนิด B
= $(0.0069 \times 28.4 \times 5.40) / 347$
= 0.003 บาท/ชิ้น

1.4.3 ค่าใช้จ่ายขณะเปลี่ยนเครื่องมือตัดของเม็ดมีดชนิด C
= $(0.0069 \times 28.4 \times 5.40) / 243$
= 0.004 บาท/ชิ้น

1.5 ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือตัดต่อหนึ่งหน่วยชิ้นงาน เมื่อคิดที่เวลาการทำงานที่น้อยที่สุด

$$= (\text{ราคาของเครื่องมือตัด} \times \text{เวลาที่เกิดการตัด}) / \text{อายุการใช้งานของเครื่องมือตัด}$$

หรือ จำนวนชิ้นที่ผลิตได้

1.5.1 ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือตัดชนิด A

$$= (149.8 \times 5.40) / 347$$
$$= 2.33 \text{ บาท/ชิ้น}$$

1.5.2 ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือตัดชนิด B

$$= (133.75 \times 5.40) / 347$$
$$= 2.08 \text{ บาท/ชิ้น}$$

1.5.3 ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือตัดชนิด C

$$= (187.25 \times 5.40) / 243$$
$$= 4.16 \text{ บาท/ชิ้น}$$

1.6 ค่าใช้จ่ายไสหุ้ย

$$= \text{ค่าไสหุ้ย} / \text{วินาที (เวลารวมที่ผลิตชิ้นงาน)}$$

$$= 0.05 / 15.10$$
$$= 0.0033 \text{ บาท/ชิ้น}$$

ค่าใช้จ่ายรวมของชิ้นงานหนึ่งชิ้นของเครื่องมือตัดชนิด A

$$= 32.4 + 0.0069 + 0.011 + 0.097 + 0.079$$
$$+ 0.003 + 2.33$$
$$= 34.93 \text{ บาท/ชิ้น}$$

ค่าใช้จ่ายรวมของชิ้นงานหนึ่งชิ้นของเครื่องมือตัดชนิด B

$$= 32.4 + 0.0069 + 0.011 + 0.097 + 0.079$$
$$+ 0.002 + 1.65$$
$$= 34.68 \text{ บาท/ชิ้น}$$

ค่าใช้จ่ายรวมของชิ้นงานหนึ่งชิ้นของเครื่องมือตัดชนิด C

$$= 32.4 + 0.0069 + 0.011 + 0.097 + 0.079$$
$$+ 0.004 + 4.16$$
$$= 37.73 \text{ บาท/ชิ้น}$$

1.7 ค่าใช้จ่ายขณะเปลี่ยนเครื่องมือตัดต่อหนึ่งหน่วยชิ้นงาน เมื่อคิดที่ปริมาณชิ้นส่วนที่ทำได้มากที่สุด

$$= (\text{ค่าแรงงานคนขณะถอดเปลี่ยนเครื่องมือตัด} \times \text{เวลาที่ใช้ในถอดเปลี่ยนเครื่องมือตัด} \times \text{เวลาที่เกิดการตัด}) / \text{อายุการใช้งานเครื่องมือตัด หรือ จำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้}$$

หมายเหตุ : อายุการใช้งานเลือกจากเวลาน้อยสุดในการตัดเดือนของแต่ละคมตัด

1.7.1 ค่าใช้จ่ายขณะเปลี่ยนเครื่องมือตัดของเม็ดมีดชนิด A

$$= (0.0069 \times 28.4 \times 5.40) / 447 \\ = 0.0024 \text{ บาท/ชิ้น}$$

1.7.2 ค่าใช้จ่ายขณะเปลี่ยนเครื่องมือตัดของเม็ดมีดชนิด B

$$= (0.0069 \times 28.4 \times 5.40) / 442 \\ = 0.0024 \text{ บาท/ชิ้น}$$

1.7.3 ค่าใช้จ่ายขณะเปลี่ยนเครื่องมือตัดของเม็ดมีดชนิด C

$$= (0.0069 \times 28.4 \times 5.40) / 374 \\ = 0.0028 \text{ บาท/ชิ้น}$$

1.8 ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือตัดต่อหนึ่งหน่วยชิ้นงาน เมื่อคิดที่ปริมาณชิ้นส่วนที่ทำได้มากที่สุด

$$= (\text{ราคาของเครื่องมือตัด} \times \text{เวลาที่เกิดการตัด}) / \text{อายุการใช้งานของเครื่องมือตัด หรือ จำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้}$$

1.8.1 ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือตัดชนิด A

$$= (149.8 \times 5.40) / 447 \\ = 1.81 \text{ บาท/ชิ้น}$$

1.8.2 ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือตัดชนิด B

$$= (133.75 \times 5.40) / 442 \\ = 1.63 \text{ บาท/ชิ้น}$$

1.8.3 ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือตัดชนิด C

$$= (187.25 \times 5.40) / 374 \\ = 2.7 \text{ บาท/ชิ้น}$$

ค่าใช้จ่ายรวมของชิ้นงานหนึ่งชิ้นของเครื่องมือตัดชนิด A

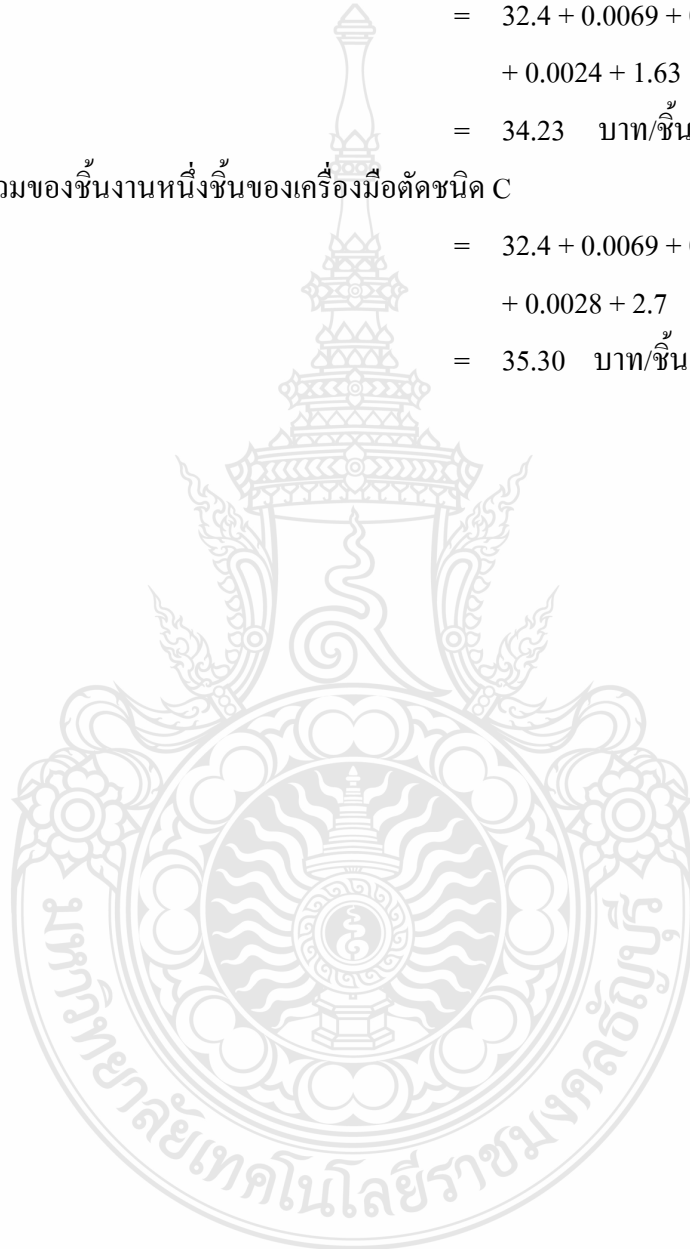
$$\begin{aligned} &= 32.4 + 0.0069 + 0.011 + 0.097 + 0.079 \\ &\quad + 0.0024 + 1.81 \\ &= 34.40 \text{ บาท/ชิ้น} \end{aligned}$$

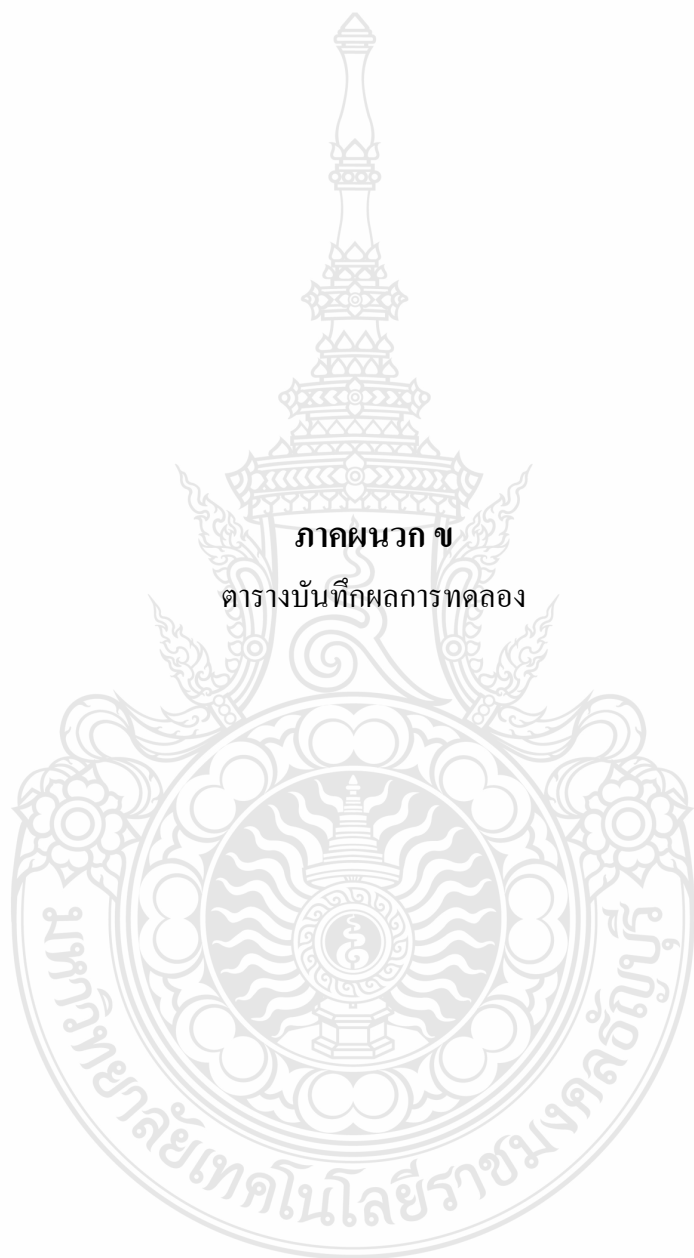
ค่าใช้จ่ายรวมของชิ้นงานหนึ่งชิ้นของเครื่องมือตัดชนิด B

$$\begin{aligned} &= 32.4 + 0.0069 + 0.011 + 0.097 + 0.079 \\ &\quad + 0.0024 + 1.63 \\ &= 34.23 \text{ บาท/ชิ้น} \end{aligned}$$

ค่าใช้จ่ายรวมของชิ้นงานหนึ่งชิ้นของเครื่องมือตัดชนิด C

$$\begin{aligned} &= 32.4 + 0.0069 + 0.011 + 0.097 + 0.079 \\ &\quad + 0.0028 + 2.7 \\ &= 35.30 \text{ บาท/ชิ้น} \end{aligned}$$





ตารางบันทึกเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วน (นาที)

1. ตารางผลการทดลองหาอายุการใช้งานเม็ดมิดคถึงชนิด A คือ CCMT120408-MA

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.30	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
135	50.98	48.65	52.85	36.58
	49.82	49.93	37.33	36.92
	47.95	47.72	36.75	37.58
185	27.50	27.08	23.47	23.27
	26.75	27.58	23.20	22.73
	28.00	26.58	22.87	23.40

2. ตารางผลการทดลองหาอายุการใช้งานเม็ดมิดคถึงชนิด B คือ CCMT120408MF

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.30	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
165	41.30	28.27	29.53	29.80
	40.10	27.93	28.87	29.40
	42.90	28.67	29.93	29.13
210	21.22	21.53	17.25	17.95
	22.13	21.93	17.55	17.65
	21.40	22.33	17.35	17.10

3. ตารางผลการทดลองหาอายุการใช้งานเม็ดมีดกลึงชนิด C คือ CCMT120408-MM

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.30	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
225	22.33	23.13	18.55	18.90
	21.87	22.73	18.35	18.75
	22.80	22.53	18.05	18.45
265	10.45	10.65	8.30	8.40
	10.90	11.05	7.90	8.03
	11.35	10.85	8.10	7.97



ตารางแสดงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนที่ผลิตได้ในหนึ่งคมตัด (นาที)

เม็คมัดกลึงชนิด A

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.3	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
135	49.58	48.77	37.25	37.00
185	33.17	33.08	23.20	23.13

เม็คมัดกลึงชนิด B

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.3	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
165	41.40	42.40	29.47	29.40
210	30.53	30.93	17.35	17.55

เม็คมัดกลึงชนิด C

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.3	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
225	22.33	22.67	18.30	18.70
265	10.90	10.85	8.10	8.13

ตารางแสดงเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนต่อ 1 ชิ้น (วินาที)

เม็คมัดกลึงชนิด A

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.3	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
135	7	7	5	5
185	5	5	4	4

เม็คมัดกลึงชนิด B

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.3	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
165	6	6	4	4
210	4	4	3	3

เม็คมัดกลึงชนิด C

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.3	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
225	4	4	3	3
265	3	3	2	2

หมายเหตุ : เวลาในตารางได้มาจากค่า Cycle Time ที่หน้าจอแสดงผลของเครื่องกลึง CNC

ตารางบันทึกผลจำนวนการผลิตชิ้นส่วนที่ผลิตได้ (ชิ้น/คมตัด)

1. ตารางผลการทดลองหาอายุการใช้งานเม็ดมิดคถึงชนิด A คือ CCMT120408-MA

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.30	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
135	437	417	453	439
	427	428	448	443
	411	409	441	451
185	330	327	352	349
	321	331	348	341
	336	319	343	351

2. ตารางผลการทดลองหาอายุการใช้งานเม็ดมิดคถึงชนิด B คือ CCMT120408MF

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.30	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
165	413	424	443	447
	401	419	433	441
	429	430	449	437
210	318	323	345	359
	332	329	351	353
	321	335	347	342

3. ตารางผลการทดลองหาอายุการใช้งานเม็ดมิลลิ่งชนิด C คือ CCMT120408-MM

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.30	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
225	337	343	372	373
	327	344	367	370
	341	339	359	379
265	209	213	249	252
	218	221	243	241
	227	217	237	239

หมายเหตุ : ค่าจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้ในตาราง เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณและประมาณค่า



ตารางเฉลี่ยจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้ในหนึ่งคมตัด (ชิ้น/คมตัด)

เม็คมัดกลึงชนิด A

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.3	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
135	425	418	447	444
185	329	325	348	347

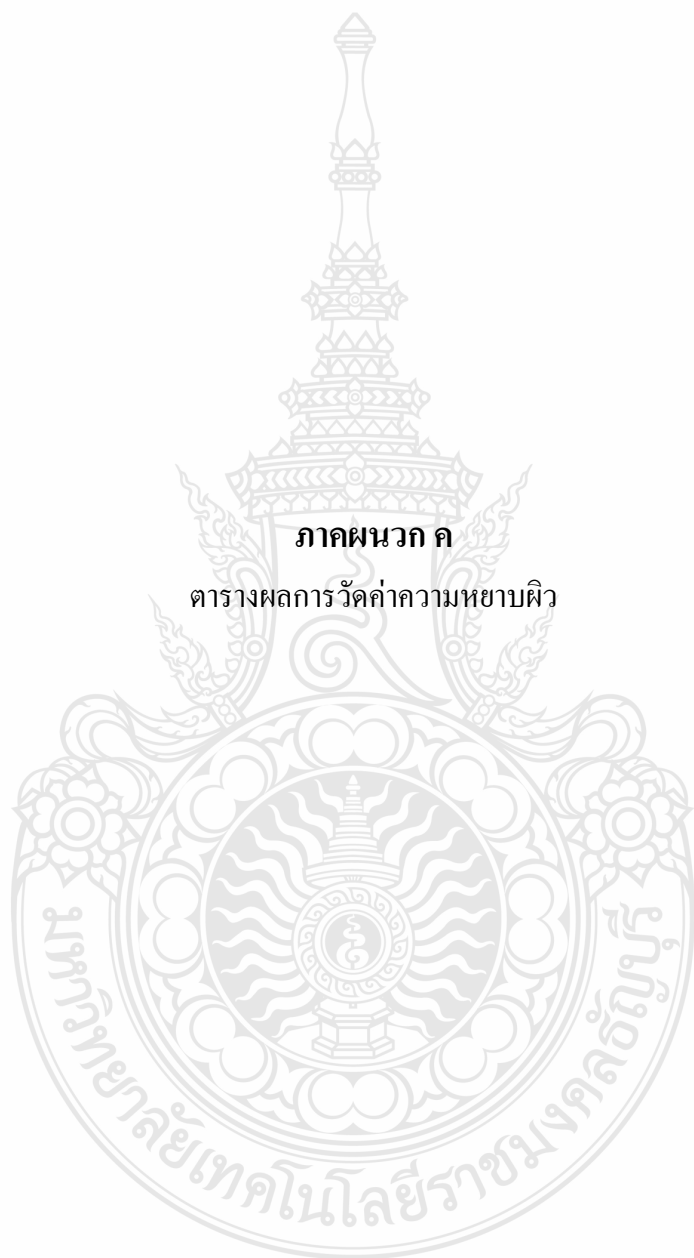
เม็คมัดกลึงชนิด B

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.3	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
165	414	424	442	441
210	323	329	347	351

เม็คมัดกลึงชนิด C

ความเร็วตัด (Cutting Speed) เมตร/นาที	อัตราป้อน (Feed) ; มิลลิเมตร/รอบ			
	0.24		0.3	
	ความลึกป้อน (Cutting Depth) ; มิลลิเมตร			
	1	1.35	1	1.35
225	335	342	366	374
265	218	217	243	244

หมายเหตุ : ค่าจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้ในตาราง เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณและประมาณค่า



ภาคผนวก ค

ตารางผลการวัดค่าความหยาบผิว

ตารางบันทึกผลค่าความหยาบผิวชั้นทดลอง ใน 1 คมตัด

ครั้งที่	ผลการวัดความหยาบผิว (Ra) ของเม็ดมีดชนิด A (μm)			
	V= 135 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.0 mm	V= 135 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.35 mm	V= 135 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.0 mm	V= 135 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.35 mm
1	2.59	2.63	2.60	2.64
2	2.61	2.65	2.62	2.66
3	2.63	2.67	2.64	2.68
4	2.66	2.69	2.67	2.70
5	2.67	2.71	2.68	2.72
6	2.69	2.73	2.70	2.74
7	2.70	2.74	2.71	2.75
8	2.72	2.76	2.73	2.77
9	2.72	2.75	2.73	2.76
10	2.74	2.77	2.74	2.78
11	2.75	2.78	2.76	2.79
12	2.72	2.76	2.73	2.77
13	2.75	2.79	2.76	2.80
14	2.77	2.81	2.78	2.82
15	2.76	2.80	2.77	2.81
16	2.78	2.82	2.79	2.83
17	2.77	2.81	2.78	2.82
18	2.80	2.83	2.80	2.84
19	2.82	2.85	2.83	2.86
20	2.83	2.87	2.84	2.88
21	2.81	2.85	2.82	2.86
22	2.84	2.88	2.85	2.89
23	2.83	2.86	2.83	2.87

ตารางบันทึกผลค่าความหยาบผิวชั้นทดลอง ใน 1 คมตัด

ครั้งที่	ผลการวัดความหยาบผิว (Ra) ของเม็ดมีดชนิด A (μm)			
	V= 135 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.0 mm	V= 135 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.35 mm	V= 135 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.0 mm	V= 135 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.35 mm
24	2.86	2.89	2.87	2.90
25	2.89	2.90	2.87	2.91
26	2.87	2.93	2.90	2.94
27	2.90	2.91	2.88	2.92
28	2.91	2.94	2.91	2.95
29	2.94	2.95	2.92	2.96
30	2.93	2.98	2.95	2.99
31	2.91	2.97	2.94	2.98
32	2.95	2.95	2.92	2.96
33	2.94	2.98	2.96	2.99
34	2.95	2.97	2.94	2.98
35	2.97	2.99	2.96	3.00
36	2.97	3.01	2.98	3.02
37	2.98	3.01	2.98	3.01
38	3.01	3.02	2.99	3.03
39	3.11	3.05	3.02	3.05
40	3.14	3.15	3.09	3.11
41	3.16	3.18	3.12	3.13
42	3.19	6.12	3.15	3.15
43	5.82		3.18	3.17
44			3.20	3.19
45			6.37	6.06

ตารางบันทึกผลค่าความหยาบผิวชั้นทดลอง ใน 1 คมตัด

ครั้งที่	ผลการวัดความหยาบผิว (Ra) ของเม็ดมีดชนิด A (μm)			
	V= 185 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.0 mm	V= 185 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.35 mm	V= 185 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.0 mm	V= 185 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.35 mm
1	2.54	2.47	2.53	2.56
2	2.56	2.49	2.55	2.58
3	2.58	2.51	2.57	2.60
4	2.60	2.53	2.59	2.63
5	2.62	2.55	2.61	2.64
6	2.64	2.57	2.63	2.66
7	2.65	2.58	2.64	2.67
8	2.67	2.60	2.65	2.69
9	2.66	2.59	2.65	2.69
10	2.68	2.61	2.67	2.71
11	2.69	2.63	2.68	2.72
12	2.67	2.60	2.66	2.69
13	2.70	2.63	2.69	2.72
14	2.72	2.65	2.70	2.74
15	2.71	2.64	2.69	2.73
16	2.73	2.66	2.72	2.75
17	2.72	2.65	2.71	2.74
18	2.74	2.67	2.73	2.77
19	2.76	2.69	2.75	2.79
20	2.78	2.71	2.77	2.80
21	2.76	2.69	2.75	2.78
22	2.79	2.72	2.78	2.81
23	2.77	2.70	2.76	2.80

ตารางบันทึกผลค่าความหยาบผิวชิ้นทดลอง ใน 1 คมตัด

ครั้งที่	ผลการวัดความหยาบผิว (Ra) ของเม็ดมีดชนิด A (μm)			
	V= 185 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.0 mm	V= 185 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.35 mm	V= 185 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.0 mm	V= 185 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.35 mm
24	2.80	2.73	2.79	2.83
25	2.81	2.74	2.80	2.83
26	2.84	2.77	2.83	2.86
27	2.82	2.75	2.80	2.84
28	2.85	2.78	2.83	2.87
29	2.86	2.79	2.84	2.88
30	2.89	2.82	2.88	2.91
31	2.88	2.81	2.87	2.90
32	2.89	2.82	2.85	2.88
33	5.77	5.96	2.91	2.95
34			2.95	2.99
35			6.47	6.51
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				

ตารางบันทึกผลค่าความหยาบผิวชิ้นทดลอง ใน 1 คมตัด

ครั้งที่	ผลการวัดความหยาบผิว (Ra) ของเม็ดมีดชนิด B (μm)			
	V= 165 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.0 mm	V= 165 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.35 mm	V= 165 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.0 mm	V= 165 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.35 mm
1	2.64	2.61	2.69	2.67
2	2.66	2.63	2.71	2.69
3	2.68	2.65	2.74	2.72
4	2.70	2.68	2.76	2.74
5	2.72	2.69	2.77	2.75
6	2.74	2.71	2.79	2.77
7	2.75	2.72	2.80	2.78
8	2.77	2.74	2.82	2.80
9	2.76	2.74	2.82	2.80
10	2.78	2.75	2.84	2.82
11	2.79	2.77	2.85	2.83
12	2.77	2.74	2.82	2.80
13	2.80	2.77	2.85	2.83
14	2.82	2.79	2.87	2.85
15	2.81	2.78	2.86	2.84
16	2.83	2.80	2.88	2.86
17	2.82	2.79	2.87	2.85
18	2.84	2.81	2.90	2.88
19	2.86	2.84	2.92	2.90
20	2.88	2.85	2.93	2.91
21	2.86	2.83	2.91	2.89
22	2.89	2.86	2.95	2.93
23	2.87	2.84	2.93	2.91

ตารางบันทึกผลค่าความหยาบผิวชั้นทดลอง ใน 1 คมตัด

ครั้งที่	ผลการวัดความหยาบผิว (Ra) ของเม็ดมีดชนิด B (μm)			
	V= 165 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.0 mm	V= 165 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.35 mm	V= 165 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.0 mm	V= 165 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.35 mm
24	2.90	2.88	2.96	2.94
25	2.91	2.88	2.96	2.94
26	2.94	2.91	2.99	2.97
27	2.92	2.89	2.97	2.95
28	2.95	2.92	3.00	2.98
29	2.96	2.93	3.01	2.99
30	2.99	2.96	3.04	3.02
31	2.98	2.95	3.03	3.01
32	2.96	2.93	3.02	3.00
33	2.99	2.96	3.05	3.03
34	2.98	2.95	3.04	3.02
35	3.00	2.97	3.06	3.04
36	3.02	2.99	3.07	3.05
37	3.02	2.99	3.07	3.05
38	3.03	3.00	3.09	3.07
39	3.06	3.03	3.12	3.09
40	3.13	3.10	3.15	3.15
41	3.16	3.13	3.19	3.17
42	7.18	6.73	6.30	6.75
43				
44				
45				

ตารางบันทึกผลค่าความหยาบผิวชั้นทดลอง ใน 1 คมตัด

ครั้งที่	ผลการวัดความหยาบผิว (Ra) ของเม็ดมีดชนิด B (μm)			
	V= 210 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.0 mm	V= 210 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.35 mm	V= 210 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.0 mm	V= 210 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.35 mm
1	2.47	2.49	2.55	2.61
2	2.49	2.51	2.57	2.63
3	2.51	2.53	2.59	2.65
4	2.53	2.56	2.61	2.67
5	2.55	2.57	2.63	2.69
6	2.57	2.59	2.65	2.71
7	2.58	2.60	2.66	2.72
8	2.60	2.62	2.68	2.74
9	2.59	2.62	2.67	2.73
10	2.61	2.64	2.69	2.75
11	2.62	2.65	2.70	2.76
12	2.60	2.62	2.68	2.74
13	2.63	2.65	2.71	2.77
14	2.65	2.67	2.73	2.79
15	2.64	2.66	2.72	2.78
16	2.66	2.68	2.74	2.80
17	2.65	2.67	2.73	2.79
18	2.67	2.70	2.75	2.81
19	2.69	2.72	2.77	2.83
20	2.71	2.73	2.79	2.85
21	2.69	2.71	2.77	2.83
22	2.72	2.74	2.80	2.86
23	2.70	2.73	2.78	2.84

ตารางบันทึกผลค่าความหยาบผิวชั้นทดลอง ใน 1 คมตัด

ครั้งที่	ผลการวัดความหยาบผิว (Ra) ของเม็ดมีดชนิด B (μm)			
	V= 210 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.0 mm	V= 210 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.35 mm	V= 210 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.0 mm	V= 210 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.35 mm
24	2.73	2.76	2.81	2.87
25	2.74	2.76	2.82	2.88
26	2.77	2.79	2.85	2.91
27	2.75	2.77	2.83	2.89
28	2.78	2.80	2.86	2.92
29	2.79	2.81	2.87	2.93
30	2.82	2.84	2.90	2.96
31	2.81	2.93	2.99	2.95
32	2.95	2.98	3.03	2.93
33	6.54	6.57	3.15	2.96
34			7.21	2.95
35				6.65
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				

ตารางบันทึกผลค่าความหยาบผิวชั้นทดลอง ใน 1 คมตัด

ครั้งที่	ผลการวัดความหยาบผิว (Ra) ของเม็ดมีดชนิด C (μm)			
	V= 225 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.0 mm	V= 225 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.35 mm	V= 225 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.0 mm	V= 225 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.35 mm
1	2.59	2.52	2.55	2.54
2	2.61	2.54	2.57	2.56
3	2.64	2.56	2.59	2.58
4	2.66	2.59	2.62	2.60
5	2.67	2.60	2.63	2.62
6	2.69	2.62	2.65	2.64
7	2.70	2.63	2.66	2.65
8	2.72	2.65	2.68	2.67
9	2.72	2.65	2.68	2.66
10	2.74	2.67	2.70	2.68
11	2.75	2.68	2.71	2.69
12	2.72	2.65	2.68	2.67
13	2.75	2.68	2.71	2.70
14	2.77	2.70	2.73	2.72
15	2.76	2.69	2.72	2.71
16	2.78	2.71	2.74	2.73
17	2.77	2.70	2.73	2.72
18	2.80	2.73	2.76	2.74
19	2.82	2.75	2.78	2.76
20	2.83	2.76	2.79	2.78
21	2.81	2.74	2.77	2.76
22	2.85	2.77	2.80	2.79
23	2.83	2.76	2.79	2.77

ตารางบันทึกผลค่าความหยาบผิวชั้นทดลอง ใน 1 คมตัด

ครั้งที่	ผลการวัดความหยาบผิว (Ra) ของเม็ดมีดชนิด C (μm)			
	V= 225 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.0 mm	V= 225 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.35 mm	V= 225 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.0 mm	V= 225 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.35 mm
24	2.86	2.79	2.82	2.80
25	2.86	2.79	2.82	2.81
26	2.89	2.82	2.85	2.84
27	2.87	2.80	2.83	2.82
28	2.90	2.83	2.86	2.85
29	2.91	2.84	2.87	2.86
30	2.94	2.87	2.90	2.89
31	2.93	2.96	2.89	2.88
32	2.92	3.01	2.87	2.89
33	2.95	3.12	2.94	2.93
34	6.54	7.18	2.96	2.96
35			2.99	2.99
36			3.15	3.12
37			6.58	3.19
38				6.64
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				

ตารางบันทึกผลค่าความหยาบผิวชั้นทดลอง ใน 1 คมตัด

ครั้งที่	ผลการวัดความหยาบผิว (Ra) ของเม็ดมีดชนิด C (μm)			
	V= 265 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.0 mm	V= 265 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.35 mm	V= 265 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.0 mm	V= 265 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.35 mm
1	2.56	2.59	2.56	2.55
2	2.58	2.61	2.58	2.57
3	2.60	2.63	2.60	2.59
4	2.63	2.65	2.63	2.61
5	2.64	2.67	2.64	2.63
6	2.66	2.69	2.66	2.65
7	2.67	2.70	2.67	2.66
8	2.69	2.72	2.69	2.68
9	2.69	2.71	2.69	2.67
10	2.71	2.73	2.71	2.69
11	2.72	2.75	2.72	2.70
12	2.69	2.72	2.69	2.68
13	2.72	2.75	2.72	2.71
14	2.74	2.77	2.74	2.73
15	2.78	2.76	2.73	2.72
16	2.91	2.78	2.75	2.74
17	2.95	2.77	2.74	2.73
18	2.97	2.82	2.77	2.75
19	3.05	2.85	2.79	2.77
20	3.14	2.91	2.80	2.82
21	3.19	2.96	2.82	2.86
22	6.54	5.89	2.85	2.91
23			2.96	2.96

ตารางบันทึกผลค่าความหยาบผิวชั้นทดลอง ใน 1 คมตัด

ครั้งที่	ผลการวัดความหยาบผิว (Ra) ของเม็ดมีดชนิด C (μm)			
	V= 265 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.0 mm	V= 265 m/min F = 0.24 m/rev D = 1.35 mm	V= 265 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.0 mm	V= 265 m/min F = 0.3 m/rev D = 1.35 mm
24			3.11	3.05
25			6.32	6.56
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				





















ภาคผนวก ง

ข้อมูลต่าง ๆ ของเม็ดมีดกถึง ทั้ง 3 ชนิดและค้ำมีดกถึง










เมตมิตชนิด US

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
C	N	M	G	12	04	08	(E)	(N)	MP

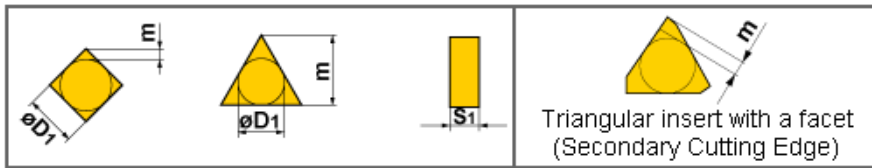
1.Insert Shape

Symbol	Insert Shape	
H	Hexagon	
O	Octagon	
P	Pentagon	
S	Square	
T	Triangle	
C	Rhombic 80°	
D	Rhombic 55°	
E	Rhombic 75°	
F	Rhombic 50°	
M	Rhombic 86°	
V	Rhombic 35°	
W	Trigon	
L	Rectangle	
A	Parallelogram 85°	
B	Parallelogram 82°	
K	Parallelogram 55°	
R	Round	
X	Special Design	

2.Normal Clearance

Symbol	Normal Clearance
A	3° 
B	5° 
C	7° 
D	15° 
E	20° 
F	25° 
G	30° 
N	0° 
P	11° 
O	Other Normal Clearance
Major Normal Clearance	

3.Tolerance Class

















Symbol	Tolerance of Nose Height m (mm)	Tolerance of Inscribed Circle ø d (mm)	Tolerance of Thickness s (m)
A	±0.005	±0.025	±0.025
F	±0.005	±0.013	±0.025
C	±0.013	±0.025	±0.025
H	±0.013	±0.013	±0.025
E	±0.025	±0.025	±0.025
G	±0.025	±0.025	±0.13
J	±0.005	±0.05 – ±0.15	±0.025
K*	±0.013	±0.05 – ±0.15	±0.025
L*	±0.025	±0.05 – ±0.15	±0.025
M*	±0.08 – ±0.18	±0.05 – ±0.15	±0.13
N*	±0.08 – ±0.18	±0.05 – ±0.15	±0.025
U*	±0.13 – ±0.38	±0.08 – ±0.25	±0.13

The surface of insert with * mark is sintered.








Detail of M Class Insert Tolerance						
Tolerance of Nose Height m (mm)						
D.I.C.	Triangular	Square	Rhombic 80°	Rhombic 55°	Rhombic 35°	Round
6.35	±0.08	±0.08	±0.08	±0.11	±0.16	–
9.525	±0.08	±0.08	±0.08	±0.11	±0.16	–
12.70	±0.13	±0.13	±0.13	±0.15	–	–
15.875	±0.15	±0.15	±0.15	±0.18	–	–
19.05	±0.15	±0.15	±0.15	±0.18	–	–
25.40	–	±0.18	–	–	–	–
31.75	–	±0.25	–	–	–	–
Tolerance of Inscribed Circle ΦD ₁ (mm)						
D.I.C.	Triangular	Square	Rhombic 80°	Rhombic 55°	Rhombic 35°	Round
6.35	±0.05	±0.05	±0.05	±0.05	±0.05	–
9.525	±0.05	±0.05	±0.05	±0.05	±0.05	±0.05
12.70	±0.08	±0.08	±0.08	±0.08	–	±0.08
15.875	±0.10	±0.10	±0.10	±0.10	–	±0.10
19.05	±0.10	±0.10	±0.10	±0.10	–	±0.10
25.40	–	±0.13	–	–	–	±0.13
31.75	–	±0.15	–	–	–	±0.15

4. Fixing and / or for Chip Breaker

Metric				
Symbol	Hole	Hole Configuration	Chip Breakers	Figure
W	With Hole	Cylindrical Hole + One Countersink (40-60°)	No	
T	With Hole	Cylindrical Hole + One Countersink (40-60°)	One Sided	
Q	With Hole	Cylindrical Hole + Double Countersink (40-60°)	No	
U	With Hole	Cylindrical Hole + Double Countersink (40-60°)	Double Sided	
B	With Hole	Cylindrical Hole + One Countersink (70-90°)	No	
H	With Hole	Cylindrical Hole + One Countersink (70-90°)	One Sided	
C	With Hole	Cylindrical Hole + Double Countersink (70-90°)	No	
J	With Hole	Cylindrical Hole + Double Countersink (70-90°)	Double Sided	
A	With Hole	Cylindrical Hole	No	
M	With Hole	Cylindrical Hole	One Sided	
G	With Hole	Cylindrical Hole	Double Sided	
N	Without Hole	–	No	
R	Without Hole	–	One Sided	
F	Without Hole	–	Double Sided	
X	–	–	–	Special Design



5.Insert Size

Symbol							Diameter Inscribed Circle (mm)
							
	02		04	03	03	06	3.97
	L3	08	05	04	04	08	4.76
	03	09	06	05	05	09	5.56
06							6.00
	04	11	07	06	06	11	6.35
	05	13	09	08	07	13	7.94
08							8.00
09	06	16	11	09	09	16	9.525
10							10.00
12							12.00
12	08	22	15	12	12	22	12.70
15	10		19	16	15	27	15.875
16							16.00
19	13		23	19	19	23	19.05
20							20.00
			27	22	22	38	22.225
25							25.00
25			31	25	25	44	25.40
31			38	32	31	54	31.75
32							32.00



6.Insert Thickness



*Thickness is from the bottom of the insert to the top of the cutting edge.

Symbol	Thickness(mm)
S1	1.39
01	1.59
T0	1.79
02	2.38
T2	2.78
03	3.18
T3	3.97
04	4.76
06	6.35
07	7.94
09	9.52

7.Insert Corner Configuration

Symbol	Corner Roundness(mm)
00	Sharp Nose
V3	0.03
V5	0.05
01	0.1
02	0.2
04	0.4
08	0.8
12	1.2
16	1.6
20	2.0
24	2.4
28	2.8
32	3.2
00 : Inch M0:Metric	Round Insert

8.Cutting Edge Condition

Figure	Cutting Edge	Symbol
	Sharp Cutting Edges	F
	Round Cutting Edges	E
	Chamfered Cutting Edges	T
	Chamfered and Rounded Cutting Edges	S

Mitsubishi Materials omit the honing symbol.

9.Cutting Direction

Figure	Hand	Symbol
	Right	R
	Left	L
	Neutral	N

10. Chip Breaker

Standard	C	FH
		
FJ	FS	FV
		
GH	GJ	HV
		
HX	HZ	MA
		
MH	MJ	MP
		
MS	MV	MW
		
SA	SH	SW
		



เม็คมัดชนิด KC

symbol shape	insert	shape	nose angle (degree)	symbol	hole	shape of hole	chipbreaker	shape of insert's section	alternate symbols		
									ordinary system	"D" less than 1/4"*	
S		square	90	N	without		without		N	E	
T		triangular	60	R			single sided		R		
C			80	F			double sided		F		
D		rhombic (diamond)	55	A			without		A	D	
E			75	M,P,S		cylindrical hole		single sided			M
F			50	G,P,Z				double sided			G
M			86	W		partly cylindrical hole, 40-60° countersink		without			A
V			35	T				single sided			M
W			trigon	80	Q	with	partly cylindrical hole, 40-60° double countersink		without		
H		hexagonal	120	U		double sided			G		
O		octagonal	135	B		partly cylindrical hole, 70-90° countersink		without			A
P		pentagonal	108	H			single sided		M		
L		rectangular	90	C		partly cylindrical hole, 70-90° double countersink		without			A
A			85	J			double sided		G		
B		parallelogram-shaped	82	X	special			X	X		
N/K			55								
R		round	-		*Inch system only.						

1. Shape

4. Insert Type

Example:

INCH

C

N

M

G

4

METRIC

C

N

M

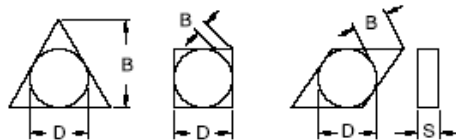
G

12

2. Relief Angle

- N - 0°
- A - 3°
- B - 5°
- C - 7°
- P - 11°
- D - 15°
- E - 20°
- F - 25°
- G - 30°

tolerances: apply prior to edge prep and coating
 D: theoretical diameter of the insert inscribed circle
 S: thickness
 B: See figures below.



tolerance class	tolerance on "D"		tolerance on "B"		tolerance on "S"	
	inch	mm	inch	mm	inch	mm
C	±0.010	±0,025	±0.0005	±0,013	±.001	±0,025
H	±.0005	±0,013	±.0005	±0,013	±.001	±0,025
E	±0.010	±0,025	±0.010	±0,025	±.001	±0,025
G	±0.010	±0,025	±0.010	±0,025	±.005	±0,13
M	See tables at right.				±.005	±0,13
U	See tables at right.				±.005	±0,13

3. Tolerance

5. Size

inch	"D"		Code for metric cutting edge length "L10"							
	inch	mm	C	D	R	S	T	V	W	
1.2 (5)	5/32	3,97	54	04	03	03	06	-	-	
1.5 (6)	3/16	4,76	04	05	04	04	08	08	53	
1.8 (7)	7/32	5,56	05	06	05	05	09	09	03	
-	.236	6,00	-	-	06	-	-	-	-	
2	1/4	6,35	06	07	06	06	11	11	04	
2.5	5/16	7,94	08	09	07	07	13	13	05	
-	.315	8,00	-	-	08	-	-	-	-	
3	3/8	9,52	09	11	09	09	16	16	06	
-	.394	10,00	-	-	10	-	-	-	-	
3.5	7/16	11,11	11	13	11	11	19	19	07	
-	.472	12,00	-	-	12	-	-	-	-	
4	1/2	12,70	12	15	12	12	22	22	08	
4.5	9/16	14,29	14	17	14	14	24	24	09	
5	5/8	15,88	16	19	15	15	27	27	10	
-	.630	16,00	-	-	16	-	-	-	-	
5.5	11/16	17,46	17	21	17	17	30	30	11	
6	3/4	19,05	19	23	19	19	33	33	13	
-	.787	20,00	-	-	20	-	-	-	-	
7	7/8	22,22	22	27	22	22	38	38	15	
-	.984	25,00	-	-	25	-	-	-	-	
8	1	25,40	25	31	25	25	44	44	17	
10	1 1/4	31,75	32	38	31	31	54	54	21	
-	1.260	32,00	-	-	32	-	-	-	-	

3. Tolerance Explanation

symbol		thickness	
inch	mm	inch	mm
.5 (1)	-	1/32	0,79
.6	T0	.040	1,00
1 (2)	01	1/16	1,59
1.2	T1	5.64	1,98
1.5 (3)	02	3/32	2,38
2	03	1/8	3,18
2.5	T3	5/32	3,97
3	04	3/16	4,76
3.5	05	7/32	5,56
4	06	1/4	6,35
5	07	5/16	7,94
6	09	3/8	9,52
7	11	7/16	11,11
8	12	1/2	12,70

NOTE:
Inch sizes in parentheses for "alternate symbols" D or E (under 1/4 inch "D").

± Tolerance on "D"										± Tolerance on "D"																										
"D"		Class M-tolerance				Class U-tolerance				"D"		Class M-tolerance				Class U-tolerance																				
		Shapes S, T, C, R & W		Shape D		Shape V		Shapes S, T & C				Shapes S, T, C, R & W		Shape D		Shape V		Shapes S, T & C																		
inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm																	
5/32	3,97	-	-	-	-	-	-	-	-	5/32	3,97	-	-	-	-	-	-	-	-																	
3/16	4,76	-	-	-	-	-	-	-	-	3/16	4,76	-	-	-	-	-	-	-	-																	
7/32	5,56	.002	0,05	.002	0,05	.002	0,05	.003	0,06	.003	0,06	.004	0,11	.004	0,11	.005	0,13	.005	0,13																	
1/4	6,35																			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
5/16	7,94																			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3/8	9,52																			.007	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7/16	11,11	.003	0,06	.003	0,06	.003	0,06	.005	0,13	.005	0,13	.006	0,15	.006	0,15	.010	0,25	.008	0,20																	
1/2	12,70																			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9/16	14,29	.004	0,10	.004	0,10	.004	0,10	.007	0,18	.007	0,18	.007	0,18	.007	0,18	.011	0,27	.008	0,20																	
5/8	15,88																			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11/16	17,46																			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3/4	19,05	.005	0,13	.005	0,13	.005	0,13	.010	0,25	.008	0,20	.008	0,20	.008	0,20	.015	0,38	.010	0,25																	
7/8	22,22																			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	25,40	.006	0,15	.006	0,15	.006	0,15	.010	0,25	.008	0,20	.008	0,20	.008	0,20	.015	0,38	.010	0,25																	
1 1/4	31,75																			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

6. Thickness "S"

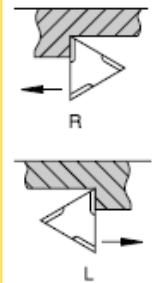
3
04

2
08

7. Corner Radius "RE"

symbol		corner radius	
inch	mm	inch	mm
X0	X0	.0015	.04
0	01	.004	0,1
.5	02	.008	0,2
1	04	1/64	0,4
2	08	1/32	0,8
3	12	3/64	1,2
4	16	1/16	1,6
5	20	5/64	2,0
6	24	3/32	2,4
7	28	7/64	2,8
8	32	1/8	3,2
-	00	round insert (inch)	
-	M0	round insert (mm)	

8. Hand of Insert (optional)



9./10. Cutting Edge Condition or Chip Control Features (optional)

F	sharp
FF	fine finishing
FN	finishing
MN	medium negative
RN	roughing negative
UN	universal negative
FP	finishing positive
MP	medium positive
RP	roughing positive
RM	roughing medium
RH	roughing heavy
FW	finishing wiper
MW	medium wiper
FS	finishing sharp
MS	medium sharp
RW	roughing wiper
HP	high positive
-T1	fine finishing
K	light feed chip control
UF	ultra-fine finishing
LF	light finishing
MF	medium finishing
E	hone only
T	negative land
S	negative land plus hone
MP-K	medium positive
MG-P	medium positive

14./15. T-land Angle (optional)

symbol	size
10	10°
15	15°
20	20°
25	25°
30	30°

16. Tip Style (optional)

symbol	usage
D	two-sided mini tip
M	mini tip
MT	multi tip

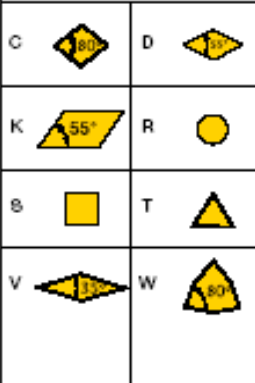
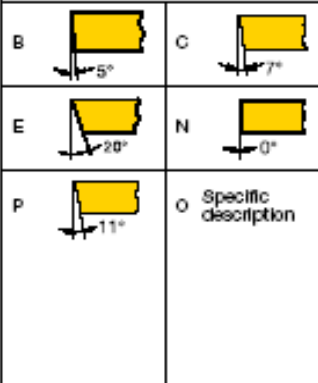
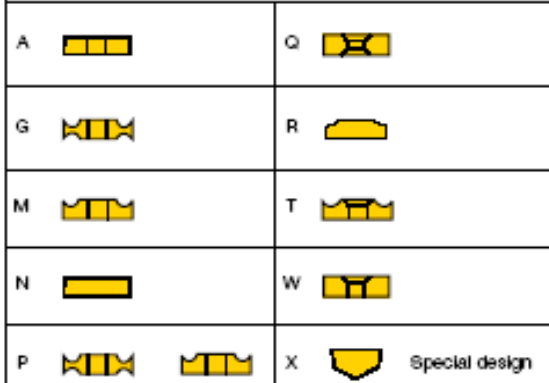
11./12./13. T-land width (optional)

symbol		size	
ANSI	ISO	inch	mm
04	010	.004	0,01
08	020	.008	0,02

เมตมีดชนิด GC











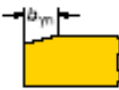

C	N	M	G	12	04	08	-			-	PF
1	2	3	4	5	6	7		8	9		12

C	N	M	G	12	04	08	-	T	010	20
1	2	3	4	5	6	7		8	10	11

1 Insert shape 	2 Insert clearance angle 	4 Insert type 
--	--	--

3 Tolerances $\pm s$ and IC/W		
Class	s	IC / W
G	± 0.13	± 0.025
M	± 0.13	$\pm 0.05 - \pm 0.15^{1)}$
U	± 0.13	$\pm 0.08 - \pm 0.25^{1)}$
E	± 0.025	± 0.025
¹⁾ Varies depending on the size of IC . See below.		
Inscribed circle IC mm	Tolerance class	
	M	U
3.97		
5.0		
5.56		
6.0	± 0.05	± 0.08
6.35		
8.0		
9.525		
10.0		
12.0	± 0.08	± 0.13
12.7		
15.875		
16.0	± 0.10	± 0.18
19.05		
20.0		
25.0	± 0.13	± 0.25
25.4		
31.75	± 0.15	± 0.25
32.0		
For positive inserts IC is valid for a sharp corner. See cutting edge condition F. (Picture 8).		

5 Insert size = cutting edge length, /mm		C	D	R	S	T	V	W	K
IC mm	IC Inch								
3.18	1/8"					05			
3.97	5/32"					06			
5.0				05					
5.56	7/32"					09			
6.0				06					
6.35	1/4"	06	07			11	11		
8.0				08					
9.525	3/8"	09	11	09	09	16	16	06	16 ¹⁾
10.0				10					
12.0				12 ¹⁾					
12.7	1/2"	12	15	12 ²⁾	12	22	22	08	
15.875	5/8"	16		15	15	27			
16.0				16					
19.05	3/4"	19		19	19	33			
20.0				20					
25.0				25 ¹⁾					
25.4	1"	25		25 ²⁾	25				
31.75				31					
32.0				32					
¹⁾ For insert shape K (KNMX, KNJX) only the theoretical cutting edge length is indicated.									
¹⁾ Metric base design									
²⁾ Inch base design									

<p>6 Insert thickness, s mm</p>  <p>01 $s = 1.59$ T1 $s = 1.96$ 02 $s = 2.36$ 03 $s = 3.18$ T3 $s = 3.97$ 04 $s = 4.76$ 05 $s = 5.56$ 06 $s = 6.35$ 07 $s = 7.94$ 09 $s = 9.52$ 10 $s = 10.00$ 12 $s = 12.00$</p>	<p>7 Nose radius, r_n mm</p>  <p>M0, 02 $r_n = 0.2$ 04 $r_n = 0.4$ 08 $r_n = 0.8$ 12 $r_n = 1.2$ 16 $r_n = 1.6$ 24 $r_n = 2.4$</p>	<p>8 Cutting edge condition</p> <p>F  Sharp cutting edge</p> <p>E  ER treated cutting edge</p> <p>T  Negative land</p> <p>K  Double negative lands</p> <p>S  Negative land and ER treated cutting edge</p>
<p>9 Hand of tool</p> <p>R  Feed</p> <p>L  Feed</p> <p>N  Feed</p>	<p>10 Chamfer width, mm</p>  <p>010 $b_m = 0.10$ 025 $b_m = 0.25$ 070 $b_m = 0.70$ 150 $b_m = 1.50$ 200 $b_m = 2.00$</p> <p>For more information, see code key on page A63</p>	<p>11 Chamfer angle</p>  <p>15 $\gamma_n = 15^\circ$ 20 $\gamma_n = 20^\circ$</p>
<p>12 Manufacturer's option</p> <p>The ISO code consists of nine symbols including 8 and 9 which are used only when required. In addition the manufacturer may add further two symbols e. g.</p> <ul style="list-style-type: none"> - WF = Wiper - finishing - PF = ISO P - finishing - PR = ISO P - roughing 		




ด้ามมีด



1 Coupling size, mm






C = Coromant Capto®
 D_{in} = Coupling size











Coromant Capto®

C3	D_{in} = 32
C4	D_{in} = 40
C5	D_{in} = 50
C6	D_{in} = 63
C8	D_{in} = 80






















2 Clamping system

C  Top clamping	D  Top and hole clamping (RC)	M  Top and hole clamping	P  Hole clamping	S  Screw clamping
--	--	--	---	--






3 Insert shape

C 	D 
K 	R 
S 	T 
V 	W 

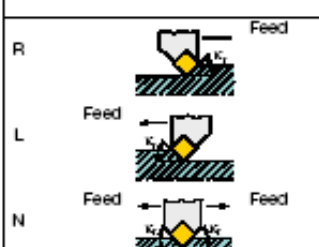
4 Holder style

A 90° 	B 75° 	D 45° 	E 60° 	F 91° 	G 91° 	H 107° 30' 
J 93° 	K 75° 	L 60° 	M 50° 	N 63° 30' 	Q 117° 30' 	R 75° 
S 45° 	T 60° 	U 93° 	V 72° 30' 	Y(Q) 85° 	Y(Z) 85° 	P 117° 30' 


5 Insert clearance angle

B 	C 
E 	N 
P 	○ Specific description

6 Hand of tool




7 Shank height, h mm




Integers to be preceded by 0, e.g. b = 8 indicated by 08

8 Shank width, b mm





Integers to be preceded by 0, e.g. b = 8 indicated by 08

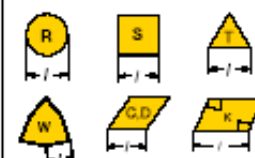
9 r_1 dimension, mm



10 Tool length, l_1 mm

	<table border="0"> <tr><td>A = 32</td><td>N = 160</td></tr> <tr><td>B = 40</td><td>P = 170</td></tr> <tr><td>C = 50</td><td>Q = 180</td></tr> <tr><td>D = 60</td><td>R = 200</td></tr> <tr><td>E = 70</td><td>S = 250</td></tr> <tr><td>F = 80</td><td>T = 300</td></tr> <tr><td>G = 90</td><td>U = 350</td></tr> <tr><td>H = 100</td><td>V = 400</td></tr> <tr><td>J = 110</td><td>W = 450</td></tr> <tr><td>K = 125</td><td>Y = 500</td></tr> <tr><td>L = 140</td><td>X = Special</td></tr> <tr><td>M = 150</td><td></td></tr> </table>	A = 32	N = 160	B = 40	P = 170	C = 50	Q = 180	D = 60	R = 200	E = 70	S = 250	F = 80	T = 300	G = 90	U = 350	H = 100	V = 400	J = 110	W = 450	K = 125	Y = 500	L = 140	X = Special	M = 150		<p>Coromant Capto®</p>  <p>l_1 dimension in mm (3 digits)</p>
A = 32	N = 160																									
B = 40	P = 170																									
C = 50	Q = 180																									
D = 60	R = 200																									
E = 70	S = 250																									
F = 80	T = 300																									
G = 90	U = 350																									
H = 100	V = 400																									
J = 110	W = 450																									
K = 125	Y = 500																									
L = 140	X = Special																									
M = 150																										

11 Cutting edge length, l_c mm



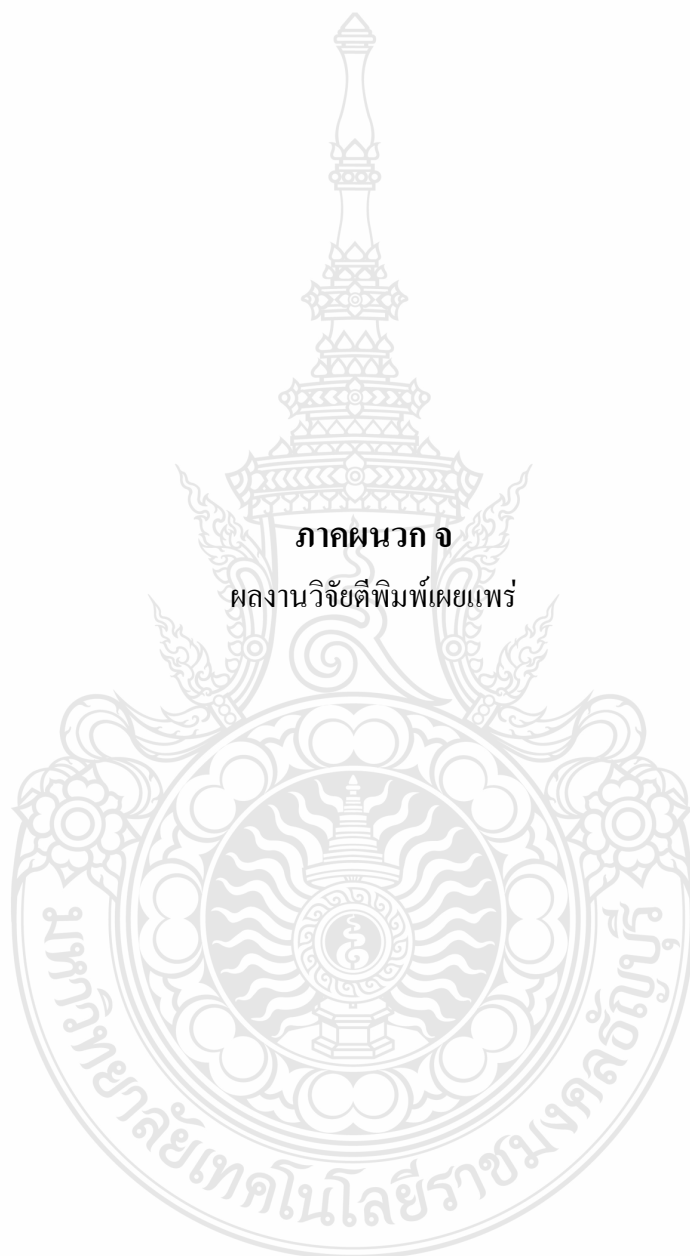
12 Manufacturer's option

When required a supplementary symbol of max 3 letters may be added to the ISO code, separated by a dash, e.g. g W for wedge design.

13 Clamping system ceramics

-2 = CoroTurn® RC holders for inserts with hole

-4 = CoroTurn® RC holders for inserts without hole



ภาคผนวก จ
ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่



UBRC 4th

การประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 4

The 4th Ubon Ratchathani University Research Conference

เอกสารสืบเนื่องจากการประชุม (PROCEEDING)

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เล่ม 2

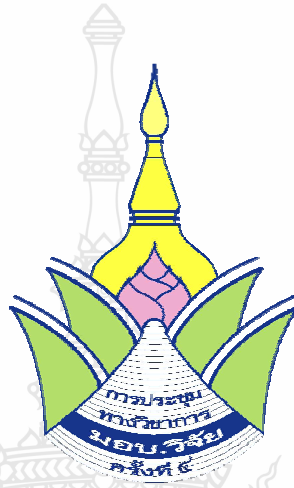
กลุ่มพัฒนาผลิตภัณฑ์และระบบการผลิต
กลุ่มวัสดุ อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ กลุ่มพลังงาน

9 - 10 สิงหาคม 2553

โรงแรมลายทอง จังหวัดอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

งานวิจัยเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมตามแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
RESEARCH FOR INNOVATION ALONG THE PHILOSOPHY OF SUFFICIENCY ECONOMY





ประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 4

9- 10 สิงหาคม 2553

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการตัดเฉือนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304

A Study on optimize factors for Turning Stainless Steel AISI 304

ประธาน แสงเขี้ยว ศิริชัย ต่อสกุลและศิวกร อ่างทอง

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Email : Prasan.san@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาตัวแปรการตัดเฉือนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 โดยการนำเม็ดมิดคาร์ไบด์ที่ต่างชนิดกัน 3 ชนิด คือ US, KC และ GC มาทำการตัดเฉือนเหล็กกล้าไร้สนิม เพื่อเลือกใช้เม็ดมิดคาร์ไบด์ที่มีประสิทธิภาพและใช้ต้นทุนต่ำสุด โดยกำหนดตัวแปรในการศึกษา คือ ความเร็วตัด, อัตราป้อน และความลึกป้อน การวิเคราะห์ผลใช้หลักการออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม MINITAB เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ต่อการผลิตชิ้นส่วน จากผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตชิ้นส่วนมากที่สุด คือ ความเร็วตัด รองลงมาคือ อัตราป้อน และความลึกป้อนมีผลเพียงเล็กน้อย ส่วนค่าใช้จ่ายจากชิ้นส่วนที่ผลิตได้นั้น เม็ดมิดที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดคือ ชนิด KC ที่ค่าใช้จ่าย 34.23 บาท/ชิ้น รองลงมาคือ US ที่ 34.40 บาท/ชิ้น และ GC ที่ 35.30 บาท/ชิ้น หากพิจารณาทั้งเวลาที่ผลิตชิ้นส่วนและจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้ พบว่า เม็ดมิดชนิด KC เป็นตัวเลือกแรกๆ ที่ควรพิจารณาเลือกใช้ เพราะเมื่อพิจารณาภาพรวมจะเห็นได้ว่ามีค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นส่วนที่ต่ำที่สุด

คำสำคัญ : อายุการใช้งาน เม็ดมิดคาร์ไบด์ เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ความเร็วตัด อัตราป้อน ความลึกป้อน

Abstract

The objectives of this research aim to study and develop factor of machining process with AISI 304 material. The three types of insert carbide US, KC and GC were used for cutting the stainless Steel. The experiments were also performed to confirm the efficiency and least cost of machining process. The cutting speed, feed rate and depth of cut were investigated. MINITAB program was used to analysis relationship of parameter in experiment. The cutting speed shows high effect to product, feed rate and depth of cut shows negligible effect to product. In the case of cost of manufacturing, KC has been found lowest cost 34.23 Bath/piece, US 34.40 Bath/piece and 35.30 Bath/piece, respectively. Moreover, KC insert carbide has shown optimum low cost and less time of manufacturing.

Keywords: Tool life, Insert Carbide, Stainless Steel AISI 304, Cutting Speed, Feed, Depth of Cut

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตได้มีการพัฒนากระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตต่ำ และลูกค้าเกิดความพึงพอใจ อีกทั้งสามารถเพิ่มผลกำไรให้กับบริษัท

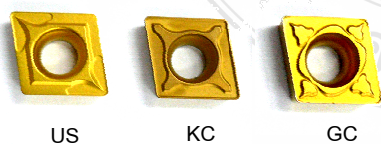
ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำความรู้ทางวิชาการและเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการพัฒนา และปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ เพื่อให้สามารถแข่งขันทางอุตสาหกรรมได้ จึงเป็นที่ได้เปรียบหากบริษัทสามารถนำวิธีการและเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาช่วยในการปรับปรุงการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถลดต้นทุนที่ใช้ในสายงานการผลิต ดังนั้นในวงการอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่มีบทบาทต่ออุตสาหกรรมการผลิต ที่ต้องมีการศึกษาและวิจัยอยู่ตลอดเวลาเพื่อมาช่วยพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตในด้านต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตจิ๊ก ฟิ๊กเจอร์ อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ ต่างก็ใช้วิทยาการความรู้และเทคโนโลยีใหม่มาช่วยในกระบวนการผลิต เช่นการนำเทคโนโลยีเครื่องจักรกลอัตโนมัติ (CNC) และเทคโนโลยีด้านการบริหารต่าง ๆ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์และความพึงพอใจของลูกค้า [13 -15]

กระบวนการตัดเฉือนโลหะถือว่าเป็นกระบวนการผลิต ที่มีบทบาทในการขึ้นรูป เช่น การกลึง การกัด การเจาะ เป็นต้น กระบวนการผลิตที่กล่าวมา จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเลือกใช้สภาวะการตัดเฉือนที่เหมาะสม เพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือตัด และลดต้นทุนในการสั่งซื้อเครื่องมือตัดที่ใช้ในสายการผลิต ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดตัวแปรในการตัดเฉือน เพื่อสามารถใช้งานเครื่องมือตัดให้คุ้มค่ากับงาน และเกิดประโยชน์สูงสุด [16]

สำหรับงานวิจัยนี้ จะมุ่งศึกษาเพื่อลดต้นทุนที่ใช้ในสายการผลิต ที่ทำการผลิต ข้อต่อ และ จิ๊ก ที่ใช้เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ผลิตอยู่เป็นประจำ และใช้เวลาในการผลิตมานาน อีกทั้งใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาสายการผลิตอื่นๆ โดยการศึกษาจะเป็นการศึกษาเพื่อลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำลง อีกทั้งสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวางแผนเพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อ ให้เหมาะสมกับปริมาณการผลิตในสายการผลิต

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ในขั้นตอนการดำเนินงานนี้จะมุ่งเน้นเพื่อศึกษาอายุการใช้งานและจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้ของเม็ดมีดกลึง โดยทำการ ศึกษาเม็ดมีดกลึงต่างกันทั้งหมด 3 ชนิด ผลิตจาก บริษัท 3 [8 -10] ซึ่งมีรูปร่างและใช้ใน งานกลึงเหล็กกล้าไร้สนิมเหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันที่ราคาของเม็ดมีด ในที่นี้จึงทำการกำหนดชื่อขึ้นเพื่อ งานวิจัยคือ US, KC และ GC โดยราคาของ เม็ดมีดชนิด US เท่ากับ 149.80 บาท/คมตัด/, KC เท่ากับ 133.75 บาท/คมตัด และ/GC เท่ากับ 187.25 บาท/ 1 คมตัด จากนั้นประกอบเข้ากับด้ามจับเม็ดมีด ดังรูปที่/ วัสดุชิ้นงาน คือ เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ในขณะที่ทำการทดลองมีการใช้น้ำหล่อเย็นเป็นแบบชนิดอีมัลชัน น้ำนม (MILKY EMULSION) อัตราส่วนผสมระหว่างสารหล่อเย็นกับน้ำที่ 1 ต่อ 20 ในงานวิจัยนี้ทำการกลึง โดยใช้เครื่องจักร (CNC Lath) MORI SEIKI NC1500 ซึ่งจะทำงานโดยใช้ระบบควบคุมของเครื่องโดยป้อน คำสั่ง G-code และ M-code



รูปที่ 1 ชนิดของเม็ดมีดและด้ามจับเม็ดมีดกลึงที่ใช้ในการทดลอง ทั้ง ชนิด 3

การทดลองจะมีสภาวะการตัดเฉือนที่ประกอบไปด้วยความเร็วตัด (Cutting Speed), อัตราป้อน (Feed) และความลึกป้อน รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเงื่อนไขการทดลอง

ชนิดเม็ดมีด	ความเร็วตัด		อัตราป้อน		ความลึกป้อน	
	(เมตร/นาที)		(รอบ/มิลลิเมตร)		(มิลลิเมตร)	
US	135	185	0.24	0.3	1.0	1.35
KC	165	210	0.24	0.3	1.0	1.35
GC	225	265	0.24	0.3	1.0	1.35

การกำหนดตัวแปรความเร็วตัดและอัตราป้อนทำการเลือกจากคำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิตเม็ดมีด

หลังทำการตัดชิ้นงานการประเมินคุณภาพของชิ้นงานนั้น สามารถวัดได้จากเครื่องวัดความหยาบผิวแบบหยั่งลาก SURFTEST: 301 ของ บริษัท Mitutoyo โดยมีกำหนดให้ค่าความความหยาบผิวสุดท้ายของชิ้นงานหลังการตัดเงื่อนไขต้องไม่เกิน 3.2 ตม. ซึ่งกำหนดมาจากแบบงาน

ในการวิเคราะห์การสึกหรอจะอ้างอิงเกณฑ์การหมดอายุการใช้งานของเม็ดมีด โดยยึดถือเอาชิ้นงานเป็นหลัก ซึ่งการวิเคราะห์จะทำการเปรียบเทียบการสึกหรอโดยสังเกตจากลักษณะและปริมาณชิ้นส่วนที่สามารถผลิตได้

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเม็ดมีดทั้ง ชนิด คือ 3US, KC และ GC ดังนั้นจึงต้องใช้เทคนิคทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละเงื่อนไขในการทดลองเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับผลการทดลอง ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นต้องพิจารณาคุณภาพของข้อมูลนั้นว่ามีการแปรปรวนคงที่หรือมีคุณสมบัติเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติหรือไม่ จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค Normal Probability Plot และ ANOVA

จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ANOVA ของเม็ดมีดทั้ง ชนิด คือ 3US, KC และ GC ดังรูปที่ 3 พบว่า ความเร็วตัด และ อัตราป้อน ได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.000 แสดงให้เห็นว่า ความเร็วตัด และ อัตราป้อน ส่งผลต่อการผลิตชิ้นส่วน ส่วนความลึกป้อนมีผลแค่เล็กน้อยเท่านั้น

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Cutting Speed	1	55680.7	55680.7	55680.7	929.30	0.000
Feed	1	2948.2	2948.2	2948.2	49.20	0.000
Depth of Cut	1	73.5	73.5	73.5	1.23	0.284
Cutting Speed*Feed	1	28.2	28.2	28.2	0.47	0.503
Cutting Speed*Depth of Cut	1	13.5	13.5	13.5	0.23	0.641
Feed*Depth of Cut	1	16.7	16.7	16.7		
Cutting Speed*Feed*Depth of Cut	1	0.7	0.7	0.7		
Error	16	958.7	958.7	59.9		
Total	23	59720.0				

S = 7.74059 R-Sq = 98.39% R-Sq(adj) = 97.69%

US

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Cutting Speed	1	51430.0	51430.0	51430.0	835.69	0.000
Feed	1	3105.4	3105.4	3105.4	50.46	0.000
Depth of Cut	1	135.4	135.4	135.4	2.20	0.157
Cutting Speed*Feed	1	1.0	1.0	1.0	0.02	0.898
Cutting Speed*Depth of Cut	1	0.4	0.4	0.4	0.01	0.939
Feed*Depth of Cut	1	51.0	51.0	51.0		
Cutting Speed*Feed*Depth of Cut	1	26.0	26.0	26.0		
Error	16	984.7	984.7	61.5		
Total	23	55734.0				

S = 7.84485 R-Sq = 98.23% R-Sq(adj) = 97.46%

KC

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Cutting Speed	1	92008	92008	92008	2467.26	0.000
Feed	1	4988	4988	4988	133.76	0.000
Depth of Cut	1	81	81	81	2.16	0.161
Cutting Speed*Feed	1	48	48	48	1.29	0.272
Cutting Speed*Depth of Cut	1	81	81	81	2.16	0.161
Feed*Depth of Cut	1	3	3	3	0.07	0.793
Cutting Speed*Feed*Depth of Cut	1	1	1	1	0.02	0.895
Error	16	597	597	37		
Total	23	97806				

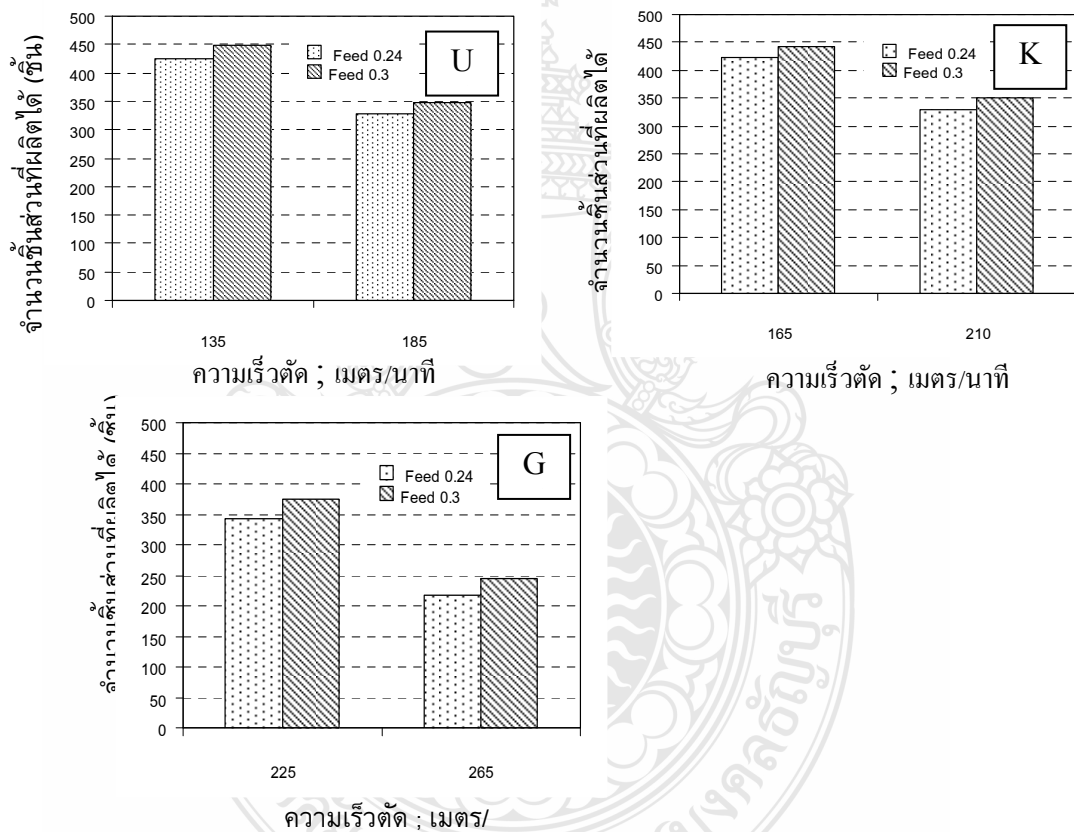
S = 6.10669 R-Sq = 99.39% R-Sq(adj) = 99.12%

GC

รูปที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ANOVA ของเม็ดมีดทั้ง ชนิด 3

การวิเคราะห์การสึกหรอที่เกิดขึ้นกับเม็ดมิดในการทดลองทั้ง 3 ชนิด เมื่ออ้างอิงเกณฑ์การหมดอายุการใช้งานของเม็ดมิดโดยยึดถือเอาชิ้นงานเป็นหลัก จะทำการเปรียบเทียบการสึกหรอโดยสังเกตได้จากปริมาณชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ ผลที่ได้สามารถอธิบายถึงอิทธิพลของอัตราป้อนและความเร็วตัดได้ดังนี้

ผลที่ได้จากการทดลองและเปรียบเทียบปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้จากเม็ดมิดทั้งสามชนิด ที่ความเร็วตัดและอัตราป้อนต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่ามีแนวโน้มเดียวกันคือเมื่อความเร็วตัดเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตชิ้นส่วนได้น้อยลง นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อใช้อัตราป้อนเพิ่มขึ้นสามารถผลิตชิ้นส่วนได้มากขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวได้คือ การผลิตชิ้นส่วนจากเม็ดมิดชนิด US โดยมีการเปลี่ยนความเร็วตัด และอัตราป้อน พบว่า ที่ความเร็วตัด 135 เมตร/นาที และอัตราป้อนที่ 0.3 มิลลิเมตร/รอบ สามารถผลิตชิ้นส่วนได้มากที่สุด คือ 447 ชิ้น ในขณะที่อัตราป้อนที่ 0.24 ทำให้การผลิตชิ้นส่วนลดลงที่ 425 ชิ้น สาเหตุเกิดจากการใช้อัตราป้อนที่ 0.3 มิลลิเมตร/รอบ จะทำให้ระยะทางการเดินกินตามความยาวของชิ้นงานในแต่ละรอบเกิดขึ้นน้อยกว่าการใช้อัตราป้อนที่ 0.24 มิลลิเมตร/รอบ เป็นผลให้เวลาที่เกิดขึ้นในการที่มิดตัดสัมผัสกับงานก็จะน้อยลง ทำให้อัตราการสึกหรอของมิดตัดเกิดขึ้นได้ช้า จึงสามารถผลิตชิ้นส่วนได้มากกว่า



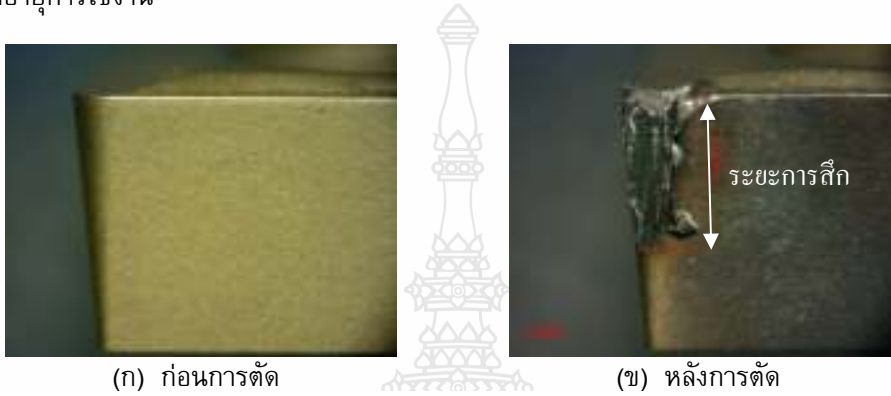
รูปที่ 4 การเปรียบเทียบปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตได้จากเม็ดมิดทั้ง 3 ชนิด ที่ความเร็วตัดและอัตราป้อนต่างกัน

ในการผลิตชิ้นส่วนจากเม็ดมิดชนิด KC พบว่าการใช้ความเร็วตัด 165 เมตร/นาที กับอัตราป้อนที่ 0.3 มิลลิเมตร/รอบ สามารถผลิตชิ้นส่วนได้มากที่สุด คือ 442 ชิ้น ในขณะที่อัตราป้อนที่ 0.24 ทำให้การผลิตชิ้นส่วนลดลง ที่ 424 ชิ้น

ในการผลิตชิ้นส่วนของเม็ดมิดชนิด GC พบว่า ที่ความเร็วตัด 225 เมตร/นาที กับอัตราป้อนที่ 0.3 รอบ สามารถผลิตชิ้นส่วนได้มากที่สุด/มิลลิเมตร คือ ทำให้การผลิต 0.24ชิ้น ในขณะที่อัตราป้อนที่ 374

ชนิดที่กล่าวมา ในขณะที่ 2 ชิ้น ซึ่งน้อยกว่า 342 ชิ้นส่วนลดลงที่ Depth of Cut พบว่าเส้นเชื่อมระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าเดิมและค่าใหม่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อเปลี่ยนค่าความลึกป้อนจึงทำให้ทราบว่า ความลึกป้อนมีผลต่อปริมาณชิ้นส่วนที่ผลิตค่อนข้างน้อย

สำหรับการสึกหรอของเม็ดมีดทั้ง 3 ชนิด จะมีการแสดงให้เห็นว่าเม็ดมีดทั้ง 5-7 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 3 (ปลายมีดสึกหรอที่ Nose Wear) ซึ่งลักษณะการสึกหรอเริ่มแรกจะเกิดขึ้นในลักษณะคงที่ ความร้อนที่เกิดจากการขัดสีระหว่างเม็ดมีดกับชิ้นงานจะสูงขึ้น และทำให้อัตราการสึกหรอที่ปลายเม็ดมีดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและหมดอายุการใช้งาน



รูปที่ 5 ภาพถ่ายการสึกหรอของเม็ดมีดชนิด US ก่อนและหลังทำการตัดเฉือนชิ้นส่วน



รูปที่ 6 ภาพถ่ายการสึกหรอของเม็ดมีดชนิด KC ก่อนและหลังทำการตัดเฉือนชิ้นส่วน



รูปที่ 7 ภาพถ่ายการสึกหรอของเม็ดมีดชนิด GC ก่อนและหลังทำการตัดเฉือนชิ้นส่วน

ในส่วนของการใช้จ่ายรวมที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานหนึ่งชิ้น จะสามารถคำนวณได้จากสมการ [17] ดังต่อไปนี้

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 \quad (1)$$

เมื่อ C_t คือ ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตชิ้นงานหนึ่งชิ้น, C_1 คือ ค่าวัสดุชิ้นงาน, C_2 คือ ค่าใช้จ่ายขณะเกิดการตัดต่อหนึ่งหน่วยชิ้นงาน, C_3 คือ ค่าใช้จ่ายขณะไม่เกิดการตัดต่อหน่วยชิ้นงาน, C_4 คือ ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนเครื่องมือตัดต่อหน่วยชิ้นงาน, C_5 คือ ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือตัดต่อหนึ่งหน่วยชิ้นงาน และ C_6 คือ ค่าเสียหายต่าง ๆ ต่อหนึ่งหน่วยชิ้นงาน

ตารางที่ 2 แสดงค่าใช้จ่ายต่อชิ้นส่วนใน ของเม็ดเม็ด คมตัด 1 US, KC และ GC

คำนวณค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่าย (บาท/ชิ้น)	เวลาและจำนวนชิ้นส่วน
เวลาในการผลิตชิ้นส่วนที่ต่ำสุดใน 1 คมตัด	เม็ดเม็ดชนิด US	34.93 บาท/ชิ้น 1,388 วินาที (347 ชิ้น/คมตัด)
	เม็ดเม็ดชนิด KC	34.68 บาท/ชิ้น 1,041 วินาที (347 ชิ้น/คมตัด)
	เม็ดเม็ดชนิด GC	37.73 บาท/ชิ้น 486 วินาที (243 ชิ้น/คมตัด)
จำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้มากสุดใน 1 คมตัด	เม็ดเม็ดชนิด US	34.40 บาท/ชิ้น 447 ชิ้น (2,235 วินาที)
	เม็ดเม็ดชนิด KC	34.23 บาท/ชิ้น 442 ชิ้น (1,786 วินาที)
	เม็ดเม็ดชนิด GC	35.30 บาท/ชิ้น 374 ชิ้น (1,122 วินาที)

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า ค่าใช้จ่ายที่พิจารณาถึง เวลาในการผลิตชิ้นส่วนที่ต่ำสุดใน 1 คมตัด และจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้มากสุดใน 1 คมตัด ซึ่งจากการคำนวณ พบว่า เม็ดเม็ดที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดเมื่อพิจารณาถึงเวลาในการผลิตชิ้นส่วนใน 1 คมตัด คือ เม็ดเม็ดชนิด KC มีค่าใช้จ่าย 34.68 บาท/ชิ้น รองลงมาคือ เม็ดเม็ดชนิด US ที่ 34.93 บาท/ชิ้น และ เม็ดเม็ดชนิด GC ที่ 37.73 บาท/ชิ้น ส่วนเม็ดเม็ดที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดเมื่อพิจารณาถึงจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้ใน 1 คมตัด คือ เม็ดเม็ดชนิด KC มีค่าใช้จ่าย 34.23 บาท/ชิ้น รองลงมาคือ เม็ดเม็ดชนิด US ที่ 34.40 บาท/ชิ้น และ เม็ดเม็ดชนิด GC ที่ 35.30 บาท/ชิ้น

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองกลึงชิ้นส่วนรูปทรงกระบอกภายใต้ปัจจัยของการกลึง คือ ความเร็วตัด, อัตราป้อน และความลึกป้อน เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยการกำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ หรือความเชื่อมั่น 95% พบว่า ความเร็วตัด และอัตราป้อนของเม็ดเม็ดทั้ง 3 ชนิดมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความเร็วตัดและอัตราป้อนมีผลต่อการตัดเฉือนชิ้นส่วน โดยความเร็วตัดและอัตราป้อนที่เพิ่มขึ้นจะช่วยลดเวลาในการผลิตชิ้นส่วนลง แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการใช้คมตัดในการตัดเฉือนชิ้นส่วนในปริมาณที่เพิ่มขึ้น และใช้ต้องเสียเวลาในการถอดเปลี่ยนเครื่องมือตัดบ่อยครั้งขึ้น ในส่วนของความลึกป้อน ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่า ความลึกป้อนมีผลต่อการกลึงชิ้นส่วนน้อยมาก ซึ่งการกลึง

ชิ้นงานรูปทรงกระบอกซึ่ง ความลึกป้อนจะถูกกำหนดโดยขนาดที่ต้องการของชิ้นงานอยู่แล้ว ดังนั้นในส่วน ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการผลิตเมื่อพิจารณาจากจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้จะมีค่าใช้จ่ายต่ำสุดโดยเม็ดมีดที่มี ค่าใช้จ่ายต่ำสุด คือ เม็ดมีดชนิด KC ที่ 34.23 บาทต่อชิ้น โดยสามารถผลิตชิ้นส่วนได้ใน 1 คมตัด เฉลี่ย 442 ชิ้น ใช้เวลา 1,786 วินาที รองลงมา คือ US ที่ 34.40 บาทต่อชิ้น ใช้เวลา 2,235 วินาที สามารถผลิตชิ้นส่วน ได้ใน 1 คมตัด เฉลี่ย 447 ชิ้น และ GC ที่ 35.30 บาทต่อชิ้น ใน 1 คมตัดผลิตได้ เฉลี่ย 374 ชิ้น ใช้เวลา 1,122 วินาที หากพิจารณาทั้งเวลาที่ผลิตชิ้นส่วนและจำนวนชิ้นส่วนที่ผลิตได้ พบว่า เม็ดมีดชนิด KC เป็น ตัวเลือกแรกที่ต้องพิจารณาเลือกใช้ เพราะเมื่อพิจารณาภาพรวมจะเห็นได้ว่า มีค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นส่วนที่ ต่ำที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ศูนย์มหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศูนย์ประเภท Window I (โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย: ศูนย์ สกว.-อุตสาหกรรม) สำนักงานกองทุนสนับสนุน การวิจัย และขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และ เครื่องมือที่ใช้ในการจัดทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sandvik Coromant.1994. **Modern Metal Cutting Practical Handbook**: Sweden. pp(I-1)-(IV- 25)
- [2] Nagpan. G.R. 1996. **Machine Tool Engineering**. 7th ed. Delhi: India. pp.113-145
- [3] George Tlusty. **Manufacturing Process And Equipment** . United States of America. pp. 458-477
- [4] Jain. Er.R.K. **Production Technology**. 2nd en.Nraina New Delhi. Paris offset Printers. pp.920-947
- [5] Scrop K. 1995. **Manufacturing Engineering and Technology**. 3rd ed. Illinois: USA. Addisio^o Wesley. pp. 594-539.
- [6] Mikell P. Groover. **Fundamatal of Modern Manufacturing**. Printed in Asia. pp. 542-562
- [7] ISO. **ISO 3685 Tool Life Testing With Single Point Turning Tools**.2nd Edition (1993)
- [8] Mitsubishi Material. เครื่องมือคาร์ไบด์สำหรับงานตัดกลึง. Mitsubishi Carbide Co., Ltd.
- [9] Kennametal. 2005. **Lathe Tooling**. Catalog 4010 GB. Kennametal GmbH & Co.KG
- [10] Sandvik Coromant AB. 2002. **Metalworking Product Turning tools**. Elanders: Sweden
- [11] Smith. Graham T.1947. **Advanced Machining The Handbook of Cutting**
- [12] Stephenson. D.A. and Agapiou. J.S. 1977. **Metal Cutting Theory and Practice**: New York,pp 577-656
- [13] สุขชีพ โลหะพันธ์ศรี. 2539. เงื่อนไขในการกลึงเหล็กหล่อสีเทาด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบผิวและ มีดกลึงเซรามิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [14] สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ. 2542. อิทธิพลของความเร็วตัดที่มีผลต่ออายุของมีดตัดคาร์ไบด์สำหรับ ชิ้นส่วนปั๊มไฮดรอลิค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541

- [15] ดิลก ศรีประไพ. การอบรมเรื่อง เทคโนโลยีซีเอ็นซี (CNC). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี ร่วมกับสถาบันยานยนต์ กระทรวงอุตสาหกรรม
- [16] นายพรศิลป์ อุบลลี. 2543. การหาอายุการใช้งานของเม็ดมีดกลึงคาร์ไบด์ ต่อการตัดเฉือน
เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ 20C. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [17] นายนิธิ บุรณจันทร์. 2533. การกำหนดสภาวะการตัดที่ให้ผลดีที่สุด ในกระบวนการกลึง
ทรงกระบอก. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
ธนบุรี
- [18] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2540. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม. สมาคมส่งเสริมไทยญี่ปุ่น.
หน้า 391-421





โครงการจัดตั้งกองส่งเสริมการวิจัย บริการวิชาการและศิลปวัฒนธรรม
สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
โทรศัพท์ 0-4535-3035,0-4535-3042
โทรสาร 0-4528-8508
E-mail: research@ubu.ac.th



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายประสาน แสงเขียว
วัน เดือน ปีเกิด	28 พฤศจิกายน 2525
ที่อยู่	46 ม.3 ต.ท่าแค อ.เมือง จ.พัทลุง 93000
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล เมื่อ พ.ศ.2548
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ.2548 – ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์

ประสาน แสงเขียว,ศิริชัย ต่อสกุล,ศิวกร อ่างทอง. 2553. “การศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมในการตัดเดือนเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304”. การประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 4. อุบลราชธานี, ประเทศไทย, 9-10 สิงหาคม 2553