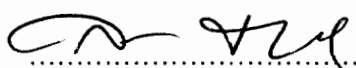


การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรอบรู้และการสืบทอดของมรดกสิ่ง
ในการกลึงเหล็กเครื่องมือ

นายปัญญาคม เจริญไชย ค.อ.บ. (เครื่องมือกล)

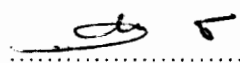
วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2549

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผศ. ดร. สมภพ ตลับแก้ว)

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



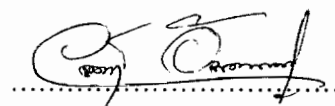
(ผศ. ดร. สัทธชัย แก้วเกื้อกูล)

กรรมการ



(ผศ. คมสัน จิระภัทรศิลป์)

กรรมการ



(ดร. อนุสิษฐ์ อันมานะตระกูล)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สำนักหอสมุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเรียบผิวและการสึกหรอของมีดกลึงในการกลึงเหล็กเครื่องมือ
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นายปัญญาคม เจริญไชย
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล ผศ. กมลสัน จิระภัทรศิลป์
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ภาควิชา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
พ.ศ.	2549

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของน้ำมันพืชและน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำที่มีต่องานกลึงเหล็กเครื่องมือ ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความเรียบผิวและการสึกหรอของมีดกลึง โดยใช้วิธีการกลึงปอกผิวชิ้นงาน มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย สารหล่อเย็น ความเร็วตัดและอัตราป้อน ตัวแปรตามคือคุณภาพของผิวงาน และการสึกหรอของมีดกลึง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย เครื่องกลึงขั้นศูนย์ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ เครื่องทดสอบหาค่าความเรียบผิว และอุปกรณ์หาขนาดการสึกหรอของคมตัดมีดกลึง ชิ้นงานทดลองคือ เหล็กเครื่องมือ AISI 4140 ผลการศึกษาพบว่า สารหล่อเย็นไม่มีอิทธิพลต่อความเรียบผิว และการสึกหรอของมีดกลึง ความเร็วตัดมีอิทธิพลต่อความเรียบผิว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความเร็วตัดมีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 อัตราป้อนมีอิทธิพลต่อความเรียบผิว และการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ : น้ำมันพืช / น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ / ความขรุขระของพื้นผิว / การสึกหรอ / อัตราป้อน

Thesis Title	The Study of Factors Affecting the Surface Smoothness and Tool Lathe Wear in Steel Turning
Thesis Credits	6
Candidate	Mr. Punyakom Jareanchai
Thesis Advisors	Asst.Prof. Dr. Sittichai Kaewkuekool Asst.Prof. Komson Jirapattarasilp
Program	Master of Science in Industrial Education
Field of Study	Production Engineering
Department	Production Technology Education
Faculty	Industrial Education and Technology
B.E.	2549

Abstract

The objectives of this research were to study and compare the influence of vegetable oil and water solute oil affecting to AISI 4140 steel turning in surface roughness and tool lathe wear. The factors studied were consisted of coolants, cutting speeds and feed rates. Dependent variables were the quality of surface turning by measuring surface roughness and tool lathe wear. The instruments used in the experiment were the center lathe, vernier caliper, surface roughness testing machine, and scanning electron microscope (SEM). The material used in the turning experiment was AISI 4140 steel. Results revealed that coolants had no affected influence to surface roughness and tool lathe wear. Cutting speeds were significantly affected to surface roughness at the level of 0.05, and to tool lathe wear at the level of 0.01. Finally, feed rates were significantly affected to surface roughness and tool lathe wear at the level of 0.01.

Keyword : Vegetable Oil / Water Solule Oil / Surface Roughness / Tool Lathe Wear / Feed Rate

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์และช่วยเหลือจาก ผศ. ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานที่ปรึกษา ผศ. คมสัน จิระภัทรศิลป์ ให้ความกรุณาเป็นประธานที่ปรึกษาร่วม ซึ่งได้ให้คำแนะนำและชี้ข้อบกพร่องต่าง ๆ รวมทั้งตรวจสอบและแก้ไขเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์และถูกต้องยิ่งขึ้น ขอขอบคุณ ผศ. ดร. สมภพ คลับแก้ว ที่ได้กรุณาเป็นประธานกรรมการวิทยานิพนธ์ และ ดร. อนุศิษฎ์ อันมานะตระกูล ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบในครั้งนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์ประพันธ์ ยาวระ, อาจารย์สุเทพ คงทัน และ อาจารย์ชาญ ราชวงศ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น ที่อนุเคราะห์ให้ใช้ครุภัณฑ์ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ รวมทั้งบุคลากรอีกหลายท่านที่ไม่ได้เอ่ยนาม และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่สนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ด้วย

สุดท้ายนี้ขอใช้งานวิทยานิพนธ์เล่มนี้ซึ่งแทนความสำเร็จอีกก้าวหนึ่งเป็นการทดแทนพระคุณของ บิดา มารดา และ ครู อาจารย์ ผู้มีพระคุณทั้งหลาย ตลอดจนครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนต่อ การศึกษาอย่างมั่นคงและสม่ำเสมอ จนทำให้งานวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ฐ
ประมวลคำศัพท์และคำย่อ	ฑ
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา ความสำคัญและปัญหา (Research issue)	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย (Objective)	1
1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย (Hypothesis)	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.6 นิยามศัพท์	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 เทคโนโลยีงานผลิต (Production Technology)	5
2.2 น้ำมันหล่อเย็น	14
2.3 คุณภาพผิวงาน (Quality of Machine Surfaces)	24
2.4 การเกิดเศษโลหะจากการกลึงงานทั่วไป	27
2.5 การสึกหรอของเครื่องมือตัด (Tool Wear)	31
2.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์	35
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
3. วิธีดำเนินการวิจัย	43
3.1 ศึกษาข้อมูลของงานวิจัย	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	44
3.3 ชิ้นงานและเครื่องมือตัด	46
3.4 ขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงาน	47
3.5 ขั้นตอนการดำเนินการก่อนการทดลอง(Pilot Study)	48
3.6 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง	49
3.7 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง	50
3.8 ขั้นตอนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล	52
3.9 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	53
4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล	54
4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น	54
4.2 ผลของการทดลอง	56
4.3 ปัจจัยของสารหล่อเย็น ความเร็วตัด และอัตราป้อน ส่งผลต่อความเรียบผิวงานกลึง	57
4.4 ปัจจัยของสารหล่อเย็น ความเร็วตัด และอัตราป้อน ส่งผลต่อการสึกหรอของมีดกลึง	62
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	70
5.1 สรุปผลการทดลอง	70
5.2 อภิปรายผลการทดลอง	70
5.3 ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง	73
ภาคผนวก	
ก. ตารางบันทึกผลการทดลอง	77
ข. ตารางวิเคราะห์ผลข้อมูล	83
ค. ภาพประกอบขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	93
ประวัติผู้วิจัย	102

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 มีดกลึงเหล็กเครื่องมือที่ใช้กลึงเหล็กเหนียวธรรมดา	11
2.2 สารประกอบที่สำคัญของน้ำมันหล่อเย็นชนิดน้ำมันล้วน	16
2.3 สารประกอบที่สำคัญของน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	17
2.4 ข้อเสนอแนะการตรวจสอบสภาพน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสม	22
2.5 การวิเคราะห์ด้วย ANOVA	38
3.1 แผนการทดลองกำหนดให้เงื่อนไขละ 2 Replicates	49
3.2 การสุ่มเลือกชิ้นงานสำหรับการทดลอง	50
3.3 การเก็บผลการทดลอง	51
4.1 ระดับของตัวแปรและผลการทดลองเบื้องต้นของน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	54
4.2 ระดับของตัวแปรและผลที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของน้ำมันพืช	55
4.3 ข้อมูลค่าเฉลี่ยความเรียบของผิวงานกลึง (μm)	56
4.4 ข้อมูลค่าเฉลี่ยความลึกหระของคมมีดกลึง (μm)	56
4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรตอบสนองต่อความเรียบผิวงาน	58
4.6 แสดงความแตกต่างของระดับความเร็วตัด ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน โดยวิธี LSD	59
4.7 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วตัดที่ระดับต่าง ๆ	59
4.8 แสดงความแตกต่างของระดับอัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน โดยวิธี LSD	60
4.9 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราป้อนที่ระดับต่าง ๆ	60
4.10 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรตอบสนองต่อการสึกหรอของมีดกลึง	63
4.11 แสดงความแตกต่างของระดับความเร็วตัด ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง โดยวิธี LSD	64
4.12 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วตัดที่ระดับต่าง ๆ	65
4.13 แสดงความแตกต่างของระดับอัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง โดยวิธี LSD	66
4.14 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราป้อนที่ระดับต่าง ๆ	66

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก.1 ลำดับการเก็บผลการทดลองที่ได้จากการสุ่มการทดลอง	78
ก.2 ลำดับการเก็บผลการทดลองที่ได้จากการสุ่มการทดลอง	79
ก.3 ลำดับการเก็บผลการทดลองที่ได้จากการสุ่มการทดลอง	80
ก.4 ลำดับการเก็บผลการทดลองที่ได้จากการสุ่มการทดลอง	81
ก.5 ข้อมูลค่าเฉลี่ยความเรียบของผิวงานกลึง (μm)	82
ก.6 ข้อมูลค่าเฉลี่ยความสีกหรือของคมมีดกลึง (μm)	82
ข.1 แสดงการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงานกลึง	85
ข.2 ความแตกต่างของระดับความเร็วตัด ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน โดยวิธี LSD	85
ข.3 ความแตกต่างของระดับอัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน โดยวิธี LSD	86
ข.4 แสดงการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสีกหรือของมีดกลึง	86
ข.5 แสดงความแตกต่างของระดับความเร็วตัด ที่มีอิทธิพลต่อการสีกหรือของมีดกลึง โดยวิธี LSD	87
ข.6 แสดงความแตกต่างของระดับอัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อการสีกหรือของมีดกลึง โดยวิธี LSD	87

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 ชนิดของเศษโลหะ	6
2.2 เศษกลึงที่เกิดเป็นชิ้นเฉือน	6
2.3 คมมีดกลึง	7
2.4 มุมตั้งมีด	9
2.5 แรงตัด	9
2.6 พิกัดจุดหมุนงานกลึง	11
2.7 กระบวนการปาดผิวโลหะต่างๆ	12
2.8 แรงจับยึดชิ้นงานให้มั่นคง	14
2.9 ภาพสามมิติผิวงานหลังการตัดเฉือนและภาพด้านข้างผิวงาน	24
2.10 ภาพขยายลักษณะผิวงานที่เกิดจากการตัดเฉือนด้วยมีดกลึงแบบปลายมน (Single Point Radius Tool)	26
2.11 ลักษณะผิวงานที่เกิดจากการตัดเฉือนด้วยมีดกลึงแบบปลายแหลม (Single Point Tool)	26
2.12 ลักษณะผิวงานที่เกิดจากการตัดเฉือนด้วยมีดกลึงปลายแบบคอมเพล็ก	27
2.13 แสดงลักษณะของเศษแบบต่าง ๆ	29
2.14 แสดงขั้นตอนการยึดติดที่คมตัด	30
2.15 แสดงการเกิดเศษโลหะไม่ต่อเนื่อง	30
2.16 ปรากฏการณ์ในการเกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัด	32
2.17 การเปลี่ยนแปลงความลึกของแอ่ง KT และความกว้าง KB ต่อหน่วยเวลา	33
2.18 (a) รูปทรงเรขาคณิตอย่างง่ายของแอ่ง (b) มุมในการเจริญเติบโตของแอ่ง	34
2.19 การทดลองร่วมปัจจัยของการออกแบบ 3^2	37
2.20 การทดลองร่วมปัจจัยของการออกแบบ 3^2 ในลักษณะ 3 มิติ	37
3.1 หล่อเย็นสำหรับการทดลอง (a) น้ำมันพืช (b) น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	43
3.2 เครื่องกลึงขั้นศูนย์ (Center Lathe)	44
3.3 เครื่องทดสอบหาค่าความแข็ง	44
3.4 อุปกรณ์สำหรับการวัดขนาดความเรียบผิวงาน	45
3.5 อุปกรณ์หาขนาดการสึกหรอของคมตัดมีดกลึง	45
3.6 เครื่องลับมุมมีดขั้นสำเร็จ	46

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
3.7 การเตรียมชิ้นงานทดลอง	47
3.8 มีดกลึงสำหรับการทดลอง	47
3.9 การวัดหาค่าความเรียบผิวงานกลึง	52
3.10 การวัดหาค่าการสึกหรอของมีดกลึง	52
4.1 กราฟแสดงการแจกแจงของข้อมูลแบบปกติของความเรียบผิว	57
4.2 กราฟแสดงความแตกต่างของระดับความเร็วตัด ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน	59
4.3 กราฟแสดงความแตกต่างของระดับอัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน	61
4.4 กราฟแสดงอิทธิพลร่วม (Interaction) ของสารหล่อเย็นที่มีความสัมพันธ์กับความเร็วตัดส่งผลกระทบต่อความเรียบของผิวงาน	61
4.5 กราฟแสดงการแจกแจงปกติค่าความคลาดเคลื่อน ความขรุขระของผิวงานกลึง (Surface Roughness)	62
4.6 กราฟแสดงการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของการสึกหรอของมีดกลึง	63
4.7 กราฟแสดงความแตกต่างของระดับความเร็วตัด ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง	65
4.8 กราฟแสดงความแตกต่างของระดับอัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง	67
4.9 กราฟแสดงอิทธิพลร่วม (Interaction) ของ สารหล่อเย็น*ความเร็วตัด ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง	67
4.10 กราฟแสดงอิทธิพลร่วม (Interaction) ของ ความเร็วตัด*อัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง	68
4.11 แสดงการทดสอบการแจกแจงปกติค่าความคลาดเคลื่อนของค่าการสึกหรอของมีดกลึง (Tool Wear)	69
ข.1 กราฟแสดงข้อมูลความเรียบของผิวงานกลึง เป็นการแจกแจงแบบปกติ ค่า P-Value มากกว่า 0.05	84
ข.2 กราฟแสดงข้อมูลการสึกหรอของมีดกลึง เป็นการแจกแจงแบบปกติ ค่า P-Value มากกว่า 0.05	84
ข.3 กราฟแสดงการแจกแจงปกติ ค่าความคลาดเคลื่อนของ ความขรุขระ ค่า P-Value มากกว่า 0.05	88

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
ข.4 กราฟแสดงการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ ค่าความคลาดเคลื่อนของการสึกหรอของมีดกลึง ค่า P-Value มากกว่า 0.05	88
ข.5 แสดงปัจจัยหลัก (Main effect) ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง	89
ข.6 แสดงปัจจัยหลัก (Main effect) ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงานกลึง	89
ข.7 แสดงปัจจัยร่วม (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง	90
ข.8 แสดงปัจจัยร่วม (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงานกลึง	90
ค.1 ถลับมีดกลึง HSS ให้ได้มุมดังนี้ มุมฟรีด้านข้าง(Side Relieve Angle, α) 8 องศา, มุมลิ้ม (Wedge Angle, β) 70 องศา, มุมคายเศษโลหะ 12 องศา และมุมฟรีด้านหน้า (End flank) 8 องศา	94
ค.2 การถลับมีดกลึงให้ได้มุมตามที่กำหนดไว้ในตารางทดลอง	94
ค.3 มีดกลึงที่ถลับเสร็จแล้ว	94
ค.4 สารหล่อเย็นที่ใช้ในการทดลอง (1) น้ำมันพืช, (2) น้ำมันหล่อเย็น และ น้ำมันหล่อเย็นผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:20	95
ค.5 ผิวของชิ้นงานจากการทดลองเบื้องต้น (1) $V = 40$ m/min, $F = 0.1$ mm/round (2) $V = 40$ m/min, $F = 0.2$ mm/round, $V = 40$ m/min, $F = 0.3$ mm/round ป้อนลึก 1 มม. หล่อเย็นด้วยน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	95
ค.6 ผิวของชิ้นงานจากการทดลองเบื้องต้น (1) $V = 40$ m/min, $F = 0.1$ mm/round (2) $V = 40$ m/min, $F = 0.2$ mm/round, $V = 40$ m/min, $F = 0.3$ mm/round ป้อนลึก 1 มม. หล่อเย็นด้วยน้ำมันพืช	95
ค.7 ชิ้นงานที่ถูกเตรียมไว้สำหรับการทดลอง	96
ค.8 ตั้งระยะมีดกลึงโดยใช้ Filler gage สำหรับการป้อนลึก 1 มม.	96
ค.9 การกลึงงานเมื่อหล่อเย็นด้วยน้ำมันพืช	96
ค.10 การกลึงงานเมื่อหล่อเย็นด้วยน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	97
ค.11 ชิ้นงานที่ถูกกลึงตามเงื่อนไขการทดลองแล้ว	97
ค.12 เตรียมวัดความเรียบผิวชิ้นงาน	97
ค.13 ลักษณะของแผ่นเทียบผิวมาตรฐานขนาด $Ra = 2.95$ μ m.	98
ค.14 การเปรียบเทียบเครื่องวัดค่าความเรียบของพื้นผิวกับแผ่นมาตรฐาน	98

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
ค.15 วัดค่าความเรียบของพื้นผิวงานกลึงที่ตำแหน่งแรก	98
ค.16 วัดค่าความเรียบของพื้นผิวงานกลึงที่ตำแหน่งที่สอง	99
ค.17 เครื่องทดสอบความแข็งแบบ Rockwell scale C	99
ค.18 ทดสอบหาค่าความแข็งของชิ้นงานมีความแข็งที่ 27-30 HR _C	99
ค.19 ทดสอบหาค่าความแข็งของมีดกลึง ทดสอบได้ 58-62 HR _C	100
ค.20 เครื่องทดสอบหาค่าส่วนผสมของชิ้นงาน	100
ค.21 ชิ้นงานมีส่วนผสมประกอบด้วย Fe = 97.3329 %, S = 0.011 %, C = 0.396 %, Cr = 0.915 %, Si = 0.215 %, Ni = 0.120 %, Sn = 0.011 %, Mn = 0.634 %, Mo = 0.157 %, Al = 0.019 %, Cu = 0.167 % และอื่นๆ = 0.0221 %	100
ค.22 เครื่องวัดค่าการสึกหรอของมีดกลึง	101
ค.23 การสึกหรอของมีดกลึง และตำแหน่งการวัดความสึกการสึกหรอคมมีดกลึง	101

รายการสัญลักษณ์

d	=	ความลึกในการป้อน
f	=	อัตราป้อน
P-Value	=	ค่าความน่าจะเป็นทางสถิติ
r_c	=	รัศมีปลายเครื่องมือตัด
s	=	ความเร็วตัด
S	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
V	=	ความเร็วตัด
$\bar{X}$	=	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
3^k	=	การออกแบบเชิงแฟกตอเรียล
α	=	นัยสำคัญทางสถิติ
μ	=	ค่าเฉลี่ยของประชากร
ρ	=	แทนการตั้งสมมติฐานทางสถิติ
σ	=	ความแปรปรวนของประชากร
Σ	=	การรวมข้อมูลทางตัวเลข
λ	=	ช่วงความยาวรอบตัด/ช่วงความยาวเศษกลึง
α	=	มุมฟรี
β	=	มุมลิ้ม
γ	=	มุมคาย
δ	=	มุมตัด
n	=	ความเร็วรอบ
s	=	ช่วงป้อนมีด
a	=	ระยะที่เกิดคมมีดเล็ก
ϕ	=	มุมคมตัดด้านข้าง (Side Cutting Edge Angle) องศา
ϕ_l	=	มุมคมตัดปลายมีด (End Cutting Edge Angle) องศา
R	=	รัศมีปลายคมตัด (มิลลิเมตร)

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ

Production Technology	=	เทคโนโลยีงานผลิต
Production Technology	=	เทคโนโลยีงานผลิต
Manufacturing Process	=	กระบวนการผลิต
Emulsifiable or Water Soluble	=	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ
Emulsifier	=	สารตัวทำลาย
Tramp Oil	=	น้ำมันปนเปื้อน
Quality of Machine Surfaces	=	คุณภาพผิวงาน
Surface	=	ผิวงาน
Drawing	=	รูปภาพ
Profile	=	รูปทรงผิว
Roughness	=	ความหยาบของผิว
Waviness	=	คลื่นของผิวงาน
Flaw	=	ฟล่อ
Lay	=	เลย์
Built Up Edge	=	BUE
Single Point Radius Tool	=	มีดกลึงปลายมน
Single Point Turning Tool	=	มีดกลึงแบบปลายแหลม
Complex Point Tool	=	มีดกลึงปลายคอมเพล็กซ์
Guard	=	อุปกรณ์ป้องกัน
Shearing Process	=	กระบวนการตัดเฉือน
Friction Process	=	กระบวนการความฝืด
Continuous Chips	=	เศษโลหะต่อเนื่อง
Primary Deformation Zone	=	เขตการแปรรูปหลัก
Secondary Deformation Zone	=	เขตการแปรรูปรอง
Continuous Chips with built-up Edge	=	เศษโลหะต่อเนื่องที่มีการเข้มนิดที่คมตัด
Critical Size	=	ขนาดวิกฤต
Discontinuous Chip	=	เศษโลหะไม่ต่อเนื่อง
Tool Wear	=	การสึกหรอของเครื่องมือตัด
Rake Face	=	ผิวคาย

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ (ต่อ)

Flank	=	ผิวหลบด้านข้าง
Flank Face	=	ผิวหลบด้านข้าง
High Speed Steel	=	เครื่องมือตัดที่เป็นเหล็กโรบสูง
Crater Wear	=	การสึกหรอแบบแอ่งบริเวณผิวคาย
Major Cutting Edge	=	คมตัดหลัก
Parameters	=	ตัวแปร
Cutting Edge Chipping	=	การพอกหน้ำมีด
Plastic Deformation	=	การเปลี่ยนรูปร่างจากการหลอมละลาย
Measure of Variability	=	การวัดการกระจายของข้อมูล
Standard Seviation	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Orthogonal	=	รูปแบบในเชิงตั้งฉาก
Experiments Research	=	การวิจัยเชิงทดลอง
Center Lathe for Experimental	=	เครื่องกลึงยืนศูนย์สำหรับการทดลอง
Hardness Testing Machine	=	เครื่องทดสอบหาค่าความแข็ง
Calibrate	=	การสอบเทียบ
Reference Surface	=	ผิวงานอ้างอิงมาตรฐาน
Finish Tool Grinding Machine	=	เครื่องลับมุมมีดขั้นสำเร็จ
Accessories	=	อุปกรณ์ช่วยงานอื่นๆ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมา ความสำคัญและปัญหา (Research issue)

ในปัจจุบันมนุษย์ได้นำเอาสารเคมีจำนวนมากมาใช้ในการพัฒนาอุตสาหกรรม, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อความสะดวกสบายและการดำรงชีวิตของประชากรโลก สารเคมีเหล่านั้นได้ทำให้สภาพสิ่งแวดล้อมถูกทำลายอย่างมาก ทั้งอากาศ ดิน และน้ำ จึงควรได้รับการป้องกันและแก้ไขอย่างเร่งด่วน การทำลายสิ่งแวดล้อมได้แก่ การทำลายป่าไม้, การปล่อยสารเคมีขึ้นไปในอากาศและแหล่งน้ำต่างๆ จนมีผลกระทบกับชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์และสัตว์ รวมทั้งการเกิดภัยจากธรรมชาติ เช่น การเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ, ลานีญา, ดินถล่ม, น้ำท่วม ฯลฯ

น้ำมันตัดสำหรับงานช่างโลหะ (Cutting fluid) หรือน้ำมันหล่อเย็น ที่ใช้ในการตัด การกลึง การเจาะ การเจียรไน ฯลฯ มีใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ถึงวันละประมาณ 2,000 ลิตร[1] ทำให้ต้องเสียงบประมาณในการกำจัดน้ำเสีย สารเคมีเหล่านี้ก่อให้เกิดมลพิษในแหล่งน้ำต่างๆและดินบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งใช้น้ำหล่อเย็น น้ำมันพืชมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันตัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จากการวิเคราะห์อิทธิพลของ Cutting Fluid ในกระบวนการเจียรไน ทำให้ได้ทราบว่า น้ำมันตัด(Integral oil) ให้ผลดีสำหรับ แรงตัดเฉือน และ G ratio ส่วนใหญ่ให้การหล่อลื่นดี น้ำมันพืชช่วยระบายความร้อนบริเวณเจียรไนได้ดี ส่วนสารสังเคราะห์ (Synthetic solution) ให้ผลไม่แตกต่างกับน้ำมันพืช สามารถนำน้ำมันพืชมาใช้ในการตัด การกลึง การเจาะ การเจียรไน ฯลฯ ได้[2] นอกจากนี้ น้ำมันพืชที่ใช้แล้วสามารถนำมาปรับปรุงให้ใช้งานได้อีก โดยทดลองเปลี่ยนน้ำมันพืชใช้แล้วให้เป็นเชื้อเพลิงเหลวบนตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 และซัลเฟตเตตระโคเนียบ ซึ่งเป็นผลที่ได้ของการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสอง มีส่วนช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการแตกตัวของน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นแก๊สโซลีนได้มากขึ้น[3]

ดังนั้นการศึกษาอิทธิพลของน้ำมันพืช (Vegetable oil) ที่มีต่อการตัดเฉือนโลหะชนิดต่างๆ จึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วน เพื่อนำข้อมูลไปพัฒนาน้ำมันพืชให้มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อการทำงานในอุตสาหกรรมการผลิต และนำไปใช้ในการตัดเฉือนโลหะชนิดต่างๆอย่างเหมาะสม เพื่อช่วยลดมลพิษที่เกิดจากการใช้น้ำมันตัดชนิดต่างๆ ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย (Objective)

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความเรียบผิวและการสึกหรอของมีดกลึง ที่มีต่องานกลึงเหล็กเครื่องมือ AISI 4140

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำมันพืชและน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำที่มีต่องานกลึงเหล็กเครื่องมือ AISI 4140

1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย (Hypothesis)

1.3.1 ปัจจัยทางด้าน ความเร็วตัด สารหล่อเย็น และอัตราป้อน ส่งผลต่อความเรียบผิวและการสึกหรอของมีดกลึงในการกลึงเหล็กเครื่องมือ

1.3.2 ความเรียบผิวและการสึกหรอของมีดกลึงในการกลึงเหล็กเครื่องมือ ไม่มีความแตกต่างระหว่างสารหล่อเย็น น้ำมันพืช (Vegetable oil) และน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ (Water Soluble Oil)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลจากการศึกษาจะนำไปเป็นแนวทางในการทำงานดังนี้

1.4.1 ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความเรียบผิวและการสึกหรอของมีดกลึงในการกลึงเหล็กเครื่องมือ

1.4.2 นำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยแบบอื่นที่เกี่ยวข้อง

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 การทดลองใช้กับเครื่องกลึงแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยวิธีการกลึงปอกผิวชิ้นงาน

1.5.2 วัสดุงานเป็นเหล็กเครื่องมือ AISI 4140 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26 มิลลิเมตร ยาว 250 มิลลิเมตร มีดกลึงทำจากเหล็กความเร็วรอบสูง (High Speed Steel, HSS)

1.5.3 สภาพการตัดเฉือนอื่นๆ ได้แก่ ความลึกการกัด มีค่าคงที่ เปลี่ยนแปลงเฉพาะค่าความเร็วตัด สารหล่อเย็น และอัตราการป้อน

1.5.4 ทดลองในโรงงานแบบเปิด ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น

1.5.5 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

1. ตัวแปรต้นประกอบด้วย
 - น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ (Water Soluble Oil)
 - น้ำมันพืช (Vegetable oil)
 - ความเร็วตัด = 20 , 28 และ 36 ม/นาที
 - อัตราการป้อน = 0.08, 0.11 และ 0.14 มม./รอบ
 - ความเร็วรอบ = 250, 355 และ 500 รอบ/นาที
 - ความลึกรอยกลึง = 1 มม. (คงที่)
2. ตัวแปรตามประกอบด้วย
 - ความเรียบผิวของชิ้นงาน
 - การสึกหรอของคมมีดกลึง

1.6 นิยามศัพท์

การศึกษาการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study) หมายถึงการศึกษาให้รู้แนวทางที่เหมาะสมของตัวแปรที่ใช้ในการทดลองก่อนการทดลองจริงเพื่อเก็บข้อมูล

สารหล่อเย็น คือของเหลวที่ใช้สำหรับการระบายความร้อน การหล่อลื่น ชะพาเศษชิ้นงาน เศษคม เครื่องมือให้ออกจากบริเวณตัดเฉือน และป้องกันไม่ให้เกิดสนิมชิ้นงานและเครื่องจักร

น้ำมันพืช (Vegetable Oil) คือสารประกอบเชิงอินทรีย์เคมีที่พืชสังเคราะห์ขึ้น และถูกนำไปสกัดออกมาใช้บริโภค เพื่อเพิ่มรสชาติอาหารให้ชวนรับประทานยิ่งขึ้น และเพื่อใช้ในงานอื่นๆ

น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ (Water Soluble Oil) คือ น้ำมันแร่และสารประกอบอื่นผสมกับน้ำสะอาด โดยไม่เกิดการแยกระหว่างน้ำและน้ำมันหล่อเย็น เพื่อใช้ในการหล่อเย็นและรักษาเครื่องมือตัด เครื่องจักร และชิ้นงาน

ความเร็วตัด (Cutting Speed) คือ ระยะความยาวของเศษโลหะที่ถูกตัดเฉือนต่อเวลา (เมตร/นาที)

อัตราป้อน (Feed Rate) คือ การเคลื่อนที่ของมีดกลึงเข้าหาชิ้นงานในแนวขนานกับแกนชิ้นงาน มีหน่วยเป็น ระยะทางต่อรอบ (มม./รอบ)

ระยะป้อนลึก (Cutting Depth) คือ การเคลื่อนที่ของมีดกลึงเข้าหาชิ้นงานในแนวตั้งฉากกับแกนชิ้นงาน มีหน่วยเป็นระยะทาง (มม.)

ความขรุขระของผิวงาน (Surface Roughness) หมายถึงความผิดปกติของผิวงานที่ผ่านกระบวนการตัดเฉือนอันเนื่องมาจากคมตัดของมีด และจากอัตราป้อน

การสึกหรอของมีดกลึง (Tool Wear) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างของเครื่องมือตัด จากรูปร่างก่อนการใช้งานและหลังการใช้งาน ซึ่งเป็นผลมาจากวัสดุทำเครื่องมือตัดเกิดความเสียหายอย่างค่อยเป็นค่อยไป

มีดกลึง (Tool Bit Material) หมายถึงเหล็กเครื่องมือทำจากเหล็ก High Speed Steel ขนาดพื้นที่หน้าตัด 6.4×6.4 มิลลิเมตร มีความแข็งประมาณ 58 – 62 HR_C นำมาลับให้ได้มุมต่างๆดังนี้ มุมฟรีด้านข้าง 8 องศา, มุมลิ้ม 70 องศา, มุมคายเศษโลหะ 12 องศา และมุมฟรีด้านหน้า 8 องศา

ชิ้นงาน หมายถึง วัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นเหล็กกล้าเครื่องมือ AISI 4140 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 26 มม. ยาว 250 มม. มีค่าความแข็งระหว่าง 27-30 HR_C มีส่วนผสมดังนี้ Fe = 97.3329 %, S = 0.011 %, C = 0.396 %, Cr = 0.915 %, Si = 0.215 %, Ni = 0.120 %, Sn = 0.011 %, Mn = 0.634 %, Mo = 0.157 %, Al = 0.019 %, Cu = 0.167 % และอื่นๆ = 0.0221 %

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีงานผลิต (Production Technology)[4]

เทคโนโลยีงานผลิต (Production Technology) คือการใช้เครื่องมือกล ทำงานแปดผิวโลหะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะขึ้นรูปจากวัตถุดิบ ในกระบวนการผลิตลักษณะนี้ต้องใช้ความรู้ทางเทคโนโลยี ความชำนาญงาน ความคิดและประสบการณ์ประกอบกัน ขอให้เข้าใจโดยแท้จริงว่างานเทคโนโลยีการผลิตเป็นกระบวนการผลิตที่ต้องแปดผิวโลหะขึ้นรูปแปรรูปเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเครื่องมือกลที่ใช้งานผลิตต่างๆ ที่เกิดขึ้นตามมาหรือที่เราจะต้องเกี่ยวข้องกับงานนี้ จะเป็นเครื่องจักรงานผลิตขึ้นส่วนโลหะเพื่ออุตสาหกรรมเท่านั้น

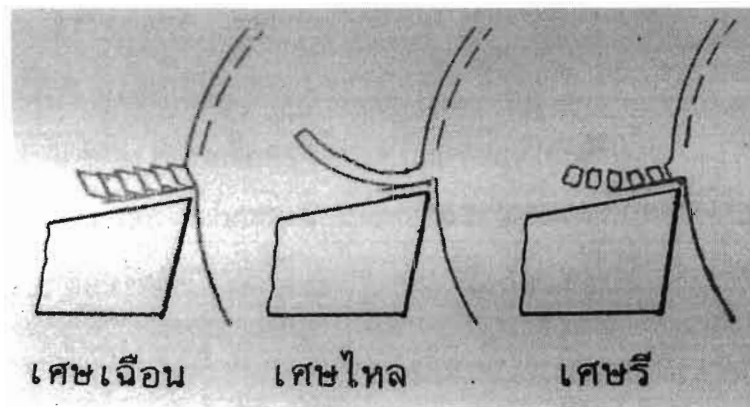
2.1.1 กระบวนการผลิต (Manufacturing Process) สเกลของกระบวนการงานผลิตโดยส่วนรวมหมายถึงงานผลิตที่แปรรูปขึ้นรูปโลหะ ด้วยกระบวนการทั้งงานแปดผิวโลหะและขึ้นทรงโลหะ เหตุที่แยกกระบวนการไว้ให้ชัดเจนเป็นสองประการ ก็เพื่อให้สามารถแยกกล่าวและศึกษาว่าเป็นงานคนละประเภทให้ชัดเจนมากขึ้น งานขึ้นทรงโลหะมีลักษณะต่างๆ ได้แก่ งานหล่อ, งานรีด, งานตีเหล็ก, งานตอกดอกเจาะ, งานเชื่อม เป็นต้น ให้สังเกตงานต่างๆ ดังกล่าวไม่ต้องใช้เครื่องแปดผิวโลหะแต่อย่างใด

2.1.1.1 เทคโนโลยีงานแปดผิวโลหะออกเป็นเศษ

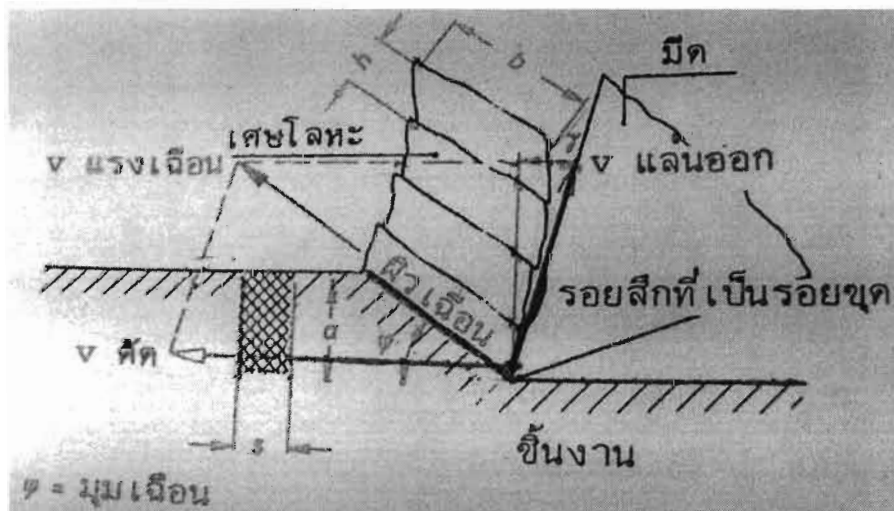
1. ลักษณะของเศษโลหะ ในที่นี้หมายถึง เศษกลึง, เศษกัด หรือ เศษไส ซึ่งมีลักษณะเป็นชิ้นๆ ที่ถูกแปดผิวออกมาเพราะซึ่งต่างกับงานขึ้นทรงโลหะซึ่งไม่มีเศษแต่อย่างใด พึงสังเกตเพิ่มเติมไว้ด้วยอีกว่า วัสดุงานไม่ใช่ทุกชนิดที่จะสามารถนำมาหล่อขึ้นรูปได้ เช่น หิน และไม้ ย่อมทำไม่ได้ แต่วัสดุงานทุกชนิดทำให้เกิดเศษได้ นี่เป็นประการหนึ่ง

ประการที่สอง มีดที่ใช้แปดผิวโลหะ ปาดได้เพราะมีดเป็นคมลิ่ม ลักษณะทำงานของคมลิ่มกระทำได้ 2 ลักษณะ สองลักษณะนี้เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับงานของเรา เพราะเมื่อมีดซึ่งมีคมลิ่มเข้ากระทบผิวงาน ลักษณะที่เข้ากระทบเพื่อทำงานกับระยะเบียดระหว่างสองสิ่งนั้น มีบทบาทสำคัญมาก ลักษณะที่หนึ่ง เรียกว่า ตัดแยก เกิดขึ้นเมื่อคมมีดตกลงในแนวขึ้นบนผิวงาน ลักษณะที่สองเรียกว่า ปาดผิว เกิดขึ้นเมื่อคมลิ่มแล่นปาดผิวขนานไปกับผิวงาน แนวนอนที่สองงานทั้งสองลักษณะต้องใช้แรงกระทำเป็นจำนวนมากด้วย แรงที่ใช้กระทำทั้งสองลักษณะ จะต้องประสบความต้านทาน ทำให้มีดนั้นอาจคดงอหรือสึกหรอได้ ดังนั้นสิ่งที่ทราบกันอยู่แล้ว มีดจะต้องแข็งกว่าชิ้นงาน และคมมีดที่ยาวจะสามารถแทงทะลุผิวงานได้ง่ายกว่าคมมีดที่ป้าน ในทางปฏิบัติ กำหนดให้ใช้คมมีดที่มีขนาดและลักษณะพอเหมาะและหากคมมีดมีความไม่แข็งแรง, มีมุมลิ่มแคบ หรือแหลมมากเกินไป กำลังของมีด

จะลดลงมาก กล่าวโดยสรุป การเกิดเศษโลหะ เกิดขึ้นจากทิศทางการสัมผัสระหว่างชิ้นงานกับมีด ชิ้นงานกับมีดอาจเล่นพร้อมๆ กับสวนทางกัน, มีดเล่น ชิ้นงานอยู่กับที่ หรือชิ้นงานเล่นมีดอยู่กับที่ ก็ได้ทั้งสิ้น สำคัญที่จะต้องมีการเล่นหลักหรือ ทางเล่นตัด และทางเล่นด้านข้าง(ทางเล่นป้อนมีด และทางเล่นปรับ) จะต้องทราบและเข้าใจตั้งแต่ต้น เพราะเมื่อศึกษาเรื่องเครื่องมือกลจะต้องมีหลักสังเกตได้ว่า อันใดเป็นทิศทางการส่งแรงส่งกำลังซึ่งเป็นทางเล่นตัด และทิศทางการเป็นทางป้อนมีด ลักษณะสร้างของเครื่องมือกลทั้งหลายจะต้องมีทิศทางทั้งสองนี้สร้างติดตั้งไว้ ถ้าเข้าใจจะสามารถใช้เครื่องมือกลนั้นๆ ได้ถูกต้อง รูปฟอร์มของเศษโลหะอย่างง่าย ๆ ดูได้จากรูป 2.1 รูปร่างของเศษจะออกมาอย่างไรวินั้นไม่ขึ้นอยู่กับทิศทางการเล่นอย่างเดียวนั้น ยังขึ้นอยู่กับลักษณะที่เล่นตัดหรือปาดผิวนั้นด้วย อีกแฟกเตอร์หนึ่งที่จะต้องศึกษาให้เข้าใจโดยเร็วคือ “อายุคมมีด”



รูปที่ 2.1 ชนิดของเศษโลหะ

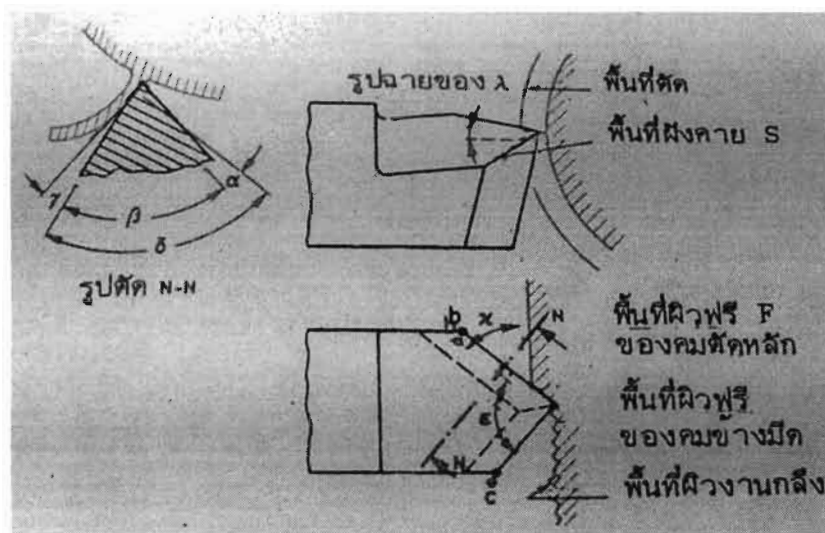


รูปที่ 2.2 เศษกลึงที่เกิดเป็นชิ้นเฉือน

ถ้าต้องการใช้มิดที่มีอายุการใช้งานได้นาน เพราะการลับมิดแต่ละครั้งต้องเสียเวลา วัสดุงานที่เปราะ เมื่อปาดผิวด้วยคมมิดจะได้เศษ ถ้าวัสดุงานนั้นเหนียว จะได้เศษเนียนหรือเศษไหล ขณะกลึงปอก มิดปอกจะถูกยึดให้แน่นมั่นคงดี แต่ขณะกลึงละเอียดคมมิดกลึงอาจมีแรงมากกระทำที่พยายามทำให้คมมิดเบนออกไปได้บ้าง แต่อย่าไว้ใจตาม ความจริงสิ่งหนึ่งที่ประจักษ์ และพึงให้ความ สำคัญ คือเศษกลึงที่เกิดขึ้น หากเป็นเศษโลหะจะมีการกระโดดได้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.2 ซึ่งเกิดเป็นเศษเนียนเป็นชั้นๆ ในกรณีเช่นนี้เรียกว่ามีแฟกเตอร์ชั้นกระโดดของเศษกลึง λ เกิดขึ้นซึ่งมีค่าจำกัดความเป็นสูตรต่อไปนี้ และปกติ $\lambda > 1$ คือ

$$\lambda = \text{ช่วงความยาวรอยตัด/ช่วงความยาวเศษกลึง}$$

ค่าจำกัดความนี้เป็นสมมุติฐานที่ได้จากผลการทดลอง ซึ่งสรุปได้ง่ายๆ คือหาค่าหรือแฟกเตอร์กระโดดของเศษกลึงที่ยังโต งานแปรรูปโลหะจะยิ่งโตตามและในงานของเราจำเป็นต้องหาค่า λ ที่ทำให้ประโยชน์สูงสุดควรต้องมีค่าเท่าไรด้วย รูปทรงเรขาคณิตของมิดกลึง จากรูปร่างของมิดกลึงจะเห็นว่า โดยหลักการรูปทรงของมิดกลึงเป็นรูปทรงปิรามิดสามด้าน ซึ่งมีพื้นที่ผิวเส้นขอบและมุมต่างๆ เป็นค่ากำหนดให้ ทั้งพื้นผิว เส้นขอบ และมุมต่างๆ เหล่านี้ประสมประสานกัน ทำให้มีบทบาทส่งอิทธิพลต่อมิดกลึงและงานกลึงเป็นอันมาก (รูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 คมมิดกลึง

นิยามต่าง รูป 4 มีฯ ของดังนี้

พื้นที่ผิวกาย S: เป็นพื้นที่บนผิวลิ่มของมิด ส่วนที่ช่วยให้คายเศษกลึงออกไป

พื้นที่ผิวฟรี F: เป็นพื้นที่ข้างคมลิ่มมิดด้านที่ต่อลงไปจากคมตัด เหตุที่ให้เป็นผิวฟรีเพื่อให้คมตัดเป็นเส้นตัดชัดเจน และให้เป็นผิวที่หลบพื้นผิวงาน

คมตัดผลึก a-b: เป็นสันคมตัดของมิดที่ถูกป้อนเข้ากลึงผิวงาน คมตัดเส้นนี้เป็นตัวตัดเศษกลึงด้วยความกว้าง

คมข้างตัด a-c: เป็นคมอีกข้างของคมมิดหลัก คมนี้มีได้เป็นคมที่ป้อนเข้ากลึง ช่วยแยกเศษกลึงให้ขาดออกจากกัน

มุมฟรี α : เป็นมุมระหว่างผิวตัดและผิวฟรี

มุมลิ้ม β : เป็นมุมระหว่างผิวฟรีและผิวคาย

มุมคาย γ : เป็นมุมระหว่างผิวคายกับแนวเส้นคิ่งของผิวตัด

มุมตัด δ : เป็นมุมระหว่างผิวตัดและผิวคาย

มุมจุดแหลม เป็นมุมระหว่างคมตัดหลักกับคมข้างตัด

มุมลาด λ : เป็นมุมระหว่างคมตัดหลักกับแนวขนานระนาบ

มุมตั้งมิด X: เป็นมุมตั้งมิดที่คมมิดหลักกระทำกับทิศทางแนวป้อนมิด

ขนาดของมุม α , β , γ และ δ นี้ต้องจัดในพื้นระนาบ N-N ซึ่งยื่นเป็นแนวเส้นคิ่งกับคมตัดหลักของมิดกลึงนั้น ๆ

มุมฟรี α : มีหน้าที่หลบผิวฟรีให้พ้นออกไปจากการสัมผัสกับผิวงาน เพราะมิฉะนั้นจะมีความร้อนจากการเสียดทานเกิดขึ้น ทำให้สูญเสียแรงกลึงไปเปล่า ๆ

มุมลิ้ม β : ขนาดของมุมลิ้มนี้กำหนดขึ้นจากความแข็งและกำลังความแข็งแรงของมิดกลึงกับชิ้นงานกลึงนั้น ๆ

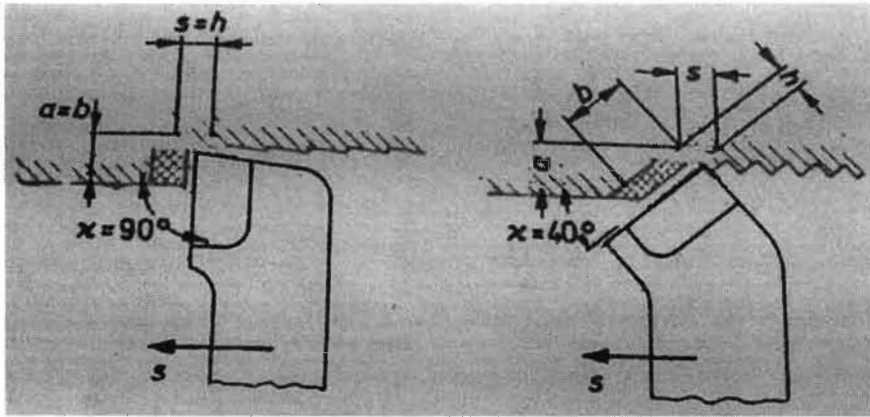
มุมคาย γ : เป็นมุมที่ช่วยให้คายเศษกลึงพ้นออกไปจากจุดงานโดยเร็ว วิธีการไม่ต้องการให้เศษกลึงกระโดดมาก แต่ต้องการค่อย ๆ เบนเศษกลึงให้แผ่นหนีออกไปพ้น โดยแผ่นสม่ำเสมอ

มุมตัด δ : ปกติควรเล็กกว่า 90 องศา จึงจะคมมิดให้แทงทะลุเข้าไปในผิวงานได้ง่าย ถ้ามุมคัตนี้แหลมมากไป จะใช้เป็นขอเกี่ยวได้ดีกว่า ถ้าโตกว่า 90 องศา ควรใช้เป็นเหล็กชุดดีกว่า ทั้งสองกรณีใช้เป็นมิดกลึงไม่ได้ดี

มุมตั้งมิด X: เป็นมุมที่ใช้ตั้งตำแหน่งคมมิด เพื่อป้อนกลึง จากรูปที่ 2.4 ประกอบ ในรูปข้างซ้ายใช้มุมตั้งมิดก่อนข้างโตคือ 90 องศา และรูปข้างขวา 40 องศา ให้สังเกตว่าหากพื้นที่ภาคตัดเศษกลึง (q) เท่ากัน งานกลึงที่ใช้มุมตั้งมิดเล็กลงมา ความกว้างของเศษกลึง b จะยาวขึ้น แต่ความหนาของเศษกลึง s จะเล็กลงมา ความร้อนในงานกลึงก็เกิดขึ้นน้อยกว่า เศษกลึงม้วนตัวออกไปได้ง่ายกว่า และใช้แรงป้อนกลึงน้อยกว่าด้วย ถ้าตั้งมุมตั้งมิด k เล็กมากไป ชิ้นงานจะถูกดันโก่งได้ง่ายขึ้น แต่จะกลึงผิวละเอียดได้ราบเรียบดีกว่า

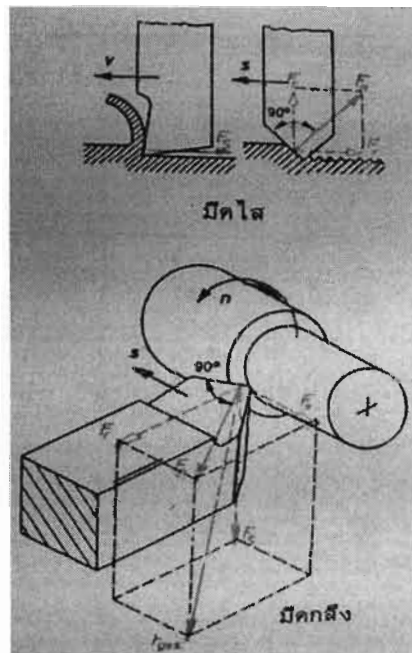
ข้อสังเกต

มุมตั้งมิดนี้ไม่เกี่ยวข้องกับใด ๆ กับมุมในขณะลับมิดหรือมุมเรขาคณิตต่าง ๆ ของตั้งมิด บทบาทของมุมตั้งมิดมีความสำคัญเกี่ยวกับแรงที่ใช้กลึงจริง ๆ เท่านั้น



รูปที่ 2.4 มุมตั้งมีด

2. แรงตัด กระบวนการแปดผัดโลหะลักษณะต่างๆนี้ เป็นตัวกำหนดลักษณะสร้างของเครื่องมือกลแบบต่าง ๆ กล่าวคือ จะต้องทำงานให้ได้ตามลักษณะสัมพันธ์ในงานระหว่างมีดกับชิ้นงาน จะต้องให้เศษลักษณะใด และคมหลักตัดกับคมข้างตัดจะต้องปฏิบัติงานร่วมกันอย่างไร สิ่งสำคัญสิ่งแรกที่สุดคือจะต้องกำหนดว่าความเร็วแล่นจะต้องไปในทิศทางไหน และจะต้องทราบล่วงหน้าว่าต้องใช้แรงตัดและสมรรถนะกำลังตัดขนาดเท่าไร จึงจะพอแ่งงานด้วย เครื่องมือกลนั้นในประการที่หนึ่ง จะต้องมีความสามารถ ป้อนมีดให้แรงตัดโดยเคลื่อนในทิศทางที่ถูกต้อง และในประการที่สอง จะต้องสามารถปฏิบัติงานให้สัมพันธ์กันทั้งหมดใน 3 มิติ ด้วยแกนโคออดิเนต 3 แกนครบถ้วน สถานะสามมิติเช่นนี้เป็นเรื่องที่เราควรต้องศึกษาให้เข้าใจโดยต้องแก้ไขแต่แรกเช่นในขณะนี้ และดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แรงตัด

ในรูปนั้น F_s เป็นแรงตัดหลัก แล่นในทิศทางหลักของงาน ถ้าเป็นงานกลึงในทางหลักคือทิศทางหมุน หากเป็นงานไส ทิศทางหลักคือทิศทางที่ชิ้นงานแล่น แรงตัดหลักนี้จะต้องแล่นในทิศทางตัดเสมอไป ทุกครั้ง แรงนอร์มัลหรือแรงคลายเศษกลึง เป็นแรงที่แล่นในแนวตั้งฉากกับคมมีดหลัก และตั้งฉากกับผิวตัดด้วย แรงนี้คือแรง F_n ขอให้สังเกตว่าทั้ง F_s และ F_n จะมีทิศทางอย่างไรนั้น จึงขึ้นอยู่กับตั้งมุมมีด k มาก่อน เพราะมุมตั้งมีดเป็นตัวแ่งลักษณะการป้อนตัด แรงนอร์มัล F_n นี้อาจแตกเป็นแรงที่ตั้งฉากต่อกันได้ 2 แรง คือแรง F_v และ แรง F_r ดังรูป จะเห็นว่าแรง F_v คือแรงป้อนมีดเข้ากลึง และแรง F_r เป็นแรงปฏิกิริยาจากชิ้นงานที่กระทำต่อลำตัวมีดออกมา ในรูปนี้เช่นกัน คมมีดกดป้อนกลึงเข้าไปที่ชิ้นงานด้วยค่ามุมตั้งมีด k เป็นบวก ทำให้ความกดคันทันมีดสามารถกดมีดและชิ้นงานเข้าด้วยกันได้ ทำให้กลึงได้อย่างมีกำลัง เมื่อศึกษาคู่มือจะเห็นว่า กรณี k เท่ากับ 90 องศา ดังนั้น $F_v = F_n$ และกรณี k เท่ากับ 0 องศา ดังนั้น $F_v = 0$ สิ่งที่เราควรสังเกตได้ในงานกลึงนี้ก็คือ เศษกลึงจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อมีทิศทางแล่นหลักของงานกลึง ควบคู่กับทิศทางป้อนมีด ในลักษณะที่ประสานกันแล้ว เกิดเศษกลึงขึ้น แต่กับงานไสไม่จำเป็นต้องเป็นเช่นนั้น คือเพียงแต่มีทิศทางแล่นหลักเพียงอันเดียวก็พอแล้ว ทิศทางป้อนมีดไสเป็นเพียงแต่ขยับมีดไสให้ไสในรอบไสถัดไปได้เท่านั้น แรงป้อนมีดไส F_v จึงมิได้เป็นแรงป้อนมีดเหมือนกับป้อนมีดกลึง แต่เป็นแรงป้อนขยับมีดตามมุมตั้งมีดนั่นเอง

3. อายุคมมีด “อายุคมมีด” หมายถึงอายุใช้งานคมมีดตั้งแต่ลับคมกระทั่งที่ต้องลับคมใหม่ ครั้งต่อไป อายุคมมีดที่ยาวถือว่าประหยัดเพราะไม่ต้องลับคมมีดบ่อย ๆ เครื่องกลึงอัตโนมัติถูกไม่ซึ่งใช้มีดกลึงหลาย ๆ อัน ผลัดกันเข้ากลึงตามลำดับงาน ควรต้องมีอายุมีดเท่า ๆ กัน เพราะมีฉะนั้นอันที่มีอายุคมมีดสั้นที่สุดจะเป็นตัวจำกัดการใช้งาน ค่าของอายุคมมีดว่ามีอายุใช้งานนานหรือเร็ว อยู่ที่คมมีดนั้นที่หยาบหรือเร็ว วิธีที่จะกำหนดให้มีมาตรฐานการแนบชิดมากขึ้นวิธีหนึ่งคือ หากเรากำหนดความประณีตของงานและลักษณะผิวสำเร็จของงานที่ต้องการได้ เราก็จะสามารถกำหนดความลึกหรือ VB ของคมมีดที่ต้องสึกหรอไปในการทำงานให้ได้ผลดังกล่าวได้ สิ่งนี้วัดได้ที่ผิวฟรีของมีดกลึงอันนั่นเอง ตัวอย่างเช่น ด้วย $T_{0.2} = 100$ นาติ หมายความว่าหากกลึงด้วยความเร็วตัดที่เหมาะสม v เป็นเวลานาน 100 นาติ มีดจะสึกหรอ ณ ผิวฟรี 0.2 มม. และเมื่อถึงขนาดนี้ให้หยุดใช้มีดกลึงนั้นได้ เพราะที่อแล้วต้องนำไปลับใหม่ ดังนั้นเป็นต้น จะเห็นว่าวิธีการเขียนกำหนดเช่นนี้เป็นการประเมินประนีประนอมอย่างใช้ลอจิกระหว่างสาเหตุกับผลงาน

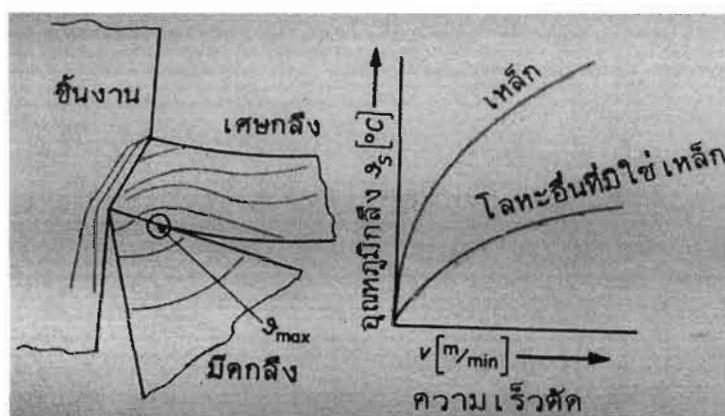
กฎธรรมชาติดังกล่าวข้างบนนี้เปลี่ยนไปบ้างหากชิ้นงานนั้นผิวแข็งหรือใช้มีดแข็ง หมายความว่า การสึกหรออาจช้าลงได้บ้าง กล่าวโดยสั้น ๆ อายุคมมีดก็ยังขึ้นอยู่กับความเร็วตัดของมันเอง เพื่อเป็นมาตรฐานเรานิยมพูดถึงอายุคมมีด T ที่กำหนดไว้เลยว่าเป็น 60 นาติ และถ้ากำหนดลงไปเลยว่าวัสดุมีดกลึงเป็นอะไร และวัสดุงานเป็นอะไร เราจะได้ค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมมาให้ใช้เพื่อให้ได้อายุคมมีด

60 นาที ได้ชัดเจน ความเร็วตัดค่านี้เขียนเป็นสัญลักษณ์ว่า v_{60} (m/min) เมื่อเรากลับใช้ v_{60} เป็นรากฐาน คราวนี้อุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ใช้มีดึกกว่า และงานลักษณะต่าง ๆ จะอาศัยหลักเกณฑ์เช่นเดียวกันนี้ กำหนด v_{240} และ v_{480} ต่อไปอีกก็ได้ v_{240} และ v_{480} ก็คือมีดกลึงที่มีอายุคมมีด 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ สำหรับมีดกลึงเหล็กเครื่องมือที่ใช้กลึงเหล็กเหนียวธรรมดา St34 .. 42 จะใช้งานกลึงให้ได้ v_{60} ถึง v_{480} (m/min) ได้โดยกำหนดค่าต่าง ๆ ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 มีดกลึงเหล็กเครื่องมือที่ใช้กลึงเหล็กเหนียวธรรมดา

S(mm/รอบ)	0.2	0.4
T(min)	60 240 480	60 240 480
v(m/min)	60 43 36	45 32 27

หากใช้ความเร็วตัดสูง ๆ อุณหภูมิกลึงจะเป็นตัวจำกัดการใช้มีด ทำนองเดียวกัน งานกลึงวัสดุที่มีค่า k_r โต ๆ อุณหภูมิกลึงก็จะร้อนเร็วมากขึ้นด้วย จุดที่จะร้อนที่สุดคือบริเวณจุดที่รับแรงชนมากที่สุด หรือจุดที่ร้อนที่สุด (ดูรูปที่ 2.6) แต่ ณ จุดร้อนหรือจุดที่สึกหรอมากที่สุดจุดนี้คือจุดที่เศษกลึงเริ่มแยกแตกออกไปจากคมมีด เศษกลึงจะพาความร้อนหนีออกไปได้ด้วย แต่เพียงประมาณ 80% ของความร้อนทั้งหมด ความร้อนที่ยังคงค้างอยู่อีก 20% จะคงค้างอยู่บนมีดและบนชิ้นงาน



รูปที่ 2.6 พิกัดอุณหภูมิงานกลึง

อายุคมมีดของมีดเหล็กเครื่องมือถึงมีดเพชร ไม่เพียงแต่เพียงความแข็งของวัสดุตัวมีดเป็นสำคัญเท่านั้น ยังพึงขีดความสามารถในการคงความแข็งไว้ได้แม้อุณหภูมิจะร้อนอีกโสดหนึ่งด้วย เหล็กเครื่องมือ: เป็นเหล็กคาร์บอนที่ไม่ประสม จะคงความแข็งได้ไม่เกิน 200-300 °C

1. เหล็กหล่อสูง: เป็นเหล็กประสมสูงที่มี Cr และ W ประสมอยู่ด้วย คงความแข็งได้ถึง 500...600 °C
2. โลหะแข็ง: เป็นโลหะประสมที่ไม่มีเหล็กเลย ขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีซินเตอร์ คงความแข็งไม่ถึง 900---1000 °C
3. คมมีดออกไซด์เซรามิก: มีอายุคมมีด 5 – 10 เท่าของโลหะแข็ง
4. เพชร: อันธรูปของคาร์บอน มีอายุคมมีด 50 เท่าของโลหะแข็ง (สามารถกลึงเศษโลหะได้ยาว 2 400... 3 000 กม.)

อายุคมมีดนี้เป็นเรื่องจำเป็นแก่มักบังคับสำหรับเครื่องกลึงอัตโนมัติ ซึ่งใช้ชุดมีดถูกไม่ผลัดกันเข้ากลึงตามลำดับ โหมดที่มีดแต่ละตัวอาจไม่เท่ากับ หนักบ้าง เบาบ้าง แท้จริงเราต้องการมีดทุกอันที่มีอายุคมมีดเท่า ๆ กัน เพราะสะดวกต่อการเปลี่ยนมีดพร้อมกันทั้งชุด ดังนั้นการเลือกวัสดุมีดกับวัสดุชิ้นงาน จึงมีบทบาทยิ่ง และยิ่งมีมากขึ้นไปอีก เพราะเราต้องการใช้ค่าความเร็วตัดค่าต่ำไว้เสมอ

2.1.1.2 กระบวนการแปดผิวโลหะ กระบวนการแปดผิวโลหะลักษณะต่าง ๆ ได้เขียนรวมไว้ง่าย ๆ ดังแสดงในรูป 2.7 ทิศทางเส้นหลักจำแนกได้เป็นหมุนกลมและเส้นเป็นเส้นตรง ที่หมุนกลมได้แก่ งานกลึง งานคว้าน งานเจาะ งานกัด และงานเจียรระไน ที่เส้นเป็นเส้นตรงได้แก่ งานไสมีด งานไสแท่น

กระบวนการ		ทิศทางต้นตด	ทิศทางป้อนตด
กลึง		ขึ้นจากแกน ม/มिन	ป้อน มม/มिन
เจาะ		ป้อน ม/มिन	ป้อน มม/มिन
กัด		ป้อน ม/มिन	ขึ้นงานป้อน มม/มिन
เจียรระไน-หน้าตัด		ป้อน ม/ส	ขึ้นงานป้อน
เจียรระไนแกน		ป้อน ม/ส	ป้อนและ ขึ้นงานป้อน 2 หรือ ขึ้นงาน 1+2 (แนวความหนา)
ไสมีดและ ไสแท่น		ขึ้นงานแนว (a) ป้อนแนว (b) ม/มिन	ป้อน (a) ขึ้นงานป้อน (b) คัดออกเป็นชิ้น
แปรรูปร่าง และเจียร		ป้อนแนว ม/มिन	เกิดเป็นเศษ เสียดังไปเลย

รูป 1.16 กระบวนการแปดผิวโลหะต่าง ๆ

รูปที่ 2.7 กระบวนการแปดผิวโลหะต่างๆ

งานแทงเจาะ และงานเลื่อย งานเครื่องมือกลแต่ละอย่างมีภารกิจและลักษณะพิเศษเฉพาะตนเอง สิ่งที่เหมือนกันคือต่างก็เป็นงานผลิตเศษโลหะออกมาทั้งนั้น วิธีหาแรงตัด และสมรรถนะกำลังในงานกลึงซึ่งพอสรุปได้คือ

$$\text{แรงตัด } F_s = q - k_s \quad (\text{kN})$$

$$\text{กำลังตัด } P_s = F_s - V_s/60 \quad (\text{kN})$$

หน่วยสมรรถนะกำลังวัดเป็น kW แรง F_s เป็น kN และ V_s เป็น m/min แรงป้อนมีด F_v คำนวณได้ด้วยสูตรเอมไพริคัล หรือสูตรสังเคราะห์ หรือจะใช้วิธีวัดแรงโดยตรงก็ได้ ค่าอัตราส่วน F_s ต่อ F_v นั้นขึ้นอยู่กับมุมแรงเสียดทาน p กับมุมตั้งมีด k และกับมุมคาย Y รายละเอียดจริง ๆ นั้นลึกซึ้งมากซึ่งจะขอผ่านไปไม่กล่าวถึง แต่จะขอยกเกณฑ์ปกติขึ้นตั้งเป็นหลักไว้ ณ ที่นี้ว่า หากตั้งมุมตั้งมีด $k = 60^\circ$ มุมคาย $Y = 8^\circ$ และ $u = 0.8$ ค่าอัตราส่วนของแรงจะเป็นดังนี้

$$F_s : F_v : F_r = 10 : 5 : 3$$

กำลังขับป้อนมีด P_v มิได้คำนวณโดยตรงจากความเร็วป้อนมีด V_v (mm/min) แต่คำนวณได้โดยทางอ้อมจากช่วงป้อนมีด s (mm/รอบ)

$$\text{ความเร็วป้อนมีด } V_v = n, s \text{ (mm/min)}$$

n = ความเร็วรอบของเมนสปีนเดิลหรือของเพลงานกลึง (min^{-1})

s = ช่วงป้อนมีด (mm/รอบ) และระยะป้อนมีดนี้ควบคุมส่งแรงไปจากเพลงานกลึงด้วย

a = ระยะที่กดมีดลึก (mm)

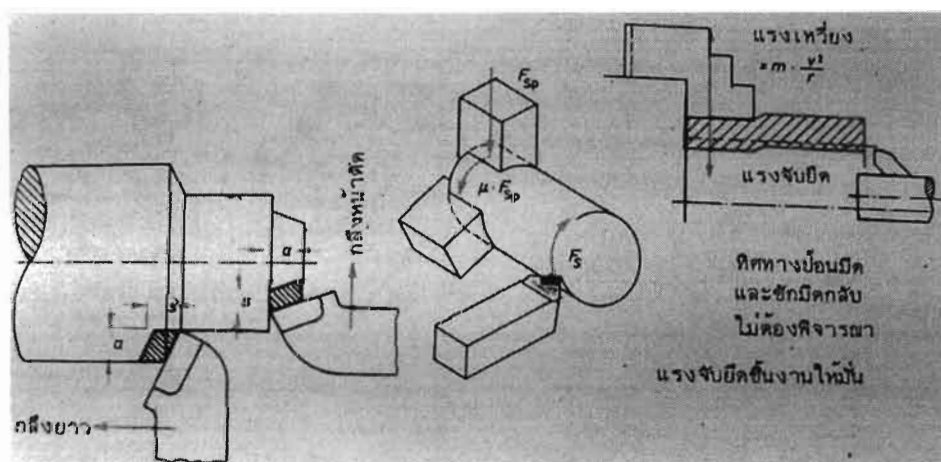
ดังนั้นขนาดพื้นที่ภาคตัดของเศษกลึง ตามยาวเท่ากับ $a \cdot s$ ซึ่งจะไม่เท่ากันนักกับขนาดเศษกลึง $b \cdot h$ แต่ใกล้เคียงกันส่วนงานกลึงหน้าตัด (รูป 2.8) ขนาดของเศษกลึง คือ $a \cdot s$ อย่างเดียว เครื่องงานกลึงนี้มีปัญหาบางประการที่ควรกล่าวไว้ ณ ที่นี้คือ โดยที่ชิ้นงานกลึงเป็นตัวหมุนหลัก ลักษณะหมุนของชิ้นงานมีบ่อยครั้งที่หมุนได้ไม่เที่ยงศูนย์ เมื่อไม่เที่ยงศูนย์เช่นนี้เศษกลึงจะสั้นมาก ยิ่งกว่านั้นหากกลึงด้วยความเร็วตัดสูง ชิ้นงานก็จะสั้นเข้สร้างปัญหามากขึ้นไปตามลำดับ เพื่อที่จะให้เตรียมลดปัญหาเรื่องความสั้นเข้ล่วงหน้าไว้ก่อน มี 3 สิ่งที่จะต้องปฏิบัติด้วยความระมัดระวังในงานกลึงคือ

1. ลักษณะออกแบบสร้างของเครื่องและอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ เป็นตัวกำหนดลักษณะงานกลึงโดยตรงเลยว่า ควรใช้กับงานลักษณะใด ว่าเหมาะใช้กับงานกลึงยาวชิ้นงานบาง ชิ้นงานสั้น หรือเป็นชิ้นงานหนา หรือเหมาะใช้กับชิ้นงานขนาดโตมาก ๆ และเครื่องกลึงพิเศษอื่น ๆ ยังมีอีก ได้แก่

เครื่องกลึงแบบโต๊ะหมุนคาร์บูเซด หรือเครื่องกลึงลับคมหลบคมหลังของมิดกัต แต่ละอย่างแต่ละประเภทมีความเหมาะสมกับงานต่าง ๆ กัน การเลือกใช้เครื่องจึงต้องให้เหมาะสมกับงานต่าง ๆ กัน การเลือกใช้เครื่องจึงต้องให้เหมาะสมกับลักษณะงานนั้น ๆ

2. วัสดุงาน สำคัญที่งานตัดหรือปาดผิว สิ่งสำคัญที่ต้องระวังได้แก่ การเลือกใช้สิ่งต่อไปนี้ให้ถูกต้อง ความเร็วตัด ช่วงป้อนมีด วัสดุคมมีด น้ำมันตัด และอื่น ๆ ทั้งนี้ เพื่อให้อายุคมมีดยาวนาน

3. วิธีจับชิ้นงานให้มั่น การจับชิ้นงานทำได้หลายลักษณะ คือ จับให้มั่นเฉย ๆ จับให้ได้ศูนย์ และจับพาหนุณ หัวจับแบบมีสามเขี้ยวจะทำงานได้ทั้ง 3 ลักษณะ ข้างต้นได้พร้อมกัน และจะใช้จับชิ้นศูนย์หัวท้ายด้วยก็ได้แรงจับยึดชิ้นงานให้มั่นนี้สามารถวัดได้ เพราะจะต้องสามารถจับได้มั่นและรับกำลังกลึงได้ดีด้วย โดยชิ้นงานนั้นไม่เสียหาย หรือโทรม แต่อย่างใด รูปที่ 2.8 การจับชิ้นงานจะต้องพยายามจับให้มั่นและให้หมุนได้ไม่สั่นหรือเขย่า ลักษณะสร้างของเครื่องกลึงเองก็จะพยายามช่วยให้ลดแรงสั่น และเขย่าลงให้มากที่สุดด้วยอยู่แล้ว โดยจะสร้างให้เครื่องมี เรโซแนนซ์กับแรงเขย่า และใช้วัสดุสร้างในลักษณะที่รับแรงไม่สมดุลที่เกิดขึ้นได้พอประมาณ



รูปที่ 2.8 แรงจับยึดชิ้นงานให้มั่นคง

2.2 น้ำมันหล่อเย็น [5]

2.2.1 หน้าทีของน้ำมันหล่อเย็น ในขบวนการตัดกลึงวัสดุไม่ว่าจะเป็นโลหะเช่น เหล็กคาร์บอนต่ำ เหล็กไร้สนิม หรือโลหะ เช่น เซรามิก แก้ว เป็นต้น จุดประสงค์ที่สำคัญคือ ชิ้นงานที่ถูกต้อง ทั้งขนาดและความเรียบของผิวชิ้นงานนั้น ชนิดของเครื่องจักร ชนิดของชิ้นงาน ความเร็วในการตัด ชนิดของคมเครื่องมือ จนกระทั่งน้ำมันหล่อเย็นที่ใช้ล้วนแต่มีผลกระทบ และมีหน้าที่แตกต่างกันไป การระบายความร้อนและการหล่อลื่น คือหัวใจของหน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งจะสำคัญมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของงานและชิ้นงานนั้น ๆ หน้าที่ของน้ำมันหล่อเย็นมีดังนี้

1. ระบายความร้อนที่เกิดขึ้นกับการตัดเฉือนเนื้อวัสดุออกจากชิ้นงานและระบายความร้อนที่เกิดจากแรงเสียดทานของเศษชิ้นงานกับคมเครื่องมือ
2. หล่อลื่นเพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น
3. ชะพาเศษชิ้นงาน และเศษคมเครื่องมือให้ออกจากบริเวณตัดเฉือน
4. ป้องกันสนิมชิ้นงานและเครื่องจักร

2.2.2 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อเย็น

1. ระบายความร้อนชิ้นงาน
2. มีประสิทธิภาพการหล่อลื่นสูง
3. ชะพาเศษโลหะออกจากชิ้นงาน
4. ทนต่อแรงกดอัด
5. ดันทานการเสื่อมสภาพ
6. ดันทานการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ
7. ป้องกันการเกิดสนิม
8. รวมตัวกับน้ำได้
9. ไม่เกิดฟองระหว่างใช้งาน
10. มีประสิทธิภาพในการแทรกซึม
11. สามารถล้างออกได้
12. ไม่ติดไฟ หรือทำให้ไฟติด
13. ไม่ทำปฏิกิริยากับวัสดุอื่น
14. ไม่มีกลิ่นหรือกลิ่นน้อย
15. ไม่อันตรายต่อสิ่งแวดล้อม
16. สามารถกรองหรือนำกลับมาใช้ใหม่ได้
17. ไม่ระคายเคืองผิวหนัง

2.2.3 ประเภทของน้ำมันหล่อเย็นงานแปรรูปโลหะ น้ำมันหล่อเย็นงานแปรรูปโลหะ จำแนกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดน้ำมันล้วน (ไม่ผสมน้ำ) และชนิดผสมน้ำแต่ละชนิดใช้ประโยชน์ต่างกัน ดังต่อไปนี้

1. ชนิดน้ำมันล้วน มีประสิทธิภาพการหล่อลื่นดี
2. ชนิดน้ำมันผสมน้ำ ประสิทธิภาพในการระบายความร้อนดี เป็นการรวมประสิทธิภาพของทั้งน้ำมันและน้ำไว้ด้วยกัน

2.2.4 น้ำมันหล่อเย็นชนิดน้ำมันล้วน (Neat Cutting Oils) น้ำมันหล่อเย็นชนิดน้ำมันล้วน คือ น้ำมันหล่อเย็นสำหรับงานแปรรูปโลหะที่ผสมสำเร็จ สามารถใช้งานได้ทันที โดยไม่ต้องละลายน้ำ หรือทำให้เจือจาง มีส่วนประกอบที่สำคัญดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สารประกอบที่สำคัญของน้ำมันหล่อเย็นชนิดน้ำมันล้วน

1. สารหล่อลื่น (Boundary Lubricant)	กรดและไขมันช่วยในการลดแรงเสียดทานบนผิวโลหะ ในรูปของฟิล์ม น้ำมันหล่อลื่น
2. สารรับแรงกด (EP Additive)	สารคลอไรด์และสารกำมะถัน ในรูปของสารประกอบต่างๆช่วยในการ สร้างฟิล์มเคมีชั้นที่ผิวของโลหะ โดยสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่สูงขึ้นในบริเวณ ของการสัมผัส
3.สารต้านทานการสึกกร่อน (Anti-wear Additive)	สารฟอสเฟตเอสเทอร์หรือสารประกอบของมัน เป็นส่วนเพิ่มประสิทธิภาพ ของสารรับแรงกด
4.สารต้านทานการรวมตัวกับ ออกซิเจน (Anti-oxidants)	สารต้านทานการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน ช่วยป้องกันการเกิดเมือกเหนียว (Sludge) การเปลี่ยนแปลงความหนืด และการเกิดสภาพความเป็นกรดของ น้ำมัน
5.สารต้านทานการกัดกร่อน (Anti-corrosion Additive)	สารซัลโฟเนตต่างๆใช้เพื่อป้องกันสนิมของชิ้นงานและเครื่องจักร
6.สารต้านทานการเป็นละออง (Anti-mist Additive)	เพื่อเพิ่มสารเกาะติดของโมเลกุล ซึ่งจะช่วยลดละอองน้ำมัน
7.สารละลายน้ำ(Water Washable Agents)	เพิ่มคุณสมบัติการล้างออกด้วยน้ำให้กับน้ำมันล้วนได้ถ้าต้องการ

น้ำมันหล่อเย็นชนิดน้ำมันล้วน บางครั้งแบ่งตามปฏิกิริยาต่อโลหะอ่อนที่มีส่วนผสมของทองแดง เป็น 2 ประเภท คือ

- 1. ชนิดที่ทำปฏิกิริยากับโลหะทองแดง ทำให้ทองแดงเปลี่ยนสี (Active)
- 2. ชนิดที่ไม่ทำปฏิกิริยาต่อโลหะทองแดง

2.2.5 น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ (Emulsifiable หรือ Water Solule Oil) น้ำมันหล่อเย็น ชนิดผสมน้ำ ประกอบด้วยน้ำมันแร่ ตั้งแต่ 0.95% และสารตัวทำลาย (Emulsifier) และเซอร์แฟกแตนต์ (Surfactants) เพื่อทำให้อนุภาคของน้ำมันสามารถที่จะลอยตัวอยู่ในน้ำได้ เมื่อทั้งหมดผสมในน้ำ สารตัวทำลายจะเป็นสารเพิ่มคุณภาพที่สำคัญมากในน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ ปริมาณและชนิดของ สารตัวทำลาย เป็นตัวแปรที่กำหนดชนิดและคุณสมบัติของน้ำมันหล่อเย็นนั้นๆ หน้าที่หลัก คือการ

ลดแรงตึงผิวของอนุภาคน้ำมันเมื่อลอยตัวในน้ำ ซึ่งจะทำให้เกิดฟิล์มน้ำมันอย่างมีเสถียรภาพ โดยไม่ทำให้เกิดการแยก หรือรวมตัวของน้ำมันออกเป็นอนุภาคอิสระ มีส่วนประกอบด้วยตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สารประกอบที่สำคัญของน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ

1.สารหล่อลื่น (Lubricity Additives)	เพื่อหล่อลื่นและลดความร้อน ที่เกิดขึ้นบริเวณตัดเฉือน ชิ้นงาน
2.สารต้านทานการสึกหรอ (Anti-Wear-Additive)	เพื่อลดการสึกหรอและการหลอมตัวของผิวสัมผัส
3.สารต้านทานการสัมผัส (EP Additive)	เพื่อลดความร้อนและการหลอมตัว โดยการสร้างฟิล์มเคลือบผิวของโลหะชิ้น
4.สารต้านทานการสึกกร่อน (Corrosion Inhibitors)	เพื่อป้องกันการสึกกร่อนของชิ้นงานและเครื่องจักร รวมทั้งชิ้นส่วนทองแดง ทองเหลือง
5.สารตัวทำละลาย (Emulsifiers)	เพื่อให้อนุภาคของน้ำมันลอยตัวอยู่ในน้ำอย่างมีเสถียรภาพ
6.สารตัวทานการตึงผิว (Surface Active Agent)	เพิ่มประสิทธิภาพการแทรกซึม และทำให้สารทั้งหมดสามารถรวมตัวเข้ากันได้ดี
7.สารต้านทานการเกิดฟอง (Anti-foam)	สารลดการเกิดฟองอากาศ
8.สารต้านทานแบคทีเรีย (Bacteriostare)	เพื่อลดการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตเล็กๆ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา
9.สารแต่งกลิ่น (Deodorant)	แต่งกลิ่น ไม่ให้กลิ่นเหม็น

2.2.6 การเก็บรักษาน้ำมันหล่อเย็น วิธีเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หล่อลื่นที่ดีที่สุดคือ เก็บไว้ในโรงเก็บที่สามารถป้องกันแดดและฝน โดยโรงเก็บจะต้องมีที่ระบายอากาศที่ดี ไม่ร้อนอบอ้าวจนเกินไป ซึ่งสาเหตุทำให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพ

2.2.7 น้ำมันหล่อเย็นสัมผัสผิวหนังหรือร่างกาย โดยปกติผิวหนังของมนุษย์จะมีไขมันตามธรรมชาติเคลือบอยู่ เพื่อเป็นเกราะป้องกันเชื้อโรคมิให้เข้าสู่ร่างกายทางผิวหนังได้โดยง่าย ผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียมมีอำนาจในการละลาย ชะล้างไขมันธรรมชาติออกจากผิวหนัง เมื่อสัมผัสหรือล้างด้วยน้ำมันปิโตรเลียม จะทำให้ผิวหนังมีความต้านทานเชื้อโรคและต้านทานการแพ้น้อยลง น้ำมันปิโตรเลียมเบา เช่น น้ำมันเบนซินและน้ำมันก๊าด มีอำนาจการละลายการชะล้างที่รุนแรงกว่าแต่น้ำมันปิโตรเลียมหนักปานกลาง เช่นน้ำมันโซล่าและน้ำมันจ๊วได้ ตลอดจนน้ำมันปิโตรเลียมหนัก เช่น น้ำมันเตา สารเพิ่มคุณภาพที่เป็นอันตรายต่อผิวหนังได้เช่นกัน ดังนั้นเมื่อผิวหนังสัมผัสน้ำมันปิโตรเลียมต่างๆ ได้ เช่น ระบายเคือง เป็นผื่นแดง ผิวหนังแตก หรือเป็นมะเร็งผิวหนัง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการสัมผัส ชนิดของน้ำมันที่สัมผัสและสภาพของผิวหนังว่าไวต่อการแพ้เพียงไร

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ปฏิบัติงาน

1. เครื่องจักรกลต่าง ๆ ควรมีอุปกรณ์ป้องกันติดตั้งไว้ เพื่อป้องกันมิให้น้ำมันกระเซ็นสัมผัสกับช่างที่ปฏิบัติงานอยู่ หากยังมีการกระเซ็นหรือมีหมอกน้ำมันเกิดขึ้น ควรมีอุปกรณ์ป้องกันสำหรับพนักงานเช่น แว่นตา ที่สวมปิดจมูก และผ้ายางกันเปื้อน
2. ควรมีที่สำหรับให้พนักงานได้ล้างทำความสะอาดร่างกายได้สะดวก พร้อมทั้งสบู่สำหรับชำระล้าง ไม่ควรใช้ผงซักฟอก
3. หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับน้ำมันปิโตรเลียมบ่อย ๆ หรือ นาน ๆ หากไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ ให้ทาครีมป้องกัน (Barrier Cream) ก่อนลงมือปฏิบัติงาน และล้างด้วยสบู่ทันทีเมื่อเสร็จงาน
4. ไม่ควรล้างมือด้วยน้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด หรือน้ำมันโซล่า ควรใช้สบู่ในการชำระล้าง
5. ระวังเสื้อผ้า ถุงมือ ถุงเท้า และรองเท้า มิให้เปื้อกน้ำมัน และเมื่อเปื้อกต้องเปลี่ยนทันที ไม่ควรใส่เสื้อผ้า ถุงมือ ถุงเท้า และรองเท้า ที่เปื้อกน้ำมัน
6. ผ้าเช็ดมือที่ขึ้นด้วยน้ำมันไม่ควรเก็บไว้ในกระเป๋า
7. หลีกเลี่ยงการสูดดมไอน้ำมัน
8. หลีกเลี่ยงการสูดน้ำมันด้วยสายยาง โดยใช้ปากดูด

2.2.8 การเลือกใช้น้ำมันหล่อเย็น การเลือกใช้น้ำมันหล่อเย็นที่เหมาะสมกับงาน มีหลักเกณฑ์ตามตารางด้านล่าง โดยที่ลักษณะการทำงาน เช่น ลักษณะงาน และชนิดของวัสดุงานเป็นตัวแปรที่สำคัญ ตารางเลือกน้ำมันหล่อเย็นทั้งชนิดผสมน้ำและชนิดน้ำมันล้วน จะช่วยให้สามารถเลือกน้ำมันหล่อเย็นได้เหมาะสมยิ่งขึ้น มีหลักเกณฑ์การเลือกใช้น้ำมันหล่อเย็น ดังนี้

1. การใช้งาน, ลักษณะงาน, ความเร็ว, อัตราการป้อน, ความลึกการตัดและวิธีใช้น้ำมันหล่อเย็น
2. ชนิดและขนาดชิ้นงาน
3. ชนิดวัสดุคมมีดและมุมคมมีด
4. ชนิดเครื่องจักรและความเหมาะสมของเครื่องจักร
5. การต้องการของผู้ใช้งาน
6. ความปลอดภัยในการใช้งาน
7. สิ่งแวดล้อม
8. ต้นทุน

2.2.9 การใช้น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำและชนิดน้ำมันล้วน

1. น้ำมันผสม น้ำมันส่วนมากสำคัญมากในการใช้น้ำมันชนิดผสมน้ำ และผู้ใช้มักไม่ให้ความสำคัญเท่าที่ควร ทั้ง ๆ ที่การใช้น้ำที่ไม่ได้คุณภาพจะทำให้เกิดผลเสียอย่างมาก และยังทำให้น้ำมันชนิดผสมน้ำใช้ไม่ได้คุณภาพอย่างที่ดีควรจะเป็นด้วย การใช้น้ำมันที่มีการปนเปื้อนของครอไรด์

หรือกำมะถัน จะทำให้คุณสมบัติการป้องกันสนิมลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผ่านการใช้งานไประยะหนึ่ง การใช้น้ำ DI (Deionized water) จะทำให้น้ำมันผสมน้ำ สามารถละลายในน้ำและมีการอยู่ตัวในน้ำได้ดี แต่อาจทำให้เกิดฟองได้ง่าย โดยเฉพาะการใช้งานที่มีแรงฉีดน้ำมันสูง น้ำที่มีความกระด้างสูงจะทำให้เกิดคราบสบู่ลอยบนผิวหน้า (Scum) และการแยกชั้นของน้ำมันออกจากน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเสื่อมคุณภาพก่อนเวลาอันควร การเลือกใช้น้ำมันที่เหมาะสม และการเติมสารบางชนิดเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสม และการเติมสารบางชนิด เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมอาจเป็นสิ่งที่จำเป็น

คุณสมบัติเหมาะสมของน้ำมันหล่อเย็น

- ลักษณะทางกายภาพของน้ำ	ใส ไม่มีกลิ่น
- รสของน้ำ	จืด ไม่มีรส
- ค่าความเร็วกรด ต่าง	6 – 7.5
- ค่าความกกระด้าง	0 – 350 mg/ CaCO ₃
- ปริมาณ SO ₂ , NO ₃	< 30 ppm
- การปนเปื้อนผงซักฟอก	ไม่มี
- ปริมาณแบคทีเรีย หรือเชื้อรา	< 100 ml

2.2.10 การล้างเปลี่ยนน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ การล้างเปลี่ยนน้ำมันหล่อเย็น เป็นขั้นตอนที่มีการให้ความสนใจน้อยที่สุด และไม่ว่าจะล้างเปลี่ยนด้วยสาเหตุใดก็ตาม เช่น เปลี่ยนล้างเพราะเกิดการเหม็นเน่า หรือล้างเพื่อเปลี่ยนการบำรุงรักษาเครื่องในขณะที่น้ำมันหล่อเย็นที่ใช้ยังอยู่ในสภาพดี การล้างเปลี่ยนที่ถูกต้อง คือ กรทำความสะอาดให้ปราศจากสิ่งเจือปนเพื่อให้น้ำมันหล่อเย็นที่จะเติมลงไปสามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ โดยทั่วไปการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเก่าออกแล้วเติมน้ำมันลงไป จะไม่สามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราออกไปจากระบบน้ำมันหล่อเย็นได้ แต่ยังทำให้อายุการใช้งานของน้ำมันหล่อเย็นที่ผสมใหม่สั้นลงด้วย ดังนั้น การเปลี่ยนที่ถูกวิธีจึงเป็นสิ่งที่ควรทำให้คุ้มค่าและเวลาที่เสียไป มากกว่าการเปลี่ยนถ่ายเพียงอย่างเดียว

1. ขั้นตอนการล้างเปลี่ยนน้ำมันหล่อเย็น

ก. ตรวจสอบสภาพน้ำมันหล่อเย็น การเจือปนของแบคทีเรีย กลิ่น สี และสภาพการเจือปนของสารอื่นๆ

ข. เติมน้ำยาล้างเครื่องประมาณ 2 % ลงในน้ำมันหล่อเย็นที่กำลังทำงาน และใช้งานหรือเดินระบบให้หมุนเวียนให้ทั่วอย่างน้อย 6 ชั่วโมง(ดูคำแนะนำการใช้งานของน้ำยาล้างเครื่องประกอบ)

ค. ถ่ายน้ำมันหล่อเย็นทิ้ง และทำความสะอาดเครื่องด้วยผ้าหรือแปรง

ง. เติมน้ำมันหล่อเย็นผสมเพื่อการใช้งานด้วยอัตราส่วนที่ถูกต้อง

2. การผสมน้ำมันหล่อเย็น

ก. กำหนดอัตราส่วนที่ต้องการใช้งาน

ข. กำหนดปริมาณของน้ำสะอาดทั้งหมดที่ต้องการใช้แล้วเติมลงในเครื่อง

ค. คำนวณปริมาณของน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำที่ต้องใช้

ง. ค่อย ๆ เทน้ำมันหล่อเย็นลงในน้ำอย่างช้า ๆ และสังเกตว่า น้ำมันหล่อเย็นรวมตัวกับน้ำได้อย่างสมบูรณ์

จ. ตรวจสอบอัตราส่วนผสมด้วยกล้องรีเฟลก โคมิเตอร์ทุกครั้งหลังจากผสมเข้ากันดีแล้ว และควรตรวจสอบสม่ำเสมอ

2.2.11 การดูแล และปัญหาในขณะใช้งานน้ำมันหล่อเย็น

1. น้ำมันปนเปื้อน (Tramp Oil) คือน้ำมันอื่น ๆ ทั้งหมดที่ไม่ใช่น้ำที่ปะปนเข้าไปในระบบน้ำมันหล่อเย็น อาจโดยการรั่วของระบบน้ำมันหล่อเย็น หรือโดยการชะล้างคราบน้ำมันต่าง ๆ ในเครื่องหรือชิ้นงานที่มีคราบน้ำมันติดอยู่ของน้ำมันหล่อเย็น หรืออื่น ๆ ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำมันหล่อเย็น ผลกระทบจากน้ำมันปนเปื้อน

ก. อัตราส่วนการรวมตัวของน้ำมันผสมน้ำไม่ถูกต้อง

ข. แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดี

ค. ระบบการไหลของน้ำมันหล่อเย็นติดขัด

ง. เกิดสนิมที่เครื่องจักร และอาจเกิดที่ชิ้นงาน

จ. มีกลิ่นเหม็น เนื่องจากแบคทีเรีย

ฉ. คุณภาพความเรียบของชิ้นงานลดลง

ช. สูญเสียประสิทธิภาพการผลิต เนื่องจากต้องหยุดเครื่องเพื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำมัน

ซ. ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น

2. แบคทีเรียและเชื้อรา น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ มีโอกาสที่จะพบกับเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราอยู่ตลอดเวลา มีเชื้อเหล่านี้อยู่ในโลกมากมายหลายชนิดแต่ละชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ที่พบน้ำมันหล่อเย็นมนุษย์ โดยกว้างๆ สามารถแบ่งแบคทีเรียได้ 2 ชนิด คือ แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนในการเพิ่มจำนวน และที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจนในการเพิ่มจำนวน ซึ่งแบคทีเรียชนิดหลังจะใช้น้ำในโตรเจน หรือกำมะถัน และเป็นตัวการที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นขึ้น โดยเฉพาะเมื่อระบบมีออกซิเจนอย่างน้อย นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถมีชีวิตอยู่ในน้ำมัน โดยเฉพาะในสภาพ ที่เป็นคราบน้ำมันลอยอยู่บนน้ำ และเป็นชนิดที่ตายยากมาก

ข้อควรจำ

เมื่อน้ำมันมีโอกาสสัมผัส กับร่างกายและเกิดอาการระคายเคือง ให้รีบล้างด้วยสบู่ไม่ควรล้างด้วยผงซักฟอก ซึ่งมีความเป็นด่างสูง เพราะจะยิ่งชะล้างไขมันธรรมชาติออกไปอีก อาจชะโลมด้วยยาคาลาไมน์เพื่อลดอาการคัน หลีกเลี่ยงการเกา และควรปรึกษาแพทย์เมื่อเกิดอาการ วิงเวียน คลื่นไส้ หรือปวดศีรษะเนื่องจากสูดดมไอน้ำมันเข้าไปมาก ควรพักผ่อนในที่โล่ง ที่มีอากาศบริสุทธิ์และได้รับความอบอุ่นเพียงพอ หากอาการรุนแรง อาจต้องผายปอดหรือให้ออกซิเจน ถ้าไม่ดีขึ้นให้ไปพบแพทย์ทันที ผลกระทบแบบที่เรื้อรังและเรื้อรา

1. ตัวทำลายเมื่อเปลี่ยนประสิทธิภาพ ทำให้เกิดการแยกชั้นของน้ำมันกับน้ำ
2. สีของน้ำมันกับน้ำเปลี่ยน
3. ค่าความเป็นกรด ต่างลดลง
4. ประสิทธิภาพของการป้องกันสนิมลดลง
5. เกิดกลิ่นเน่าเหม็น
6. เกิดการอุดตันของระบบฉีดน้ำมันหล่อเย็น
7. อาจเกิดผลกระทบด้านความปลอดภัยแก่ผู้ใช้งาน
8. ประสิทธิภาพการหล่อเย็นและการรับแรงกดลดลง
9. ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น
10. ประสิทธิภาพการผลิตลดต่ำลง

วิธีการควบคุมแบบที่เรื้อรังและเรื้อรา

1. ใช้น้ำสะอาดและอุปกรณ์ที่สะอาดเมื่อต้องการผสมน้ำมันหล่อเย็น
2. กำจัดเศษโลหะ น้ำมันลอยหน้า และคราบสกปรกต่าง ๆ อยู่สม่ำเสมอ
3. ย่นำสิ่งสกปรกที่เน่าเสียได้ ปะปนลงในระบบน้ำหล่อเย็น
4. ฆ่าเชื้อในระบบน้ำมันหล่อเย็นก่อนผสมน้ำมันหล่อเย็นลงในระบบทุกครั้ง
5. ใช้น้ำมันหล่อเย็นที่มีการควบคุมแบบที่เรื้อรังและเรื้อรา
3. ควั่นและการเกิดความร้อนสูง การเกิดความร้อนสูง หรือควั่นในขณะที่ใช้งานน้ำมันหล่อเย็น อาจเกิดจาก

- ก. การปาดเลื่อนชิ้นงานเกินกำลังของเครื่องมือหรือของเครื่อง (Overloadig)
- ข. น้ำมันหล่อเย็นที่ใช้ไม่เหมาะสม
- ค. อัตราการไหลของน้ำมันหล่อเย็นไม่เพียงพอ
- ง. ระดับน้ำมันหล่อเย็นต่ำเกินไป
- จ. ความดันน้ำมันหล่อเย็นสูงเกินไป

4. ฟองน้ำมันหล่อเย็น การเกิดฟองในน้ำมันหล่อเย็น อาจเกิดขึ้นได้ทั้งน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำและชนิดน้ำมันล้วน ซึ่งมีสาเหตุจาก

ก. มีฟองอากาศภายในปั๊ม เนื่องจากระดับน้ำมันหล่อเย็นในระบบต่ำเกินกำหนด หรือเกิดการปั่นในน้ำมันหล่อเย็นภายในปั๊ม

ข. แรงฉีกของน้ำมันหล่อเย็นสูงเกินไป

ค. อัตราส่วนผสมน้ำมันหล่อเย็นกับน้ำมากเกินไป

ง. น้ำที่ใช้ผสมเป็นน้ำอ่อนมาก

5. การดูแลรักษาน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำขณะใช้งาน การดูแลรักษาน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำขณะใช้งาน มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพที่ผู้ใช้ได้รับ การดูแลรักษาน้ำมันหล่อเย็น ดังที่แนะนำดังตารางที่ 2.4 จะทำให้อายุการใช้งานของน้ำมันใช้งานยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร และคอมเพรสเซอร์ ตลอดจนมีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดีขึ้น เกิดของเสียน้อย ช่วยลดต้นทุนในการผลิตทั้งหมดลง

ตารางที่ 2.4 ข้อเสนอแนะการตรวจสอบสภาพน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสม

สิ่งที่ตรวจจับ	ความถี่ที่ตรวจ	ระดับที่ควบคุม	ระดับที่ควรเปลี่ยนถ่าย
ลักษณะทางกายภาพ	ทุกวัน	เปรียบเทียบกับน้ำมันผสมใหม่	การเปลี่ยนสภาพอย่างมาก
กลิ่น	ทุกวัน	เปรียบเทียบกับน้ำมันผสมใหม่	มีกลิ่นเน่าเหม็นเหมือนกลิ่นไขเน่า
การอยู่ตัวของน้ำมันหล่อเย็น	ทุกสัปดาห์	ไม่มีการแยกตัว หรือคราบขาว ๆ	มีการแยกตัวของน้ำมันอย่างมาก
อัตราส่วน	ทุกวัน	ช่วง $\pm 10\%$ จากค่าที่กำหนด	มีการเปลี่ยนสภาพอย่างผิดปกติ
PH	สัปดาห์ละ 2 ครั้ง	8.5 ถึง 9.5	ต่ำกว่า 7.5
ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรา	เดือนละครั้งหรือตามความจำเป็น	สูงสุดไม่เกิน 10^3	มากกว่า 10^7
น้ำมันอื่นเจือปน	ทุกวัน	คราบบาง ๆ หรือไม่มี	ค่อนข้างมาก

หมายเหตุ

รายละเอียด “สิ่งที่ตรวจวัด” จากตารางที่ 1.3

ก. ลักษณะกายภาพ การตรวจที่ง่ายที่สุดคือ การตรวจโดยการสังเกตลักษณะของน้ำมันหล่อเย็น เช่น สี คราบน้ำมันลอยหน้า ลักษณะของคราบขาว ตะกอนซึ่งผู้ปฏิบัติงานที่เครื่องควรที่จะจับบันทึกลักษณะของ น้ำมันหล่อเย็นและแหล่งที่มาของปัญหานั้น ๆ ไว้

ข. กลิ่น การตรวจกลิ่นเป็นวิธีแสดงถึงระดับของปริมาณแบทที่เรียได้เป็นอย่างดี ควรบันทึกและแก้ไขทันที

ค. ลักษณะการอยู่ตัว การตรวจการอยู่ตัวของน้ำมันหล่อเย็น ทำได้ง่าย ๆ โดยการเก็บตัวอย่างน้ำมันหล่อเย็นที่ใช้งาน และสังเกตลักษณะที่เป็นคราบที่ผิว และลักษณะความเข้มข้นจาง ๆ ที่ด้านล่างของตัวอย่างที่เก็บ ซึ่งจะแสดงระดับการอยู่ตัวของน้ำมันหล่อเย็น

6. การดูแลรักษาน้ำมันหล่อเย็น ชนิดน้ำมันถั่วเขียวใช้งาน

ก. สังเกตลักษณะทางกายภาพ เช่น กลิ่น และการไหลของน้ำมันหล่อเย็นทุก ๆ วัน ควรสังเกตและจดบันทึกลักษณะของสารหล่อเย็นที่งานจะมีการลดปริมาณลง เนื่องจากการติดไปกับเศษโลหะและชิ้นงาน จึงจำเป็นที่จะต้องมีการเติมน้ำมันใหม่เพิ่มลงไปอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งการเติมน้ำมันใหม่เข้าไปในระบบจะมีส่วนช่วยให้ น้ำมันมีคุณสมบัติที่เหมาะสมอยู่ได้เป็นระยะเวลานาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันที่ต้องเติมเพิ่ม คุณสมบัติของน้ำมันในอ่าง คุณสมบัติของน้ำมันในขณะตัดกลึง สภาพความสกปรกของชิ้นงานประสิทธิภาพของการกรองน้ำและความละเอียดของชิ้นงานที่ต้องการ ทั้งหมดนี้ล้วนมีผลอย่างมาก และปัจจัยการกำหนดการดูแลรักษาน้ำมัน

ข. หมั่นกำจัดเศษโลหะและสิ่งสกปรกอื่น ๆ ออกจากระบบน้ำมันหล่อเย็น โดยทั่วไปทุก ๆ สัปดาห์ควรตรวจระบบการกรองน้ำมันหล่อเย็น และทำความสะอาดทันทีที่เห็นว่าระบบกรองน้ำมันหล่อเย็นสกปรก

ค. หมั่นตรวจระบบทำความเย็น และ ระบบดูดละอองน้ำมัน โดยทั่วไปทุก ๆ เดือน ควรจัดให้มีการตรวจระบบทำความเย็นของน้ำมัน(ถ้ามี) และระบบดูดละอองน้ำมัน(ถ้ามี) เพื่อให้แน่ใจว่าคุณสมบัติของน้ำมันหล่อเย็นไม่สูงมากจนเป็นสาเหตุให้เกิดการเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อเย็น

ง. หากพบสิ่งผิดปกติหรือไม่แน่ใจว่าน้ำมันหล่อเย็นอยู่ในสภาพที่เหมาะสม อาจส่งตัวอย่างของน้ำมันเพื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติ ซึ่งสามารถทราบรายละเอียดได้ โดยติดต่อแผนกเทคนิค น้ำมันหล่อเย็นของบริษัทผู้ผลิตน้ำมันนั้น

7. ปริมาณน้ำมันหล่อเย็นในระบบ ปริมาณน้ำมันหล่อเย็นทั้งหมดในระบบ มีผลต่อประสิทธิภาพของน้ำมันหล่อเย็น ดังนี้

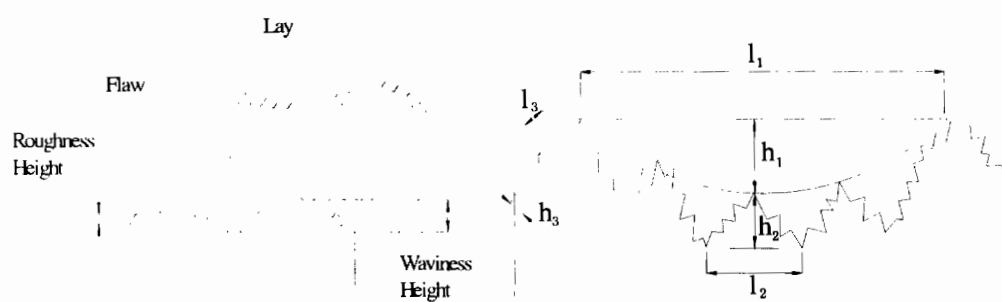
ก. ในการใช้งาน น้ำมันหล่อเย็นจะมีการสูญเสียไปเนื่องจากการกระเด็นออกจากระบบ และการเกิดละอองจากการติดไปกับชิ้นงานและเศษโลหะ

ข. ในกรณีใช้งาน จะต้องมีการเติมน้ำมันหล่อเย็นเพิ่มเข้าไปในระบบ และระดับของน้ำมันหล่อเย็นไม่ควรต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในเครื่อง เนื่องจากทำให้การระบายความร้อนต่ำลง อาจทำให้เกิดฟองอากาศขึ้น ทำให้เกิดควันฟองอากาศ และประสิทธิภาพลดลงได้

2.3 คุณภาพผิวงาน (Quality of Machine Surfaces) [6]

การขึ้นรูปโดยการตัดเฉือน เพื่อให้ได้รูปแบบชิ้นงานตามที่ต้องการ จะต้องคำนึงถึงปัจจัยและผลที่จะเกิดขึ้นกับงานที่ทำสำเร็จ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นหลังการตัดเฉือนอย่างหนึ่งคือคุณภาพผิวงาน โดยปกติของการผลิตทั่วไปมักจะต้องการงานที่มีคุณภาพผิวที่ดี เนื่องจากชิ้นงานที่มีคุณภาพผิวงานที่ดี จะมีผลต่อความสวยงามเมื่อมีการประกอบชิ้นส่วน และต่อความเสียดทานเมื่อต้องมีการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนที่สัมผัสกัน ลักษณะทั่วไปของผิวงานที่ผ่านการแปรรูปและผ่านการตัดเฉือน รวมทั้งองค์ประกอบหลักๆของสภาพผิวงาน เป็นดังรูปที่ 2.9 ได้แก่

1. ผิวงาน (Surface) หมายถึงขอบเขตหรือบริเวณ ที่แยกออกจากส่วนเนื้อวัสดุงาน รูปร่างและลักษณะผิวงาน ระบุได้ด้วยรูปภาพ (Drawing) หรือคำอธิบายคำจำกัดความ (Descriptive Specifications)
2. รูปทรงผิว (Profile) หมายถึงเส้นที่แสดงลักษณะพื้นผิวงาน ตลอดภาคหน้าตัดที่ถูกนำมาพิจารณา
3. ความหยาบของผิว (Roughness) หมายถึงความผิดปกติของผิวงานที่ผ่านกระบวนการตัดเฉือนอันเนื่องมาจากคมตัดของมีด และจากอัตราป้อน
4. คลื่นของผิวงาน (Waviness) หมายถึง ความผิดปกติของผิวงาน ที่มีระยะในการพิจารณากว้างกว่าช่วงความหยาบผิว เกิดขึ้นจากการโก่งตัวของทั้งชิ้นงาน และการหลวมคลอนของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล รวมทั้งการสั่นสะเทือนขณะทำการตัดเฉือน
5. ฟลો (Flaw) หมายถึงความผิดปกติของผิวงาน ที่เกิดขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งบนผิวงาน เช่นรอยขีดข่วน รอยแตก รูพรุน เป็นต้น
6. เลย์ (Lay) หมายถึง แนวทิศทางของรอยสัน ส่วนยอดความหยาบของผิวที่ตรวจสอบ



รูปที่ 2.9 ภาพสามมิติผิวงานหลังการตัดเฉือนและภาพด้านข้างผิวงาน

อัตราส่วนระหว่าง l/h จะเป็นตัวกำหนดลักษณะความผิดปกติของผิวงานดังต่อไปนี้

$l_1/h_1 > 1000$ หมายถึง งานชิ้นนี้ไม่มีลักษณะกลม (Out of Roundness)

$l_2/h_2 \geq 150 \leq 500$ หมายถึง ผิวงานมีลักษณะเป็นคลื่น (Waviness)

$l_3/h_3 \leq 50$ หมายถึง ผิวงานที่สามารถวัดเพื่อตรวจสอบหาความเรียบของผิวงานได้

2.3.1 องค์ประกอบที่มีผลต่อความเรียบผิวงาน

คุณภาพผิวงานที่จะทำการตัดเฉือน สามารถกำหนดได้ว่าต้องการให้ผิวงานที่ได้ มีลักษณะอย่างไร จึงจะเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งสมบัติดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ความแข็งแรงของเครื่องจักร และความเที่ยงตรงของวัสดุรองรับ (Bearing)
2. คุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการตัดเฉือนเป็นผิวสำเร็จของวัสดุงาน
3. ชนิด ประเภท และลักษณะของวัสดุมีด
4. การเลือกใช้วัสดุน้ำมันตัดเฉือน
5. ลักษณะของการเกิดเศษ
6. มุมมีดที่ใช้
7. ตัวแปรที่ใช้ในการตัดเฉือน ได้แก่ อัตราป้อน ความถี่กรอยตัด และความเร็วตัด

2.3.2 ลักษณะของการเกิดเป็นคลื่น (Waviness) ของผิวงาน

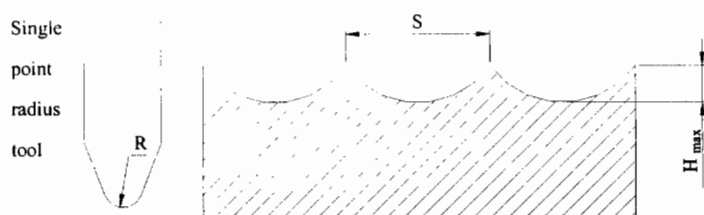
โดยปกติความผิดปกติของผิวงานดังกล่าว จะเกิดจากการสั่นสะเทือนระหว่างทำการตัดเฉือน ซึ่งมีสาเหตุมาจากปัจจัยต่างๆดังนี้

1. การสั่นสะเทือนจากภายนอกเครื่องจักร
2. จากการเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของชิ้นส่วนภายในของเครื่องจักร
3. ความบกพร่องจากระบบการทำงานของเครื่องจักร
4. เกิดจากการสั่นสะเทือนภายในของวัสดุเอง

2.3.3 องค์ประกอบของความเรียบของผิวงาน

จะเกิดจากปัจจัยที่สำคัญหลัก 2 ประการคือ อัตราป้อน และ ลักษณะของส่วนคมตัด เมื่อพิจารณาจากการตัดเฉือนที่ไม่มีการเกิดพอกมีดที่คมตัด (Built Up Edge, BUE) ความสูงของยอดผิวงานที่ขรุขระหาได้จากสมการต่อไปนี้

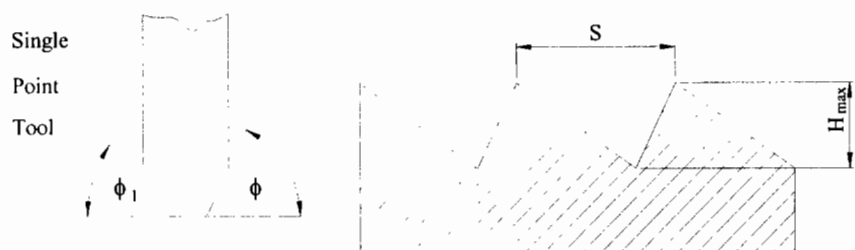
1. ในกรณีของมีดกลึงปลายมน (Single Point Radius Tool) ผิวงานจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ภาพขยายลักษณะผิวงานที่เกิดจากการตัดเฉือนด้วย
มีดกลึงแบบปลายมน (Single Point Radius Tool)

$$\begin{aligned}
 H_{max} &= s^2 / 8R && \text{มิลลิเมตร} && (2-1) \\
 H_{max} &= \text{ยอดสูงสุดผิวงานที่ขรุขระ} && \text{มิลลิเมตร} \\
 s &= \text{อัตราป้อน/รอบ} && \text{มิลลิเมตรต่อรอบ} \\
 R &= \text{รัศมีปลายคมตัด} && \text{มิลลิเมตร}
 \end{aligned}$$

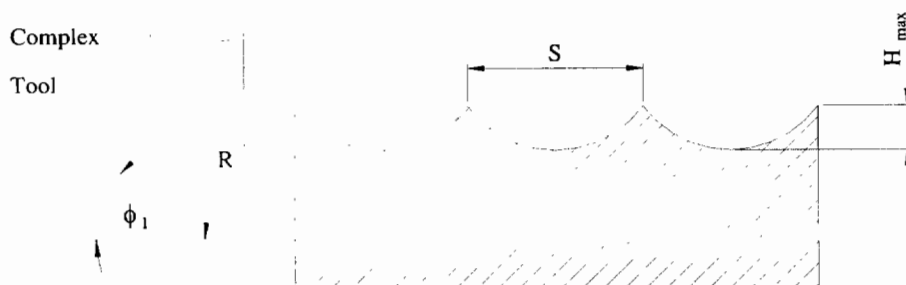
2. ในกรณีของมีดกลึงแบบปลายแหลม (Single Point Turning Tool, Nose Radius = 0) ผิวงานจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ลักษณะผิวงานที่เกิดจากการตัดเฉือนด้วยมีดกลึงแบบปลายแหลม (Single Point Tool)

$$\begin{aligned}
 H_{max} &= s / (\cot \phi + \cot \phi_1) && \text{มิลลิเมตร} && (2-2) \\
 s &= \text{อัตราป้อน / รอบ} && \text{มิลลิเมตรต่อรอบ} \\
 \phi &= \text{มุมคมตัดด้านข้าง (Side Cutting Edge Angle)} && \text{องศา} \\
 \phi_1 &= \text{มุมคมตัดปลายมีด (End Cutting Edge Angle)} && \text{องศา}
 \end{aligned}$$

3. ในกรณีของมีดกลึงปลายคอมเพล็กซ์ (Complex Point Tool) ผิวงานจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ลักษณะผิวงานที่เกิดจากการตัดเฉือนด้วยมีดกลึงปลายแบบคอมเพล็กซ์

$$H_{max} = \tan \phi_1 + (R/2 \tan^2 \phi_1) - (2sR \tan^3 \phi_1)^{0.5} \quad (2-3)$$

s	= อัตราป้อน/รอบ	มิลลิเมตรต่อรอบ
R	= รัศมีปลายคมตัด	มิลลิเมตร
ϕ_1	= มุมคมตัดปลายมีด	องศา

2.3.4 ปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อความเรียบผิวงาน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อความเรียบผิวงาน จากการศึกษาเพื่อหาความเรียบผิวงานที่ได้จากการตัดเฉือน ที่อัตราป้อน 0.15 มิลลิเมตรต่อรอบ ความลึกกรอยตัด 3.8 มิลลิเมตร ที่ความเร็วตัดขนาดต่างๆ จะได้ความเรียบผิวงาน ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความเรียบของผิวงาน อีกประการหนึ่งคืออัตราการป้อน(Feed Rate) ซึ่งโดยปกติแล้วอัตราการป้อนต่ำ จะให้ค่าความเรียบผิวงานดีกว่าอัตราป้อนที่มากกว่า

$$R_A = f^2 / (32-R) \quad \text{ไมครอน} \quad (2-4)$$

f	= อัตราป้อน/รอบ	มิลลิเมตรต่อรอบ
R	= รัศมีปลายมีด	มิลลิเมตร

2.4 การเกิดเศษโลหะจากการกลึงงานทั่วไป [7]

การเกิดของเศษโลหะ เป็นผลมาจากการเฉือนของชิ้นงานบนระนาบเฉือน แต่เศษโลหะที่เกิดขึ้น อาจจะเป็นเส้นยาว หรืออาจจะเป็นท่อนสั้น ๆ โดย

2.4.1 การเกิดของเศษโลหะเส้นยาว จะทำให้เกิดแรงตัดที่สม่ำเสมอ เม็ดมีดและชิ้นงานสั่น สะเทือนน้อย ซึ่งน่าจะเป็นสิ่งที่ดี แต่เศษโลหะยาวกำจัดยาก และอาจจะเป็นอันตรายเพราะอาจจะบาดช่างคุมเครื่อง หรือ พันรอบชิ้นงาน ทำให้เป็นอุปสรรคในการทำงาน

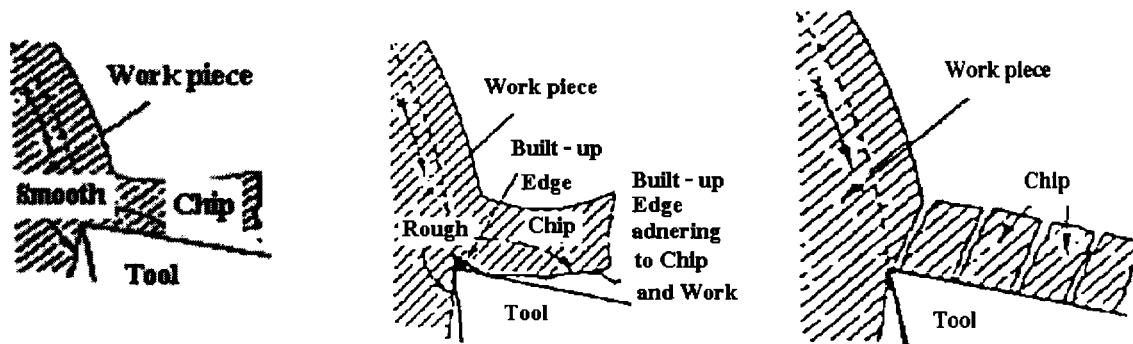
2.4.2 การเกิดเศษโลหะก่อนลั่นๆ นั้นทำให้เกิดแรงตัดที่ไม่สม่ำเสมอ คือสูงๆ ต่ำๆ เม็ดมีดและชิ้นงาน สั่นสะเทือนมาก แต่เศษโลหะกำจัดง่ายและไม่เป็นอันตราย การควบคุมให้เศษโลหะมีลักษณะตาม ความต้องการ บางครั้งก็มีความจำเป็น โดยอาจจะเลือกใช้เม็ดมีดที่มีลักษณะที่ช่วยหักเศษให้เป็นท่อน ลั่น ๆ และอาจจะต้องใช้อุปกรณ์ป้องกัน(Guard) สำหรับป้องกันเศษไม่ให้ออกมาจากบริเวณที่จำกัดไว้จะได้ไม่ทำอันตรายหรือรบกวนการทำงาน

2.4.3 กระบวนการตัดโลหะ มี 3 กระบวนการ เกิดขึ้นพร้อมกันคือ

1. กระบวนการตัดเฉือน (Shearing Process) เกิดบริเวณแถบ ๆ ต่อเนื่องตั้งแต่คมมีดไปจนถึง Unmachined Work Surface บริเวณนี้อาจแสดงได้โดยแผ่นบาง ๆ ที่เรียกว่า Shear Plane (ระนาบเฉือน) หรือ Thin Shear Zone
2. กระบวนการความฝืด (Friction Process) เกิดในบริเวณผิวสัมผัสของเศษโลหะและ Rake Face บางที่เรียกว่า Secondary Shearing Process
3. กระบวนการที่เข้าใจกันว่าเป็นการขัดสีระหว่างพื้นผิวของ Machined Work Surface กับ Clearance Face ซึ่งเกิดจากมีดตัดไม่อาจจะคมโดยสมบูรณ์ที่เรียกว่า Edge Effect

2.4.5 ชนิดของเศษโลหะเกิดขึ้นแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ

1. เศษโลหะต่อเนื่อง (Continuous Chips) รูปที่ 2.13 (a) เกิดขึ้นในกรณีที่วัสดุชิ้นงานเป็น วัสดุเหนียว เช่น เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ อลูมิเนียมผสมและ Stainless ลักษณะของเศษโลหะจะเป็น เส้นยาว เคลื่อนที่สัมผัสกับผิวคายเศษโลหะเป็นระยะทางเล็กน้อย จากนั้นก็จะเคลื่อนที่พื้นผิวคายเศษ โลหะออกไป การแปรรูปของเศษโลหะเกิดขึ้นในสองบริเวณ คือ เขตการแปรรูปหลัก(Primary Deformation Zone) หรือตามสมมติฐานก็คือ ระนาบเฉือน เพราะเนื่องจากการแปรรูปจากวัสดุชิ้นงาน กลายเป็นเศษโลหะเกิดขึ้นเพราะการเฉือน บริเวณที่สองเกิดการแปรรูปโดยความดันระหว่างผิวคาย เศษโลหะกับเศษโลหะ ส่วนที่สัมผัสกับผิวคายเศษโลหะ เรียกว่า เขตการแปรรูปรอง (Secondary Deformation Zone)



(a) Continuous Chip

(b) Continuous Chip

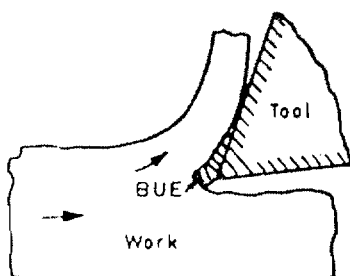
(c) Discontinuous Chip

with built-up edge

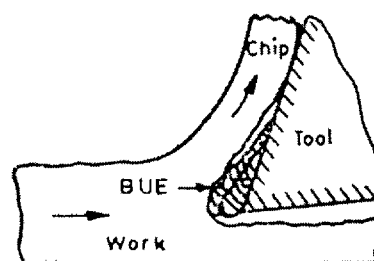
รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะของเศษแบบต่าง ๆ

2. เศษโลหะต่อเนื่องที่มีการยึดติดที่คมตัด (Continuous Chips with built-up Edge) รูปที่ 2.13 (b) เนื่องจากขณะเกิดการตัดบริเวณผิวสัมผัสระหว่างเศษโลหะและเครื่องมือตัดมีอุณหภูมิสูง ประกอบกับความดันขนาดมหึมาในบริเวณนั้น ทำให้มีเนื้อบางส่วนของเศษโลหะยึดติดอยู่ที่บริเวณคมตัดและผิวคายเศษโลหะ มีผลให้ความเสียดทานในบริเวณนั้นเพิ่มสูงขึ้น รูปที่ 2.14 (a) ซึ่งขัดขวางการเคลื่อนที่ของเศษโลหะ จึงเกิดการพอกตัวเพิ่มของส่วนที่ยึดติดรูปที่ 2.14 (b) เมื่อส่วนนี้พอกตัวเพิ่มสูงขึ้นจนถึงขนาดที่เรียกว่า ขนาดวิกฤต (Critical Size) รูปที่ 2.14 (c) ชั้นส่วนนี้จะหลุดออกมาซึ่งบางส่วนจะติดไปกับเศษโลหะและบางส่วนจะฝังตัวอยู่บนผิวสำเร็จ ซึ่งจะทำให้คุณภาพของผิวสำเร็จลดลง

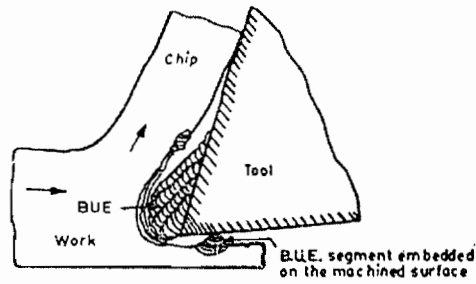
การยึดติดที่คมตัดจะเกิดเป็น วัฏจักร คือ เกิดขึ้นแล้วหลุดออกไปแล้วก็เกิดขึ้นใหม่ ซึ่งจะเพิ่มอัตราการสึกหรอของเครื่องมือตัด เนื่องจากส่วนที่หลุดออกไปนี้จะมีเนื้อของเครื่องมือตัดติดออกไปด้วยการเพิ่มความเร็วตัดให้สูงขึ้น มีผลให้ส่วนที่ยึดติดอ่อนตัวลง จึงทำให้ขนาดวิกฤติเล็กลงด้วย ซึ่งเมื่อเพิ่มความเร็วดัดขึ้นสูงเพียงพอ จะไม่พบส่วนที่ยึดติดนี้



(a) BUE reduced in size after breaking up



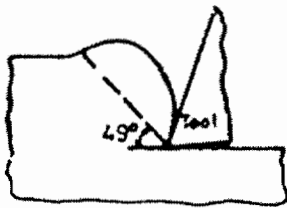
(b) Growth of BUE



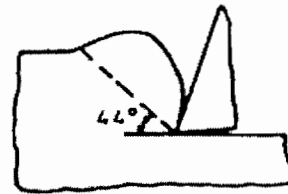
(c) BUE grown to a critical size

รูปที่ 2.14 แสดงขั้นตอนการขัดที่คมตัด

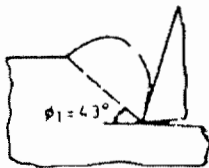
3. เศษโลหะไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Chip) เศษโลหะชนิดนี้เกิดขึ้นเมื่อวัสดุชิ้นงานเป็นวัสดุเปราะ เช่น เหล็กหล่อ ทองเหลืองที่มีส่วนผสมของสังกะสีอยู่มาก กลไกของการเกิดเศษโลหะชนิดนี้จะแตกต่างจากกลไกที่เกิดขึ้นเมื่อวัสดุชิ้นงานเป็นวัสดุเหนียว เนื่องจากวัสดุเปราะมีคุณสมบัติไม่สามารถรับความเค้นเฉือนที่บริเวณเขตการแปรรูปหลัก จึงเกิดการแตกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.15 (a), (b), (c) และ (d)



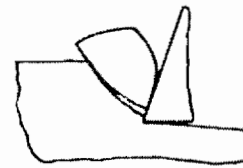
(a) build-up starts



(b) build-up continues



(c) maximum build-up



(d) crack propagation and

Formation of chip segment

รูปที่ 2.15 แสดงการเกิดเศษโลหะไม่ต่อเนื่อง

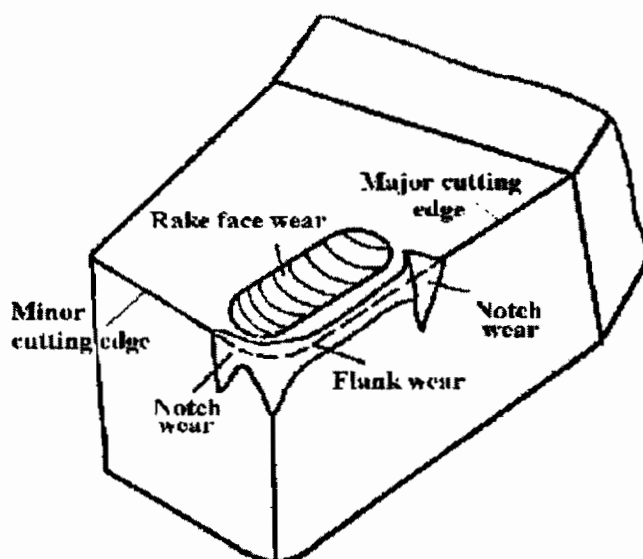
เนื่องจากช่วงเวลาที่เศษโลหะสัมผัสกับเครื่องมือตัดเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ ดังนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นจึงติดไปกับเศษโลหะเสียเป็นส่วนใหญ่ อุณหภูมิของเครื่องมือตัดจึงต่ำลง ทำให้อายุการใช้งานของเครื่องมือตัดสูงขึ้นได้

2.5 การสึกหรอของเครื่องมือตัด (Tool Wear) [7]

การสึกหรอของเครื่องมือตัด หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างของเครื่องมือตัด จากรูปร่างก่อนการใช้งานและหลังการใช้งาน ซึ่งเป็นผลมาจากวัสดุทำเครื่องมือตัดเกิดความเสียหายอย่างค่อยเป็นค่อยไป ขณะใช้งานมีสาเหตุหลายอย่างที่ทำให้เกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัด ซึ่งความเข้าใจโดยทั่วไปการสึกหรอของเครื่องมือตัดเกิดจากการเสียดสี โดยอนุภาคที่มีความแข็งของชิ้นงานที่เกิดการถูไถบนผิวหน้าของเครื่องมือตัด การสึกหรอมักจะเกิดโดยเกิดการกระจายของโลหะผสมระหว่างวัสดุงานกับวัสดุเครื่องมือตัด ในบริเวณที่เกิดสภาวะของการสัมผัสกันของวัสดุงานและวัสดุเครื่องมือตัดจะสังเกตเห็นได้ วัสดุงานจะแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบกับวัสดุเครื่องมือที่เป็นสาเหตุให้เกิดการสึกกร่อนเนื่องจากการเสียดสีของวัสดุเครื่องมือตัด อัตราของการสึกกร่อนเนื่องจากการเสียดสีขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในบริเวณของการสัมผัส และปฏิกิริยาของเครื่องมือตัดกับวัสดุงานซึ่งกันและกัน การกระจายหรือการเกิดโลหะผสมยังเกิดขึ้นที่ซึ่งอนุภาคของวัสดุงานถูกหลอมละลายบนพื้นผิวของเครื่องมือตัด การหลอมละลายเหล่านี้จะทับถมกันจนมองเห็นเป็นลักษณะพอกพูนบนพื้นผิวหน้าเครื่องมือตัด เนื่องจากอนุภาคหรือชิ้นของวัสดุงานภายในแอ่งของผิวหน้าเครื่องมือตัด การเกิดการกระจายหรือโลหะผสม ระหว่างการทับถมและความอ่อนตัวของเครื่องมือตัดต่ำกว่าการหลอมละลายบ่อยครั้งการทับถมเหล่านี้จะมีการโต้ตอบอีกครั้งจากเศษโดยการหลอมละลายหรือเกิดการแตกหักออกจากแรงของการชนของเศษที่หลุดออกมา

ปฏิกิริยาเคมีระหว่างองค์ประกอบในการทำงานโดยการใช้สารหล่อเย็นในบางครั้งอาจจะเร่งอัตราของการสึกหรอของเครื่องมือตัด การเกิดออกซิเดชัน (Oxidation) ของโลหะที่มีความร้อนใกล้คมตัด จะมีการกระจายทำให้เกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัดอีกด้วย โดยเฉพาะการใช้ความเร็วตัดที่สูงเกินไป ร่วมกับอุณหภูมิในการตัดเฉือนที่สูง การแตกหักของคมตัดเป็นสาเหตุให้เกิดการรับภาระในการตัดเฉือนที่มากเกินไป หรือเกิดการกระเทกอย่างกะทันหัน หรือการออกแบบเครื่องมือตัดที่ไม่เหมาะสมตามมาตรฐานสวมจะต้องแก้ไขให้ถูกต้อง

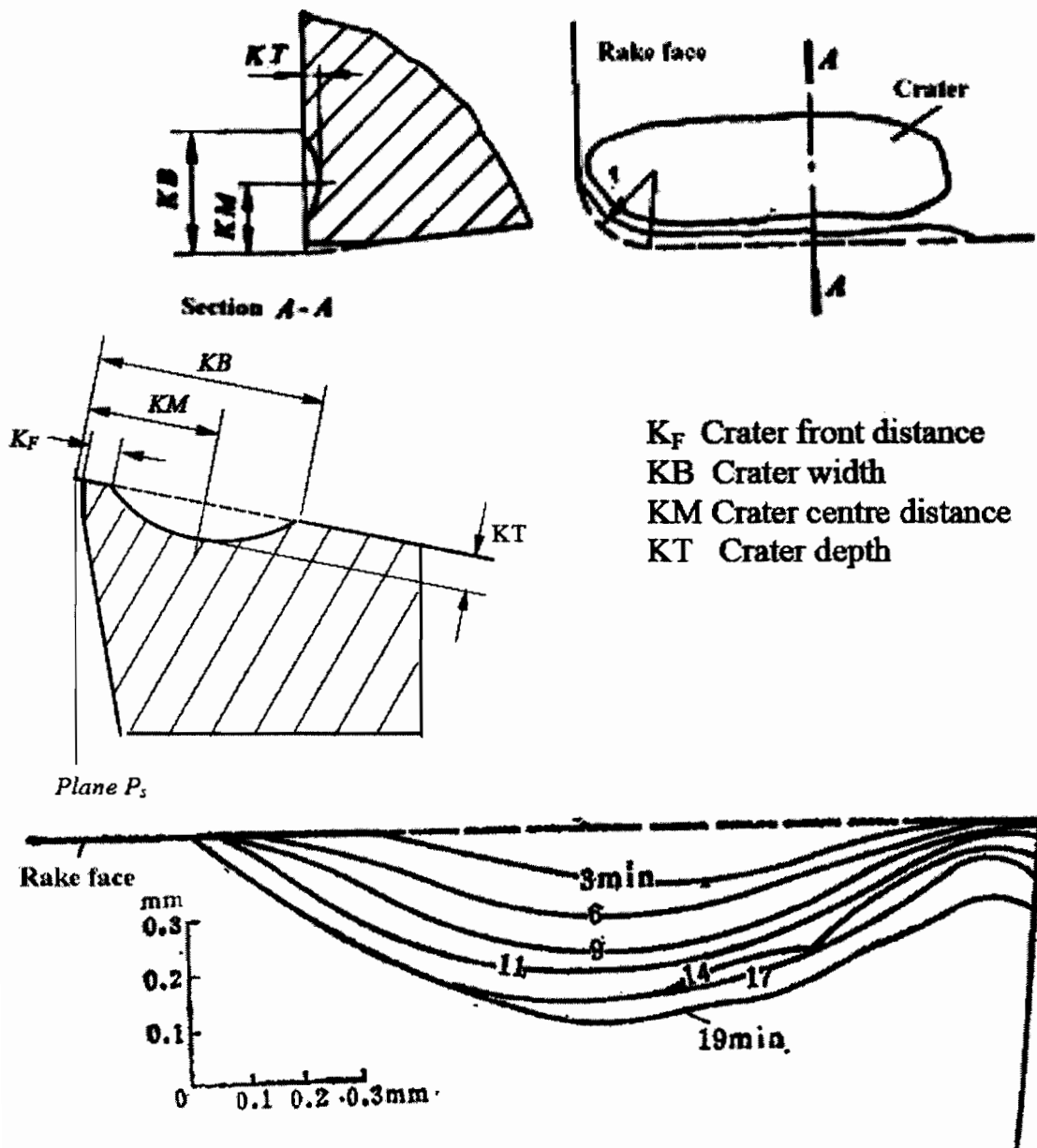
ปรากฏการณ์ในการเกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัด เนื่องจากความเค้นที่สูงที่เกิดจากการสัมผัสระหว่างผิวคาย (Rake Face) กับเศษของวัสดุงาน เป็นสาเหตุในการเกิดการเสียดสีรุนแรงที่ผิวคาย เนื่องจากความเสียดทานระหว่างผิวหลบด้านข้าง (Flank) กับผิวที่ถูกตัดเฉือน ดังนั้นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดอาจจัดอันดับการสึกหรอของเครื่องมือตัดได้คือบริเวณผิวคาย(Rake Face) และผิวหลบด้านข้าง (Flank Face) ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ปรากฏการณ์ในการเกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัด

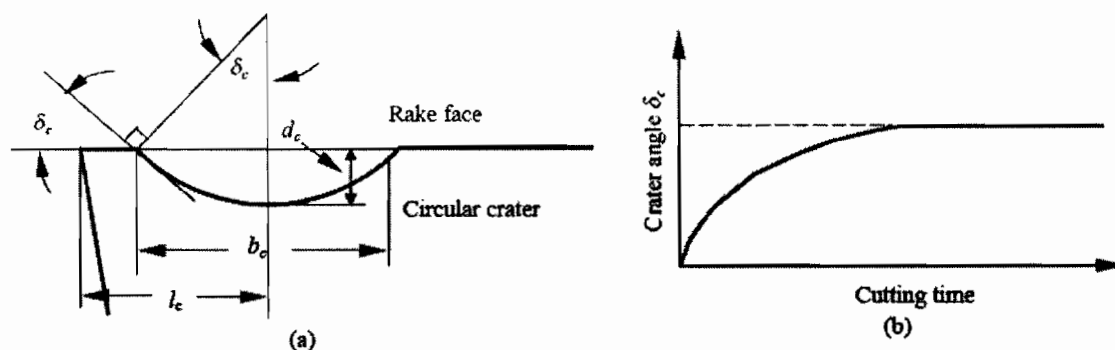
2.5.1 การสึกหรอผิวหลบด้านข้าง (Flank Wear) การสึกหรอลักษณะนี้จะเกิดที่ผิวหลบด้านข้างของเครื่องมือตัดด้านล่างของคมตัด ซึ่งจะเกิดขึ้นตลอดเวลาของการตัดเฉือนและไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ซึ่งไม่ควรจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหรือมีขนาดของบริเวณของการสึกหรอที่มากเกินไป ขนาดของการสึกหรอผิวหลบด้านข้างนี้สามารถวัดได้จากระยะระหว่างขอบบนสุดของคมตัดและขอบด้านล่างของการสึกหรอ ในทางปฏิบัติ โดยปกติจะใช้วิธีการสังเกตโดยประมาณแทนการวัดที่ต้องการความเที่ยงตรง ถึงแม้ว่าการสึกหรอผิวหลบด้านข้างจะไม่สนใจการสึกหรอโดยการวัดจากการสูญเสียขนาดของส่วนดังกล่าว เครื่องมือวัดที่ดีที่สุดของการสึกหรอของเครื่องมือตัด อย่างไรก็ตามยังถือว่าการสึกหรอประเภทนี้เป็นตัววัดที่ดีที่สุด เมื่อบริเวณการสึกหรอมีขนาดมากขึ้นเรื่อย ๆ จะเกิดการถูของผิวที่เกิดการสึกหรอกับผิวของชิ้นงานเพิ่มขึ้นเช่นกัน จำเป็นจะต้องทำการเปลี่ยน หรือลับคมตัดใหม่ เนื่องจากมีสถานะที่หลากหลายจึงเป็นไปได้ที่จะกำหนดขนาดบริเวณของการสึกหรอประเภทนี้ให้มีความแน่นอนที่จะชี้ได้ว่าจะทำการเปลี่ยนหรือลับเครื่องมือตัดเมื่อใด ถึงแม้ว่าจะมี ข้อยกเว้นมากมายในการทำงานในลักษณะผิวที่มีความหยาบ โดยใช้เครื่องมือตัดที่เป็นเหล็กโรบสูง (High Speed Steel) ควรจะต้องนำไปลับใหม่เมื่อความกว้างของการสึกหรอประเภทนี้ถึงระยะ 0.005 นิ้ว ถึง 0.010 นิ้ว การลับเครื่องมือตัดสำหรับผิวละเอียดอยู่ระหว่าง 0.030 นิ้ว ถึง 0.060 นิ้ว ส่วนเครื่องมือตัดที่เป็นซีเมนต์คาร์ไบด์ (Cemented Carbides) 0.005 นิ้ว ถึง 0.010 นิ้วสำหรับผิวละเอียดและ 0.020 นิ้ว ถึง 0.040 นิ้วสำหรับผิวหยาบ การสึกหรอบริเวณผิวหลบด้านข้างนี้สามารถวัดได้โดย ขนาดเฉลี่ยและขนาดสูงสุดของบริเวณที่เกิดการสึกหรอ (VB และ VBmax.)

2.5.2 การสึกหรอแบบแอ่งบริเวณผิวคาย (Crater Wear) เกิดจากการไหลของเศษงานบนผิวคาย มีการเสียดสีที่รุนแรงที่เกิดจากแรงเสียดทานระหว่างเศษงานกับผิวคาย จะเกิดการสึกหรอซึ่งโดยปกติจะเกิดเป็นแนวขนานกับคมตัดหลัก (Major Cutting Edge) การสึกหรอแบบแอ่งนี้จะทำให้มุมคายที่ใช้ในการทำงานเพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุให้ความแข็งแรงของคมตัดลดลง ตัวแปร (Parameters) ที่ใช้วัดค่าการสึกหรอแบบแอ่งนี้ ดูได้จากรูปที่ 2.17 แผนภาพความลึกของแอ่ง KT ปกติส่วนมากแล้วจะเป็นตัวแปรในการประเมินค่าการสึกหรอของผิวคายและรูปที่ 2.18 เป็นรูปทรงเรขาคณิตอย่างง่าย



Change of the crater depth KT and width KB with cutting time

รูปที่ 2.17 การเปลี่ยนแปลงความลึกของแอ่ง KT และความกว้าง KB ต่อหน่วยเวลา



รูปที่ 2.18 (a) รูปทรงเรขาคณิตอย่างง่ายของแอ่ง (b) มุมในการเจริญเติบโตของแอ่ง

การสึกหรอแบบแอ่งบนผิวหน้า สามารถเกิดจากการเสียดสีและกลไกการกระจายในการขูดลอก การเกิดของแอ่งนี้เป็นการขูดลอกจากผิวหน้าของเศษงานซึ่งมีสภาพเป็นอนุภาคที่มีความแข็งทำหน้าที่ยกการเจียรนัย หรือส่วนที่ร้อนที่สุดที่มีการกระจายระหว่างเศษตัดกับผิวของเครื่องมือตัด ความแข็งและความแข็งที่ประกอบด้วยความร้อนและค่าความเค้นดัดที่น้อยที่สุดระหว่างวัสดุจะมีแนวโน้มที่ลดลงในการเกิดการสึกหรอแบบแอ่งนี้ ขนาดของแอ่งที่มากขึ้นไปนี้จะเปลี่ยนรูปทรงของคมตัดและทำให้การตัดเฉือนมีประสิทธิรูปที่แย่ลงด้วย รวมทั้งการเปลี่ยนทิศทางของแรงในการตัดเฉือนซึ่งทำให้คมตัดอ่อนตัวลง

แอ่งที่มีความลึกบางครั้งจะมีรูปแบบบนผิวหน้าของเครื่องมือตัดซึ่งง่ายต่อการจดจำรูปแบบของแอ่งที่มีระยะที่สั้นหลังด้านข้างของคมตัดที่ถูกยกขึ้นเล็กน้อยระหว่างคมตัดกับของของแอ่งดังกล่าว ซึ่งผิวส่วนนี้อาจปกคลุมด้วยเศษที่หลอมละลายและในเวลาอื่น ๆ อาจจะไม่เกิดสถานะเช่นนี้ บ่อยครั้งที่บริเวณก้นของแอ่งนี้จะถูกปกคลุมด้วยวัสดุงานที่เกิดการหลอมละลาย ภายใต้สภาวะการปฏิบัติปกติ แอ่งจะขยายออกจนกระทั่งเกิดการแตกหักบริเวณคมตัด โดยปกติเหตุการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นบนปลายของคมตัดหลังปลายเครื่องมือตัด เมื่อเกิดเหตุการณ์เหล่านี้ขึ้น การสึกหรอบริเวณผิวหลังด้านข้างจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและจะเกิดความเสียหายต่อเครื่องมือตัดในเวลาอันสั้น บางครั้งการสึกหรอแบบแอ่งนี้ไม่สามารถหลีกเลี่ยงและมีการเพิ่มขนาดของแอ่งอย่างช้า ๆ อย่างไรก็ตามถ้าอัตราของการขยายตัวของแอ่งเป็นไปอย่างรวดเร็ว จะนำไปสู่อายุการใช้งานที่สั้นของเครื่องมือตัด จำเป็นต้องมีการใช้การวัดขนาดของแอ่งเพื่อการแก้ไขต่อไป

2.5.3 การพอกหน้ามีด (Cutting Edge Chipping) เพียงชื่อก็สามารถสื่อให้เห็น ถึงลักษณะที่เกิดขึ้นกับคมตัด รวมถึงการเคลื่อนย้ายอนุภาคซึ่งแยกกันค่อนข้างมากของวัตถุเครื่องมือ เป็นสาเหตุที่ทำให้คมตัดไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ในบางครั้งการแตกหักของเศษจากการตัดเฉือนของคมตัดที่มีอัตราความเร็วของการสึกหรอของเครื่องมือตัด แต่ไม่ใช่สาเหตุใหญ่ในการทำให้เกิดความเสียหายในทันทีทันใด การพอกหน้ามีดสามารถสังเกตเห็นได้โดยการเกิดเศษตัดที่ทับถมกันบริเวณคมตัดและผิวการสึกหรอบริเวณผิวหลบด้านข้าง การเกิดผิวที่ต่ำอย่างมากบริเวณที่ต่ำกว่าบริเวณของการสึกหรอ แสดงว่าเกิดการพอกหน้ามีดของเศษและถ้าขอบของการสึกหรอนี้มีรอยขรุขระปรากฏอยู่ก็จะแสดงว่ามีปริมาณของเศษจำนวนมากที่ปกคลุมอยู่ เศษสถานที่ที่ใช้ บ่อยครั้งที่เกิดความว่างเปล่าหรือร่องบริเวณคมตัดซึ่งเป็นผลมาจากการเติมเศษงานที่หลอมละลายติดกันกับคมเครื่องมือตัด การเกิดเหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเกิดบริเวณผิวหน้าของเครื่องมือตัด ในลักษณะนี้ความเสียหายที่คมตัดควรจะมีการรักษา อย่างไรก็ตามโดยปกติความกว้างบริเวณของการสึกหรอได้ผิวการเคลื่อนที่ของเศษจะเพิ่มขึ้นตลอดและจะทำให้อายุการใช้งานของเครื่องมือตัดสั้นลง

2.5.4 การเปลี่ยนรูปร่างจากการหลอมละลาย (Plastic Deformation) เกิดขึ้นเพราะผลของอุณหภูมิสูงและความกดดันที่สูงบนคมตัด การใช้ความเร็วตัดและอัตราป้อนที่สูงสำหรับวัสดุงานที่มีความแข็งเป็นสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว การเปลี่ยนรูปร่างจากการหลอมละลาย (Plastic Deformation) มักจะเกิดกับเครื่องมือตัดที่เป็นคาร์ไบด์ (Carbide) เมื่ออยู่ในสภาวะการทำงานที่หนัก โดยใช้ความเร็วตัดที่ต่ำ ๆ และใช้อัตราป้อนที่อยู่ในระดับสูง คมตัดส่วนมากจะเริ่มมีความร้อนที่สะสมขึ้นเรื่อย ๆ และมีความกดดันที่ปลายเครื่องมือตัด ด้วยเหตุนี้ผิวหน้าด้านล่างของเครื่องมือตัดในพื้นที่ของปลายคมตัด จะลดลง และเพิ่มความกว้างของบริเวณของการสึกหรอซึ่งทำให้อายุการใช้งานของเครื่องมือตัดสั้นลงด้วย

2.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ [7]

2.6.1 ทฤษฎี ทางสถิติ การหาค่าเฉลี่ยของความเรียบผิวและค่าการสึกหรอของมีดกลึง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ

$$\text{จากสูตร } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{N} \quad (2.5)$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

$$\sum_{i=1}^n X = \text{ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด}$$

$$N = \text{จำนวนของข้อมูล}$$

2.6.2 การวัดการกระจายของข้อมูล (Measure of Variability)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) สัญลักษณ์ S คือการกระจายของข้อมูลชุดนั้น

สูตร คำนวณจากกลุ่มตัวอย่าง ที่ไม่แจกแจงความถี่

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.6)$$

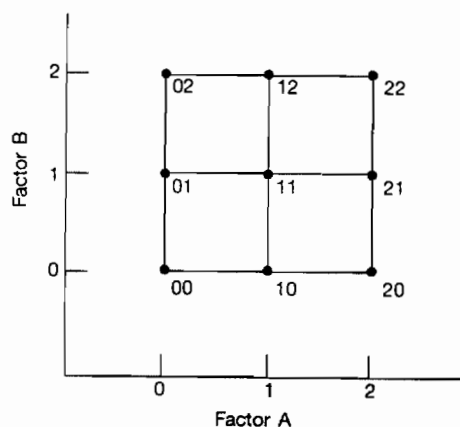
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \quad (2.7)$$

สูตร คำนวณจากประชากร

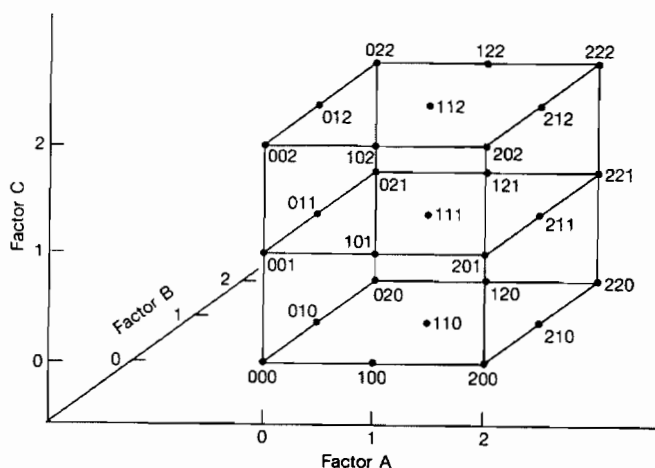
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \mu)^2}{N}} \quad (2.8)$$

2.4.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3^2

การออกแบบที่ง่ายที่สุดในระบบ 3^k คือการออกแบบ 3^2 ซึ่งประกอบด้วย 2 ปัจจัย (A และ B) แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 3 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง และสูง สัญลักษณ์ที่ใช้แทนระดับทั้ง 3 อาจใช้เป็นตัวเลข 0 (ต่ำ), 1 (ปานกลาง) และ 2 (สูง) ดังนั้นการทดลองนี้มีการทดลองรวมปัจจัย $3^2 = 9$ การทดลองระดับขั้นความถี่ของการทดลองรวมปัจจัยจะมีค่าเท่ากับ 8 ผลหลัก A และ B จะมีระดับขั้นความถี่เท่ากับ 2 และอันตรกิริยา AB จะมีระดับขั้นความถี่เท่ากับ 4 ถ้าจำนวนของการเรพลิเคตเท่ากับ n ค่าของระดับขั้นความถี่ทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ $n3^2 - 1$ และค่าผิดพลาดของระดับขั้นความถี่เท่ากับ $3^2(n-1)$ (รูปที่ 19 และ 20)



รูปที่ 2.19 การทดลองร่วมปัจจัยของการออกแบบ 3^2



รูปที่ 2.20 การทดลองร่วมปัจจัยของการออกแบบ 3^3 ในลักษณะ 3 มิติ

ค่าผลรวมของกำลังสองสำหรับ A, B และ AB สามารถหาได้จากวิธีปกติ

พิจารณาผลรวมของกำลังสองของ A, B และ AB กำหนดให้ว่าคอนแทรกต์ที่จะใช้ในการประมาณผลของ A คือ

$$Contrast_A = ab + a - b - (1) \quad (2.9)$$

เรียกคอนแทรกต์นี้ว่า ผลทั้งหมด (Total Effect) ของ A พบว่าคอนแทรกต์นี้ยังสามารถใช้ในการประมาณผลของ B และ AB ได้อีกด้วย ยิ่งกว่านั้นคอนแทรกต์เหล่านี้ยังมีรูปแบบในเชิงตั้งฉาก (Orthogonal) และผลรวมของกำลังสองของคอนแทรกต์ใด ๆ จะหาได้จากคอนแทรกต์ยกกำลังสองหารด้วยผลคูณของจำนวนของข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ในคอนแทรกต์นั้น กับผลรวมกำลังสองของสัมประสิทธิ์ของคอนแทรกต์ ดังนั้น ผลรวมของกำลังของ A, B และ AB สามารถเขียนได้ดังนี้

$$SS_A = \frac{[ab + a - b - (1)]^2}{4n} \quad (2.10)$$

$$SS_B = \frac{[ab + b - a - (1)]^2}{4n} \quad (2.11)$$

$$SS_{AB} = \frac{[ab + (1) - a - b]^2}{4n} \quad (2.12)$$

และผลรวมทั้งหมดของกำลังสองสามารถหาได้จาก

$$SS_T = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y^2}{4n} \quad (2.13)$$

ปกติแล้ว SS_T จะมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ $4n-1$ และค่าผิดพลาดของผลรวมของกำลังสองซึ่งมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ $4(n-1)$ สามารถคำนวณได้จาก

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB} \quad (2.14)$$

โดยใช้ SS_A , SS_B และ SS_{AB} ผลสรุปของการวิเคราะห์ความแปรปรวนปรากฏดังตารางที่ 2.5 ผลหลักทั้งคู่มิพลงอย่างมีนัยสำคัญและอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย A และ B มีผลหรือไม่ ซึ่งตาราง ANOVA นี้ช่วยยืนยันการตีความหมายของข้อมูลจากขนาดของปัจจัยดังได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว

ตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์ด้วย ANOVA ของตัวอย่างในรูปที่ 2.19

Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F
A	SS_A	$a-1$	$MS_A = \frac{SS_A}{a-1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$
B	SS_B	$b-1$	$MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$
AB	SS_{AB}	$(a-1)(b-1)$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	SS_E	$ab(n-1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n-1)}$	
Total	SS_T	$abn-1$		

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิฑูล ทิมฤกษ์ [1] ศึกษาการลดปัญหามลภาวะการปนเปื้อนจากน้ำมันหล่อเย็นงานตัดเฉือนโลหะ โดยระบบบำบัดน้ำหล่อเย็นมีหลักการ 3 ส่วนคือ ระบบไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclone) เพื่อคัดแยกวัสดุที่ปะปนอยู่ ระบบพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) เพื่อกำจัดจุลินทรีย์ต่างๆ และระบบเติมฟองอากาศ (Aeration) เพื่อกำจัดน้ำมันสกปรก ผลจากการทดลองระบบสามารถประมาณเศษวัสดุได้จากขนาดที่พบก่อนการคัดแยกมีขนาดระหว่าง 5-180 ไมครอน หลังจากการคัดแยกโดยไฮโดรไซโคลนแล้ว มีขนาดโดยเฉลี่ยประมาณ 15 ไมครอน จุลชีพต่างๆลดลงจากปริมาณเริ่มต้นประมาณ 10^6

cfu/ml.(colonyforming unit per milliliter) ลดลงจนเป็น 0 cfu/ml. และปริมาณน้ำสกปรกตกลงจากร้อยละ 5 เหลือน้อยกว่าร้อยละ 0.1 (เมื่อทำการวัดผลโดยวิธีการถ่ายภาพและวัดพื้นที่ผิวที่มีน้ำมันสกปรกปะปนอยู่)

Ronaldo Yoshinobu Fusse และคณะ[2] ศึกษาการใช้น้ำมันตัดในกระบวนการที่การเจียรไนลิก มี ความเหมาะสมและสำคัญมาก, ส่วนใหญ่ น้ำมันตัดถูกใช้"ภายนอก"เป็นตัวควบคุมสภาวะของการ เจียรไน, น้ำที่ของน้ำมันตัดในการเจียรไนคือ ระบายความร้อนออกจากชิ้นงาน, กำจัดเศษโลหะ ออกจากชิ้นงาน,หล่อลื่นบริเวณการเจียรไน, ระบายความร้อนและทำความสะอาดผิวหน้าลือหิน เจียรไน ในการทดลองนี้, ผลกระทบของน้ำมันตัดที่ใช้ในการเจียรไนลิกของเหล็ก VC131 เลือกใช้ลือหินเจียรไนแบบ CBN ตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์หลังจากการเจียรไน คือ แรงที่ใช้ในการ เจียรไน, ความเรียบของผิวงาน, เสียงที่เกิดจากการเจียรไน (EA), อุณหภูมิของชิ้นงานและ อัตราส่วน G (ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของชิ้นงานที่ถูกตัดออกไปและการสึกหรอของลือหิน เจียรไน) น้ำมันตัด (integral oil) แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ที่ดีกับตัวแปรอื่นๆดังนี้ ลดความ ดังของเสียงที่เกิดจากการเจียรไน (EA), แรงที่ใช้ในการเจียรไนและอัตราส่วน G ส่วนน้ำมันพืช ช่วยระบายความร้อนได้ดีที่บริเวณการเจียรไน

บำรุงสุข เทียมพันธ์[3] การศึกษาการแปรรูปร่วมของถ่านหินลิกไนต์และน้ำมันพืชใช้แล้วให้เป็น ของเหลวโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ในเครื่องปฏิกรณ์แบบแบตช์ เพื่อศึกษาตัวแปรกระบวนการคือ อุณหภูมิ ความดัน และอัตราส่วนระหว่างถ่านหินกับน้ำมันพืชใช้แล้ว ทำการทดลองแบบแฟกทอเรียล สองระดับ ที่อุณหภูมิ 370-450 องศาเซลเซียส ความดันแก๊สไฮโดรเจน 5-9 เมกะพาสคัล และ อัตราส่วนระหว่างถ่านหินกับน้ำมันพืชใช้แล้ว 5:5 ถึง 7:3 ในเวลา 30 นาที พบว่าตัวแปรกระบวนการ ที่มีผลต่อร้อยละผลได้ของเหลวอย่างมีนัยสำคัญคือ อุณหภูมิ ความดัน และอัตราส่วนระหว่างถ่านหิน กับน้ำมันพืชใช้แล้ว โดยไม่มีอันตรกิริยาของทุกตัวแปร ผลของตัวแปรกระบวนการคือ การเพิ่ม อุณหภูมิทำให้ผลได้ผลิตภัณฑ์ของเหลวลดลง ค่าการเปลี่ยนของถ่านหินเพิ่มขึ้น และผลิตภัณฑ์ ของเหลวมีคุณภาพดีขึ้น ความดันสูงช่วยให้ผลได้ของเหลวเพิ่มขึ้น ค่าการเปลี่ยนของถ่านหินเพิ่มขึ้น และไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของเหลว สำหรับน้ำมันพืชใช้แล้วช่วยเพิ่มปริมาณผลได้ ผลิตภัณฑ์ของเหลว ค่าการเปลี่ยนของถ่านหินลดลง และช่วยปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ของเหลว โดยภาวะที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 370 องศาเซลเซียส และความดัน 9 เมกะพาสคัล ให้ผลได้ผลิตภัณฑ์ ของเหลวที่อัตราส่วนระหว่างถ่านหินกับน้ำมันพืชใช้แล้ว 5:5 และ 7:3 เท่ากับร้อยละ 42 และ 38 ตามลำดับ จากภาวะที่เหมาะสมดังกล่าวคือ อุณหภูมิ 370 องศาเซลเซียส และความดัน 9 เมกะพาสคัล เมื่อทำการทดลองที่อัตราส่วนระหว่างถ่านหินกับน้ำมันพืชใช้แล้ว 3:7 ผลได้ผลิตภัณฑ์ของเหลว เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 71 เพราะสัดส่วนน้ำมันพืชใช้แล้วที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณผลได้ผลิตภัณฑ์ของเหลว

เพิ่มขึ้นด้วย สำหรับผลของการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาได้แก่ ไอร์ออน (III) ซัลไฟด์ (ปริมาณเหล็กบนถ่านหินร้อยละ 0.8, 1.67 และ 2.5 ของน้ำหนักถ่านหิน) โมลิบดีนัมเฮกซะคาร์บอนิล (ปริมาณโมลิบดีนัมร้อยละ 1.67 ของน้ำหนักถ่านหิน) และ HZSM-5 (ร้อยละ 1 ของน้ำหนักถ่านหินหรือน้ำมันพืชใช้แล้ว) พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาทุกชนิดช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของเหลว โดยโมลิบดีนัมเฮกซะคาร์บอนิล และ HZSM-5 ไม่มีผลทำให้ค่าการเปลี่ยนของถ่านหินและผลได้ผลิตภัณฑ์ของเหลวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ตัวเร่งปฏิกิริยาไอร์ออน (III) ซัลไฟด์ช่วยให้ค่าการเปลี่ยนของถ่านหินและผลได้ผลิตภัณฑ์ของเหลวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเหล็กบนถ่านหินเท่ากับร้อยละ 2.5 โดยให้ร้อยละผลิตภัณฑ์ของเหลวที่อัตราส่วนระหว่างถ่านหินกับน้ำมันพืชใช้แล้ว 3:7 5:5 และ 7:3 เท่ากับร้อยละ 85, 52 และ 48 ตามลำดับ การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไอร์ออน (III) ซัลไฟด์ร่วมกับ HZSM-5 ทำให้ผลได้ผลิตภัณฑ์ของเหลวลดลงเล็กน้อยแต่ช่วยปรับปรุงให้มีคุณภาพดีขึ้น

สุเทพ คงทัน[6] ศึกษาสมบัติการเป็นน้ำมันตัดเฉือนในการกลึง โดยการใช้ น้ำมันพืชที่ไม่มีการเติมแต่งด้วยสารเคมี เปรียบเทียบกับน้ำมันตัดเฉือนแบบผสมน้ำ ที่มีการใช้งานอยู่โดยทั่วไป ข้อมูลที่ทำการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบได้แก่ ขนาดของแรงตัดเฉือน ความเรียบผิวงาน และการสึกหรอของมีดตัด ขนาดของความเร็วตัดอยู่ในช่วง 20 ถึง 38 เมตรต่อนาที วัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นเหล็กเหนียว และวัสดุมีดกลึงเป็นเหล็กความเร็วรอบสูง จากการศึกษาพบว่า เมื่อใช้ความเร็วตัดต่ำกว่า 30 เมตรต่อนาที การใช้น้ำมันพืชเป็นน้ำมันตัดเฉือน ให้ค่าแรงตัดเฉือนและการสึกหรอของมีดตัดต่ำกว่าการใช้น้ำมันตัดเฉือนแบบผสมน้ำ ส่วนความเรียบผิวงานมีค่าใกล้เคียงกัน สาเหตุเนื่องจากการมีสมบัติของการหล่อลื่นที่ดีของน้ำมันพืช และความสามารถในการไหลแทรกเข้าไปถึงผิวสัมผัสของชิ้นงานและใบมีดตัดที่ดีที่ความเร็วตัดต่ำ

W. Belluco & L. De Chiffre (2002)[8] ได้ทำการประเมินหาสมบัติของน้ำมันตัดเฉือน 6 ชนิด ในการเจาะวัสดุ Austenitic Stainless Steel ด้วยดอกสว่าน HSS-Co เพื่อหาอายุการใช้งาน การสึกหรอ แรงตัดเฉือน และลักษณะของเศษตัด โดยใช้ดอกสว่าน 7 ตัว สำหรับน้ำมันแต่ละชนิด ใช้งานจนกระทั่งถึงจุดที่เกิดความเสียหาย โดยการเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันตัดเฉือนที่ทำจากปิโตรเลียม (Mineral Oil) กับน้ำมันตัดเฉือนที่ได้จากพืช (Vegetable Oil) ที่เติมสารเคมีบางชนิดเพื่อปรับปรุงสมบัติ คือ ซัลเฟอร์ และฟอสฟอรัส ในปริมาณต่างๆกัน ซึ่งผลการทดลอง การสึกหรอของดอกสว่านและกลไกที่ทำให้เกิดความเสียหาย เนื่องจากการใช้งานด้วยน้ำมันตัดเฉือนแบบต่างๆ จะมีรูปแบบคล้ายๆกัน การสึกหรอจะเกิดขึ้นเนื่องจาก Plastic Deformation ของวัสดุ มากกว่าการแตกหักแบบ Brittle Fracture อายุการใช้งานของดอกสว่าน จากผลการทดลองพบว่าอายุการใช้งานของดอกสว่านที่ใช้ น้ำมันพืชทั้ง 5 ชนิด มีอายุการสูงกว่าน้ำมันตัดเฉือนที่ทำจากปิโตรเลียม ประมาณ 2-3 เท่า

J.M. Vieira , A.R. Machado , E.O. Ezugwu[9] ได้ศึกษาเรื่อง Performance of cutting fluid during face milling of steels เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้น้ำมันตัดเฉือนในงานกัดผิวราบ เหล็กเหนียว ซึ่งประกอบด้วย น้ำมันตัดเฉือนแบบผสมน้ำ น้ำมันกึ่งสังเคราะห์และน้ำมันสังเคราะห์ ในการกัดผิวราบ เหล็กเหนียว AISI 8640 โดยใช้มีดคาร์ไบด์เคลือบผิวเปรียบเทียบกับงานกัดแบบแห้งเพื่อวิเคราะห์หาอายุการใช้งานของมีด กำลังงานที่ใช้ในการตัดเฉือนและความเรียบผิวงาน รวมทั้งศึกษาความสามารถในการหล่อเย็นของน้ำมันตัดเฉือน อุณหภูมิระหว่างการตัดเฉือนของวัสดุ เหล็ก AISI 1020 โดยวิธีการใช้เทอร์โมคัปเปิล จากการทดลองพบว่า เมื่อตัดเฉือนแบบแห้งจะทำให้เกิดอุณหภูมิสูงสุด รองลงมาคือ การใช้น้ำมันสังเคราะห์ (Synthetic) น้ำมันแบบผสมน้ำ (Emulsion) และน้ำมันกึ่งสังเคราะห์ (Semi-Synthetic) ตามลำดับ ส่วนกำลังที่ใช้ในการตัดเฉือนจะเป็นส่วนกลับผกผันกับอุณหภูมิส่วนอายุการใช้งาน ได้สูงที่สุดคือ การตัดเฉือนแบบแห้ง รองลงมาคือ แบบสังเคราะห์และกึ่งสังเคราะห์ตามลำดับ การกะเทาะของคมตัดจะมีลักษณะเป็นแบบซี่คล้ายหวี (Comb Cracking) ส่วนความเรียบผิวงานนั้น การตัดเฉือนแบบแห้งจะมีผิวงานที่ค่อนข้างเรียบกว่า การใช้น้ำมันตัดเฉือนแบบอื่น ๆ

มารุต แซ่ห่ง และคณะ[10] ศึกษาการหาค่าการนำความร้อนในของเหลว ซึ่งของเหลวแต่ละชนิดมีค่าการนำความร้อนไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและองค์ประกอบต่าง ๆ ของเหลวที่ใช้ทดลองสำหรับโครงการนี้ได้แก่ น้ำ น้ำมันเครื่อง น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม น้ำมันหล่อเย็น น้ำมันคอมเพรสเซอร์ น้ำมันหม้อแปลง น้ำมันซุบโลหะ และกลีเซอริน ชุดทดลองออกแบบส่วนที่บรรจุของเหลว เป็นถึงสแตนเลสแบบสองชั้น ระหว่างชั้นจะมีฉนวนใยแก้วกันเพื่อ ลดการสูญเสียความร้อน ฮีตเตอร์สำหรับให้ความร้อนจะแช่อยู่ในของเหลวที่นำมาใช้ทดลอง มีกำลังเท่ากับ 700 วัตต์ ควบคุมกำลังวัตต์โดยวงจรหรีไฟ ปริมาณของเหลวที่ใช้สำหรับการทดลองเท่ากับ 700 ลูกบาศก์เซนติเมตร ช่วงของอุณหภูมิที่ใช้ทดลอง 40-60 °C การวัดอุณหภูมิของของเหลวที่ใช้ในการทดลองจะวัดในตำแหน่งต่าง ๆ ทั้งหมด 4 จุดโดยการวัดในแนวตั้งไล่ระดับจากจุดที่หนึ่งคือ จุดอุณหภูมิที่ฮีตเตอร์สำหรับให้ความร้อนของเหลว จุดที่สองคือ อุณหภูมิภายในของเหลวจุดล่างอยู่ห่างจากฮีตเตอร์เป็นระยะห่าง 5 มม. จุดที่สามคือ อุณหภูมิภายใน ของเหลวจุดบนอยู่ห่างจากฮีตเตอร์เป็นระยะห่าง 10 มม. จุดที่สี่คือ อุณหภูมิที่ผิวของของเหลวอยู่ห่างจากฮีตเตอร์ เป็นระยะห่าง 15 มม. เมื่อฮีตเตอร์ผลิตความร้อนออกมาความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางของเหลวขึ้นสู่ด้านบน แล้วก็ถูกแผ่นระบายความร้อนดูดซับความร้อนแล้วจึงถูกปล่อยความร้อนออกที่ชุดระบายความร้อน เมื่อเราทราบค่า ของอุณหภูมิในจุดต่าง ๆ และกำลังวัตต์แล้ว จึงนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าการนำความร้อนของของเหลว ชนิดต่าง ๆ ต่อไป ผลจากการทดลองทำให้ทราบว่าของเหลวแต่ละชนิดนั้นมีค่าการนำความร้อนไม่เท่ากัน และอุณหภูมินั้นเป็น ตัวแปรที่มีผลต่อค่าการนำความร้อนมาก ถ้าหากอุณหภูมิของของเหลวเปลี่ยนไปก็จะทำให้ค่าการนำความร้อนของ ของเหลวนั้นเปลี่ยนตามด้วย สรุปได้ว่าค่าการนำความร้อนนั้นจะแปร

ผันตามค่าของอุณหภูมิ โดยที่น้ำ และน้ำมันหล่อ เย็น มีค่าการนำความร้อนอยู่ในช่วง 0.586-1.1878 W/mK ของเหลวกลุ่มของ น้ำมันเครื่อง น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม น้ำมันคอมพิวเตอร์ น้ำมันหม้อแปลง และน้ำมันซูปโลหะ มีค่าการนำความร้อนอยู่ในช่วง 0.08-0.377 W/mK และกลีเซอรินมีค่าการนำความร้อนอยู่ในช่วง 0.287- 0.324 W/mK

Witchakorn Charusiri[11] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การแปรรูปน้ำมันพืชใช้แล้วซึ่งจัดว่าเป็นของเสียและมีศักยภาพ ในการเปลี่ยนให้เป็นเชื้อเพลิงเหลว โดยปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา ทดลองในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดซ์ ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง 400-430°C ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้นที่ 10-30 บาร์ เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 45-90 นาที โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 ซัลเฟตเตตระเออร์โคเนีย และตัวเร่งปฏิกิริยาแบบผสม HZSM-5 และซัลเฟตเตตระเออร์โคเนียในสัดส่วนต่างๆ กัน เพื่อหาค่าร้อยละผลได้ของแก๊สโซลีน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวประกอบด้วย ของเหลว แก๊ส และของแข็งเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ของเหลวนำไปวิเคราะห์ หากการแจกแจงผลิตภัณฑ์ตามคาบจุดเดือด ด้วยเครื่องจำลองการกลั่นด้วยซอฟต์แวร์แก๊สโครมาโทกราฟี ผลการทดลองของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบผสมที่สัดส่วนของ HZSM-5 และซัลเฟตเตตระเออร์โคเนีย 0.3 ต่อ 0.7 ให้ร้อยละผลได้ของแก๊สโซลีนสูงที่สุดที่ 26.57% โดยน้ำหนัก ที่ภาวะอุณหภูมิ 430°C ความดันแก๊สไฮโดรเจนเริ่มต้น 10 บาร์ เวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยา 90 นาทีและม็อดส์ประกอบเป็นคีโรซีน 10.65%, Light Gas Oil 23.02% Gas Oil 6.05% กากน้ำมัน 12.88% โดยมีแก๊สไฮโดรคาร์บอน 20.20% และของแข็ง 0.63% โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นผลของการเติม HZSM-5 ปริมาณเล็กน้อยลงในซัลเฟตเตตระเออร์โคเนีย มีส่วนช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการแตกตัวของน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นแก๊สโซลีนได้มากขึ้น แบบจำลองจลนพลศาสตร์ของการแตกตัวน้ำมันพืชใช้แล้วบนตัวเร่งปฏิกิริยาแบบผสม HZSM-5 และซัลเฟตเตตระเออร์โคเนียเป็นปฏิกิริยาลำดับสองที่มีค่าพลังงานกระตุ้นเป็น 116.072 กิโลจูลต่อโมล และค่า pre-exponential เท่ากับ 2.67×10^5 ต่อวินาที

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานอุตสาหกรรมการผลิตจำนวนมากเกี่ยวกับการตัดเฉือนโลหะ ได้นำสารหล่อเย็นชนิดน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ (Water Soluble Oil) มาใช้ในกระบวนการตัดเฉือนโลหะปริมาณจำนวนมาก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ช่วยรักษาเครื่องจักร เครื่องมือตัด ยืดอายุการใช้งานของมีดตัด และยังช่วยลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย ส่วนสารหล่อเย็นเมื่อเสื่อมคุณภาพแล้วจะถูกทิ้งลงในแหล่งน้ำต่างๆ หรือนำไปบำบัดก่อนจะปล่อยทิ้งลงในแม่น้ำลำคลอง ซึ่งทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษและเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตอีกด้วย ส่วนน้ำมันพืช มีการนำเข้ามาใช้ในกระบวนการตัดเฉือนโลหะปริมาณจำนวนน้อย ซึ่งเกิดจากความไม่มั่นใจในคุณสมบัติของน้ำมันพืชว่าจะใช้ได้หรือไม่ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษาสารหล่อเย็น 2 ชนิด คือน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ (Water Soluble Oil) และ น้ำมันพืช (Vegetable Oil) จะมีผลกระทบกับผิวของชิ้นงานและความเสียหายที่เกิดกับมีดกลึง เหมือนกันหรือแตกต่างกัน มีวิธีในการดำเนินการวิจัย ดังนี้



(a)



(b)

รูปที่ 3.1 สารหล่อเย็นสำหรับการทดลอง (a)น้ำมันพืช (b)น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ

3.1 ศึกษาข้อมูลของงานวิจัย

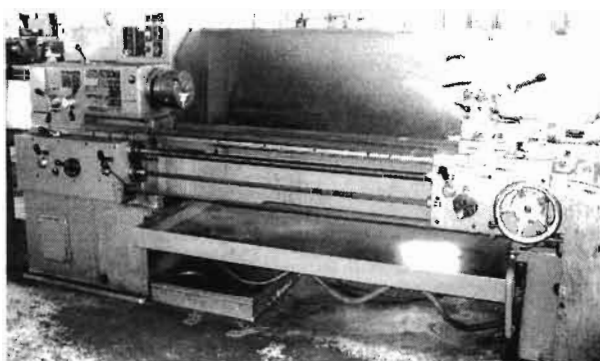
ในการกลึงเหล็กเครื่องมือ AISI4140 ปังจี้หรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความเร็วตัด อัตราป้อนและความลึกในการป้อน เครื่องมือ เครื่องจักรอุปกรณ์ประกอบด้วย เครื่องกลึงขั้นศูนย์(Center Lathe) ชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง วัสดุมีดกลึง (Tool Bit Material) เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier caliper) เครื่องทดสอบหาค่าความแข็ง เครื่องทดสอบหาค่าความขรุขระของพื้นผิว และอุปกรณ์หาขนาดการสึกหรอของคมตัดมีดกลึง (Scanning Electron Microscope) เป็นต้น ในการทดลอง ได้ใช้เครื่องกลึงกึ่งอัตโนมัติชนิดธรรมดาสามารถปรับความเร็วรอบตั้งแต่ 22.4 – 2,000 รอบ/นาที มีขนาดความยาวระหว่างศูนย์เท่ากับ 1,500 มม. แต่เลือกใช้ที่ 250, 355 และ 500 รอบ/นาที กำหนดปังจี้หรือตัวแปรในการทดลองได้แก่ ตัวแปรอิสระประกอบด้วย ความเร็วตัด ประกอบด้วย 20, 28 และ 36 ม/นาที อัตราป้อนที่ระดับ 0.08, 0.11 และ 0.14 มม./รอบ และความลึกในการป้อนที่ระดับ 1 มม. ส่วน ตัว

แปรตามคือคุณภาพของผิวงาน(โดยวัดค่าความเรียบของพื้นผิว) และการสึกหรอของคมมีดกลึง การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiments Research) เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีผลต่อคุณภาพของผิวงานกลึง และการสึกหรอของคมมีดกลึง

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ในการศึกษาวิจัยนี้เพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการ ต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองหลายชนิด เครื่องมือหลักที่ต้องใช้ในงานทดลองเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำจนเสร็จสิ้นกระบวนการ ได้แก่

3.2.1 เครื่องกลึงยืนศูนย์สำหรับการทดลอง (Center Lathe for Experimental) ใช้เครื่องกลึงยืนศูนย์ธรรมดา ที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติได้ สามารถปรับความเร็วรอบตั้งแต่ 22.4 – 2,000 รอบ/นาที มีขนาดความยาวระหว่างศูนย์เท่ากับ 1,500 มม.



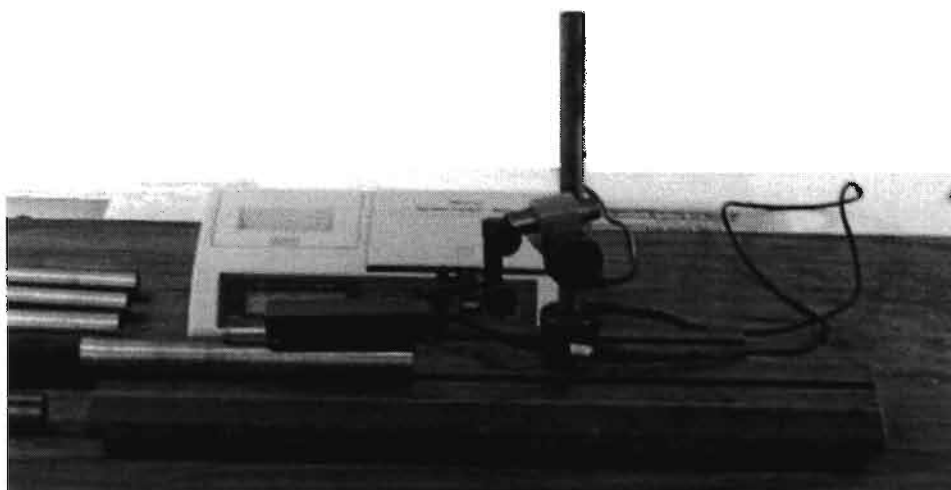
รูปที่ 3.2 เครื่องกลึงยืนศูนย์ (Center Lathe) [7]

3.2.2 เครื่องทดสอบหาค่าความแข็ง (Hardness Testing Machine) เครื่องทดสอบหาค่าความแข็ง ใช้สำหรับทดสอบหาค่าความแข็งของชิ้นงาน และมิดกลึงมีความแข็งระหว่าง 58-62 HR_C



รูปที่ 3.3 เครื่องทดสอบหาค่าความแข็ง

3.2.3 อุปกรณ์สำหรับการวัดขนาดความเรียบผิวงาน (Surface Roughness Testing Machine) เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในการหาขนาดความเรียบของผิวงาน โดยการวัดขนาดของความเรียบผิวเฉลี่ย (Roughness Average, R_A) จะแสดงผลเป็นตัวเลขดิจิทัล มีหน่วยวัดเป็นไมครอน ที่ความละเอียด 0.01 ไมครอน โดยก่อนทำการวัดต้องทำการสอบเทียบ (Calibrate) เพื่อวัดค่า และปรับแต่งค่าตัวเลขการวัดให้ได้ตามผิวงานอ้างอิงมาตรฐาน (Reference Surface)



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์สำหรับการวัดขนาดความเรียบผิวงาน

3.2.4 อุปกรณ์หาขนาดการสึกหรอของคมตัดมีดกลึง (Scanning Electron Microscope, SEM) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาขนาดการสึกหรอของคมมีดกลึง โดยเป็นการวัดความลึกการสึกหรอของมีดกลึงอย่างน้อย 5 จุด อุปกรณ์ชุดนี้สามารถขยายภาพในจุดที่ต้องการ และวัดค่าการสึกหรอระดับไมครอน (Micron, เศษหนึ่งส่วนพันมิลลิเมตร)



รูปที่ 3.5 อุปกรณ์หาขนาดการสึกหรอของคมตัดมีดกลึง

3.2.5 เครื่องลับมมิดขั้นสำเร็จ (Finish Tool Grinding Machine) ใช้สำหรับลับมมิดกลึง ที่ผ่านการลับเบื้องต้นมาแล้ว ให้ได้ค่ามุมตามที่กำหนดไว้



รูปที่ 3.6 เครื่องลับมมิดขั้นสำเร็จ

3.2.6 อุปกรณ์ช่วยงานอื่นๆ (Accessories) นอกจากอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทดลองโดยตรงแล้ว ยังมีอุปกรณ์ที่จำเป็นอื่นๆที่ต้องใช้ ดังต่อไปนี้

1. เครื่องลับมมิดเบื้องต้น ใช้สำหรับเตรียมมมิดเบื้องต้น
2. เครื่องกลึงสำหรับการจัดเตรียมวัสดุงานเบื้องต้น (Basic Lathe Machine) ใช้สำหรับการเตรียมวัสดุทดสอบก่อนการทดลอง
3. เครื่องมือวัดอื่นๆ ได้แก่
 - 3.1 เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ (Vernier Caliper)
 - 3.2 เวอร์เนียไฮเกจ (Vernier Height Gauge)
 - 3.3 ฟิลเลอร์เกจ (Filler Gauge)

3.3 ชิ้นงานและเครื่องมือตัด

3.3.1 วัสดุชิ้นงาน วัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองเป็นเหล็กกล้าเครื่องมือ AISI 4140 ผ่านการเตรียมงานแล้ว

3.3.2 วัสดุเม็ดกลึง (Tool Bit Material) ทำจากเหล็ก High Speed Steel ขนาดพื้นที่หน้าตัด 6.4 × 6.4 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 50 มิลลิเมตร

3.4 ขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงาน

3.4.1 การเตรียมชิ้นงานเบื้องต้น นำเหล็กที่ใช้ในการทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 26 มม. ยาว 250 มม. กลึงให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.5 มม. (สำหรับความเร็วตัด 20 ม./นาท.), 25.1 มม. (สำหรับความเร็วตัด 28 ม./นาท.), 22.9 มม. (สำหรับความเร็วตัด 36 ม./นาท.) และ ยาว 200 มม. จำนวน 36 ชิ้น(แสดงไว้ในรูปที่ 3.8)

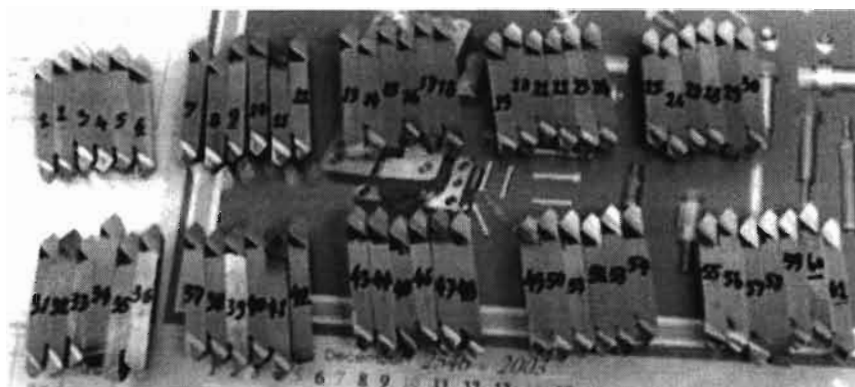


รูปที่ 3.7 การเตรียมชิ้นงานทดลอง

3.4.2 การทดสอบหาค่าคุณสมบัติของชิ้นงาน ก่อนการทดลองได้นำชิ้นงานไปทำการวัดค่าขนาดความแข็งของวัสดุชิ้นงานทดลอง มีค่าความแข็งระหว่าง 27-30 HR_C มีส่วนผสมดังนี้

Fe = 97.3329 %, S = 0.011 %, C = 0.396 %, Cr = 0.915 %, Si = 0.215 %, Ni = 0.120 %, Sn = 0.011 %, Mn = 0.634 %, Mo = 0.157 %, Al = 0.019 %, Cu = 0.167 % และอื่นๆ = 0.0221 %

3.4.3 วัสดุมีดกลึง นำมีดกลึง HSS มาลับมุมต่างๆในขนาดต่อไปนี้ มุมฟรีด้านข้าง 8 องศา, มุมลิ้ม 70 องศา, มุมคายเศษโลหะ 12 องศา และมุมฟรีด้านหน้า 8 องศา มีความแข็งประมาณ 58 – 62 HR_C



รูปที่ 3.8 มีดกลึงสำหรับการทดลอง

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการก่อนการทดลอง (Pilot Study)

การทดลองเบื้องต้นเป็นการศึกษาตัวแปรอิสระบางระดับเพื่อจะได้ทราบความเหมาะสมของการกำหนดตัวแปรอิสระที่ใช้ในการทดลอง เช่นทำให้ทราบถึงผลของตัวแปรและระดับที่นำมาศึกษาว่า มีความเหมาะสมหรือมีความสัมพันธ์กันแบบใดกับตัวแปรหลักที่ต้องการศึกษา เพื่อจะได้เลือกระดับของตัวแปรอิสระที่จะทำการศึกษาวิจัยได้ถูกต้อง ไม่ทำให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น ทั้งยังป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดเสียหายของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองด้วย ซึ่งเมื่อทราบถึงแนวทางที่ถูกต้องแล้ว จะได้ทำการทดลองกับตัวแปรที่กำหนดไว้ทีละชุด เพื่อหาข้อสรุปถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผิวงานกลึง(ความเรียบของพื้นผิวงาน)และการสึกหรอของคมตัดมีดกลึง

ในการทดลองเบื้องต้นนี้ ผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองไว้โดยกำหนดให้ความยาวในการกลึง 50 มม. ระดับความลึกในการกลึง 2 ระดับคือ 0.5 และ 1 มม. ความเร็วตัด 2 ระดับ คือ 20 และ 40 ม./นาที และอัตราป้อน 4 ระดับคือ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 มม./รอบ ตามลำดับ เครื่องกลึงที่ใช้ในการทดลองมีขั้นความเร็วรอบดังนี้ 22, 31.5, 45, 63, 90, 125, 180, 250, 355, 500, 710 และ 1000 รอบ/นาที อัตราป้อนของเครื่องกลึงมีดังนี้ 0.08, 0.09, 0.11, 0.12, 0.13, 0.14 ฯลฯ ชิ้นงานทดลองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 26 มม. ดังนั้นที่ความเร็วตัด 40 ม./นาที ความเร็วรอบ 500 รอบ/นาที ชิ้นงานทดลองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.5 มม. ที่ความเร็วตัด 20 ม./นาที ความเร็วรอบ 250 รอบ/นาที ชิ้นงานทดลองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.5 มม. จากสมการ

$$V = \frac{\pi dn}{1000}$$

กำหนดให้ V = ความเร็วตัด (ม./นาที)

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน (มม.)

n = ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)

เตรียมชิ้นงานให้ได้ขนาดตามที่กำหนด แล้วทำการทดลอง

จากผลการทดลองเบื้องต้น ทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้ตัวแปรต้นในการทดลองดังนี้คือ

1. ความเร็วตัด $V_1 = 20$ ม./นาที, $V_2 = 28$ ม./นาที และ $V_3 = 36$ ม./นาที
2. อัตราการป้อน $f_1 = 0.08$ ม./รอบ, $f_2 = 0.11$ ม./รอบ และ $f_3 = 0.14$ ม./รอบ
3. ป้อนลึก $h = 1$ มม.

3.6 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

ในการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ ให้ตรงกับวัตถุประสงค์และสมมุติฐาน จึงได้นำข้อมูลในตารางที่ 3.1 มากำหนดแผนการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลองกำหนดให้เงื่อนไขละ 2 Replicates

ชนิดของสารหล่อเย็น	ความเร็วตัด (ม./นาที)	อัตราการป้อน (มม./รอบ)		
		0.08	0.11	0.14
น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	A_1	A_2	A_3
		A_{11}	A_{22}	A_{33}
	28	B_1	B_2	B_3
		B_{11}	B_{22}	B_{33}
	36	C_1	C_2	C_3
		C_{11}	C_{22}	C_{33}
น้ำมันพืช	20	D_1	D_2	D_3
		D_{11}	D_{22}	D_{33}
	28	E_1	E_2	E_3
		E_{11}	E_{22}	E_{33}
	36	F_1	F_2	F_3
		F_{11}	F_{22}	F_{33}

หมายเหตุ A_1 , A_2 และ A_3 หมายถึง การกลึงด้วยความเร็วตัด 20 ม./นาที และใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.08, 0.11 และ 0.14 มม./รอบ ใช้น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ(A_{11} A_{22} A_{33} คือ การทดลองครั้งที่ 2)

B_1 , B_2 และ B_3 หมายถึง การกลึงด้วยความเร็วตัด 28 ม./นาที และมีอัตราป้อนในการกลึง 0.08, 0.11 และ 0.14 มม./รอบ ใช้น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ(B_{11} B_{22} B_{33} คือ การทดลองครั้งที่ 2)

C_1 , C_2 และ C_3 หมายถึง การกลึงด้วยความเร็วตัด 36 ม./นาที และมีอัตราป้อนในการกลึง 0.08, 0.11 และ 0.14 มม./รอบ ใช้น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ(C_{11} C_{22} C_{33} คือ การทดลองครั้งที่ 2)

D_1 , D_2 และ D_3 หมายถึง การกลึงด้วยความเร็วตัด 20 ม./นาที และมีอัตราป้อนในการกลึง 0.08, 0.11 และ 0.14 มม./รอบ ใช้สารหล่อเย็นน้ำมันพืช(D_{11} D_{22} D_{33} คือ การทดลองครั้งที่ 2)

E_1, E_2 และ E_3 หมายถึง การกลึงด้วยความเร็วตัด 28 ม./นาที และมีอัตราป้อนในการกลึง 0.08, 0.11 และ 0.14 มม./รอบ ใช้สารหล่อเย็นน้ำมันพืช(E_{11}, E_{22}, E_{33} คือ การทดลองครั้งที่ 2)

F_1, F_2 และ F_3 หมายถึง การกลึงด้วยความเร็วตัด 36 ม./นาที และมีอัตราป้อนในการกลึง 0.08, 0.11 และ 0.14 มม./รอบ ใช้สารหล่อเย็นน้ำมันพืช(F_{11}, F_{22}, F_{33} คือ การทดลองครั้งที่ 2)

3.7 ขั้นตอนการทดลอง

ลำดับการทดลอง จะสุ่มเลือกชิ้นงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แล้วบันทึกลำดับการทดลองลงในตารางที่ 3.2 ทดลองภายใต้เงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้จนครบ 36 ชิ้น

ตารางที่ 3.2 การสุ่มเลือกชิ้นงานสำหรับการทดลอง

ชนิดของสารหล่อเย็น	ความเร็วตัด (ม/นาที)	อัตราการป้อน (มม./รอบ)		
		0.08	0.11	0.14
น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	13	1	7
		31	19	25
	28	9	15	3
		27	33	21
	36	17	5	11
		35	23	29
น้ำมันพืช	20	2	8	14
		20	26	32
	28	4	10	16
		22	28	34
	36	18	12	6
		36	30	24

3.7.1 การหาผลลัพธ์การทดลอง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองคือตัวแปรตามที่ 1 ค่าความขรุขระของพื้นผิว, R_a วัดหาค่าความขรุขระของผิวงาน แต่ละชิ้นจะถูกวัด 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งแรกห่างจากปลายประมาณ 15 มม. ตำแหน่งที่ 2 อยู่ตรง

กลางชิ้นงาน และตำแหน่งสุดท้ายห่างจากขอบประมาณ 15 มม. แล้วหาค่าเฉลี่ย (รูปที่ 3.9) ส่วนตัวแปรตามที 2 การวัดค่าการสึกหรอของมีดกลึง โดยวัดระยะที่สูงและต่ำ อย่างน้อย 5 ตำแหน่ง แล้วเฉลี่ยเป็นค่าการสึกหรอของมีดกลึง (รูปที่ 3.10) นำผลการทดลองบันทึกลงในตารางที่ 3.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.3 การเก็บผลการทดลอง

ตารางผลการทดลองครั้งที่ 1 (ความเรียบผิวและการสึกหรอของมีดกลึง)							
No	สารหล่อเย็น	V	Feed	Ra ₁	Ra ₂	Ra ₃	Ra _{Ave}
1	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.11	A ₂	A ₂	A ₂	A _{2Ave}
2	น้ำมันพืช	20	0.08	B ₁	B ₁	B ₁	B _{1Ave}
3	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.14	C ₃	C ₃	C ₃	C _{3Ave}
4	น้ำมันพืช	28	0.08	D ₁	D ₁	D ₁	D _{1Ave}
5	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.11	E ₂	E ₂	E ₂	E _{2Ave}
6	น้ำมันพืช	36	0.14	F ₃	F ₃	F ₃	F _{3Ave}
7	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.14	A ₃	A ₃	A ₃	A _{3Ave}
8	น้ำมันพืช	20	0.11	B ₂	B ₂	B ₂	B _{2Ave}
9	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.08	C ₁	C ₁	C ₁	C _{1Ave}
10	น้ำมันพืช	28	0.11	D ₂	D ₂	D ₂	D _{2Ave}
11	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.14	E ₃	E ₃	E ₃	E _{3Ave}
12	น้ำมันพืช	36	0.11	F ₂	F ₂	F ₂	F _{2Ave}
13	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.08	A ₁	A ₁	A ₁	A _{1Ave}
14	น้ำมันพืช	20	0.14	B ₃	B ₃	B ₃	B _{3Ave}
15	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.11	C ₂	C ₂	C ₂	C _{2Ave}
16	น้ำมันพืช	28	0.14	D ₃	D ₃	D ₃	D _{3Ave}
17	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.08	E ₁	E ₁	E ₁	E _{1Ave}
18	น้ำมันพืช	36	0.08	F ₁	F ₁	F ₁	F _{1Ave}



รูปที่ 3.9 การวัดค่าความเรียบผิวนกถึง



รูปที่ 3.10 การวัดค่าการสึกหรอของมีดกลิ้ง

3.8 ขั้นตอนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.8.1 ขั้นตอนในการกลิ้ง ในการกลิ้งงานทดลองจะการสุ่มเลือกชิ้นงาน จากตารางที่ 3.2 มาทำการกลิ้งภายใต้เงื่อนไขที่ได้ออกแบบการทดลองไว้จนครบ 36 ชิ้น โดยชิ้นงานทดลองถูกกำหนดเงื่อนไขและเตรียมไว้แล้วตามรายละเอียดในตารางที่ 3.3

3.8.2 ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองมีลำดับขั้นตอนดังนี้

ก) นำชิ้นงานทดลองที่จะกลิ้งมาทีละ 1 ชิ้น ตามตารางที่ 3.2 โดยวิธีการสุ่ม เมื่อสุ่มได้ตัวใดก็ปรับค่าที่เครื่องกลิ้ง ตามระดับตัวแปรตามที่กำหนดในตารางที่ 3.3

- ข) ทำการกลึงปอกโดยป้อนลึก 1 มม. และกลึงยาวประมาณ 200 มม.
- ค) เปลี่ยนมีดใหม่สำหรับงานต่อไป
- ง) ถอดชิ้นงานออกจากเครื่องกลึง ดำเนินการตามข้อ ก. ถึง ง. จนครบทุกชิ้น
- จ) นำชิ้นงานทดลองไปวัดหาค่าความเรียบของพื้นผิวงานกลึง ชิ้นงานแต่ละชิ้นจะถูกวัด 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งแรกห่างจากปลายประมาณ 15 มม. ตำแหน่งที่ 2 อยู่ตรงกลางชิ้นงาน และตำแหน่งสุดท้ายห่างจากขอบประมาณ 15 มม. แล้วหาค่าเฉลี่ยความเรียบผิว ข้อมูลที่ได้เก็บไว้ในตารางที่ 3.3 นำมีดกลึงจากการทดลองไปวัดหาค่าการสึกหรอโดย วัดระยะที่สูงและต่ำ อย่างน้อย 5 ตำแหน่ง แล้วเฉลี่ยเป็นค่าการสึกหรอของมีดกลึง ข้อมูลที่ได้เก็บไว้ในตารางที่ 3.3

3.9 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล[7]

ในการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการทดลองโดยสถิติดังนี้

3.9.1 การหาค่าเฉลี่ยของควมแข็งและค่าความเรียบของพื้นผิวใช้สูตรคือ

$$\text{จากสูตร} \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{N}$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ} \quad \bar{X} &= \text{ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด} \\ \sum_{i=1}^n X &= \text{ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด} \\ N &= \text{จำนวนของข้อมูล} \end{aligned}$$

3.9.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นการวัดการกระจายของข้อมูล (Measure of Variability) ที่เบี่ยงเบนออกจากค่าเฉลี่ยของข้อมูล

$$\text{สูตร} \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\begin{aligned} S &= \text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน} \\ X &= \text{ข้อมูลแต่ละจำนวน} \\ \bar{X} &= \text{ค่าเฉลี่ยของข้อมูล} \\ n &= \text{จำนวนของข้อมูลทั้งหมด} \end{aligned}$$

3.9.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อผิวงานกลึง (เหล็กเครื่องมือ AISI4140) และคมมีดกลึง (High Speed Steel) ตัวแปรที่ใช้ศึกษาในงานกลึงนี้คือ สารหล่อเย็น ความเร็วตัด และอัตราป้อน ซึ่งเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตามประกอบด้วย ความเรียบของพื้นผิวงาน และการสึกหรอของคมมีดกลึง ในการทดลองนี้ใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 36 ชิ้น ใช้สารหล่อเย็น 2 ชนิดคือ น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ และน้ำมันพืช ความเร็วตัดมี 3 ระดับ ประกอบด้วย 20 28 และ 36 ม/นาที่ อัตราป้อนมี 3 ระดับ คือ 0.08 0.11 และ 0.14 มม./รอบ เมื่อทำการกลึงชิ้นงานเสร็จแล้วจะนำไปวัดค่าความเรียบของพื้นผิวงาน โดยเครื่องวัดขนาดความเรียบของผิวงาน (μm) และวัดความสึกหรอของมีดกลึงโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ (μm) จากผลการทดลองครั้งนี้ ใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูลแบบแผนการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้ค่าทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูลคือ F-Ratio และระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.1 ผลของการทดลองเบื้องต้น

การศึกษาก่อนการดำเนินการก่อนการทดลอง(Pilot Study) เพื่อหาระดับของตัวแปรอิสระที่เหมาะสมกับการทดลอง ได้ผลของการทดลองเบื้องต้นแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ระดับของตัวแปรและผลการทดลองเบื้องต้นของน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ

สารหล่อเย็น	ความเร็วตัด (ม./นาที่)	ความลึก (มม.)	อัตราป้อน (มม./รอบ)	ผลที่ได้	หมายเหตุ
น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ (Water Solute Oil)	20	0.5	0.1	ใช้ได้	กลึงได้ตลอดความยาวที่กำหนดไว้ เศษกลึงและมีดกลึงไม่ไหม้
			0.2	ใช้ได้	
			0.3	ใช้ได้	
			0.4	ใช้ได้	
		1	0.1	ใช้ได้	ผิวขรุขระมาก
			0.2	ใช้ไม่ได้	
			0.3	ใช้ไม่ได้	
			0.4	ใช้ไม่ได้	
	40	0.5	0.1	ใช้ได้	กลึงได้ตลอดความยาวที่กำหนดไว้
			0.2	ใช้ได้	
			0.3	ใช้ไม่ได้	ผิวขรุขระมาก
			0.4	ใช้ไม่ได้	
		1	0.1	ใช้ได้	กลึงได้ตลอดความยาวที่กำหนดไว้
			0.2	ใช้ไม่ได้	ผิวขรุขระมาก
			0.3	ใช้ไม่ได้	
			0.4	ใช้ไม่ได้	

ตารางที่ 4.2 ระดับของตัวแปรและผลที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นของน้ำมันพืช

สารหล่อเย็น	ความเร็วตัด (ม./นาท.)	ความลึก (มม.)	อัตราป้อน (มม./รอบ)	ผลที่ได้	หมายเหตุ
น้ำมันพืช (Vegetable Oil)	20	0.5	0.1	ใช้ได้	กลึงได้ตลอดความยาวที่กำหนดไว้
			0.2	ใช้ได้	
			0.3	ใช้ได้	
			0.4	ใช้ไม่ได้	ผิวขรุขระมาก
		1	0.1	ใช้ได้	ผิวขรุขระมาก
			0.2	ใช้ไม่ได้	
			0.3	ใช้ไม่ได้	
			0.4	ใช้ไม่ได้	
	40	0.5	0.1	ใช้ได้	กลึงได้ตลอดความยาวที่กำหนดไว้
			0.2	ใช้ได้	
			0.3	ใช้ไม่ได้	
			0.4	ใช้ไม่ได้	ผิวขรุขระมาก
		1	0.1	ใช้ได้	ผิวขรุขระมาก
			0.2	ใช้ไม่ได้	
			0.3	ใช้ไม่ได้	
			0.4	ใช้ไม่ได้	กลึงไม่ได้ตลอดความยาวที่กำหนดไว้ เศษกลึงและปลายมีดกลึงไหม้

เมื่อได้ระดับตัวแปรที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการทดลองตามแผนการทดลอง และ วัดค่าตัวแปรตาม

4.2 ผลของการทดลอง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองคือ ค่าเฉลี่ยความเรียบผิวงานกลึง (Ra) และค่าเฉลี่ยการสึกหรอของมีดกลึง (แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลค่าเฉลี่ยความเรียบผิวงานกลึง (μm)

ชนิดของสารหล่อเย็น	ความเร็วตัด (ม/นาที)	อัตราการป้อน (มม./รอบ)		
		0.08	0.11	0.14
น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	6.62	8.69	10.82
		5.56	10.10	11.70
	28	6.90	8.56	13.23
		6.83	10.26	13.00
	36	7.07	7.43	13.47
		6.02	11.92	12.08
น้ำมันพืช	20	7.07	10.53	12.90
		3.74	9.36	11.09
	28	9.33	10.74	11.30
		8.69	8.93	9.65
	36	6.19	6.75	8.81
		5.69	6.44	9.69

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลค่าเฉลี่ยความสึกหรอของคมมีดกลึง (μm)

ชนิดของสารหล่อเย็น	ความเร็วตัด (ม/นาที)	อัตราการป้อน (มม./รอบ)		
		0.08	0.11	0.14
น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	45.70	53.27	82.86
		44.80	73.75	84.84
	28	142.77	172.64	218.37
		151.32	174.30	191.41
	36	94.78	147.41	272.90
		112.12	161.78	333.15

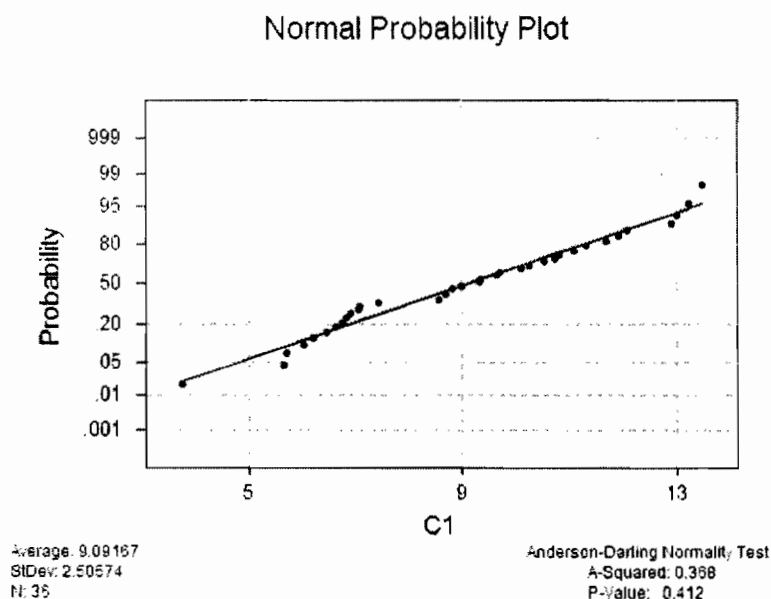
ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ชนิดของสารหล่อเย็น	ความเร็วตัด (ม/นาที)	อัตราการป้อน (มม./รอบ)		
		0.08	0.11	0.14
น้ำมันพืช	20	41.78	61.54	112.14
		46.12	88.20	148.36
	28	122.65	156.33	163.77
		101.54	131.34	194.35
	36	123.71	171.37	282.80
		132.56	222.94	277.23

4.3 ปัจจัยของสารหล่อเย็น ความเร็วตัด และอัตราป้อน ส่งผลต่อความเรียบของผิวงานกลึง

จากการทดลองพบว่า สารหล่อเย็น ความเร็วตัด และ อัตราป้อน ส่งผลกระทบต่อความเรียบของผิวงานกลึง โดยทำการวัดค่าที่ผิวชิ้นงานจากการทดสอบ จะได้ค่าความเรียบของพื้นผิวชิ้นงานทดสอบ ภายใต้เงื่อนไขการทดลองตามแผนการทดลอง แล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ดังรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. แจกแจงข้อมูลของสารหล่อเย็น ความเร็วตัด และ อัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน โดยกำหนดค่านัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ระดับความเชื่อมั่น 95 %) ค่าความเรียบของผิวงานทุกระดับของพารามิเตอร์การกลึงปอกผิวมีการแจกแจงแบบปกติ (รูปที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการแจกแจงของข้อมูลแบบปกติของความเรียบของผิวงาน

2. ตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูล แล้วทำการทดสอบการกระจายของข้อมูลค่าความเรียบของผิวงาน

3. พิจารณาการกระจายของข้อมูลแล้ว นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสารหล่อเย็น ความเร็วตัด และ อัตราป้อน ต่อความเรียบของผิวงาน

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สารหล่อเย็น	4.988	1	4.988	3.399	.082
ความเร็วตัด	10.648	2	5.324	3.628	.047
อัตราป้อน	139.981	2	69.991	47.695	.000
สารหล่อเย็น * ความเร็วตัด	12.442	2	6.221	4.239	.031
สารหล่อเย็น * อัตราป้อน	6.492	2	3.246	2.212	.138
ความเร็วตัด * อัตราป้อน	7.273	4	1.818	1.239	.330
สารหล่อเย็น * ความเร็วตัด * อัตราป้อน	11.518	4	2.879	1.962	.144
ค่าผิดพลาด	26.414	18	1.467		
รวมทั้งหมด	3195.458	36			

จากตารางที่ 4.5 เมื่อพิจารณาค่า P-value ที่ได้จากการวิเคราะห์กระจายของข้อมูล นำผลที่ได้ทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์ของ สารหล่อเย็น ความเร็วตัด และอัตราป้อน พบว่าปัจจัยที่เป็นอิทธิพลหลัก (Main Effect) ส่งผลกระทบต่อความความเรียบของผิวงานคือ ความเร็วตัดมีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ อัตราป้อนมีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ปัจจัยที่เป็นอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ส่งผลกระทบต่อความเรียบของผิวงานคือ สารหล่อเย็นมีความสัมพันธ์กับความเร็วตัด ส่งผลกระทบต่อความเรียบของผิวงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ปัจจัยอื่นๆไม่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ความเร็วตัดมีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน จากการทดสอบความแปรปรวนพบว่า มีค่าเฉลี่ยของระดับความเร็วอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่แตกต่างจากคู่อื่น ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ต่างกัน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ LSD (Least Significant Difference) ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ความแตกต่างของระดับความเร็วตัด ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน โดยวิธี LSD

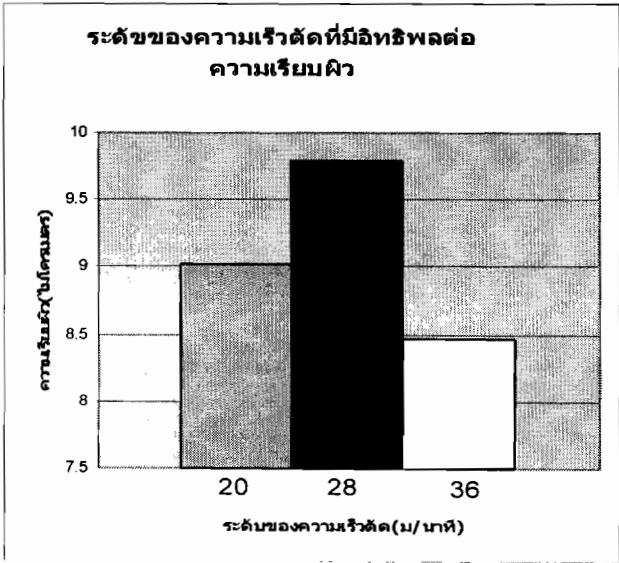
(I) ความเร็วตัด ตัด	(J)ความเร็ว	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
20 m/min	28 m/min	-.7683	.49455	.138	-1.8073	.2707
	36 m/min	.5583	.49455	.274	-.4807	1.5973
28 m/min	20 m/min	.7683	.49455	.138	-.2707	1.8073
	36 m/min	1.3267(*)	.49455	.015	.2877	2.3657
36 m/min	20 m/min	-.5583	.49455	.274	-1.5973	.4807
	28 m/min	-1.3267(*)	.49455	.015	-2.3657	-.2877

การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของระดับความเร็วตัด จากตารางที่ 4.6 พบว่าความเร็วตัดระดับ 28 คู่กับ 36 ม/นาที่ มีความแตกต่างต่อความเรียบของผิวงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงไว้ใน ตารางที่ 4.7 และ รูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วตัดที่ระดับต่าง ๆ

ความเร็วตัดที่ระดับ	1(20 ม/นาที่)	2 (28 ม/นาที่)	(36 ม/นาที่)
1 (20 ม/นาที่)		0.138	0.274
2 (28 ม/นาที่)			*
3 (36 ม/นาที่)			

* มีนัยสำคัญที่ระดับ .05



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความแตกต่างของระดับความเร็วตัด ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน

2. อัตราป้อนมีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน จากการทดสอบความแปรปรวนพบว่า มีค่าเฉลี่ยของระดับอัตราป้อนอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่แตกต่างจากคู่อื่น จึงทำการวิเคราะห์หว่ามีคู่ใดบ้างที่ต่างกัน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ LSD (Least Significant Difference) ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ความแตกต่างของระดับอัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน โดยวิธี LSD

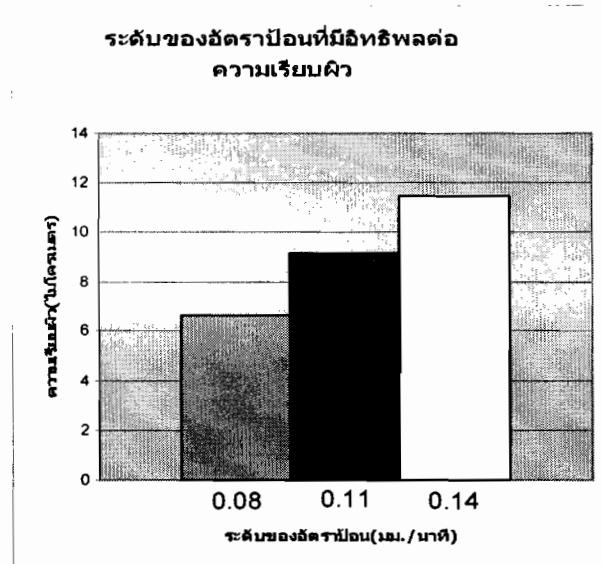
(I) อัตราป้อน	(J) อัตราป้อน	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.08 mm/round	0.11 mm/round	-2.4983(*)	.49455	.000	-3.5373	-1.4593
	0.14 mm/round	-4.8292(*)	.49455	.000	-5.8682	-3.7902
0.11 mm/round	0.08 mm/round	2.4983(*)	.49455	.000	1.4593	3.5373
	0.14 mm/round	-2.3308(*)	.49455	.000	-3.3698	-1.2918
0.14 mm/round	0.08 mm/round	4.8292(*)	.49455	.000	3.7902	5.8682
	0.11 mm/round	2.3308(*)	.49455	.000	1.2918	3.3698

การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของระดับอัตราป้อนจากจากตารางที่ 4.8 พบว่าอัตราป้อนระดับ 0.08 คู่กับ 0.11 มม./รอบ มีความแตกต่างต่อความเรียบของผิวงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 อัตราป้อนระดับ 0.08 คู่กับ 0.14 มม./รอบ มีความแตกต่างต่อความเรียบของผิวงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 อัตราป้อนระดับ 0.11 คู่กับ 0.14 มม./รอบ มีความแตกต่างต่อความเรียบของผิวงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงไว้ในตารางที่ 4.9 และ รูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.9 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราป้อนที่ระดับต่าง ๆ

ความเร็วตัดที่ระดับ	1 (0.08 มม./รอบ)	2 (0.11 มม./รอบ)	3 (0.14 มม./รอบ)
1 (0.08 มม./รอบ)		**	**
2 (0.11 มม./รอบ)			**
3 (0.14 มม./รอบ)			

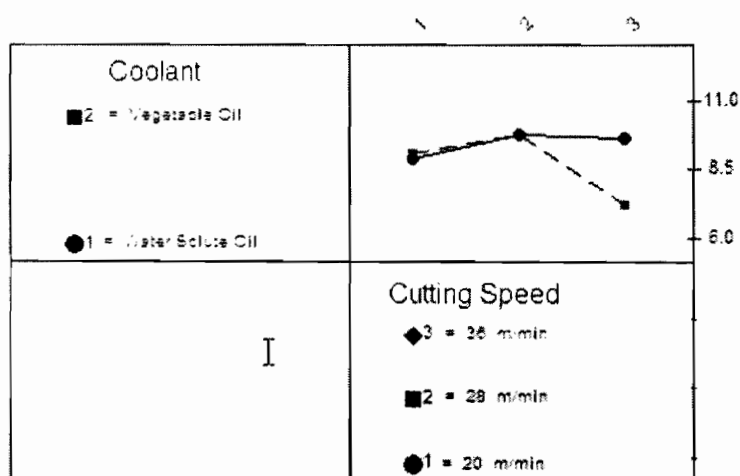
** มีนัยสำคัญที่ระดับ .01



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความแตกต่างของระดับอัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน

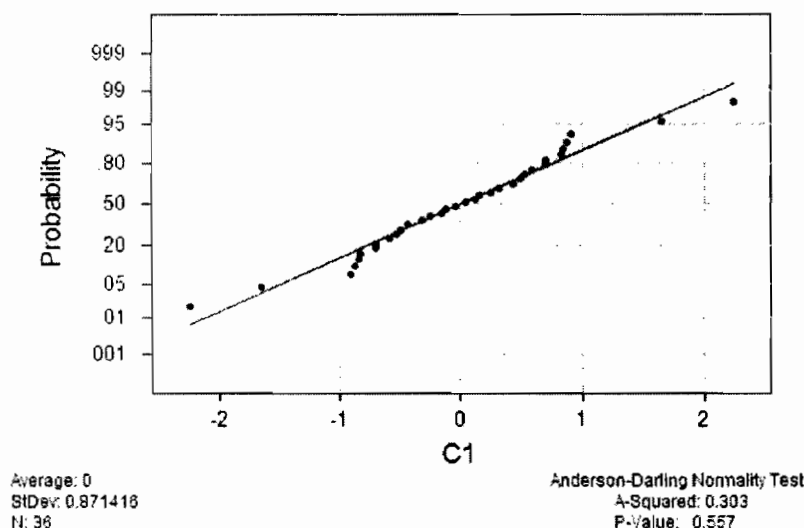
3. สารหล่อเย็นมีความสัมพันธ์กับความเร็วตัด ส่งผลกระทบต่อความเรียบของผิวงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากรูปที่ 4.4 พบว่า น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ มีผลต่อความเรียบของผิวงานน้อยกว่าน้ำมันพืชที่ความเร็วตัดระดับ 20 ม/นาที่ น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ มีผลต่อความเรียบของผิวงานไม่แตกต่างกับน้ำมันพืชที่ความเร็วตัดระดับ 28 ม/นาที่ น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำมีผลต่อความเรียบของผิวงานมากกว่าน้ำมันพืชที่ความเร็วตัดระดับ 36 ม/นาที่ จากผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อใช้สารหล่อเย็นและความเร็วตัดร่วมกัน น้ำมันพืชทำให้ผิวงานเรียบกว่าน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ ที่ความเร็วตัดระดับ 36 ม/นาที่

Interaction Plot – LS Means for Roughness



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงอิทธิพลร่วม (Interaction) ของสารหล่อเย็นที่มีความสัมพันธ์กับความเร็วตัด ส่งผลกระทบต่อความเรียบของผิวงาน

เมื่อทำการทดสอบความคลาดเคลื่อนของค่าความเรียบของผิวงาน พบว่า มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ได้ค่า $P\text{-Value} = 0.557$ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 (แสดงไว้ในรูปที่ 4.5)



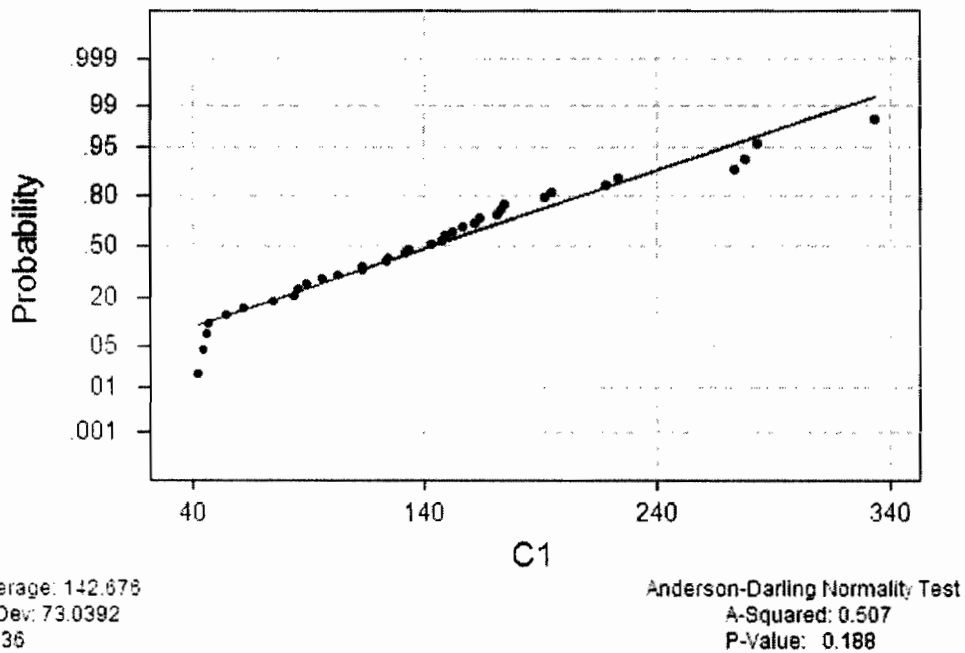
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการแจกแจงปกติค่าความคลาดเคลื่อนของ
ความเรียบของผิวงาน (Surface Roughness)

4.4 ปัจจัยของสารหล่อเย็น ความเร็วตัด และอัตราป้อน ส่งผลต่อการสึกหรอของมีดกลึง

จากการทดลองพบว่า สารหล่อเย็น ความเร็วตัด และ อัตราป้อน ส่งผลกระทบต่อการสึกหรอของมีดกลึง (Tool Wear) โดยทำการวัดค่าการสึกหรอที่ผิวด้านข้างของมีดกลึง ภายใต้เงื่อนไขการทดลองตามแผนการทดลอง แล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ดังรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. การแจกแจงของข้อมูลการสึกหรอของมีดกลึง โดยพบว่าเมื่อกำหนดค่านัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ระดับความเชื่อมั่น 95 %) ค่าการสึกหรอของมีดกลึง ทุกระดับของพารามิเตอร์การกลึงปกกผิวมีการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ (รูปที่ 4.6)

Normal Probability Plot



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการแจกแจงข้อมูลแบบปกติของการสีกหรือของมิดคถึง

2. ตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูล แล้วทำการทดสอบการกระจายข้อมูลของค่าการสีกหรือของมิดคถึง
3. พิจารณาการกระจายของข้อมูลแล้ว นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสารหล่อเย็น ความเร็วตัด และ อัตราป้อน ต่อการสีกหรือของมิดคถึง

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการสีกหรือของมิดคถึง

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สารหล่อเย็น	12.769	1	12.769	.038	.848
ความเร็วตัด	93041.369	2	46520.685	137.386	.000
อัตราป้อน	61483.534	2	30741.767	90.788	.000
สารหล่อเย็น * ความเร็วตัด	4443.637	2	2221.819	6.562	.007
สารหล่อเย็น * อัตราป้อน	228.951	2	114.475	.338	.718
ความเร็วตัด * อัตราป้อน	18093.529	4	4523.382	13.359	.000
สารหล่อเย็น * ความเร็วตัด * อัตราป้อน	3316.448	4	829.112	2.449	.084
ค่าผิดพลาด	6095.014	18	338.612		
รวมทั้งหมด	919548.267	36			

จากตารางที่ 4.8 เมื่อพิจารณาค่า P-value ที่ได้จากการวิเคราะห์กระจายของข้อมูล นำผลที่ได้ทั้งหมด มาหาความสัมพันธ์ของ สารหล่อเย็น ความเร็วตัด และอัตราป้อน พบว่าปัจจัยที่เป็นอิทธิพลหลัก (Main Effect) ส่งผลกระทบต่อการสึกหรอของมีดกลึงคือ ความเร็วตัดมีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ อัตราป้อนมีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ปัจจัยที่เป็นอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ส่งผลกระทบต่อการสึกหรอของมีดกลึงคือ สารหล่อเย็นมีความสัมพันธ์กับความเร็วตัด ส่งผลกระทบต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และความเร็วตัดมีความสัมพันธ์กับอัตราป้อน ส่งผลกระทบต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ปัจจัยอื่นๆ ไม่ส่งผลต่อการสึกหรอของมีดกลึง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ความเร็วตัดมีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง จากการทดสอบความแปรปรวนพบว่า มีค่าเฉลี่ยของระดับความเร็วตัดอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่แตกต่างจากคู่อื่น ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์หว่ามีคู่ใดบ้างที่ต่างกัน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ LSD (Least Significant Difference) ผลการวิเคราะห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงความแตกต่างของระดับความเร็วตัด ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง โดยวิธี LSD

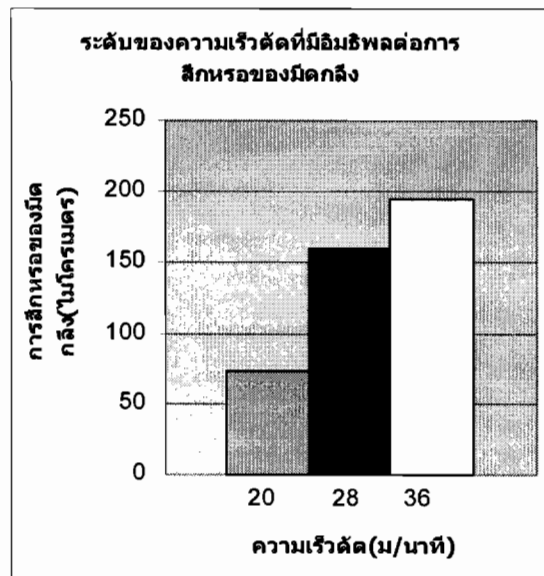
(I) ความเร็วตัด (J)ความเร็วตัด	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
20 m/min 28 m/min	-86.4992(*)	7.51234	.000	-102.2820	-70.7163
	-120.8292(*)	7.51234	.000	-136.6120	-105.0463
28 m/min 20 m/min	86.4992(*)	7.51234	.000	70.7163	102.2820
	-34.3300(*)	7.51234	.000	-50.1128	-18.5472
36 m/min 20 m/min	120.8292(*)	7.51234	.000	105.0463	136.6120
	34.3300(*)	7.51234	.000	18.5472	50.1128

การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของระดับความเร็วตัดจากตารางที่ 4.11 พบว่าความเร็วตัดระดับ 20 กับ 28 ม/นาที มีความแตกต่างต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ความเร็วตัดระดับ 20 คู่กับ 36 ม/นาที มีความแตกต่างต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ความเร็วตัดระดับ 28 กับ 36 ม/นาที มีความแตกต่างต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงไว้ในตารางที่ 4.12 และ รูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.12 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วตัดที่ระดับต่าง ๆ

ความเร็วตัดที่ระดับ	1 (20 ม/นาที่)	2 (28 ม/นาที่)	3 (36 ม/นาที่)
1 (20 ม/นาที่)		**	**
2 (28 ม/นาที่)			**
3 (36 ม/นาที่)			

** มีนัยสำคัญที่ระดับ .01



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความแตกต่างของระดับความเร็วตัด ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของคมมีดกลึง

2. อัตราป้อนมีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง จากการทดสอบความแปรปรวนพบว่า มีค่าเฉลี่ยของระดับอัตราป้อนอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่แตกต่างจากคู่อื่น ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ต่างกัน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ LSD (Least Significant Difference) ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.13 แสดงความแตกต่างของระดับอัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง โดยวิธี LSD

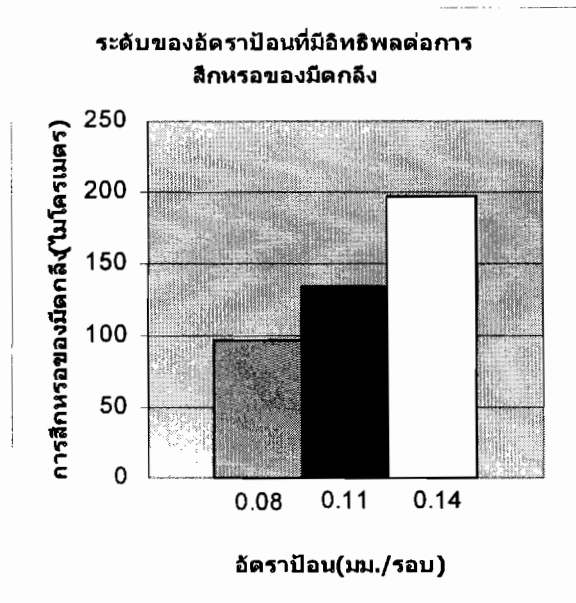
(I) อัตราป้อน	(J) อัตราป้อน	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.08 mm/round	0.11 mm/round	-37.9917(*)	7.51234	.000	-53.7745	-22.2088
	0.14 mm/round	-100.2542(*)	7.51234	.000	-116.0370	-84.4713
0.11 mm/round	0.08 mm/round	37.9917(*)	7.51234	.000	22.2088	53.7745
	0.14 mm/round	-62.2625(*)	7.51234	.000	-78.0453	-46.4797
0.14 mm/round	0.08 mm/round	100.2542(*)	7.51234	.000	84.4713	116.0370
	0.11 mm/round	62.2625(*)	7.51234	.000	46.4797	78.0453

การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของระดับอัตราป้อน จากตารางที่ 4.9 พบว่าอัตราป้อนระดับ 0.08 กับ 0.11 ม/นาที่ มีความแตกต่างต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 อัตราป้อนระดับ 0.08 กับ 0.14 ม/นาที่ มีความแตกต่างต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 อัตราป้อนระดับ 0.11 กับ 0.14 ม/นาที่ มีความแตกต่างต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงไว้ในตารางที่ 4.14 และ รูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.14 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราป้อนที่ระดับต่าง ๆ

อัตราป้อนที่ระดับ	1(0.08 มม./รอบ)	2 (0.11 มม./รอบ)	3 (0.14 มม./รอบ)
1 (0.08 มม./รอบ)		**	**
2 (0.11 มม./รอบ)			**
3 (0.14 มม./รอบ)			

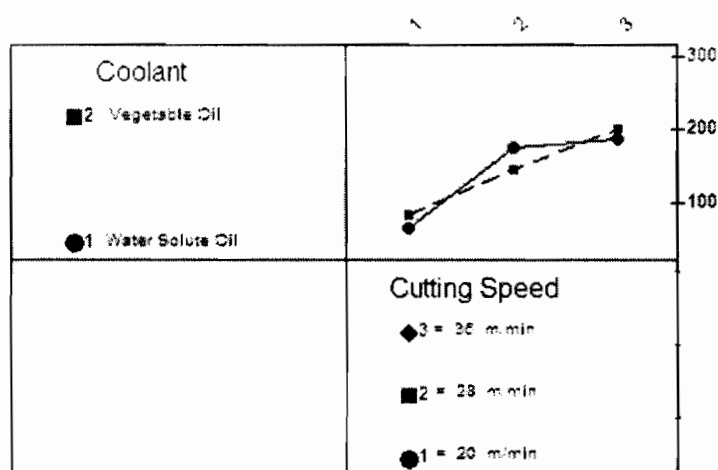
** มีนัยสำคัญที่ระดับ .01



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความแตกต่างของระดับอัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง

3. สารหล่อเย็นมีความสัมพันธ์กับความเร็วตัด ส่งผลกระทบต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จากรูปที่ 4.9 พบว่า น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ มีผลต่อการสึกหรอของมีดกลึงต่ำกว่าน้ำมันพืชที่ความเร็วตัด 20 และ 36 ม/นาที่ แต่ที่ความเร็วตัด 28 ม/นาที่ น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ มีผลต่อการสึกหรอของมีดกลึงมากกว่าน้ำมันพืช จากผลการวิเคราะห์ พบว่า เมื่อใช้สารหล่อเย็นและความเร็วตัดร่วมกัน น้ำมันพืชทำให้มีดกลึงสึกหรอน้อยกว่าน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ ที่ความเร็วตัดระดับ 36 ม/นาที่ และน้ำมันพืชทำให้มีดกลึงสึกหรอมากกว่าน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำที่ความเร็วตัด 20 และ 36 ม/นาที่

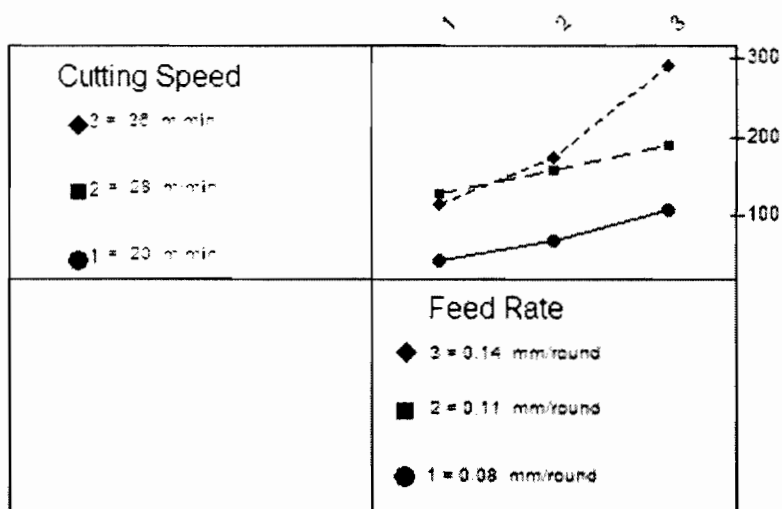
Interaction Plot – LS Means for Wear



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงอิทธิพลร่วม(Interaction) ของสารหล่อเย็นที่มีความสัมพันธ์กับความเร็วตัด ส่งผลกระทบต่อการสึกหรอของมีดกลึง

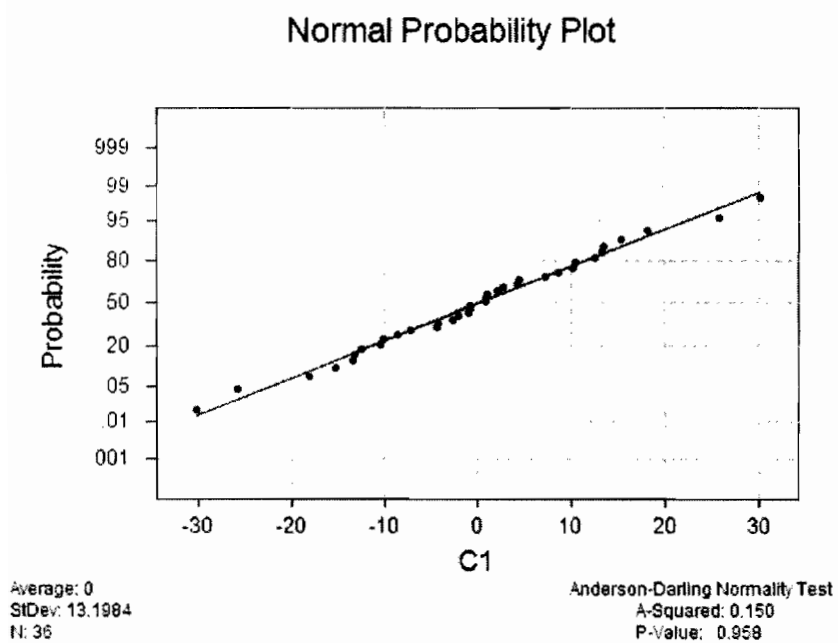
4. ความเร็วตัดมีความสัมพันธ์กับอัตราป้อน ส่งผลกระทบต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จากรูปที่ 4.10 พบว่าความเร็วตัด 20 ม/นาที่ มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึงน้อยกว่าความเร็วตัด 28 และ 36 ม/นาที่ ความเร็วตัด 36 ม/นาที่ มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึงน้อยกว่าความเร็วตัด 28 ม/นาที่ ที่อัตราป้อนระดับ 0.08 มม./รอบ และความเร็วตัด 28 ม/นาที่ มีผลต่อการสึกหรอของมีดกลึงน้อยกว่าความเร็วตัด 36 ม/นาที่ ที่ระดับอัตราป้อน 0.11 และ 0.14 มม./รอบ จากผลการวิเคราะห์ พบว่า เมื่อใช้ความเร็วตัดและอัตราป้อนที่ระดับต่ำจะทำให้มีดกลึงสึกหรอน้อยกว่าการใช้ความเร็วตัดและอัตราป้อนที่ระดับสูง

Interaction Plot – LS Means for Wear



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงอิทธิพลร่วม(Interaction) ของความเร็วตัดที่มีความสัมพันธ์กับอัตราป้อน ส่งผลกระทบต่อการสึกหรอของมีดกลึง

เมื่อทำการทดสอบความคลาดเคลื่อนของค่าการสึกหรอของมีดกลึงพบว่าการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ได้ค่า $P\text{-Value} = 0.958$ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 (แสดงไว้ในรูปที่ 4.6)



รูปที่ 4.11 แสดงการทดสอบการแจกแจงปกติค่าความคลาดเคลื่อนของ
ค่าการสึกหรอของมีดกลึง (Tool Wear)

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความเรียบผิวและการสึกหรอของมีดกลึง ในการกลึงเหล็กเครื่องมือ AISI4140 มีดกลึงทำจากเหล็ก High Speed Steel ขนาดพื้นที่หน้าตัด 6.4×6.4 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 50 มิลลิเมตร โดยอาศัยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการกลึง ประกอบด้วย สารหล่อเย็น ความเร็วตัด และ อัตราป้อน ผลที่ได้จากการทดลองเป็นการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงานกลึง พบว่ามีปัจจัยที่ทำให้เกิดอิทธิพลหลัก (Main Effect) และอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) มีดังนี้

1. ความเร็วตัด มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงานกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
2. อัตราป้อน มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงานกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
3. สารหล่อเย็นและความเร็วตัด ส่งผลกระทบต่อความเรียบของผิวงานกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.1.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง พบว่ามีปัจจัยที่ทำให้เกิดอิทธิพลหลัก (Main Effect) และอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) มีดังนี้

1. ความเร็วตัด มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
2. อัตราป้อน มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
3. สารหล่อเย็นและความเร็วตัดส่งผลกระทบต่อการใช้ของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
4. ความเร็วตัดและอัตราป้อน ส่งผลกระทบต่อการใช้ของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

5.2 อภิปรายผลการทดลอง

5.2.1 พิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน

สารหล่อเย็น เมื่อนำข้อมูลของสารหล่อเย็นจำนวน 2 ชนิดมาเปรียบเทียบกัน พบว่าน้ำมันพืชทำให้ผิวงานเรียบกว่าน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ronaldo Yoshinobu Fuisse[2] ศึกษาความเรียบของผิวงานเจียรไนที่มีสารหล่อเย็น 3 ชนิดคือ Integral Oil, Vegetal emulsion และ

Synthetic solution พบว่า Vegetal emulsion และ Synthetic solution ทำให้ผิวงานเรียบมากกว่า Integral Oil ขัดแย้งกับงานวิจัยของ สุเทพ คงทัน[6] ศึกษาการกลึงเหล็กเหนียวพบว่า น้ำมันพืชให้ค่าความเรียบผิวมากกว่าน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ เท่ากับ 0.35 ไมครอน หรือมากกว่า 5.3 เปอร์เซ็นต์

ความเร็วตัด(Cutting Speed) กำหนดความเร็วตัดไว้ 3 ระดับคือ 20, 28 และ 36 เมตร/นาที ซึ่งความเร็วตัด มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงานไม่แตกต่างกัน ดังนี้ ความเร็วตัดระดับ 20 เมตร/นาที ค่าความเรียบของผิวงานเฉลี่ย 9.02 μm ความเร็วตัดระดับ 28 เมตร/นาที ค่าความเรียบของผิวงานเฉลี่ย 9.71 μm และความเร็วตัดระดับ 36 เมตร/นาที ค่าความเรียบของผิวงานเฉลี่ย 8.46 μm สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุเทพ คงทัน[6] ศึกษาการกลึงเหล็กเหนียวพบว่า เมื่อใช้ความเร็วตัดต่ำกว่า 30 ม/นาที ให้ค่าความเรียบของผิวงานเฉลี่ย ใกล้เคียงกัน

อัตราป้อน (Feed) มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงานแตกต่างกันดังนี้ อัตราป้อนที่ระดับ 0.08 มม./รอบ ค่าความเรียบของผิวงานเฉลี่ย 6.65 μm อัตราป้อนที่ระดับ 0.11 มม./รอบ ค่าความเรียบของผิวงานเฉลี่ย 9.15 μm อัตราป้อนที่ระดับ 0.14 มม./รอบ ค่าความเรียบของผิวงานเฉลี่ย 11.40 μm อัตราป้อนที่ระดับต่ำทำให้ผิวงานมีความเรียบน้อยกว่าอัตราป้อนที่ระดับสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชาญ ราชวงศ์[7]ศึกษาการกลึงงานแข็ง(Hard Turning)พบว่า อัตราป้อนมีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

5.2.2 พิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง

สารหล่อเย็น เมื่อนำข้อมูลของสารหล่อเย็นทั้ง 2 ชนิดมาเปรียบเทียบกัน พบว่า น้ำมันพืชให้ค่าการสึกหรอของมีดกลึงเฉลี่ยมากกว่าน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ ประมาณ 5.07 % ต่างกัน 7.42 μm (น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ ให้ค่าการสึกหรอเฉลี่ยประมาณ 138.96 μm และน้ำมันพืชให้ค่าการสึกหรอเฉลี่ยประมาณ 146.38 μm) น้ำมันพืชมีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึงเฉลี่ยมากกว่าน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ ขัดแย้งกับงานวิจัยของ W.Belluco[8] ศึกษาการเจาะสว่าน ที่มีสารหล่อเย็น 6 ชนิด ประกอบด้วย น้ำมันพืช 5 ชนิด และน้ำมันตัดที่ได้จากปิโตรเลียม 1 ชนิด พบว่า ดอกสว่านที่ใช้กับน้ำมันพืชมีอายุการใช้งานสูงกว่าน้ำมันตัดที่ได้จากปิโตรเลียม ประมาณ 2 -3 เท่า ขัดแย้งกับงานวิจัยของ สุเทพ คงทัน[6] ศึกษาการกลึงเหล็กเหนียวพบว่า น้ำมันพืชจึงทำให้มีดเกิดการสึกหรอเฉลี่ยน้อยกว่าน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำเท่ากับ 0.96 ไมครอน หรือน้อยกว่า 5.4 เปอร์เซ็นต์

ความเร็วตัด(Cutting Speed) เมื่อกำหนดความเร็วตัดไว้ 3 ระดับคือ 20, 28 และ 36 เมตร/นาที ซึ่งความเร็วตัดทั้งหมดให้ค่าการสึกหรอของมีดกลึงแตกต่างกัน มีดังนี้ ความเร็วตัดระดับ 20 เมตร/นาที ค่าการสึกหรอของมีดกลึงเฉลี่ย 73.57 μm ความเร็วตัดระดับ 28 เมตร/นาที ค่าการสึกหรอของมีดกลึง

เฉลี่ย 160.07 μm และความเร็วตัดระดับ 36 เมตร/นาที ค่าการสึกหรอของมีดกลึงเฉลี่ย 194.40 μm ความเร็วตัดที่ระดับสูง มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึงมากกว่าความเร็วตัดที่ระดับต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรศักดิ์ ศรีศิลป์[12] ศึกษาการสึกหรอของดอกสว่าน พบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วตัดสูงขึ้นส่งผลให้อายุการใช้งานของดอกสว่านลดลง

อัตราป้อน (Feed) มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึงแตกต่างกันดังนี้ อัตราป้อนที่ระดับ 0.08 มม./รอบ ค่าการสึกหรอของมีดกลึงเฉลี่ย 96.59 μm อัตราป้อนที่ระดับ 0.11 มม./รอบ ค่าการสึกหรอของมีดกลึงเฉลี่ย 134.59 μm อัตราป้อนที่ระดับ 0.14 มม./รอบ ค่าการสึกหรอของมีดกลึงเฉลี่ย 196.85 μm อัตราป้อนที่ระดับต่ำมีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึงน้อยกว่าอัตราป้อนที่ระดับสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรศักดิ์ ศรีศิลป์[12] ศึกษาการสึกหรอของดอกสว่าน พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราป้อนสูงขึ้นส่งผลให้อายุการใช้งานของดอกสว่านลดลง

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่าสมบัติของสารหล่อเย็น 2 ชนิด ไม่มีผลกระทบกับวัสดุที่ใช้ในการทดลองโดยตรง แต่มีผลกระทบเมื่อใช้ร่วมกับปัจจัยอื่น ดังนั้นจึงเสนอแนะไว้ดังนี้

1. กำหนดระดับของปัจจัยอื่นๆ เช่น ความเร็วตัด อัตราป้อน ฯลฯ ให้มีระยะห่างมากกว่าการทดลองในครั้งนี้ ซึ่งอาจจะพบข้อแตกต่างของสารหล่อเย็นทั้งสองชนิด
2. ทดลองกับวัสดุอื่นๆ โดยเฉพาะวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เพื่อค้นหาวัดหรือปัจจัยอื่นๆที่เหมาะสมกับการนำน้ำมันพืชมาใช้ในการหล่อเย็น
3. พัฒนาร้าน้ำมันพืชให้มีสมบัติในการหล่อเย็น การตัดเฉือนวัสดุ และการรักษาเครื่องจักรเครื่องมือให้อายุการใช้งานมากขึ้น เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. พิชุร ทิมฤกษ์, 2547, “การพัฒนาระบบบำบัดน้ำหล่อเย็นงานตัดเฉือนโลหะ เพื่อนำน้ำหล่อเย็นงานตัดเฉือนโลหะที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่”, ปรินญาโท วิศวกรรมการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
2. Ronaldo Yoshinobu Füsse^I; Thiago Valle França^I; Rodrigo Eduardo Catai^{II}; Leonardo Roberto da Silva^{III}; Paulo Roberto de Aguiar^{IV}; Eduardo Carlos Bianchi^{V,*}, 2004, “**Analysis of the cutting fluid influence on the deep grinding process with a CBN grinding wheel** **Materials Research**”, Mat. Res. vol.7 no.3 São Carlos July/Sept.
3. บำรุงสุข เทียมพันธ์, 2546 , “การแปรรูปร่วมของถ่านหินและน้ำมันพืชใช้แล้วให้เป็นของเหลวโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา”, ปรินญาโท, เคมีเทคนิค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
4. สุคนธ์ อาจฤทธิ์, 2535, “การตัดโลหะโดยเครื่องมือกล”, พิมพ์ครั้งที่ 2, หน่วยสารบรรณงานบริหารธุรการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002.
5. ศุภชัย รมยานนท์ ฉวีวรรณ รมยานนท์, 2534, “ทฤษฎีงานเครื่องมือกลเบื้องต้น (Basic Machine Tools) งานกลึง”, พิมพ์ครั้งที่ 2, บริษัทสำนักพิมพ์ ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ.
6. สุเทพ กองตัน, 2549, “การใช้น้ำมันพืชเป็นน้ำมันตัดเฉือน”, ปรินญาโท, วิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
7. ชาญ ราชวงศ์, 2548, “การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผิวงานในการกลึงงานแข็ง”, วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
8. Belluco W., Chiffre L. D., 2003, “**Performance Evaluation of Vegetable-base Oils in Drilling Austenitic Stainless Steel**”, Journal of materials Processing. Elsevier Science Ltd.

9. J.M. Vieira, A.R. Machado and E.O. Ezugwu, 2005, **Performance of cutting fluid during face mill**, Journal of Material of Processing Technology, pp. 16 - 20.
10. มารุต แซ่ห่ง จักรพงษ์ สิงห์พู้ย สมพร วรบุตร, 2544, “**ชุดทดลองหาค่าการนำความร้อนของของเหลว**”, ปรินญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
11. Witchakorn Charusiri, 2004, “**Catalytic conversion of used vegetable oil to liquid fuels over HZSM-5 and sulfated zirconia**”, Doctoral degree Chemical Technology Chulalongkorn University.
12. สุรศักดิ์ ศิริศิลป์, 2548, “**การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งานของคมตัดในดอกสว่านชนิดเกลียวแบบไฮสปีด และ ชนิดเกลียวแบบไฮสปีดโคบอล 8%**”, วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
13. E.J.A. Armarego, R.H. Brown, 1969, “The Machining of Metals”, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
14. Robert I. King, 1985, “Handbook of High-speed Machining Technology”, Chapman and Hall Ltd, New york, N.Y. 10001.
15. Arshinov V., Alekseev G. Metal Machining Fundamentals., 1976, “**Metal Cutting Theory and Cutting Tool Design**”, Moscow: MIR Publishers;. pp. 24-144.
16. Davies R., 1957, “**A Tentative Model for Mechanical Wear Process**”, Symposium on Friction and Wear. USA: Detroit.
17. Higginbotham W. B., 1961, “**Metal Cutting and built-up Nose**”, Proceedings: I. Mech. E. (Prod. Group); No. 18. Vol. 175.
18. Ernst H., Martellotti M., 1935, “**Metal Cutting**”, American Society of Mech. Engineer, USA.

19. Ernst H., 1938, **“Physical of Metal Cutting”**, ASM paper on Machining of Metals. Ohio: Cleveland.
20. Rozenberg A. M., Eremin A. N., 1956, **“Elements of Theory of Process of Metal Cutting”**, Moscow: Mashgiz.
21. Merchant M. E., 1950, **“The Action of Cutting Fluid in Machining”**, Journal of Iron and Steel Engineers. November.
22. Taylor F. W., 1907, **“On the Art of Cutting Metals”**, Trans. ASME. Vol. 28;.
23. TY G. Dawson and Thomas R. Kurfess., 2001, **“Tool life, Wear Rates, and Surface Quality in Hard Turning”**, Transaction of the North American Manufacturing Research Institution of SME, Vol. (29), pp. 175 – 182.
24. Tonshoff, H.k., Wobker, H.G., and Brandt, D., 1996, **“Tool Wear and Surface Integrity in Hard Tuming”**, Production Engineering, Vol.(3) No. (1), pp. 19-24.
25. A. E. Diniz, R. Micaroni., 2002, **“Cutting conditions for finish turning process aiming; the use of dry cutting”**, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 42, pp. 899-904.
26. O.B. Abouclatta, J. Madi., 2001, **“Surface roughness prediction based on cutting parameters and tool vibrations in turning operations”**, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 118, pp. 269-277.
27. บรรยง จงไทยรุ่งเรือง, 2537, **“การศึกษาความสัมพันธ์ของส่วนโค้งปลายมีด ความลึกในการตัด และอัตราการเดินมีดที่มีผลต่อความเรียบผิว”**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
28. มิ่งขวัญ บุตรวงศ์, 2543, **“การพัฒนารูปแบบการบำบัดน้ำทิ้งน้ำมันตัดกลึงโลหะ”**, ปริญญาโท, เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

29. เกร์ลิงก์ ไฮน์ริช, 2518, “ทฤษฎีงานเครื่องมือกล”, แปลโดย ศ. บุญศักดิ์ ใจจงกิจ, พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตพระนครเหนือ.
30. มนูญ เทพกิจอารีกุล, 2547, “การศึกษาองค์ประกอบในงานกลึงที่มีผลกระทบต่อการสึกหรอของมีดกลึง”, วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ อุตสาหกรรม (โครงการผู้บริหาร) ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
31. สุคนธ์ อาจฤทธิ์, 2535, “การตัดโลหะโดยเครื่องมือกล”, พิมพ์ครั้งที่ 2, หน่วยสารบรรณ งานบริหารธุรการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002.

ภาคผนวก ก.

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ ก.1 ลำดับการเก็บผลการทดลองที่ได้จากการสุ่มการทดลอง

ตารางผลการทดลองครั้งที่ 1 (ค่าความเรียบของผิวงานกลึง)							
No	สารหล่อเย็น	V	Feed	Ra ₁	Ra ₂	Ra ₃	Ra _{Ave}
1	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.11	8.79	8.01	9.26	8.69
2	น้ำมันพืช	20	0.08	6.38	8.26	6.54	7.06
3	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.14	12.36	14.81	12.48	13.23
4	น้ำมันพืช	28	0.08	8.09	11.03	8.86	9.33
5	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.11	9.25	7.13	5.90	7.43
6	น้ำมันพืช	36	0.14	7.34	9.99	9.09	8.81
7	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.14	13.23	8.50	10.73	10.82
8	น้ำมันพืช	20	0.11	8.33	11.18	12.07	10.53
9	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.08	6.41	7.73	6.56	6.90
10	น้ำมันพืช	28	0.11	10.57	10.99	10.66	10.74
11	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.14	12.79	14.23	13.40	13.47
12	น้ำมันพืช	36	0.11	5.30	6.70	8.24	6.75
13	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.08	7.10	6.48	6.29	6.62
14	น้ำมันพืช	20	0.14	12.88	13.27	12.55	12.9/
15	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.11	9.51	9.42	6.74	8.56
16	น้ำมันพืช	28	0.14	11.01	9.67	13.22	11.30
17	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.08	7.67	6.39	7.14	7.07
18	น้ำมันพืช	36	0.08	5.83	6.54	6.21	6.19

ตารางที่ ก.2 ลำดับการเก็บผลการทดลองที่ได้จากการสุ่มการทดลอง

ตารางผลการทดลองครั้งที่ 2 (ค่าความเรียบของผิวงานกลึง)							
No	สารหล่อเย็น	V	Feed	Ra ₁	Ra ₂	Ra ₃	Ra _{Ave}
1	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.11	9.34	10.08	10.89	10.10
2	น้ำมันพืช	20	0.08	3.11	4.33	3.77	3.74
3	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.14	12.28	12.14	14.58	13.00
4	น้ำมันพืช	28	0.08	8.57	9.45	8.04	8.69
5	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.11	12.44	10.59	12.72	11.92
6	น้ำมันพืช	36	0.14	8.95	10.29	9.82	9.69
7	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.14	11.18	12.66	11.25	11.70
8	น้ำมันพืช	20	0.11	8.33	9.77	9.98	9.36
9	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.08	7.89	7.31	5.29	6.83
10	น้ำมันพืช	28	0.11	10.00	9.06	7.90	8.99
11	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.14	12.54	12.00	11.70	12.08
12	น้ำมันพืช	36	0.11	7.58	5.92	5.81	6.44
13	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.08	6.17	5.45	5.32	5.65
14	น้ำมันพืช	20	0.14	11.34	10.25	11.69	11.09
15	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.11	10.67	10.13	9.98	10.26
16	น้ำมันพืช	28	0.14	10.74	11.07	7.13	9.65
17	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.08	6.24	4.68	7.15	6.02
18	น้ำมันพืช	36	0.08	5.90	5.52	5.65	5.69

ตารางที่ ก.3 ลำดับการเก็บผลการทดลองที่ได้จากการสุ่มการทดลอง

ตารางผลการทดลองครั้งที่ 1 (การสึกหรอของมีดกลึง)									
No	สารหล่อเย็น	V	Feed	wear1	wear2	wear3	wear4	wear5	wear _{ave}
1	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.11	32.81	57.54	62.47	55.99	57.54	53.27
2	น้ำมันพืช	20	0.08	41.13	46.06	50.99	42.74	27.95	41.77
3	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.14	338.47	146.30	269.62	235.11	102.33	218.37
4	น้ำมันพืช	28	0.08	105.23	149.60	147.97	121.66	88.78	122.65
5	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.11	145.15	234.13	150.02	97.29	110.50	147.41
6	น้ำมันพืช	36	0.14	314.07	268.10	355.38	165.70	310.73	282.80
7	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.14	49.32	74.00	90.43	90.42	110.15	82.86
8	น้ำมันพืช	20	0.11	26.30	97.42	100.41	69.13	44.42	61.54
9	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.08	141.10	149.40	116.44	155.90	151.07	142.77
10	น้ำมันพืช	28	0.11	64.20	241.76	202.21	161.25	112.23	156.33
11	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.14	256.46	282.80	323.87	341.95	159.50	272.90
12	น้ำมันพืช	36	0.11	240.03	142.49	121.93	249.76	102.61	171.37
13	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.08	50.96	57.54	42.74	47.68	29.59	45.70
14	น้ำมันพืช	20	0.14	118.41	110.15	123.31	105.23	103.59	112.14
15	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.11	149.61	146.40	198.95	215.32	152.90	172.64
16	น้ำมันพืช	28	0.14	203.86	161.25	177.56	149.10	127.08	163.77
17	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.08	139.83	54.35	124.40	70.71	80.62	94.78
18	น้ำมันพืช	36	0.08	157.82	194.38	64.12	97.01	105.22	123.71

ตารางที่ ก.4 ลำดับการเก็บผลการทดลองที่ได้จากการสุ่มการทดลอง

ตารางผลการทดลองครั้งที่ 2 (การสีกรของมิกคลิ่ง)									
No	สารหล่อเย็น	V	Feed	wear1	wear2	wear3	wear4	wear5	wear _{ave}
1	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.11	75.62	64.39	61.10	53.85	113.79	73.75
2	น้ำมันพืช	20	0.08	54.66	38.27	43.15	48.08	46.44	46.12
3	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.14	248.24	205.56	223.74	169.34	110.15	191.41
4	น้ำมันพืช	28	0.08	135.64	92.88	88.38	74.81	115.99	101.54
5	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.11	179.20	193.50	138.60	139.78	157.82	161.78
6	น้ำมันพืช	36	0.14	343.60	182.51	263.22	327.16	269.64	277.23
7	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.14	54.28	75.62	80.56	115.08	98.64	84.84
8	น้ำมันพืช	20	0.11	122.30	79.54	75.04	61.46	102.65	88.20
9	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.08	142.78	208.50	134.56	132.95	137.81	151.32
10	น้ำมันพืช	28	0.11	95.66	189.24	82.46	93.84	95.48	131.34
11	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.14	452.11	302.50	336.67	368.26	206.21	333.15
12	น้ำมันพืช	36	0.11	200.52	263.10	235.09	200.63	215.36	222.94
13	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	0.08	44.39	49.32	77.29	21.44	27.95	44.08
14	น้ำมันพืช	20	0.14	154.25	142.78	154.28	147.73	142.78	148.36
15	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	28	0.11	282.77	121.67	185.77	95.48	185.80	174.30
16	น้ำมันพืช	28	0.14	139.78	218.68	200.59	231.83	180.87	194.35
17	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	36	0.08	156.18	118.37	83.84	138.10	64.12	112.12
18	น้ำมันพืช	36	0.08	141.47	110.15	154.61	75.64	180.91	132.56

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลค่าเฉลี่ยความเรียบของผิวงานกลึง(μm)

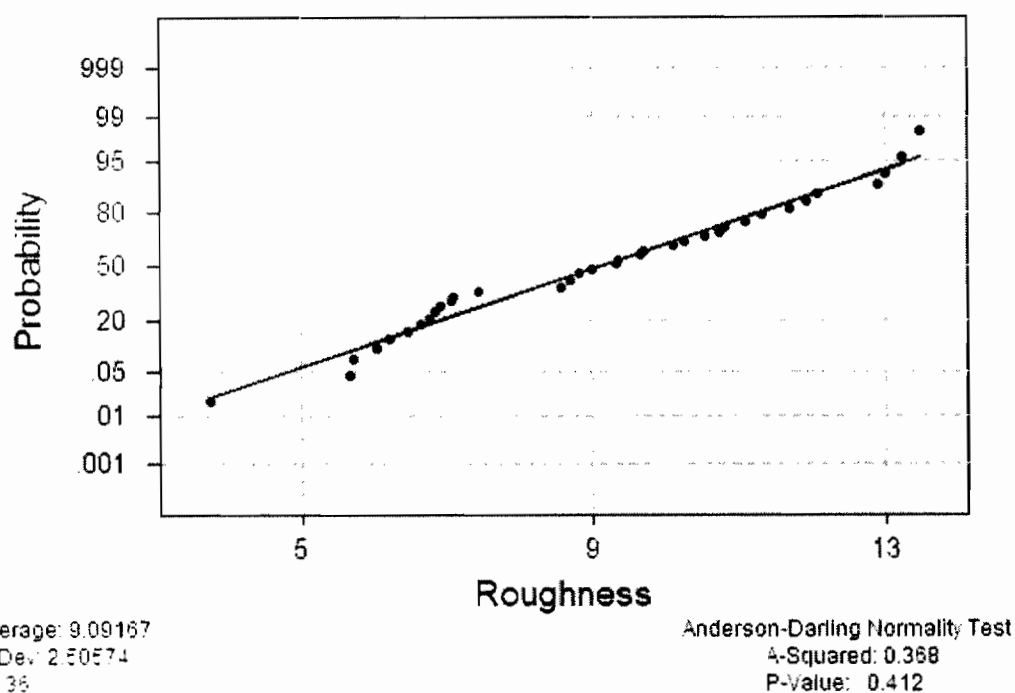
ชนิดของสารหล่อเย็น	ความเร็วตัด (ม/นาที)	อัตราการป้อน (มม./รอบ)		
		0.08	0.11	0.14
น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	6.62	8.69	10.82
		5.56	10.10	11.70
	28	6.90	8.56	13.23
		6.83	10.26	13.00
	36	7.07	7.43	13.47
		6.02	11.92	12.08
น้ำมันพืช	20	7.07	10.53	12.90
		3.74	9.36	11.09
	28	9.33	10.74	11.30
		8.69	8.93	9.65
	36	6.19	6.75	8.81
		5.69	6.44	9.69

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลค่าเฉลี่ยความลึกหροของคมมีดกลึง (μm)

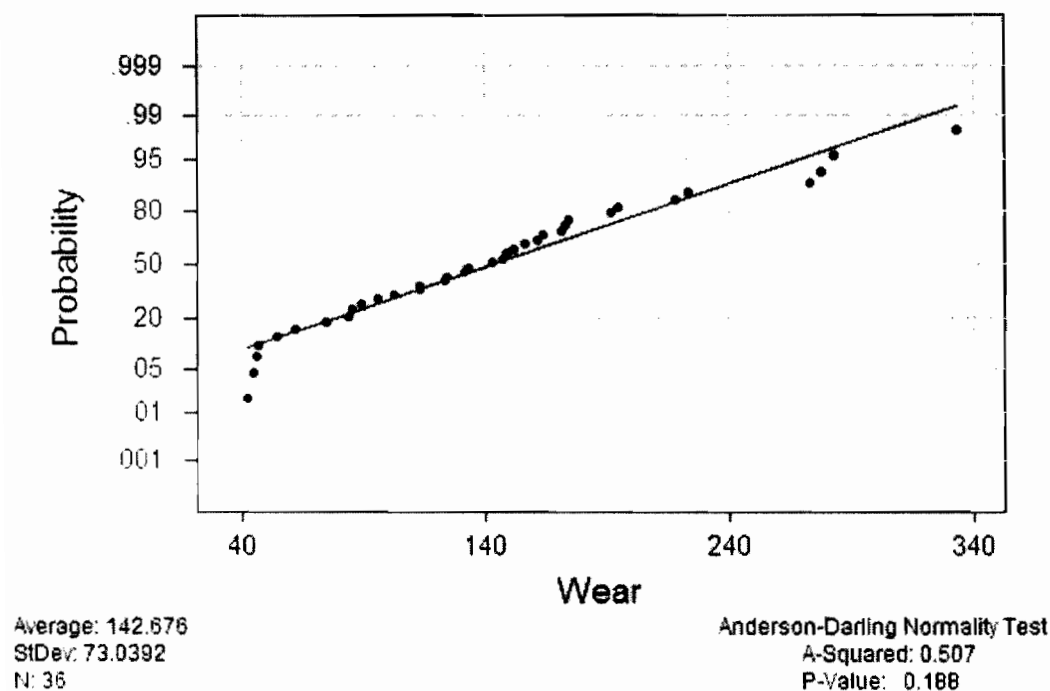
ชนิดของสารหล่อเย็น	ความเร็วตัด (ม/นาที)	อัตราการป้อน (มม./รอบ)		
		0.08	0.11	0.14
น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	20	45.70	53.27	82.86
		44.80	73.75	84.84
	28	142.77	172.64	218.37
		151.32	174.30	191.41
	36	94.78	147.41	272.90
		112.12	161.78	333.15
น้ำมันพืช	20	41.78	61.54	112.14
		46.12	88.20	148.36
	28	122.65	156.33	163.77
		101.54	131.34	194.35
	36	123.71	171.37	282.80
		132.56	222.94	277.23

ภาคผนวก ข.

ตารางวิเคราะห์ผลข้อมูล



รูปที่ ข.1 กราฟแสดงข้อมูลความเรียบของผิวงานกลึง
เป็นการแจกแจงแบบปกติ ค่า P-Value มากกว่า 0.05



รูปที่ ข.2 กราฟแสดงข้อมูลการสึกหรอของมีดกลึง
เป็นการแจกแจงแบบปกติ ค่า P-Value มากกว่า 0.05

ตารางที่ ข.1 แสดงการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงานกลึง

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	193.341(a)	17	11.373	7.750	.000
Intercept	2975.703	1	2975.703	2027.797	.000
สารหล่อเย็น	4.988	1	4.988	3.399	.082
ความเร็วตัด	10.648	2	5.324	3.628	.047
อัตราป้อน	139.981	2	69.991	47.695	.000
สารหล่อเย็น * ความเร็วตัด	12.442	2	6.221	4.239	.031
สารหล่อเย็น * อัตราป้อน	6.492	2	3.246	2.212	.138
ความเร็วตัด * อัตราป้อน	7.273	4	1.818	1.239	.330
สารหล่อเย็น * ความเร็วตัด * อัตราป้อน	11.518	4	2.879	1.962	.144
Error	26.414	18	1.467		
Total	3195.458	36			
Corrected Total	219.755	35			

a R Squared = .880 (Adjusted R Squared = .766)

ตารางที่ ข.2 ความแตกต่างของระดับความเร็วตัด ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน โดยวิธี LSD

(I) ความเร็วตัด	(J) ความเร็วตัด	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
20 m/min	28 m/min	-.7683	.49455	.138	-1.8073	.2707
	36 m/min	.5583	.49455	.274	-.4807	1.5973
28 m/min	20 m/min	.7683	.49455	.138	-.2707	1.8073
	36 m/min	1.3267(*)	.49455	.015	.2877	2.3657
36 m/min	20 m/min	-.5583	.49455	.274	-1.5973	.4807
	28 m/min	-1.3267(*)	.49455	.015	-2.3657	-.2877

Based on observed means.

* The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ ข.3 ความแตกต่างของระดับอัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน โดยวิธี LSD

(I) อัตราป้อน	(J) อัตราป้อน	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.08 mm/round	0.11 mm/round	-2.4983(*)	.49455	.000	-3.5373	-1.4593
	0.14 mm/round	-4.8292(*)	.49455	.000	-5.8682	-3.7902
0.11 mm/round	0.08 mm/round	2.4983(*)	.49455	.000	1.4593	3.5373
	0.14 mm/round	-2.3308(*)	.49455	.000	-3.3698	-1.2918
0.14 mm/round	0.08 mm/round	4.8292(*)	.49455	.000	3.7902	5.8682
	0.11 mm/round	2.3308(*)	.49455	.000	1.2918	3.3698

Based on observed means.

* The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ ข.4 แสดงการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	180620.237(a)	17	10624.720	31.377	.000
Intercept	732833.017	1	732833.017	2164.227	.000
สารหล่อเย็น	12.769	1	12.769	.038	.848
ความเร็วตัด	93041.369	2	46520.685	137.386	.000
อัตราป้อน	61483.534	2	30741.767	90.788	.000
สารหล่อเย็น * ความเร็วตัด	4443.637	2	2221.819	6.562	.007
สารหล่อเย็น * อัตราป้อน	228.951	2	114.475	.338	.718
ความเร็วตัด * VAR00004	18093.529	4	4523.382	13.359	.000
สารหล่อเย็น * ความเร็วตัด * อัตราป้อน	3316.448	4	829.112	2.449	.084
Error	6095.014	18	338.612		
Total	919548.267	36			
Corrected Total	186715.250	35			

a R Squared = .967 (Adjusted R Squared = .937)

ตารางที่ ข.5 แสดงความแตกต่างของระดับความเร็วตัด ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง
โดยวิธี LSD

(I) ความเร็วตัด ตัด	(J) ความเร็ว	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
20 m/min	28 m/min	-86.4992(*)	7.51234	.000	-102.2820	-70.7163
	36 m/min	-120.8292(*)	7.51234	.000	-136.6120	-105.0463
28 m/min	20 m/min	86.4992(*)	7.51234	.000	70.7163	102.2820
	36 m/min	-34.3300(*)	7.51234	.000	-50.1128	-18.5472
36 m/min	20 m/min	120.8292(*)	7.51234	.000	105.0463	136.6120
	28 m/min	34.3300(*)	7.51234	.000	18.5472	50.1128

Based on observed means.

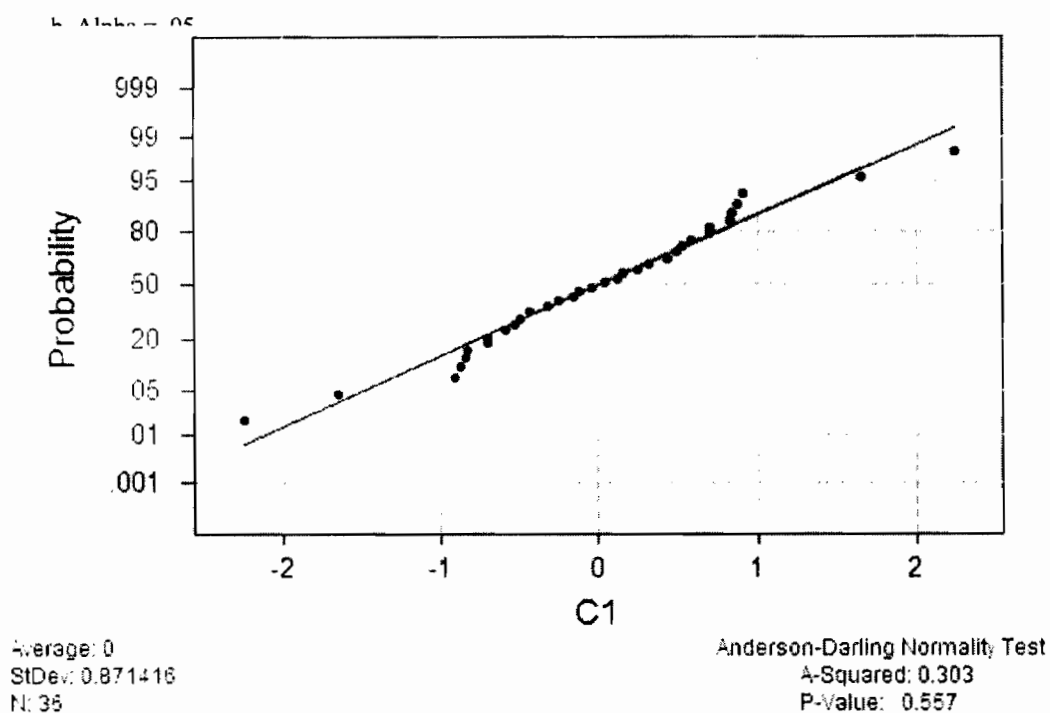
* The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ ข.6 แสดงความแตกต่างของระดับอัตราป้อน ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง
โดยวิธี LSD

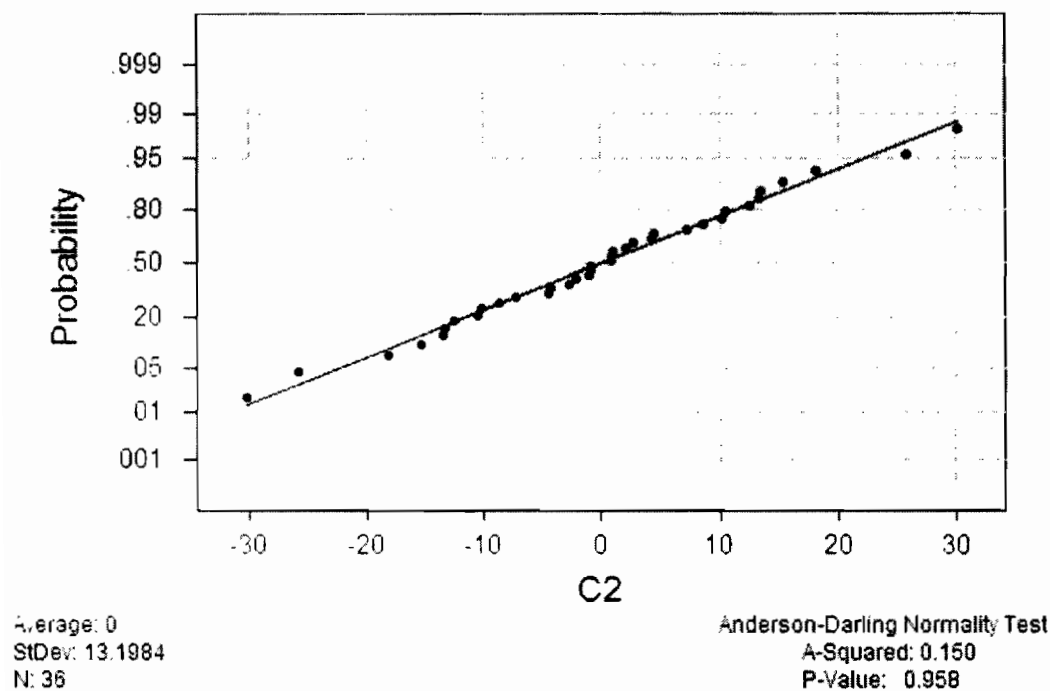
(I) อัตราป้อน	(J) อัตราป้อน	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0.08 mm/round	0.11 mm/round	-37.9917(*)	7.51234	.000	-53.7745	-22.2088
	0.14 mm/round	-100.2542(*)	7.51234	.000	-116.0370	-84.4713
0.11 mm/round	0.08 mm/round	37.9917(*)	7.51234	.000	22.2088	53.7745
	0.14 mm/round	-62.2625(*)	7.51234	.000	-78.0453	-46.4797
0.14 mm/round	0.08 mm/round	100.2542(*)	7.51234	.000	84.4713	116.0370
	0.11 mm/round	62.2625(*)	7.51234	.000	46.4797	78.0453

Based on observed means.

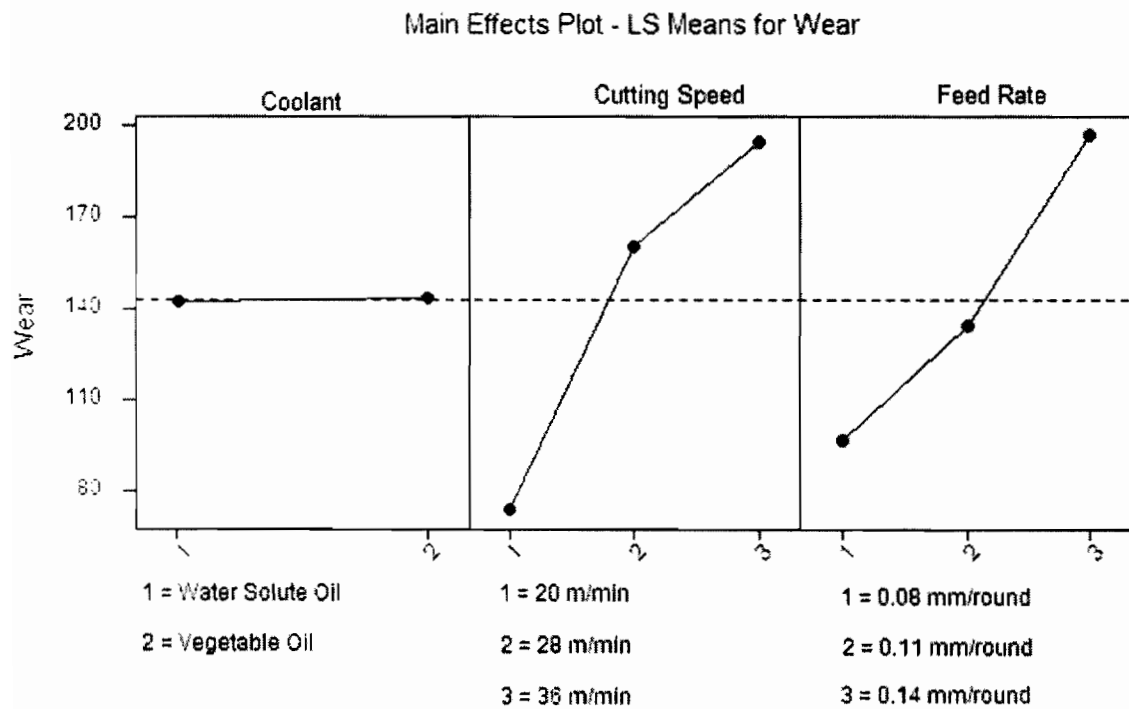
* The mean difference is significant at the .05 level.



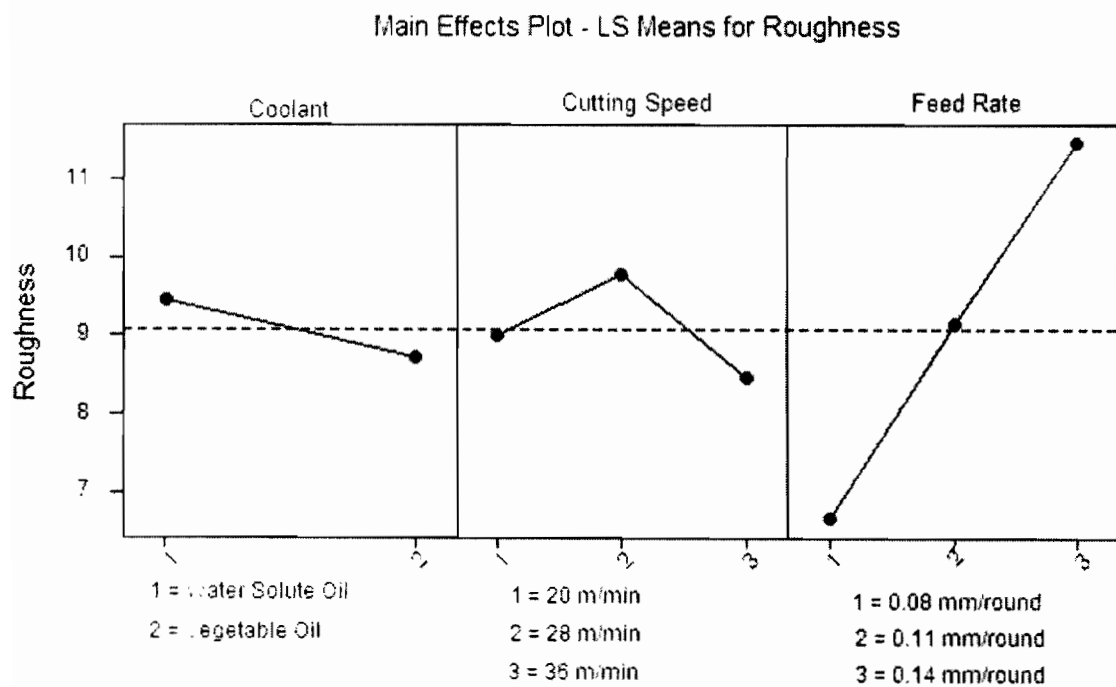
รูปที่ ข.3 กราฟแสดงการแจกแจงปกติ ค่าความคลาดเคลื่อนของ
ความขรุขระ ค่า P-Value มากกว่า 0.05



รูปที่ ข.4 กราฟแสดงการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ ค่าความคลาดเคลื่อน
ของการสีกหรือของมิดคถึง ค่า P-Value มากกว่า 0.05

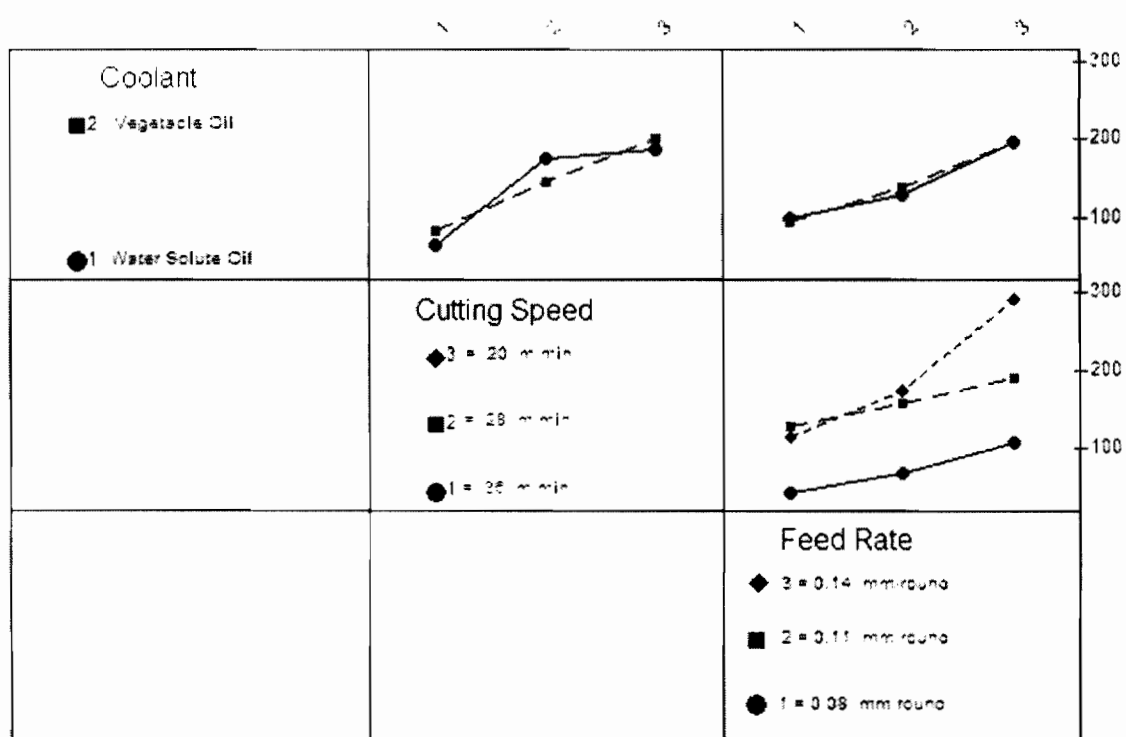


รูปที่ ข.5 แสดงปัจจัยหลัก(Main effect) ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง



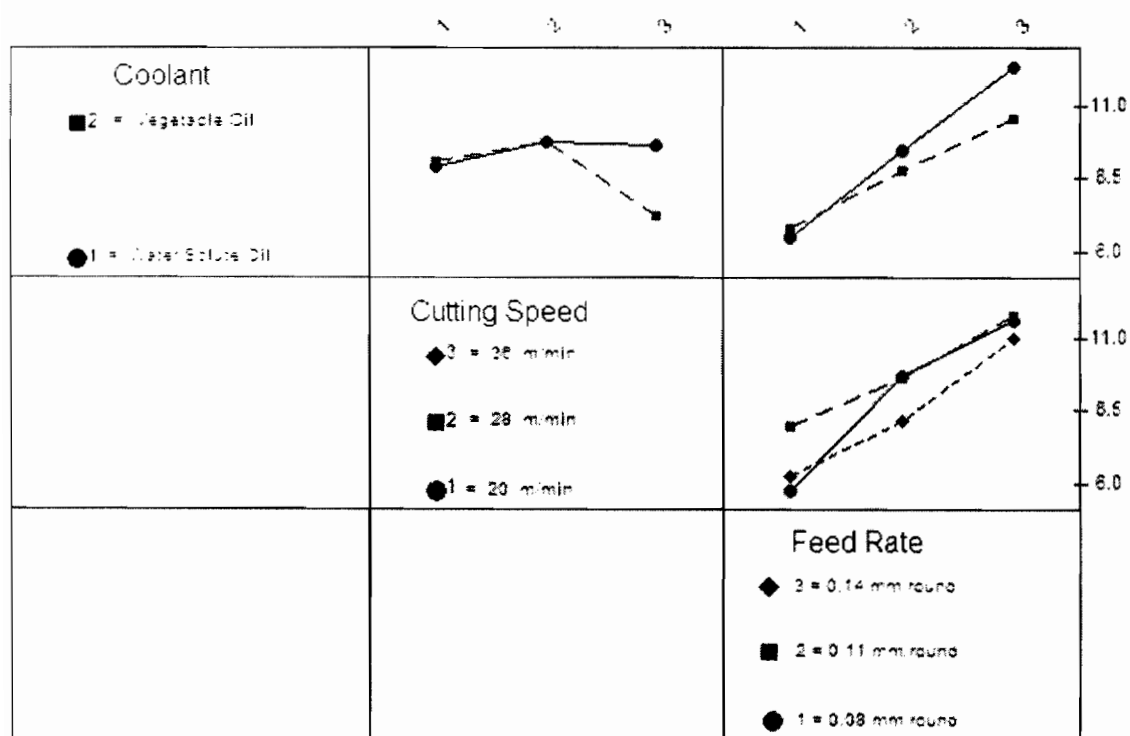
รูปที่ ข.6 แสดงปัจจัยหลัก (Main effect) ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงานกลึง

Interaction Plot - LS Means for Wear



รูปที่ ข.7 แสดงปัจจัยร่วม (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง

Interaction Plot - LS Means for Roughness



รูปที่ ข.8 แสดงปัจจัยร่วม (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงานกลึง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

Factorial Design

General Factorial Design

Factors: 3 Factor Levels: 2, 3, 3
Runs: 36 Replicates: 2

General Linear Model: Roughness, Wear versus Coolant, Cutting, Feed

Factor	Type	Levels	Values
Coolant	fixed	2	1 2
Cutting	fixed	3	1 2 3
Feed	fixed	3	1 2 3

Analysis of Variance for Roughnes, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Coolant	1	4.988	4.988	4.988	3.40	0.082
Cutting	2	10.648	10.648	5.324	3.63	0.047
Feed	2	139.981	139.981	69.991	47.70	0.000
Coolant*Cutting	2	12.442	12.442	6.221	4.24	0.031
Coolant*Feed	2	6.492	6.492	3.246	2.21	0.138
Cutting*Feed	4	7.273	7.273	1.818	1.24	0.330
Coolant*Cutting*Feed	4	11.518	11.518	2.879	1.96	0.144
Error	18	26.414	26.414	1.467		
Total	35	219.755				

Unusual Observations for Roughnes

Obs	Roughnes	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
17	7.4300	9.6750	0.8566	-2.2450	-2.62R
25	11.9200	9.6750	0.8566	2.2450	2.62R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Analysis of Variance for Wear, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Coolant	1	13	13	13	0.04	0.849
Cutting	2	93063	93063	46532	137.52	0.000
Feed	2	61486	61486	30743	90.86	0.000
Coolant*Cutting	2	4441	4441	2220	6.56	0.007
Coolant*Feed	2	228	228	114	0.34	0.719
Cutting*Feed	4	18092	18092	4523	13.37	0.000
Coolant*Cutting*Feed	4	3319	3319	830	2.45	0.083
Error	18	6091	6091	338		
Total	35	186733				

Unusual Observations for Wear

Obs	Wear	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
14	272.900	303.025	13.007	-30.125	-2.32R
34	333.150	303.025	13.007	30.125	2.32R

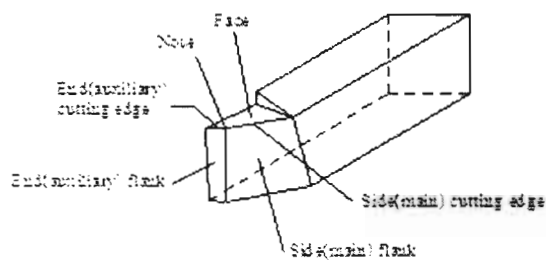
R denotes an observation with a large standardized residual.

Least Squares Means

			.. Roughnes ..		 Wear	
Coolant			Mean	SE Mean	Mean	SE Mean
1			9.464	0.2855	142.081	4.3357
2			8.719	0.2855	143.263	4.3357
Cutting						
1			9.022	0.3497	73.553	5.3102
2			9.790	0.3497	160.066	5.3102
3			8.463	0.3497	194.396	5.3102
Feed						
1			6.649	0.3497	96.594	5.3102
2			9.148	0.3497	134.573	5.3102
3			11.478	0.3497	196.848	5.3102
Coolant*Cutting						
1	1		8.930	0.4945	64.083	7.5097
1	2		9.797	0.4945	175.135	7.5097
1	3		9.665	0.4945	187.023	7.5097
2	1		9.113	0.4945	83.023	7.5097
2	2		9.783	0.4945	144.997	7.5097
2	3		7.262	0.4945	201.768	7.5097
Coolant*Feed						
1	1		6.515	0.4945	98.462	7.5097
1	2		9.493	0.4945	130.525	7.5097
1	3		12.383	0.4945	197.255	7.5097
2	1		6.783	0.4945	94.727	7.5097
2	2		8.802	0.4945	138.620	7.5097
2	3		10.573	0.4945	196.442	7.5097
Cutting*Feed						
1	1		5.768	0.6057	44.420	9.1975
1	2		9.670	0.6057	69.190	9.1975
1	3		11.628	0.6057	107.050	9.1975
2	1		7.938	0.6057	129.570	9.1975
2	2		9.638	0.6057	158.653	9.1975
2	3		11.795	0.6057	191.975	9.1975
3	1		6.243	0.6057	115.793	9.1975
3	2		8.135	0.6057	175.875	9.1975
3	3		11.012	0.6057	291.520	9.1975
Coolant*Cutting*Feed						
1	1	1	6.135	0.8566	44.890	13.0072
1	1	2	9.395	0.8566	63.510	13.0072
1	1	3	11.260	0.8566	83.850	13.0072
1	2	1	6.865	0.8566	147.045	13.0072
1	2	2	9.410	0.8566	173.470	13.0072
1	2	3	13.115	0.8566	204.890	13.0072
1	3	1	6.545	0.8566	103.450	13.0072
1	3	2	9.675	0.8566	154.595	13.0072
1	3	3	12.775	0.8566	303.025	13.0072
2	1	1	5.400	0.8566	43.950	13.0072
2	1	2	9.945	0.8566	74.870	13.0072
2	1	3	11.995	0.8566	130.250	13.0072
2	2	1	9.010	0.8566	112.095	13.0072
2	2	2	9.865	0.8566	143.835	13.0072
2	2	3	10.475	0.8566	179.060	13.0072
2	3	1	5.940	0.8566	128.135	13.0072
2	3	2	6.595	0.8566	197.155	13.0072
2	3	3	9.250	0.8566	280.015	13.0072

ภาคผนวก ค.

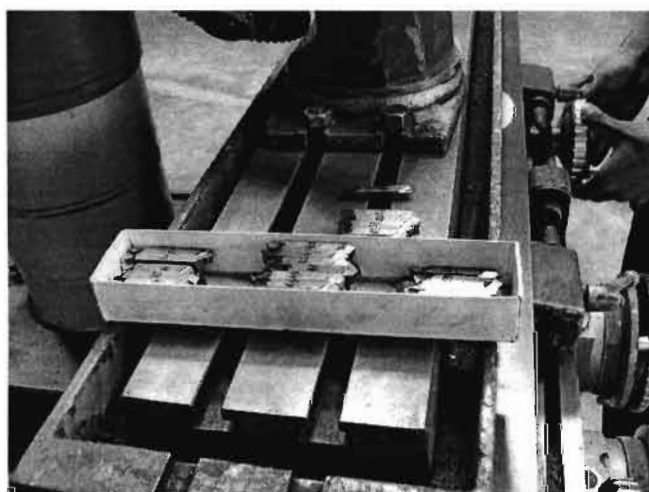
ภาพประกอบขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย



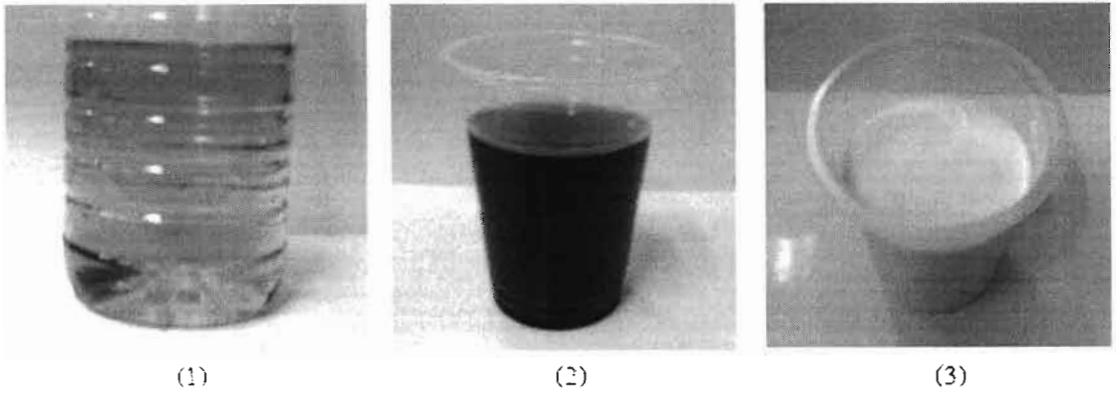
รูปที่ ค.1 ถับมีดกลึง HSS ให้ได้มุมดังนี้ มุมพรีด้านข้าง(Side Relieve Angle, α) 8 องศา, มุมลิ้ม (Wedge Angle, β) 70 องศา, มุมคายเศษ โลหะ 12 องศา และมุมพรีด้านหน้า (End flank) 8 องศา



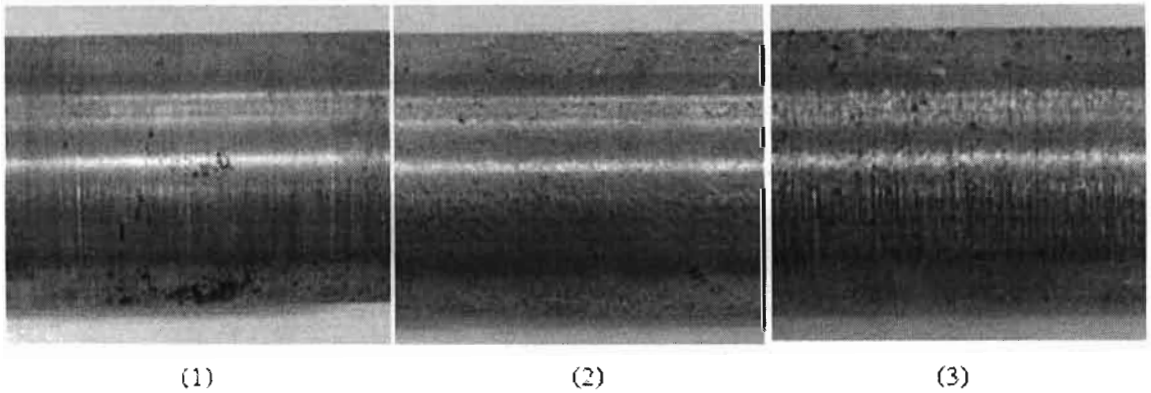
รูปที่ ค.2 การถับมีดกลึงให้ได้มุมตามที่กำหนดไว้ในการทดลอง



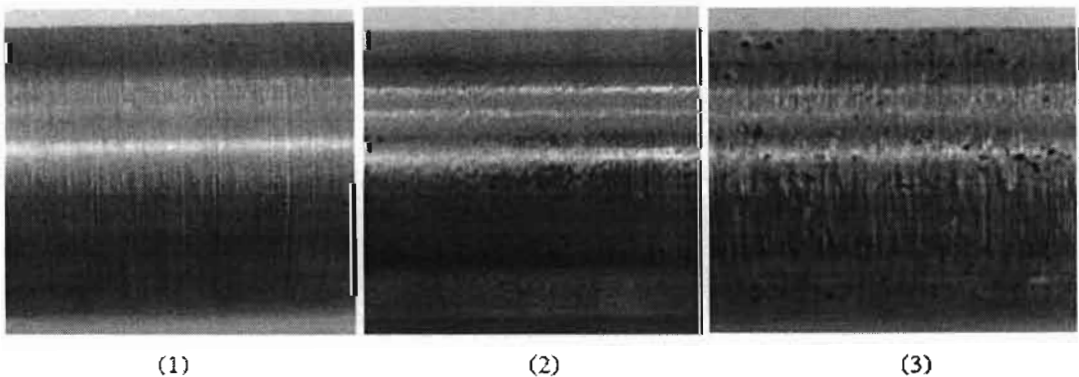
รูปที่ ค.3 มีดกลึงที่ถับเสร็จแล้ว



รูปที่ ๔.4 สารหล่อเย็นที่ใช้ในการทดลอง (1) น้ำมันพีช, (2) น้ำมันหล่อเย็น และ น้ำมันหล่อเย็นผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:20



รูปที่ ๕.5 ผิวของชิ้นงานจากการทดลองเบี่ยงต้น (1) $V = 40 \text{ m/min}$, $F = 0.1 \text{ mm/round}$
 (2) $V = 40 \text{ m/min}$, $F = 0.2 \text{ mm/round}$, $V = 40 \text{ m/min}$, $F = 0.3 \text{ mm/round}$
 ป้อนลึก 1 มม. หล่อเย็นด้วยน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ



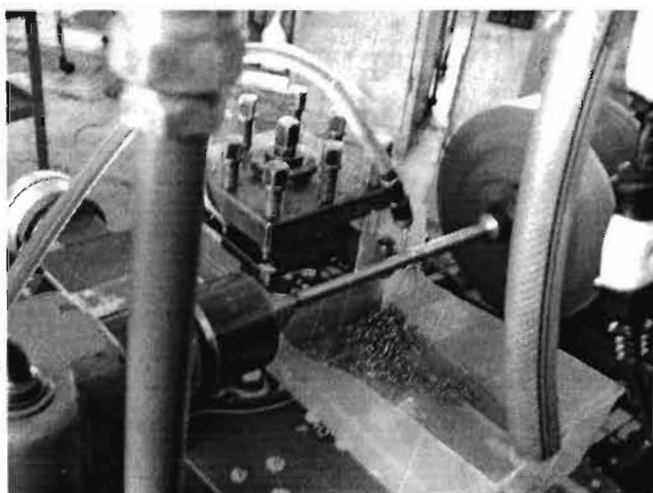
รูปที่ ๕.6 ผิวของชิ้นงานจากการทดลองเบี่ยงต้น (1) $V = 40 \text{ m/min}$, $F = 0.1 \text{ mm/round}$
 (2) $V = 40 \text{ m/min}$, $F = 0.2 \text{ mm/round}$, $V = 40 \text{ m/min}$, $F = 0.3 \text{ mm/round}$
 ป้อนลึก 1 มม. หล่อเย็นด้วยน้ำมันพีช



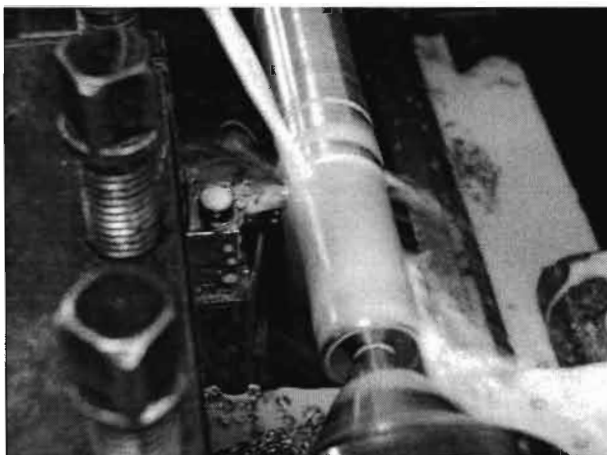
รูปที่ ค.7 ชิ้นงานที่ถูกเตรียมไว้สำหรับการทดลอง



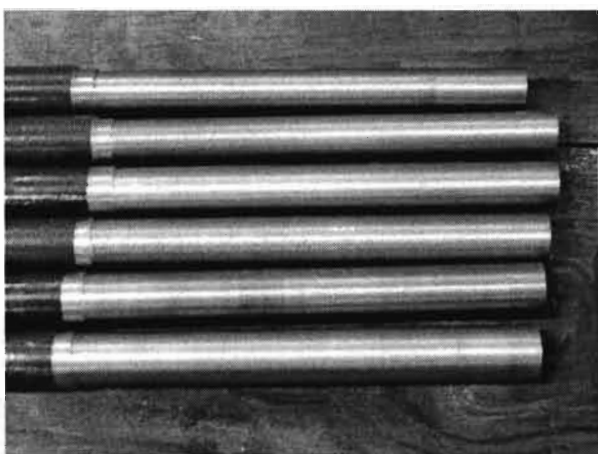
รูปที่ ค.8 ตั้งระยะมีดกลึงโดยใช้ Filler garge สำหรับการป้อนลึก 1 มม.



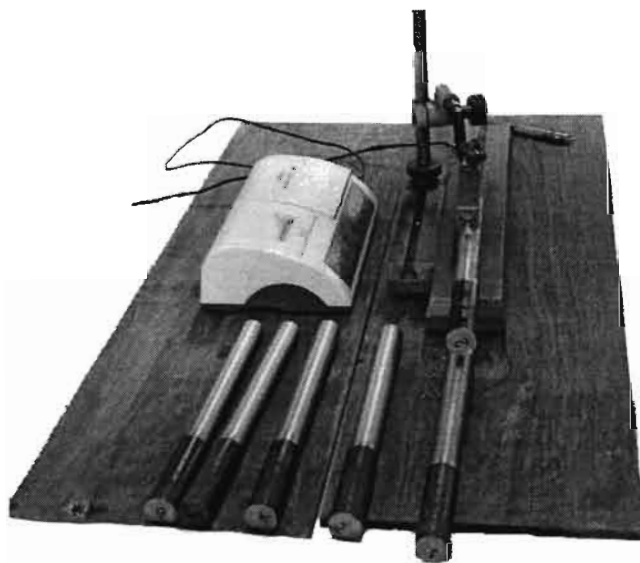
รูปที่ ค.9 การกลึงงานเมื่อหล่อเย็นด้วยน้ำมันพืช



รูปที่ ค.10 การกลึงงานเมื่อหล่อเย็นด้วยน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ



รูปที่ ค.11 ชิ้นงานที่ถูกกลึงตามเงื่อนไขการทดลองแล้ว



รูปที่ ค.12 เตรียมวัดความเรียบผิวชิ้นงาน



รูปที่ ค.13 ลักษณะของแผ่นเทียบผิวมาตรฐานขนาด $Ra = 2.95 \mu m$.



รูปที่ ค.14 การปรับเทียบเครื่องวัดค่าความเรียบของพื้นผิวกับแผ่นมาตรฐาน



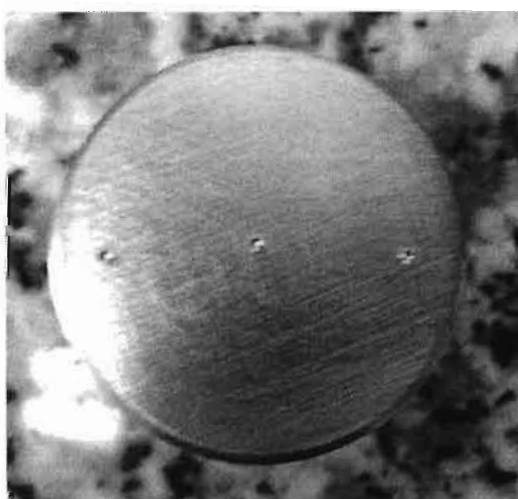
รูปที่ ค.15 วัดค่าความเรียบของพื้นผิวงานกลึงที่ตำแหน่งแรก



รูปที่ ค.16 วัดค่าความเรียบของพื้นผิวงานกลึงที่ตำแหน่งที่สอง



รูปที่ ค.17 เครื่องทดสอบความแข็งแบบ Rockwell scale C



รูปที่ ค.18 ทดสอบค่าความแข็งของชิ้นงานมีความแข็งที่ 27-30 HR_C



รูปที่ ค.19 ทดสอบหาค่าความแข็งของมีดกลึง ทดสอบได้ 58-62 HR_C



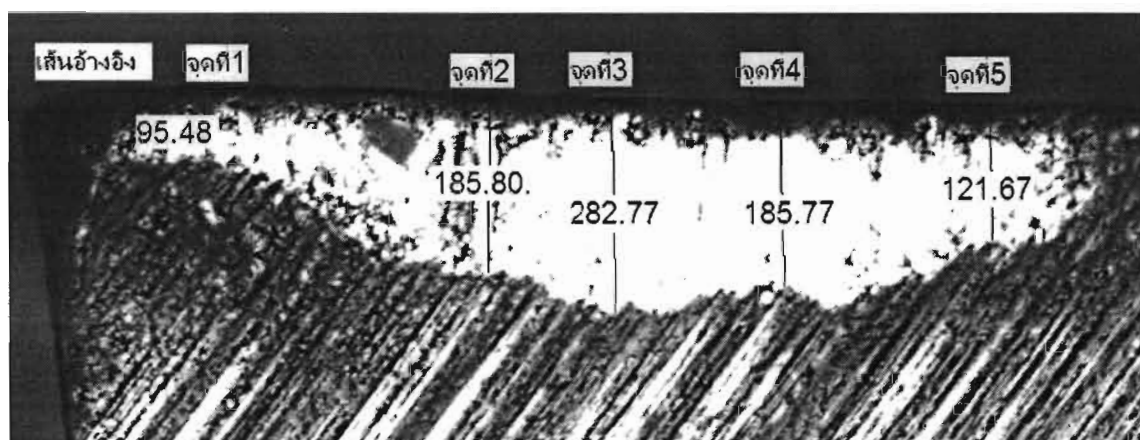
รูปที่ ค.20 เครื่องทดสอบหาค่าส่วนผสมของชิ้นงาน



รูปที่ ค.21 ชิ้นงานมีส่วนผสมประกอบด้วย Fe = 97.3329 %, S = 0.011 %, C = 0.396 %, Cr = 0.915 %, Si = 0.215 %, Ni = 0.120 %, Sn = 0.011 %, Mn = 0.634 %, Mo = 0.157 %, Al = 0.019 %, Cu = 0.167 % และอื่นๆ = 0.0221 %



รูปที่ ค.22 เครื่องวัดค่าการสึกหรอของมีดกลึง



รูปที่ ค.23 การสึกหรอของมีดกลึง และตำแหน่งการวัดความลึกการสึกหรอของมีดกลึง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล

นายปัญญาคม เจริญไชย

วัน เดือน ปีเกิด

6 มิถุนายน 2502

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา

มัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนสว่างศึกษา อ.สว่างแดนดิน จ.สกลนคร พ.ศ. 2518

ระดับอาชีวศึกษา

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างกลโรงงาน

วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตขอนแก่น พ.ศ. 2521

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างกลโรงงาน

วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตขอนแก่น พ.ศ. 2523

ระดับปริญญาตรี

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องมือกล

วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทเวศร์ พ.ศ. 2525

ระดับปริญญาโท

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2549

ประวัติการทำงาน

อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างกลโรงงาน

วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร พ.ศ. 2526 - ปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ข้อตกลงว่าด้วยการโอนลิขสิทธิ์วิทยานิพนธ์

วันที่ 13 มิถุนายน 2550

ข้าพเจ้า นายปัญญาคม เจริญไชย รหัสประจำตัว 48480213 เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี อยู่บ้านเลขที่ 219/33 ถนนนิตโย ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร รหัสไปรษณีย์ 47000 ขอโอนลิขสิทธิ์วิทยานิพนธ์นี้ให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมี รศ.ดร.ศักดิ์ กองสุวรรณ ตำแหน่งคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี เป็นผู้รับโอนลิขสิทธิ์และมีข้อตกลงดังนี้

1. ข้าพเจ้าได้จัดทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเรียบผิวและการสึกหรอของมีดกลึง ในการกลึงเหล็กเครื่องมือ ซึ่งอยู่ในความควบคุมของ ผศ. ดร. สิทธิชัย แก้วเกื้อกุล และ ผศ.คมสัน จิระภัทรศิลป์ ตามมาตรา 14 แห่ง พ.ร.บ.ลิขสิทธิ์ พ.ศ.2537 และถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2. ข้าพเจ้าตกลงโอนลิขสิทธิ์จากผลงานทั้งหมดที่เกิดขึ้น จากการสร้างสรรค์ของข้าพเจ้าในวิทยานิพนธ์ให้ทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตลอดจนอายุแห่งการคุ้มครองลิขสิทธิ์ตามมาตรา 23 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ.2537 ตั้งแต่วันที่ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์จากมหาวิทยาลัย
3. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปใช้ในการเผยแพร่ในสื่อใดๆ ก็ตาม ข้าพเจ้าจะต้องระบุว่าวิทยานิพนธ์เป็นผลงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ทุกๆ ครั้งที่มีการเผยแพร่
4. ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปเผยแพร่ หรืออนุญาตให้ผู้อื่นทำซ้ำหรือดัดแปลงหรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน หรือกระทำการอื่นใดตามมาตรา 27, มาตรา 28, มาตรา 29 และมาตรา 30 แห่งพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ.2537 โดยมีค่าตอบแทนในเชิงธุรกิจ ข้าพเจ้าจะกระทำได้เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ลงชื่อ.....ผู้โอนลิขสิทธิ์
(นายปัญญาคม เจริญไชย)

ลงชื่อ.....ผู้รับโอนลิขสิทธิ์
(รศ.ดร.ศักดิ์ กองสุวรรณ)

ลงชื่อ.....พยาน
(ผศ. ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกุล)

ลงชื่อ.....พยาน
(ผศ.คมสัน จิระภัทรศิลป์)