การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการหล่อเย็นงานกลึงเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 316

COMPARATIVE STUDY OF COOLING METHOD IN TURNING PROCESS OF SUS 316 STAINLESS STEEL

อติชาติ ศรีไวย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการหล่อเย็นงานกลึงเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 316

อติชาติ ศรีไวย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการหล่อเย็นงานกลึงเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 316 Comparative Study of Cooling Methods in Turning Process of SUS 316 Stainless Steel
ชื่อ – นามสกุล	นายอติชาติ ศรีไวย์
สาขาวิชา	วิศวกรรมการผลิต
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยยะ ปราณีตพลกรัง, D.Eng.
ปีการศึกษา	2560

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติพงษ์ กิมะพงศ์, Ph.D.)

.... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิชัย จันทร์มณี, Ph.D.)

.... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริชัย ต่อสกุล, D.Ing.)

.... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยยะ ปราณีตพลกรัง, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ 15 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2561

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการหล่อเย็นงานกลึงเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 316

ชื่อ - นามสกุล นายอติชาติ ศรีไวย์

สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยยะ ปราณีตพลกรัง, D.Eng.

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการใช้สารหล่อเย็นในงานตัดเฉือนเป็นปริมาณมาก มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนงาน จึงมีการนำเสนอทางเลือกใหม่ๆ ของวิธีการหล่อเย็นในงานตัดเฉือนเพื่อลดปริมาณการใช้สารหล่อเย็น เช่น การหล่อเย็นโดยใช้สารหล่อเย็นปริมาณน้อย (MQL) การหล่อเย็นโดยใช้ลมและการไม่ใช้สารหล่อเย็น บทความนี้นำเสนอการเปรียบเทียบวิธีการหล่อเย็นในงานตัดเฉือนโดยใช้ลมเย็นจากท่อวอร์เท็กกับวิธีการหล่อเย็นแบบดั้งเดิมหรือแบบเปียกและการไม่ใช้สารหล่อเย็น (วิธีแบบแห้ง)

โดยทดลองประสิทธิภาพการหล่อเย็นในงานกลึงสแตนเลส SUS 316 ใช้เม็ดมีดกลึงอินเสิร์ท แบบเซอร์เมท (Cermet) ปัจจัยในการตัดเฉือนที่ใช้ในการทดลองได้แก่ความเร็วตัด 50 65 และ 80 เมตรต่อนาที อัตราป้อน 0.085 0.13 และ 0.18 มิลลิเมตรต่อรอบ โดยใช้ความลึกในการกลึง 1 มิลลิเมตร ประสิทธิภาพของวิธีการหล่อเย็นทั้งสามวิธีตรวจสอบโดยการวัดความหยาบผิวของชิ้นงาน วัดการสึกหรอของมีดกลึงและใช้ไดนาโมมิเตอร์แบบวัดแรงตัด 3 แกน

จากผลการทดลองพบว่าวิธีการหล่อเย็นโดยใช้ลมเย็นจากท่อวอร์เท็กให้ค่าความหยาบผิวและการสึกหรอของมีดกลึงอยู่ระหว่างวิธีการหล่อเย็นแบบเปียก (แบบดั้งเดิม) และวิธีการหล่อเย็นแบบไม่ใช้สารหล่อเย็น (แบบแห้ง)

คำสำคัญ : เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 เครื่องกลึงซีเอ็นซี ความหยาบผิว การสึกหรอมีดกลึง แรงตัด กระบวนการหล่อเย็น

Thesis Title	Comparative Study of Cooling Methods in Turning Process of SUS 316 Stainless Steel
Name – Surname	Mr. Atichart Sriwai
Program	Manufacturing Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Chaiya Praneetpongrung, D.Eng.
Academic Year	2017

ABSTRACT

Recently, there is a great deal of using cutting fluid in shearing posing danger to environment and laborers' health. Accordingly, many alternative solutions have been sought to minimize the use of cutting fluid in shearing such as minimum quantity lubrication (MQL), air jet cooling, and dry cooling.

This study aimed to compare three cooling methods: cool air from vortex, cutting fluid, and dry cooling. The effectiveness of cooling methods was experimented in stainless lathe SUS316 using cermet cutting tool. The factors of shearing in the experiment were cutting speed (50, 65, and 80 meter per minute) and feed rate (0.085, 0.13 and 0.18 millimeter per time). The depth of shaping was 1 millimeter. The effectiveness of those 3 methods was investigated by surface roughness, cutting tool erosion, and cutting force.

The results showed that the values of surface roughness and cutting tool erosion from using cool air from vortex were the values between cutting fluid and dry cooling.

Keywords: SUS 3 1 6 , CNC lathe machine, surface roughness, cutting tool erosion, cutting force, cooling method

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ผศ.ดร.ชัยยะ ปราณีตพลกรัง อาจารย์ที่ปรึกษาและคณะกรรมการผู้ช่วยศาสตราจารย์ ผ.ศ.ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ผ.ศ. ดร. ศิริชัย ต่อสกุล สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ผ.ศ. ดร. พิชัย จันทร์มณี ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา อาจารย์ทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุน และแนะนำแนวทางการศึกษา และทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

นายอติชาติ ศรีไวย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... (4)
กิตติกรรมประกาศ .... (5)
สารบัญ .... (6)
สารบัญตาราง .... (8)
สารบัญรูป .... (9)
บทที่ 1 บทนำ 11
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 11
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 14
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 14
1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ 15
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16
2.1 งานกลึง 16
2.2 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) 20
2.3 สมบัติของวัสดุเครื่องมือตัด 22
2.4 ประเภทการสึกหรอของเครื่องมือตัด 26
2.5 ลักษณะการคายเศษตัด 29
2.6 ท่อวอเทกซ์(Vortex) 32
2.7 ความหยาบของผิว 35
2.8 ไดนาโมมิเตอร์ 38
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 43
2.10 สรุปแนวคิดของงานวิจัยนี้ 44
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 45
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง 47
3.3 การออกแบบการทดลอง 53
3.4 วิธีการทดลอง 54
บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลดำเนินงานวิจัย 61
4.1 ผลการทดลอง 61
4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 68
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 72
5.1 สรุปผลการทดลอง 72
5.2 ข้อเสนอแนะ 73
บรรณานุกรม 74
ภาคผนวก 77
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง 78
ภาคผนวก ข ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ 118
ประวัติผู้เขียน 128

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหยาบทางคณิต 36
ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมทางเคมีของสแตนเลส 316 ที่ใช้ในการทดลอง 47
ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติจำเพาะน้ำมันหล่อเย็นในการตัดเปียก. 48
ตารางที่ 3.3 แสดงระดับตัวแปรใช้ในการทดลอง 54
ตารางที่ 3.4 แสดงค่าความเร็วรอบที่ใช้งาน 55
ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงบันทึกค่าความหยาบผิวเฉลี่ยที่อัตราป้อน 3 ระดับ 56
ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงบันทึกค่าหยาบเรียบผิวเฉลี่ยที่ปริมาณลม 3 ระดับ 58
ตารางที่ 3.7 ตารางแสดงบันทึกค่าความหยาบผิวเฉลี่ยที่ความเร็วตัด 3 ระดับ............................... 59
ตารางที่ 3.8 ตารางแสดงบันทึกค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเปรียบเทียบวิธีหล่อเย็น 3 แบบ................. 60
ตารางที่ 3.9 ตารางแสดงบันทึกค่าการสึกหรอของมีดตัดเปรียบเทียบวิธีหล่อเย็น 3 แบบ 60

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงการทำงานด้วยวิธีหล่อเย็นแบบเป่า 12
รูปที่ 1.2 แสดงการทางานของท่อวอร์เท็ก........ 13
รูปที่ 2.1 กระบวนการของการกลึงปาดหน้า 16
รูปที่ 2.2 กระบวนการของการกลึงปอก........ 17
รูปที่ 2.3 ปัจจัยที่สำคัญทั้งหมดที่ใช้งานกลึงปอกด้วยมีดกลึงอินเสิร์ท........ 18
รูปที่ 2.4 ลักษณะของความยาวเศษตัดที่เกิดขึ้นในเวลา 1 นาที 19
รูปที่ 2.5 โครงสร้างทางโลหะวิทยาของเครื่องมือคมตัดชนิดคาร์ไบด์ 24
รูปที่ 2.6 อิทธิพลของ WC และ CO ที่มีต่อสมบัติทางกลของซีเมนต์คาร์ไบด์ 25
รูปที่ 2.7 อิทธิพลของขนาดเกรนต่อความแข็งและความเหนียวของซีเมนต์คาร์ไบด์ 26
รูปที่ 2.8 รูปแบบการสึกหรอของเครื่องมือคมตั........ 27
รูปที่ 2.9 ประเภทการสึกหรอของเครื่องมือคมตัด........ 27
รูปที่ 2.10 รูปแบบการสึกหรอตามของเครื่องมือคาร์ไบด์ตามมาตรฐาน ISO 3685-1977........ 29
รูปที่ 2.11 ลักษณะต่างๆของการเกิดเศษตัด 3 แบบ........ 30
รูปที่ 2.12 การจำแนกประเภทของรูปแบบเศษตัดตามมาตรฐาน ISO 3685-1977 31
รูปที่ 2.13 การจำแนกประเภทของประเภทเศษตัด 32
รูปที่ 2.14 แสดงการไหลของอากาศภายในท่อวอร์เท 33
รูปที่ 2.15 การทำงานของท่อวอร์เทกซ์ 34
รูปที่ 2.16 ท่อวอร์เทกซ์........ 34
รูปที่ 2.17 การวัดความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Roughness average: Ra)........ 37
รูปที่ 2.18 ความหยาบผิวที่เกิดจากส่วนของรัศมีของปลายคมตัด 37
รูปที่ 2.19 ภาพแสดงสมการของอัตราป้อนที่มีอิทธิพลต่อความหยาบผิว 38
รูปที่ 2.20 องค์ประกอบความไม่ราบเรียบบนพื้นผิว........ 38
รูปที่ 2.21 ไดนาโมมิเตอร์แบบวัดแรงตัดชนิด Piezoelectric 3 แกน 39
รูปที่ 2.22 การกำหนดค่าของแรงที่ใช้ในการทดสอบ 40
รูปที่ 2.23 การกำหนดช่วงเวลาของการทดสอบ........ 41
รูปที่ 2.24 การกำหนดสภาวะเงื่อนไขในการตัดเฉือน 41

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.25 การกำหนดจำนวนของแรงที่จะแสดงผล.. 41

รูปที่ 2.26 แสดงการเริ่มทำการตัดเฉือน โดยการกดปุ่ม GO 41

รูปที่ 2.27 แสดงแรงที่ได้จากการตัดเฉือน... 43

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานการทดลอง 46

รูปที่ 3.2 แสดงชิ้นงานทดลอง สแตนเลส 316 47

รูปที่ 3.3 แสดงชนิดของเม็ดมีดที่ใช้ในการทดลอง 48

รูปที่ 3.4 แสดงน้ำยาหล่อเย็นที่ใช้ในการทดลอง.. 49

รูปที่ 3.5 แสดงท่อวอร์เท็ก (Vortex Tube Gold air gun)ใช้ในการทดลอง 49

รูปที่ 3.6 ชุดไดนาโมมิเตอร์แบบวัดแรง 3 แกน 50

รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องกลึงซีเอ็นซี (CNC Lath) ที่ใช้ในการทดลอง 51

รูปที่ 3.8 แสดงด้ามจับเม็ดมีดกลึงที่ใช้จับเม็ดมีด 51

รูปที่ 3.9 แสดงเครื่องวัดความหยาบผิว 52

รูปที่ 3.10 แสดงกล้องจุลทรรศน์.. 52

รูปที่ 3.11 แสดภาพเครื่องวัดอุณภูมิและแรงดันลม 53

รูปที่ 3.12 แสดงการติดตั้งชุดอุปกรณ์หล่อเย็นเป่าลม 54

รูปที่ 3.13 แสดงการทดลองด้วยวิธีหล่อเย็นแบบเป่า 56

รูปที่ 3.14 แสดงการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นงาน ด้วย Mitutoyo Surf test SJ – 310 57

รูปที่ 3.15 แสดงการวัดค่าสึกหรอ Tool ด้วย กล้อง Microscope.. 57

รูปที่ 3.16 แสดงการวัดแรงในขณะการตัดเฉือน 58

รูปที่ 3.17 แสดงการทดลองด้วยวิธีหล่อเย็นแบบเปียก... 59

รูปที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบการตัดเฉือนชิ้นงานเพื่อหาแรงดันลมที่เหมาะสม 61

รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และความหยาบผิวชิ้นงาน จากการทดลอง
หล่อเย็นแบบลมเป่าที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน 63

รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และความหยาบผิวชิ้นงาน จากการทดลอง
แบบไม่หล่อเย็นที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน 64

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และความหยาบผิวชิ้นงาน จากการทดลองหล่อเย็นแบบเปียกที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน 65

รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และแรงตัดเฉือน จากการทดลองหล่อเย็นแบบลมเป่าที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน 66

รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และแรงตัดเฉือน จากการทดลองแบบไม่หล่อเย็นที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน 67

รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และแรงตัดเฉือน จากการทดลองหล่อเย็นแบบเปียกที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน 68

รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และความหยาบผิวชิ้นงานจากการทดลองที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที ภายใต้เงื่อนไขการหล่อเย็นที่ต่างกัน 69

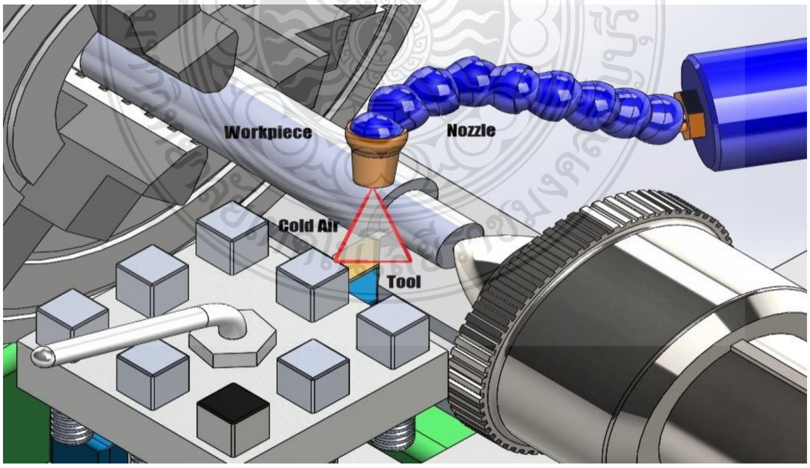
รูปที่ 4.9 ภาพถ่าย Microscope เม็ดมีดบริเวณผิวหลบ (Flank Wear) หลังจากการตัดเฉือนชิ้นงานที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที 0.085 มิลลิเมตร/รอบ 70

รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และแรงตัดจากการทดลองที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที ภายใต้เงื่อนไขการหล่อเย็นที่ต่างกัน 70

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

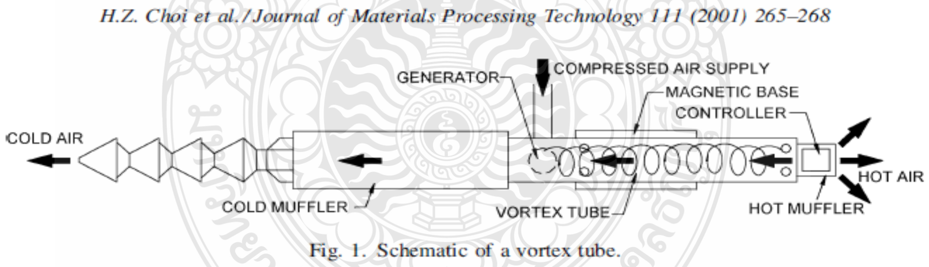
การตัดเฉือนโลหะโดยใช้เครื่องจักรหรือเครื่องมือตัดในการกำจัดเศษเนื้อโลหะออกให้ได้ขนาดและรูปร่างตามที่ต้องการมีหลายวิธี เช่น งานกลึง งานกัด งานเจาะ งานทำเกลียว งานเลื่อย งานตัดเฉือนเหล่านี้มีความสำคัญอย่างมากในอุตสาหกรรมการผลิตในเชิงพาณิชย์ ในการตัดเฉือนเนื้อวัสดุ ความร้อนจะเกิดขึ้นเนื่องจากการเสียดสีระหว่างคมตัดและเนื้อวัสดุ ซึ่งเป็นสาเหตุให้คมตัดเกิดการสึก ซึ่งเป็นสาเหตุให้คมตัดเกิดการสึกหรอ เพื่อยืดอายุการใช้งานของคมตัดให้ยาวนานขึ้น จำเป็นต้องมีการหล่อเย็นโดยใช้สารหล่อเย็น การหล่อเย็นแบบดั้งเดิมคือแบบเปียก (Flooding or wet coolant) มีผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมจากสารเคมีที่ผสมลงในสารหล่อเย็น นอกจากนี้การกำจัดสารเคมีหลังจากการผลิตยังเพิ่มต้นทุนการผลิตอีกด้วย [1] อุตสาหกรรมการผลิตในปัจจุบันจึงหันมาใส่ใจเรื่องสิ่งแวดล้อมมากขึ้น (Green manufacturing) เนื่องจากเป็นข้อกำหนดของมาตรฐานการผลิต (ISO 14001) ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดการพัฒนารูปแบบการหล่อเย็นแบบใหม่เพื่อลดต้นทุนและรักษาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เช่นการหล่อเย็นแบบการใช้สารหล่อเย็นปริมาณน้อย (Minimum quantity Lubrication, MQL), การหล่อเย็นแบบไม่ใช้สารหล่อเย็น (Dry machining) การหล่อเย็นแบบไครโยจินิค (Cryogenic cooling) [1,2] และการหล่อเย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า (Cold air) ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงการทำงานด้วยวิธีหล่อเย็นแบบเป่า

การหล่อเย็นแบบไม่ใช้สารหล่อเย็นมีข้อด้อยคือวัสดุที่เป็นคมตัดจะต้องมีคุณสมบัติทนทานต่อการสึกหรอในการตัดเฉือนวัสดุที่แข็งมากๆ ได้ ซึ่งการพัฒนาวัสดุให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการต้องใช้ต้นทุนสูงและทำให้ราคามีดตัดมีราคาสูงตามไปด้วย ส่วนการหล่อเย็นแบบการใช้สารหล่อเย็นปริมาณน้อยและการหล่อเย็นแบบไครโยจินิคต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการซื้อน้ำมันหล่อเย็นและสารที่ให้ความเย็นสูง เช่น ไนโตรเจน น้ำยาหล่อเย็น เป็นต้น ดังนั้นการหล่อเย็นแบบใช้ลมเย็นเป่า จึงน่าจะเป็นทางเลือกในการหล่อเย็นงานตัดเฉือนโลหะในอนาคตอันใกล้

การหล่อเย็นแบบเป่าลมเย็น (Cold air cutting) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากระบวนการตัดเฉือนแบบเป่าลมเย็นเป็นวิธีการหล่อเย็นแบบใหม่โดยใช้ลมเย็นเป่าไปเฉพาะจุดที่ทำการตัดเฉือนเช่น ปลายของมีดกลึง ปลายดอกสว่าน เป็นต้น เพื่อลดความร้อนในจุดที่มีการตัดเฉือนพร้อมเป่าทำความสะอาด วิธีการหล่อเย็นแบบนี้มีหลักการคือใช้ลมเย็นที่ได้มาจากการปล่อยลมแรงดันสูงให้ไหลผ่านท่อวอร์เท็ก (Vortex tube) เมื่อลมเข้าไปในท่อจะทำให้ลมหมุนวนเป็นเกลียวอย่างรวดเร็วและรุนแรง ลมที่พัดหมุนเป็นเกลียวนี้จะมีความเร็วสูงมากที่ผิวด้านนอก เมื่อไปถึงปลายท่อด้านหนึ่ง ปลายท่อนั้นจะมีช่องที่ปล่อยเฉพาะลมที่ผิวออกไป (ด้านขวา) ส่วนลมในส่วนในจะถูกกั้นเอาไว้แล้วสะท้อนกลับสวนออกมาที่ปลายท่ออีกด้านหนึ่ง (ด้านซ้าย) ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ส่วนต่างของอุณหภูมิจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความดันของลมที่เป่าเข้าไปปลายท่อ ท่อนี้ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหวใดๆ เลย แต่สามารถแยกลมออกเป็นสองกระแสสองอุณหภูมิได้



รูปที่ 1.2 แสดงการทำงานของท่อวอร์เท็ก [3]

ลมที่เป่าออกมาเป็นลมเย็นจะช่วยลดการเกิดสนิมของเครื่องจักรได้ ประหยัดค่าใช้จ่ายไม่ต้องใช้น้ำหล่อเย็น ไม่ต้องเสียค่ากำจัด บริเวณที่ทำงานสะอาด สภาพแวดล้อมหน้างานไม่เปียกแฉะ ไม่ต้องเป่าแห้งอีกครั้ง ข้อดีของลมเย็นจากท่อวอร์เท็กคือ ไม่ก่อให้เกิดสาร CFC จึงไม่ก่อให้เกิด Greenhouse effect ช่วยลดโลกร้อน ไม่ต้องซ่อมบำรุง ทำให้ไม่มีค่าใช้จ่ายในเรื่องของการซ่อมบำรุงและปลอดภัยต่อการใช้งาน

วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการกลึงเหล็กกล้าไร้สนิม316 คุณสมบัติเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ในกลุ่ม กลุ่มออสเทนนิติค (Austenitic) เกรด 316 โดยจะมีธาตุที่ผสมอยู่คือ ธาตุโมลิเดนั่ม 2% โครเมี่ยม 16 – 18% คาร์บอน 0.15% และนิกเกิล อย่างน้อย 12-15 % สามารถใช้งานเย็นจัดและร้อนจัดที่อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่านี้ช่วยให้ลดปัญหาการผุกร่อน สามารถทนการกัดกร่อนจากสารเคมี ประเภท กรด น้ำเค็ม ได้ดีกว่าเกรด 304 จึงเป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเดินเรือ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมการแพทย์ โครงสร้างของเครื่องจักร รวมไปถึงโครงสร้างของเครื่องจักร และที่เห็นใช้กันบ่อยๆเช่น น็อต สกรู เพลาเครื่องจักร เรือทะเล ประตูรั้วบ้านเรือน รถเข็นอุปกรณ์การแพทย์ เป็นต้น ใช้เครื่องกลึง CNC ในการทดลองนี้จะทำการพิจารณาวิธีการหล่อเย็น 3 วิธีได้แก่ การกลึงแบบแห้ง (Dry), แบบเปียก (Coolant) และ แบบลมเป่า (Cold air) องค์ประกอบในการตัดเฉือนประกอบไปด้วย อัตราป้อน แรงตัด และความเร็วตัด โดยแต่ละตัวแปรมี 3 ระดับโดยศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในการตัดเฉือนที่มีผลกระทบต่อความหยาบผิวของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 และการสึกหรอของมีดกลึง (Insert tool)

ผลจากการวิจัยนี้เป็นแนวทางในการเลือกใช้เงื่อนไขในการตัดเฉือนที่เหมาะสมของการหล่อเย็นแบบเป่าลมเย็นและเป็นแนวทางในการประยุกต์นำวิธีการหล่อเย็นแบบเป่าลมเย็นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาอิทธิพลตัวแปรแรงดันลมเป่าที่มีผลต่อคุณภาพผิวชิ้นงานและการสึกหรอของมีดกลึงและเปรียบเทียบ อิทธิพลของการหล่อเย็นแบบลมเป่า, แบบเปียกและแบบแห้ง

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 วิธีการหล่อเย็น ได้แก่

1.3.1.1 การหล่อเย็นแบบเป่าลมเย็น

1.3.1.2 การหล่อเย็นแบบเปียก

1.3.1.3 การตัดแบบแห้ง

1.3.2 ตัวแปรในการตัดเฉือนได้แก่

1.3.2.1 แรงดันลมเป่า 3 ระดับ คือ 4, 6 และ 8 บาร์[2]

1.3.2.2 อัตราป้อน 3 ระดับ คือ 0.085, 0.13 และ 0.18 มิลลิเมตรต่อรอบ[1,4]

1.3.2.3 ความเร็วตัด 3 ระดับ คือ 50, 65 และ 80 เมตรต่อนาที [1,4]

1.3.2.4 ความลึกตัด 1 ระดับ คือ 1.0 มิลลิเมตร[1]

1.3.2.5 วัสดุที่ใช้ คือ เหล็กกล้าไร้สนิม 316

1.3.2.6 มีดกลึงที่ใช้ MITSUBISHI รุ่น CNMG120408 เกรด 2525

1.3.2.7 เครื่องกลึง CNC รุ่น TURN450 EMCO

1.3.2.8 เครื่องวัดความหยาบผิว Mitutoyo รุ่น Surf test SJ - 310

1.3.2.9 กล้องดิตอลไมโครสโคป Dino - Lite รุ่น DNC 2.0

1.3.2.10 ไดนาโมมิเตอร์วัดแรงตัด KISTLER SN. 4464621 รุ่น 9257B

1.3.2.11 ชุดอุปกรณ์เป่าลมเย็น Vortex รุ่น 612

1.3.2.12 ชุดปรับแรงดันลม SMC รุ่น AW20-02BG

1.3.2.13 ด้ามมีด ARNO รุ่น PCLN R/L 2525 M12

1.3.2.14 น้ำยาหล่อเย็นยี่ห้อ ZERECL รุ่น BIOCUT No.4BB

1.3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

1.3.3.1 ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย

1.3.3.2 การสึกหรอของมีดกลึง

1.3.3.3 แรงที่ใช้ในการตัดเฉือน

1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบถึงอิทธิพลตัวแปรแรงดันลมเป่าที่มีผลต่อคุณภาพผิวชิ้นงานและการสึกหรอของมีดกลึง

1.4.2 เป็นแนวทางในการเลือกใช้เงื่อนไขในการตัดเฉือนได้แก่ อัตราป้อน ความเร็วตัดและความลึกในการตัดที่เหมาะสมของการหล่อเย็นแบบเป่าลมเย็น

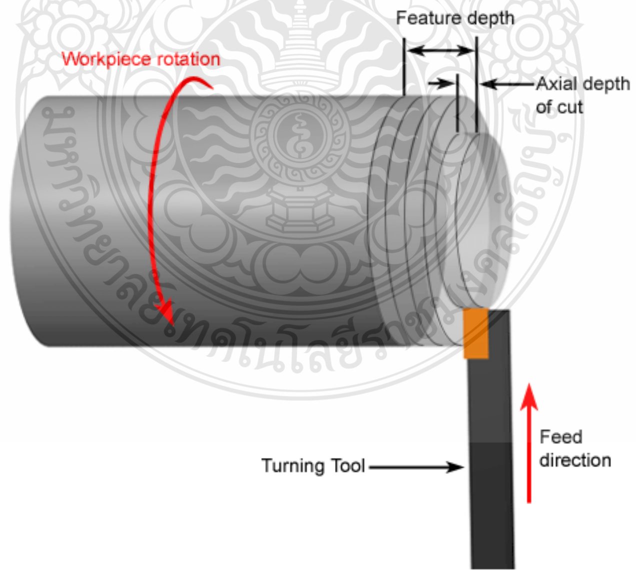
1.4.3 เป็นแนวทางในการประยุกต์นำวิธีการหล่อเย็นแบบเป่าลมเย็นที่เป็นมิตรสิ่งแวดล้อมมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศไทย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการศึกษาปัจจัยงานกลึงโดยการหล่อเย็นแบบลมเป่า แรงดันลมและการสึกหรอของมีดกลึง มีความสามารถในการหล่อเย็นได้ใกล้เคียงกับการหล่อเย็นแบบแห้งและแบบเปียก ศึกษาอิทธิพลตัวแปรแรงดันลมเป่าที่มีผลต่อคุณภาพผิวชิ้นงานและการสึกหรอของมีดกลึงในการกลึงเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 316 ได้ศึกษาค้นคว้าตำรา และงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการทำวิจัย อาทิเช่น เทคโนโลยีการตัดเฉือนโลหะ เครื่องมือ ความหยาบผิว งานวิจัยต่างๆเพื่อให้เนื้อหาในบทสอดคล้องสัมพันธ์กับการทดลองซึ่งทฤษฎีต่างๆเหล่านี้จะเป็นพื้นฐานที่ช่วยในการวิจัยนี้ให้สำเร็จไปได้

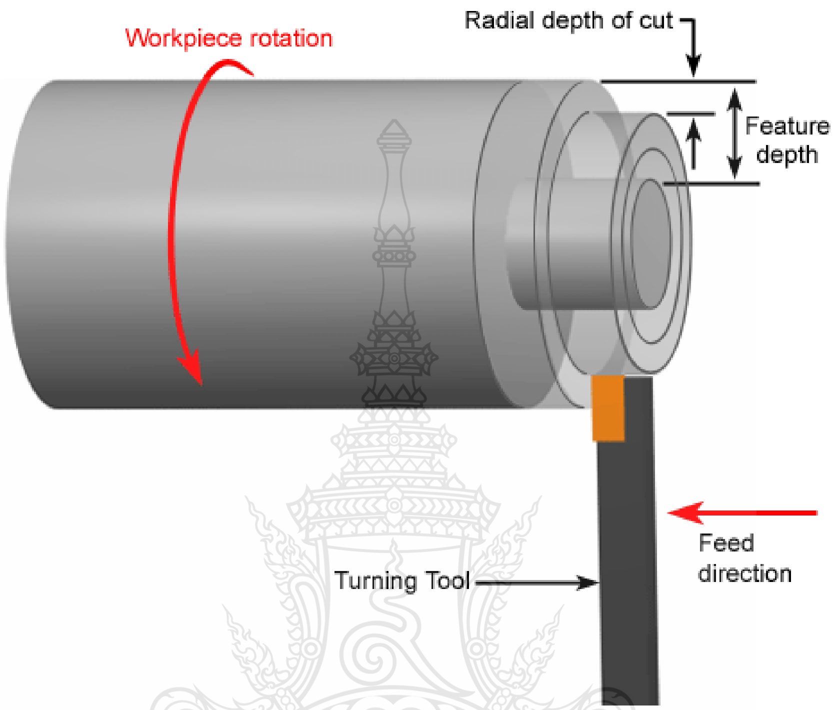
2.1 งานกลึง [5]

งานกลึง คือ การตัดโลหะโดยให้ชิ้นงาน (work piece) หมุนรอบตัวเอง โดยมีดกลึงเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน การกลึงสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือการกลึงปาดหน้าคือการตัดโลหะโดยให้มีดตัดชิ้นงานไปตามแนวขวางดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กระบวนการของการกลึงปาดหน้า [6]

กระบวนการกลึงปอกคือการตัดโลหะโดยให้มีดตัดเคลื่อนที่ตัดชิ้นงานไปตามแนวขนานกับแนวแกนของชิ้นงาน ดังรูปที่ 2.2

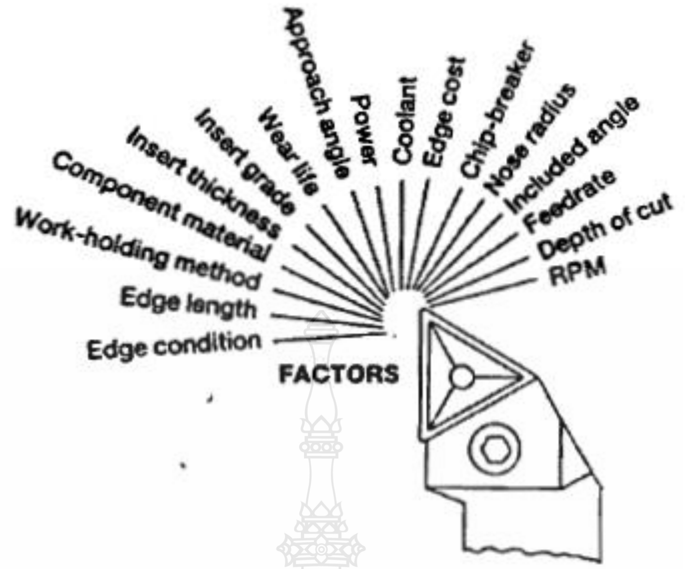


รูปที่ 2.2 กระบวนการของการกลึงปอก [6]

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการของการกลึงปอก คือ อัตราป้อน (Feed Rate) ความเร็วตัด (Cutting speed) ระยะป้อนตัด (Depth of cut) มีดกลึง (Cutting tool) และชิ้นงานที่ต้องการทำการตัดเฉือน (Work piece) และเมื่อมีกระบวนการในการกลึงปอกเกิดขึ้น ผลที่จะเกิดขึ้นตามมาก็คือ ขนาดของชิ้นงาน (Work piece dimension) ความเรียบผิวของชิ้นงาน (Surface roughness) เศษกลึง (Chip) การสึกหรอของมีดกลึง (Tool wear)

2.1.1 ปัจจัยที่สำคัญของงานกลึงปอกด้วยมีดอินเสิร์ท

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เกิดกระบวนการของการกลึงปอก คือ อัตราป้อน (Feed rate) ความเร็วตัด (Cutting speed) ระยะป้อนลึก (Depth of cut) มีดกลึง (Cutting tool) และชิ้นงานที่ต้องการทำการตัดเฉือนในการกลึงด้วยมีดกลึงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ปัจจัยที่สำคัญทั้งหมดที่ใช้งานกลึงปอกด้วยมีดกลึงอินเสิร์ท [7]

2.1.2 ความเร็วตัด อัตราป้อน และระยะป้อนลึก

2.1.2.1 ความเร็วตัด (Cutting speed) คือ ความเร็วที่คมมีดกลึงตัด หรือปาดโลหะออกเมื่อโลหะหมุนครบ 1 รอบ คมมีดกลึงก็จะตัดโลหะเป็นแนวตัดยาวเท่าเส้นรอบวงพอดี ความเร็วตัดมีหน่วยเป็น เมตร/นาทีดังรูปที่ 2.4 หลักเกณฑ์การเลือกใช้ความเร็วตัดมีดังนี้ คือ

1) วัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือตัด (Cutting tool) ที่ทำมาจากเหล็กรอบสูง (High speed steel) สามารถใช้ความเร็วตัดเป็น 2 เท่า ของความเร็วตัดของมีดที่ทำมาจากวัสดุเหล็กคาร์บอน โดยส่วนวัสดุของคมตัดจะมีส่วนผสมพิเศษออกไป สามารถใช้ความเร็วตัดได้มากกว่าเหล็กรอบสูง

2) ชนิดของวัสดุ (Material) ที่จะนำมาทำการตัดเฉือน โดยทั่วไปวัสดุที่แข็งมากจะใช้ความเร็วตัดช้ากว่าวัสดุที่อ่อนกว่า

3) รูปร่างของความตัด (Form cutting Tool) มีผลต่อการทำงานมาก เช่น มีดตัดงานขาด จะใช้ความเร็วรอบต่ำกว่ามีดกลึงปอกผิว

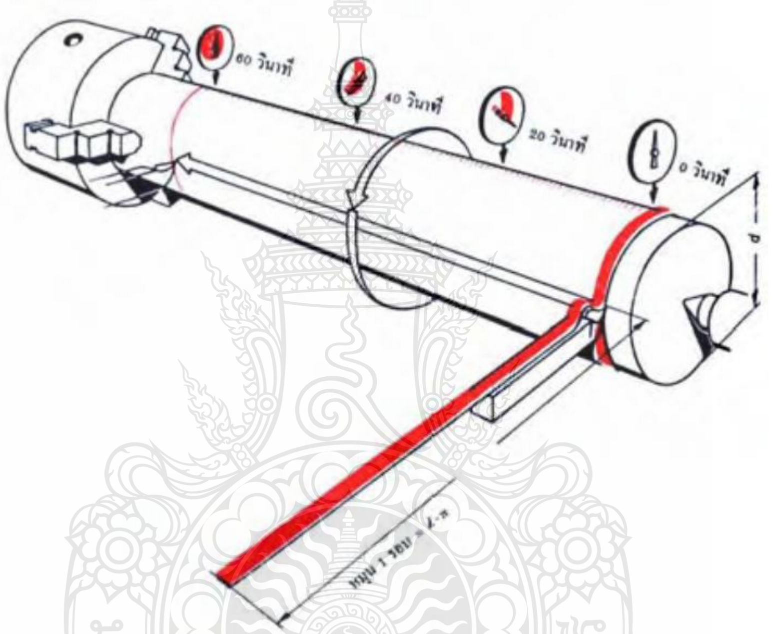
4) ความลึกป้อน (Depth of cut) ถ้าป้อนตัดลึกจะใช้ความเร็วรอบน้อยกว่าป้อนตัดตื้น

5) อัตราป้อน (Rate of feed) ในการป้อนตัดงานหยาบ เช่น อัตราป้อน 3 มิลลิเมตร ความเร็วที่ใช้ในการตัดจะต่ำกว่าการป้อนตัดขั้นสุดท้าย เช่น อัตราป้อนตัด 0.13 มิลลิเมตร เป็นต้น จะใช้ความเร็วรอบได้สูง

6) การระบายความร้อน (Cutting lubricant) ความเร็วตัดของวัสดุบางชนิดอาจเพิ่มให้สูงขึ้น ได้เมื่อมีการระบายความร้อนที่ถูกต้อง ซึ่งสารระบายความร้อนนี้ จะช่วยรักษาอุณหภูมิของคมตัดไม่ให้ร้อนสูงเกินไปขณะทำงาน

7) การจับชิ้นงานให้มั่นคงแข็งแรง (Rigidity of the work) ในกรณีงานที่ถูกจับด้วยหัวจับ โผล่ออกมาสั้นๆจะใช้ความเร็วได้สูงกว่างานที่ถูกจับโผล่ออกมายาวๆ

8) ความสามารถของเครื่อง คือ เครื่องแข็งแรงมีกำลังสูงสามารถใช้ความเร็วตัดได้สูงอย่างไรก็ตามอย่าให้สูงจนคมไหม้ [7]



รูปที่ 2.4 ลักษณะของความยาวเศษตัดที่เกิดขึ้นในเวลา 1 นาที [7]

2.1.2.2 อัตราการป้อน (Feed) หมายถึงระยะทางการเดินป้อนของมีดไปตามความยาว ของชิ้นงานในแต่ละรอบของการหมุนของเพลา (Spindle) ของเครื่อง หรืออัตราการป้อนอาจพิจารณาจากความหนาของเศษตัด (Chips) อัตราการป้อน 5มิลลิเมตร หมายถึงมีดตัด (Cutting tool) มีการเคลื่อนที่เป็นระยะทาง5มิลลิเมตร ตามความยาวของชิ้นงานภายใน 1 นาที จะได้ Feed = 5 มิลลิเมตรต่อนาที

2.1.2.3 ความลึกป้อน (Depth of cut) ทำให้เศษโลหะไหลออกมา ความลึกในการตัด 3 มิลลิเมตร บนชิ้นงานขนาดของชิ้นงานจะลดลง 6 มิลลิเมตร ทุกครั้งที่ทำการกลึงหยาบ ในการตั้ง

ความ ลึกของการตัด (Depth of cut) และอัตราป้อนตัด (Feed) จะต้องคำนึงถึงความสามารถของมีดตัด และเครื่องที่จะทนได้ด้วย [8]

2.2 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel)

เหล็กกล้าไร้สนิม หรือสแตนเลสนั้น ในทางโลหกรรมถือว่าเป็นโลหะผสมเหล็ก ที่มีโครเมี่ยมอย่างน้อยที่สุด 10.5% ชื่อในภาษาไทย แปลจากภาษาอังกฤษว่า Stainless steel เนื่องจากโลหะผสมดังกล่าวไม่เป็นสนิมอันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยากันระหว่าง ออกซิเจนในอากาศกับโครเมียมในเนื้อของเหล็กกล้าไร้สนิม เกิดเป็นฟิล์มบางๆเคลือบผิวไว้ ทำหน้าที่ปกป้องการเกิดการเสียหายให้กับตัวเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมเป็นอย่างดี ปกป้องการเกิด Corrosion และไม่ชำรุดหรือสึกกร่อนง่ายอย่างโลหะทั่วไป สำหรับในสหรัฐอเมริกาและในหลายประเทศ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการบิน นิยมเรียกโลหะนี้ว่า Corrosion resistant steel เมื่อไม่ได้ระบุชัดว่าเป็นโลหะผสมชนิดใด และคุณภาพระดับใด แต่ในท้องตลาดเราสามารถพบเห็นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 18-8 มากที่สุด ซึ่งเป็นการระบุถึงธาตุที่เจือลงในเนื้อเหล็กคือ โครเมียมและนิเกิล ตามลำดับ เหล็กกล้าไร้สนิมประเภทนี้จัดเป็น Commercial grade คือมีใช้ทั่วไปหาซื้อได้ง่าย มักใช้ทำเครื่องใช้ทั่วไป ซึ่งเราสามารถจำแนกประเภทของเหล็กกล้าไร้สนิมได้จากเลขรหัสที่กำหนดขึ้นตามมาตรฐาน AISI เช่น 304 304L 316 316L เป็นต้น ซึ่งส่วนผสมจะเป็นตัวกำหนดเกรดของเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งมีความต้องการในการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป เหล็กกล้าไร้สนิมกับการเกิดสนิม ปกติ Stainless steel จะไม่เป็นสนิมเพราะผิวของมันจะมีฟิล์มโครเมียมออกไซด์ บางๆเคลือบผิวอยู่อันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยากันระหว่าง Cr ใน Stainless steel กับ ออกซิเจนในอากาศ การทำให้ Stainless steel เป็นสนิมคือการถูกทำลายฟิล์มโครเมียมออกไซด์ ที่เคลือบผิวออกไปในสภาวะที่ Stainless steel สามารถเกิดสนิมได้ ก่อนที่ฟิล์มโครเมียมออกไซด์จะก่อตัวขึ้นมาอีกครั้งเช่น ถ้าเหล็กกล้าไร้สนิมถูกทำให้เกิดรอยขีดข่วน แล้วบริเวณรอยนั้นมีความชื้น ซึ่งสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยากับธาตุเหล็ก ก่อนที่ฟิล์มโครเมียมออกไซด์จะก่อตัวขึ้นมา ก็จะเป็นสาเหตุให้เกิดสนิมขึ้นได้ [9]

2.2.1 ประเภทของเหล็กกล้าไร้สนิม

เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) จะมีความโดดเด่นในเรื่องของความทนทานต่อการเป็นสนิมและการกัดกร่อนการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ หรือที่มนุษย์สร้างขึ้นก็ตาม เราก็ยังจำเป็นที่จะต้องเลือกประเภท และคุณสมบัติของเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) อย่างถูกต้องเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งานเนื่องจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) นั้นมีอยู่หลายประเภทด้วยกันซึ่งในแต่ละประเภทก็จะถูกนำไปใช้งานที่แตกต่างกันออกไป การแบ่งแยกหรือ

จำแนกประเภทของเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) นั้นสามารถทำได้ด้วยวิธีการเพิ่มหรือลดจำนวนของส่วนผสมที่เป็นธาตุแต่ละตัว ยกตัวอย่าง เช่น การเพิ่มนิเกิล (Nickel) จะช่วยทำให้โครงสร้างออสเทนไนท์ (Austenitic) ของเหล็กมีความมั่นคงยิ่งขึ้น จึงจัดว่าเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ประเภทที่มีจำนวนนิกเกิล (Nickel) สูง จะมีโอกาสของการไม่เกิดคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กเจือปนสูงตามไปด้วย ในขณะที่การเพิ่มคาร์บอน (Carbon) จะช่วยเพิ่มความแข็งแรง และความทนทาน อย่างไรก็ตามเราสามารถลดต้นทุนด้วยการเพิ่มแมงกานีส (Manganese) แทนนิกเกิล (Nickel) ซึ่งมีราคาสูงกว่าเพื่อให้ได้เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ที่มีคุณสมบัติดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นได้เช่นกันเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) สามารถจำแนกออกได้อย่างง่ายๆ เป็น 5 ประเภท

2.2.1.1 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ประเภท ออสเทนนิติก ที่มีคุณสมบัติไม่เป็น แม่เหล็ก (Austenitic non-magnetic) ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ไม่ว่าจะเริ่มจากเครื่องมือเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารจนกระทั่งถึงผลิตภัณฑ์ที่ต้องมี คุณสมบัติที่มีความต้านทานการกัดกร่อนแบบรูเข็มและการกัดกร่อนในที่อับ (Chloride pitting and crevice corrosion) ส่วนใหญ่จะนิยมใช้เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ประเภทนี้ เนื่องจากมีคุณสมบัติ สูง ธาตุประกอบสำคัญของเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ประเภทนี้ประกอบ ด้วย 3 ธาตุ คือ คาร์บอน (Carbon) โครเมียม (Chromium) และนิกเกิล (Nickel) หรือแมงกานีส (Manganese) ถ้าต้องการคุณสมบัติของความคงทนและทนทานต่อการกัด กร่อนสูงๆ ออสเทนนิติก (Austenitic) หรือ มากกว่าสามารถทำได้โดยการเพิ่มส่วนผสมของโมลิบดินัม (Molybdenum) ไนโตรเจน (Nitrogen) และนิกเกิล (Nickel) ให้มากขึ้น ดังนั้น จากออสเทนนิติก (Austenitic) ก็จะกลายเป็น “ซุปเปอร์ออสเทนนิติค” (Super austenitic) ก็หมายถึงราคาที่สูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้น ดูเพล็กซ (Duplex steels) จึงเป็น อีกหนึ่งทางเลือก สำหรับผู้ที่ต้องการเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ที่มี คุณสมบัติสูง แต่มีราคาที่ถูกกว่าเนื่องจากคุณสมบัติของดูเพล็กซ (Duplex) นั้นมีความคล้ายคลึงกับออสเทนนิติก (Austenitic)

2.2.1.2 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ประเภท เฟอริติก ที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก (Ferritic magnetic) เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ประเภทนี้มีโครเมียม (Chromium) เป็นส่วนผสมหลักและมีคาร์บอน (Carbon) กับนิกเกิล (Nickel) ต่ำ ดังนั้นราคา ก็จะถูกลงเช่นกัน

2.2.1.3 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ประเภท มาร์เทนซิติก (Martensitic) เป็นประเภทที่มีส่วนผสมของโครเมียม (Chromium) โมลิบดินัม (Molybdenum) และคาร์บอน (Carbon) แต่ไม่มีนิกเกิล (Nickel) เป็นส่วนผสม ดังนั้นเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ประเภทนี้จึงไม่มีคุณสมบัติความต้านทานการกัดกร่อน แต่ทว่ามี คุณสมบัติในส่วนของความ แข็งแรงและทนทาน

เนื่องจากมีคาร์บอน (Carbon) เป็นตัวที่ช่วย เพิ่มคุณสมบัตินี้ อย่างไร ก็ตามก็ยังมีข้อเสีย คือยิ่งแข็งมากขึ้นก็สามารถเปราะและแตกหักง่ายเช่นกัน

2.2.1.4 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ประเภทเพิ่มความแข็งโดยการตกผลึก (Precipitation-hardening martensitic) เหล็กกล้าไร้สนิมประเภทนี้มีสูตรผสมง่ายๆ คือ โครเมียม (Chromium) และ นิกเกิล (Nickel) หรือที่เรียกว่า “14/4PH” มีคุณสมบัติของการต้านทานการกัดกร่อน และ ความแข็งแรงทนทานได้ดีกว่าประเภทมาร์เทนซิติก (Martensitic) ธรรมดา

2.2.1.5 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ประเภทดูเพล็กซ เฟอริติค-ออสเทนนิติค (Duplex ferritic-austenitic) จัดอยู่ในกลุ่มเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ประเภทที่มีโครงสร้างผสมระหว่างเฟอริติก (Ferritic) กับ (Austenitic) ออสเทนนิติก โดยพัฒนาขึ้นมาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงทนทานและต้านทานการกัดกร่อนให้ดียิ่งขึ้นกว่า ออสเทนนิติก(Austenitic) เกรดธรรมดา เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ประเภทนี้นิยมนำมาใช้ในงานประเภทที่ต้องการความบาง เพื่อลดน้ำหนักของชิ้นงาน และต้นทุนในการผลิต[9] สมบัติการแทรกซึมทางแม่เหล็กเป็นความสามารถของวัสดุในการแสดงความเป็น แม่เหล็ก โดยอาศัยสมบัติหรือระดับของความสามารถในการดึงดูดแม่เหล็กเป็นตัวบ่งชี้ เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) เกือบทุกประเภทมีคุณสมบัติของการเป็นแม่เหล็ก ยกเว้นเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ประเภทออสเทนนิติคคุณสมบัติการเป็นแม่เหล็กในเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) นั้นขึ้นอยู่กับการเพิ่มปริมาณธาตุของโลหะผสมนิกเกิล (Nickel) คือ ธาตุหนึ่งของโลหะผสมที่มีคุณสมบัติในการช่วย เพิ่มความแข็งแรง ทนทาน เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 (Stainless steel grade 316) คุณสมบัติเหล็กกล้าไร้สนิมอยู่ในกลุ่ม กลุ่มออสเทนนิติค (Austenitic) เกรด 316 โดยจะมีธาตุที่ผสมอยู่คือ ธาตุโมลิเดนั่ม 2% โครเมี่ยม 16 – 18% คาร์บอน 0.15% และนิกเกิล อย่างน้อย 12-15 % สามารถใช้งานเย็นจัดและร้อนจัดที่อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่านี้ช่วยให้ลดปัญหาการผุกร่อนสามารถทนการกัดกร่อนจากสารเคมี ประเภท กรด น้ำเค็มได้ดีกว่าเกรด 304 จึงเป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเดินเรือ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมการแพทย์ โครงสร้างของเครื่องจักร รวมไปถึงโครงสร้างของเครื่องจักร และที่เห็นใช้กันบ่อยๆเช่น น็อต สกรู เพลาเครื่องจักรเรือทะเล ประตูรั้วบ้านเรือน รถเข็นอุปกรณ์การแพทย์ เป็นต้น

2.3 สมบัติของวัสดุเครื่องมือตัด [10]

2.3.1 สมบัติของวัสดุเครื่องมือตัดที่ประกอบด้วยกลุ่มพิเศษของวัสดุเครื่องมือเพราะต้องทนกับสภาวะที่รุนแรงของกระบวนการที่ใช้สำหรับการตัดคือ อุณหภูมิสูง ความเครียดสูง แรงเสียดทานบนพื้นผิวชิ้นงานโดยที่เศษตัดเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการตัดวัสดุเครื่องมือต้องมีคุณสมบัติ

บางอย่างขึ้นอยู่กับชนิดของการดำเนินงานการตัดเฉือนวัสดุชิ้นงานที่ถูกกระทำโดยเครื่องจักรโดยรวมสภาพกระบวนการวิศวกรรมคือ

2.3.1.1 ความแข็งสูงที่อุณหภูมิสูง (ความแข็งร้อน) ที่จะต้านทานการสึก

2.3.1.2 ต้านทานการเปลี่ยนรูปสูงเพื่อป้องกันคมตัดจากการเปลี่ยนรูปพลาสติกภายใต้ความเครียดสูงและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระหว่างการก่อตัวของเศษตัด

2.3.1.3 ต้านทานการแตกหักสูงต่อคมตัดที่เกิดการบิ่นขนาดเล็กและแตกหักโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการตัดไม่ต่อเนื่อง

2.3.1.4 สมบัติความเฉื่อยทางเคมี (ความสัมพันธ์กับเสถียรภาพทางเคมีต่ำหรือเสถียรภาพทางเคมีสูง) ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุชิ้นงานเพื่อป้องกันความร้อนของชนิดการสึกหรอที่ได้รับผลกระทบเช่น การแพร่กระจายของสารเคมีและการสึกหรอจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2.3.1.5 การนำความร้อนสูงเพื่อลดอุณหภูมิบริเวณคมตัด

2.3.1.6 ต้านทานความล้าสูงสำหรับปลายคมตัดของเครื่องมือตัดที่ทนจากแรงของเครื่องจักร

2.3.1.7 ต้านทานความร้อนสูงที่เป็นธรรมชาติจากการกระทำของเครื่องจักร

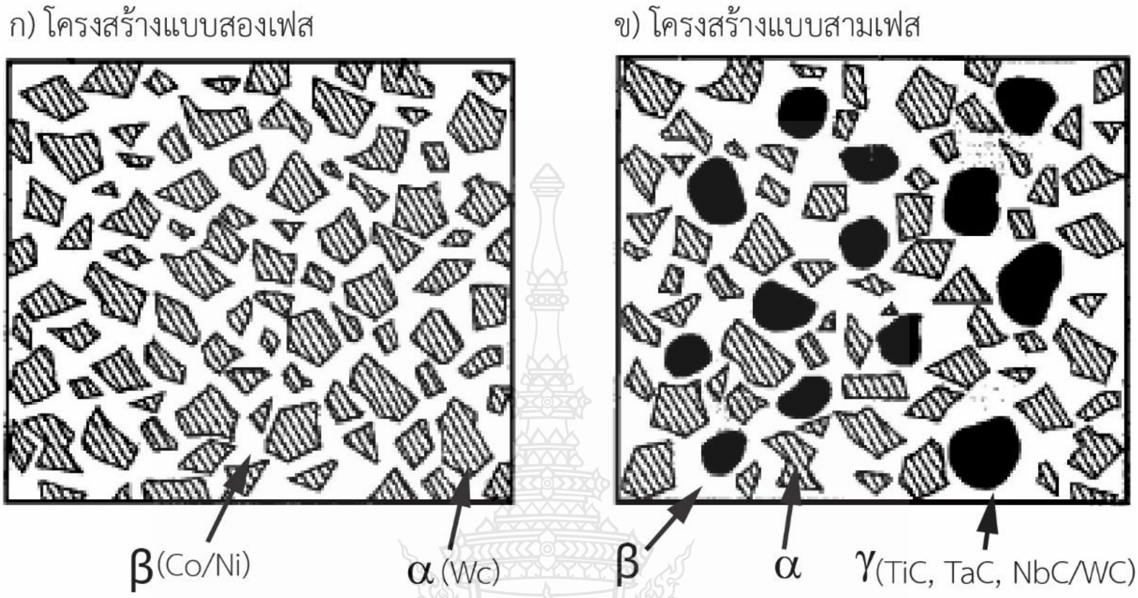
2.3.1.8 ความมั่นคงสูงที่จำเป็นในการทำงานอย่างแม่นยำ

2.3.1.9 การหล่อลื่นเพียงพอ (แรงเสียดทานต่ำ) เพื่อเพิ่มความต้านทานการประสานและเพื่อป้องกันไม่ให้ยึด (การก่อตัวของคมตัด)

2.3.2 วัสดุเครื่องมือตัด [10] ทังสเตนคาร์ไบด์หรือซีเมนต์คาร์ไบด์ที่พบมากที่สุดในวัสดุเครื่องมือตัดที่ใช้ในปัจจุบันและตอนนี้เป็นวัสดุของทางเลือกมากกว่าครึ่งหนึ่งของเครื่องมือตัดทั้งหมดที่ผลิตทั่วโลก คิดเป็นสัดส่วนเหล็กไฮสปีดประมาณ 40% ส่วนที่เหลืออีก 10% หรือมากกว่านั้นจะทำขึ้นจากวัสดุอื่นๆ ทั้งหมดซีเมนต์คาร์ไบด์จะทำโดยวิธีการซินเตอร์ริ่งสารประกอบคาร์ไบด์ของธาตุ 9 ชนิดคือ W, Mo, Cr, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta ด้วยโลหะในตระกูล Fe (Fe, Co, Ni) โดยทั่วไปจะหมายถึงโลหะผสม WC-Co อย่างไรก็ตามนอกจากนี้คาร์ไบด์ยังละลายได้ในสารประกอบอื่น ๆ และสามารถขึ้นรูปซีเมนต์คาร์ไบด์โดยไม่ต้องใช้สารยึดเกาะโลหะ

อัตราส่วนของอนุภาคในวัสดุเครื่องมือคาร์ไบด์จะแตกต่างจากประมาณ 60 ถึง 90% โดยการปรับประเภทขนาดและความเข้มข้นของอนุภาคผลิตสามารถปรับแต่งคุณสมบัติของวัสดุเครื่องมือเหล่านี้เพื่อตอบสนองความต้องการที่หลากหลายของความต้องการใช้ระบบ ISO ของการจำแนกประเภทใช้สัญลักษณ์ P (สีฟ้า), M (สีเหลือง) และ K (สีแดง) เพื่อแสดงถึงกลุ่ม การประยุกต์ใช้สำหรับความยาวของเศษตัดวัสดุส่วนมากเช่น เหล็กและโลหะผสม, เหล็กสแตนเลส, โลหะผสมทน

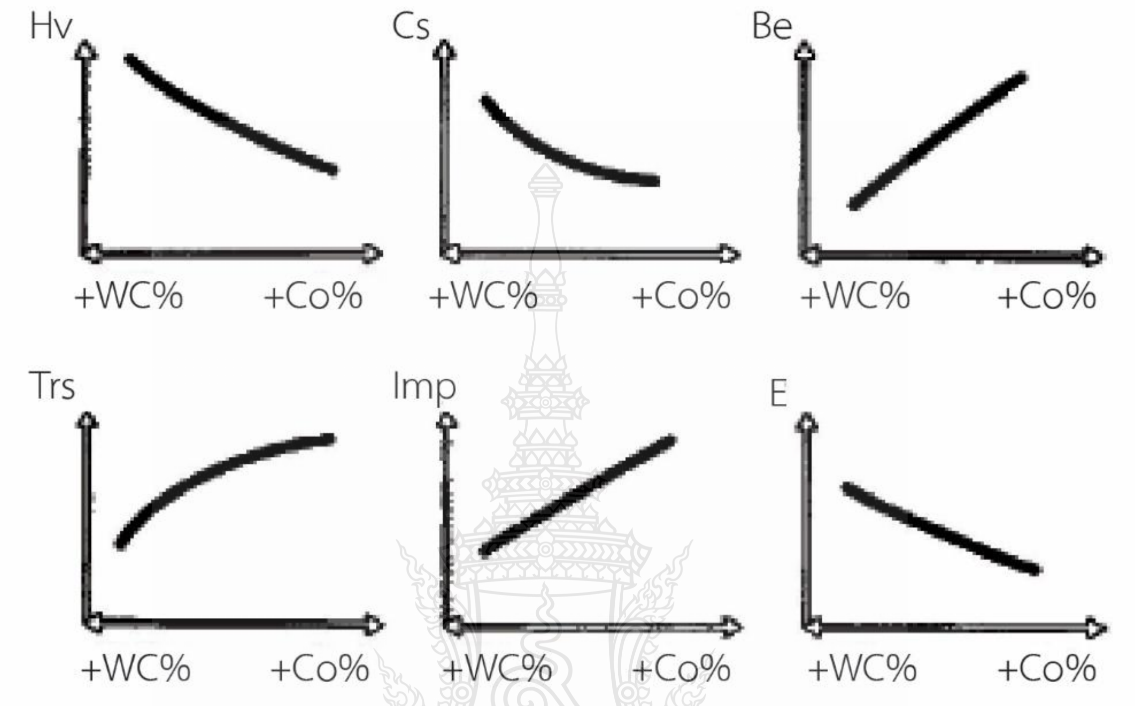
ความร้อน และความยาวของเศษตัดวัสดุเช่น เหล็กหล่อ โลหะที่ไม่ใช่เหล็กและวัสดุที่ไม่ใช่โลหะ จะกำหนดตัวอักษรกับตัวเลข



รูปที่ 2.5 โครงสร้างทางโลหะวิทยาของเครื่องมือคมตัดชนิดคาร์ไบด์ [10]

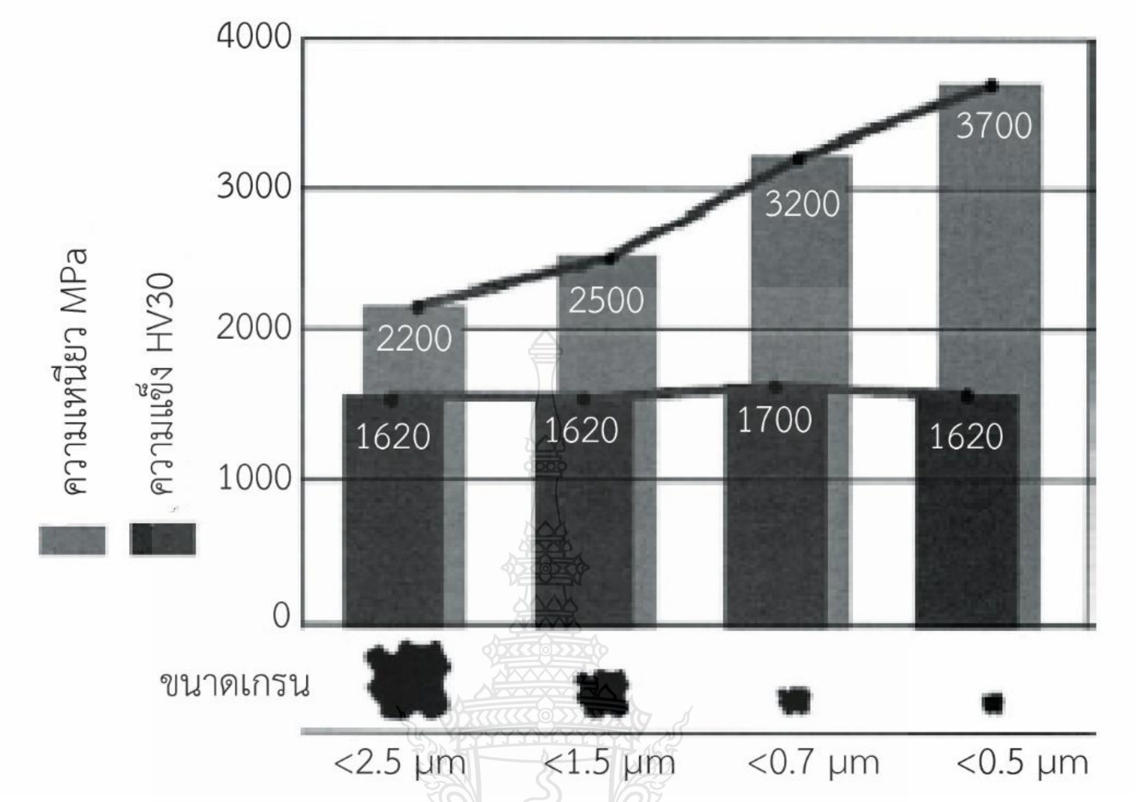
แสดงถึงความเหมาะสมของเกรดสำหรับประยุกต์ตกแต่งในขั้นตอนสำเร็จถึงงานหยาบหนักตามรูปที่ 2.5 ทั้งสองกลุ่มของซีเมนต์คาร์ไบด์ที่มีโครงสร้างที่แตกต่างกันมีความสามารถโดดเด่น คือ สองเฟสและสามเฟสซีเมนต์คาร์ไบด์ สองเฟสคาร์ไบด์ซีเมนต์ ดังรูปที่ 2.5 ก มีขั้นตอน (WC) ยากที่เรียกว่าอัลฟาเฟส (α) และโคบอลต์สารยึดเกาะที่เรียกว่าเบต้าเฟส (β) ความสัมพันธ์ของคาร์บอนและออสเทไนต์นำไปสู่การไหลของคาร์บอนไดออกไซด์จากเครื่องมือและสร้างหลุมบนผิวหน้า การเสาะหาที่เพื่อที่จะปรับปรุงความต้านทานต่อการสึกหรอบนหลุมที่อุณหภูมิสูงที่เกิดจากเครื่องจักรกลมากขึ้นความเสถียรทางเคมีไททาเนียมและแทนทาลัมคาร์ไบด์ที่มีการเพิ่มการสร้างโครงสร้างสามเฟสที่แสดงในรูปที่ 2.5 ข ขั้นตอนที่สามซีเมนต์คาร์ไบด์มีเพิ่มอีกแกมมาเฟส (Y), ตัวแทนจาก TiC, TaC และ NbC คาร์ไบด์ พารามิเตอร์ที่สองคืออัตราส่วนของ Co WC และ WC ขนาดอนุภาคคุณสมบัติของวัสดุ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ปริมาณที่สูงขึ้นของอนุภาคยากที่จะทำให้ซีเมนต์คาร์ไบด์ทนทานต่อการสึกหรอเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของทั้งสองมีความแข็ง (HV) และความแข็งแรงอัด (CS) นอกจากนี้ยังมีความยืดหยุ่น (E) เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามสัดส่วนที่สูงขึ้นจากโลหะที่มีผลผูกพันทำให้ซีเมนต์คาร์ไบด์ทนทานและทำให้เกิดความแข็งแรงดัด (BE) จะเพิ่มขึ้น ผลกระทบที่คล้ายกันใน

การปรับปรุงการจัดการที่มีความเหนียววัสดุที่มีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของการแตกตามขวาง (Trs) และส่งผลกระทบต่อความแข็งแรง (Imp)



รูปที่ 2.6 อิทธิพลของ WC และ CO ที่มีต่อสมบัติทางกลของซีเมนต์คาร์ไบด์ [10]

โดยทั่วไปขนาดของเม็ดผงคาร์ไบด์ได้หดจาก 10 l~m ถึง 1 txm ในขณะที่ P/M ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กกว่าเม็ดผงในคาร์ไบด์ส่งผลให้เกิดช่องว่างขนาดเล็กและเป็นวัสดุทึบสำเร็จรูป ความเป็นไปได้อย่างมีนัยสำคัญมากที่สุดในการเพิ่มความแข็งและความทนทานในกรณีของคาร์ไบด์ WC - Co เป็นโครงสร้างเล็กกว่าไมครอนและพิเศษปรับ (นาโนเฟส) ที่มีขนาดเม็ดเล็ก WC 0.5-0.8 lxm และ 0.2 (0.1) - 0.5 lxm ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ที่มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของ 6-16% โดยมวลระยะทางระหว่างอนุภาคในคาร์ไบด์นาโนเฟสมีขนาดเล็กเพื่อให้อุณหภูมิการเผาสามารถลดลงไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเม็ดผงที่อาจเกิดขึ้นที่อุณหภูมิในการประมวลผลที่สูงขึ้น คาร์ไบด์นาโนเฟสจะได้รับการตรวจสอบเรียบร้อยแล้วเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในรอบสำหรับวัสดุที่แปลกใหม่ เช่นคาร์ไบด์วานาเดียมและโครเมียมคาร์ไบด์มีแนวโน้มที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเม็ดผงที่เล็กกว่าไมครอนระหว่างการประมวลผลและการเผา

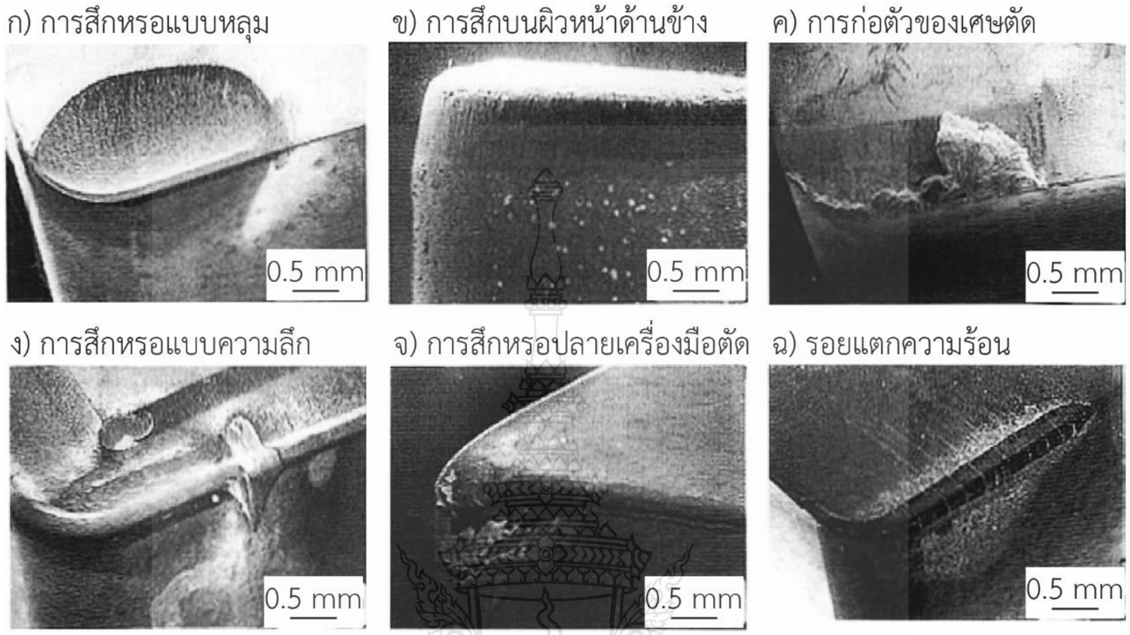


รูปที่ 2.7 อิทธิพลของขนาดเกรนต่อความแข็งและความเหนียวของซีเมนต์คาร์ไบด์ [10]

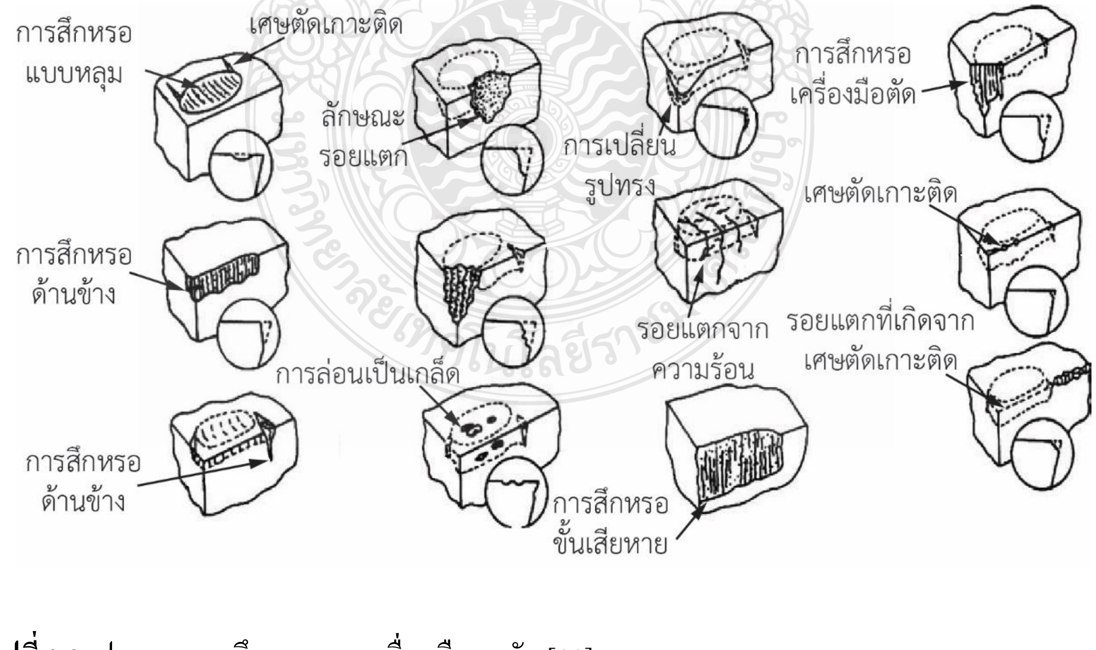
2.4 ประเภทการสึกหรอของเครื่องมือตัด [10]

ความเสียหายของเครื่องมือตัดได้รับอิทธิพลจากสภาวะความเครียดและอุณหภูมิที่พื้นผิวเครื่องมือตัดซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการตัดตัวอย่างเช่น งานกลึง งานกัดหรืองานเจาะ เงื่อนไขการตัดและการมีหรือไม่มีของเหลวช่วยในการตัด ในการตัดเฉือนรูปแบบของเครื่องมือทำให้เกิดความเสียหายและอัตราของความเสียหายที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงในการดำเนินงานตัดและเงื่อนไขการตัดเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการตัดเฉือนมันเป็นสิ่งจำเป็น ไม่เพียงแต่จะหาเครื่องมือที่เหมาะสมที่สุดและวัสดุผสมการทำงานของเครื่องจักรกลสำหรับการดำเนินงานที่กำหนดแต่ยังเชื่อถือได้ทำนายอายุการใช้งานความเสียหายเครื่องมือสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ การสึกหรอและการแตกหัก (รูปที่ 2.8 และ 2.9) แต่น่าเสียดายที่ในทางปฏิบัติทั้งสองกลุ่มของความเสียหายของเครื่องมือตัดจะไม่ได้โดดเด่นอย่างเห็นได้ชัด การสึกหรอคือการสูญเสียของวัสดุซึ่งมักจะดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเกี่ยวกับความรุนแรงต่ออนุภาคที่มีขนาดเล็กอย่างต่อเนื่องหรือขนาดเล็กลงไปกลไกการกำจัดโมเลกุลหรืออะตอมสำหรับการแตกหักในมืออื่นๆ ที่มีคลื่นความถี่อย่างต่อเนื่องของเครื่องวัดความเสียหายจากการสึก

หรอจุลภาค ในการแตกหักขั้นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และ 2.9 ความก้าวหน้าของการสึกหรอของเครื่องมือตัดที่จะเกิดขึ้นส่วนใหญ่ใน 2 วิธีที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.8 รูปแบบการสึกหรอของเครื่องมือคมตัด [11]



รูปที่ 2.9 ประเภทการสึกหรอของเครื่องมือคมตัด [11]

โดยปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างการสึกหรอผิวหน้าด้านข้างของเครื่องมือตัดและความร้อนของเศษตัดในหลายๆครั้งเกิดจากความร้อนเช่น การยึดเกาะที่แพร่กระจายหรือการสลายตัวมีส่วนร่วมในกระบวนการการสึกหรอดังแสดงในรูปที่ 2.8 (ข) เป็นที่สังเกตบนด้านข้างหรือช่องว่างด้านข้างเป็นผลมาจากการขัดสีโดยอย่างรุนแรงของวัสดุชิ้นงาน ความสึกหรอของกลไกนี้จะสังเกตทั่วไประหว่างเครื่องจักรกลของเหล็กและเหล็กหล่อที่อนุภาคขัดเป็นซีเมนไตท์ส่วนใหญ่เป็น Fe3C และไม่ใช่โลหะผสม

การก่อตัวของขอบคมตัด (BUE) ที่แสดงในรูป 2.8 (ค) ก็จะเรียกเมื่อเกิดการหลอมรวมของเศษตัด มักจะเกิดขึ้นเมื่อเหล็กคาร์บอนต่ำหรือสแตนเลสที่มีความเหนียวและวัสดุอโลหะ (ส่วนใหญ่อลูมิเนียมนิกเกิลโคบอลต์และไททาเนียมอัลลอยด์) ถูกตัดเฉือนด้วยความเร็วต่ำและอัตราการป้อนที่น้อยซึ่งส่งผลในการสึกหรอการขัดสีที่รุนแรงหากชิ้นส่วนเล็กๆ ของวัสดุเครื่องมือที่มีการดำเนินการไปเป็นวงจรการก่อตัวของขอบคมตัด (BUE)

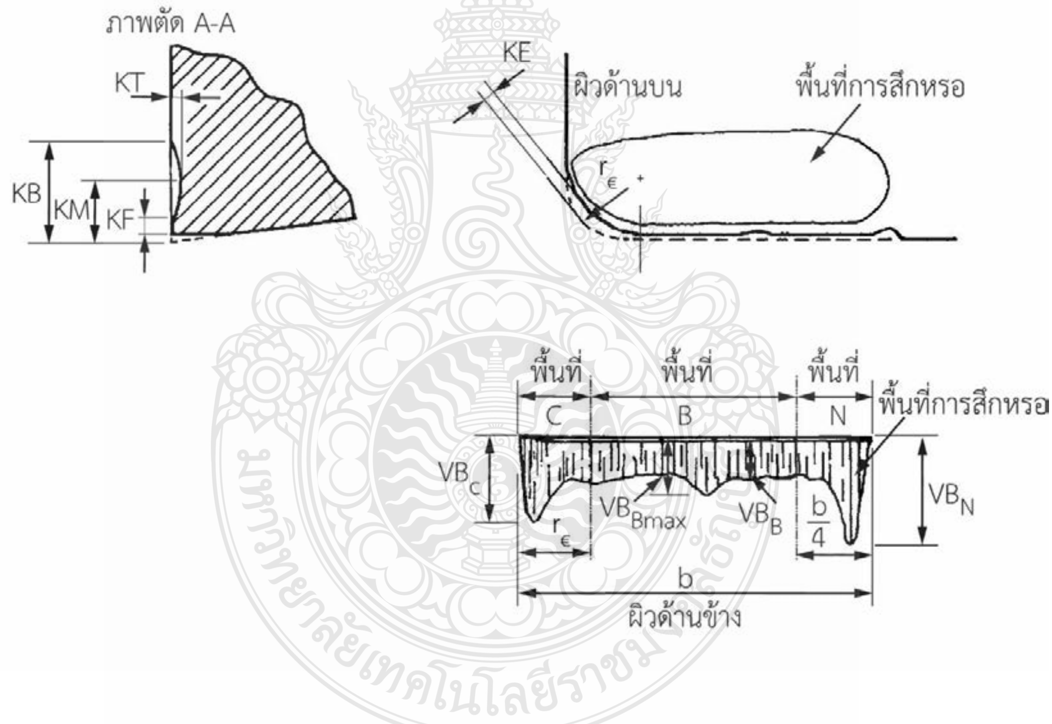
รอยการสึกหรอ (ความลึกของการตัดเฉือน) ที่แสดงในรูป 2.8 (ง) มักจะมีสาเหตุมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของวัสดุเครื่องมือจากด้านข้างของขอบตัดทั้งเล็กและใหญ่หรือการเสียดสีอย่างรุนแรงโดยเลื่อยฟันขอบด้านนอกของเศษตัด (ตัวอย่างเช่น ในเครื่องจักรกลหนัก) รอยบากเป็นปัญหาร้ายแรงกับเทคโนโลยีวัสดุชิ้นงานที่มีแนวโน้มสูงที่จะมีเคล็ดลับการทำงานที่แข็งและสร้างอุณหภูมิสูงเช่น เหล็กสแตนเลสออสเทนเนติกและนิกเกิลซูเปอร์อัลลอย รอยการสึกหรอที่เห็นได้ชัดสามารถนำไปสู่การแตกหักของเครื่องมือตัด สามารถลดลงได้โดยการใช้เครื่องมือที่มีขอบมุมโค้งมนเพื่อหลีกเลี่ยงความลึกของรอยการตัดขนาดเล็ก

การสึกหรอปลายคมตัดดังรูปที่ 2.8 (จ) มีเคล็ดลับที่ทำให้เครื่องมือตัดเกิดการต้านทานการเปลี่ยนรูปของวัสดุเครื่องมือตัดในการดำเนินงานเครื่องจักรกลที่กำหนด

รอยแตกด้วยความร้อนดังรูปที่ 2.8 (ฉ) พัฒนาเมื่อความร้อนเกิดซ้ำและการระบายความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการตัดไม่ต่อเนื่อง เช่น การกัดสร้างระดับอุณหภูมิสูงในคมตัด ด้วยเวลาที่นานรอยแตกด้านข้างอาจปรากฏขนานไปกับคมตัด รอยแตกด้วยความร้อนและด้านข้างอาจร่วมด้วยกันและทำให้เกิดชิ้นส่วนเล็กๆ ของวัสดุเครื่องมือในการทำลายออกไป

โหมดที่ต้องการการสึกหรอเป็นเครื่องมือที่สึกหรอเพราะมันดำเนินไปและค่อยๆสามารถตรวจสอบได้อย่างง่ายดายสำหรับโปรโตคอลเครื่องมือที่เปลี่ยนแปลงในโปรแกรม NC ในทางปฏิบัติบางวัดได้โดยตรงลักษณะมิติของรูปแบบการสึกหรอทั่วไปเช่น การสึกหรอแบบหลุม การสึกหรอด้านข้างและการสึกหรอแบบรอยลึกของการตัดสำหรับเครื่องมือตัดเช่น เหล็กไฮสปีด คาร์ไบด์และเซรามิก, มีมาตรฐานใน ISO 3685-1977 ดังแสดงในรูปที่ 2.9 การสึกหรอแบบหลุมที่เติบโตขึ้นทั้งใน

เชิงลึก (KT) และความกว้าง (KF-KB) ดังแสดงในรูป 2.9 (ก) เป็นหลักในการอธิบายลักษณะของความคืบหน้าของหลุมที่ KT ลึกของหลุมเป็นวัดที่จุดที่ลึกที่สุดของหลุม (ส่วน A-A) ระยะทางกึ่งกลางของหลุมถึงขอบตัด KM จะเห็นได้ว่าการสึกหรอด้านข้างมักจะเสียหายมากที่สุด (มุมเครื่องมือและจุดที่สอดคล้องกับความลึกสูงสุดของการตัด) ของคมตัดตามที่ระบุไว้ในรูปที่ 2.9 (ข) การใช้งานตัดขอบที่สำคัญของความยาว b แบ่งออกเป็นสามโซนสำหรับวัตถุประสงค์ของการวัดการสึกหรอ (1) โซน C ของความยาว r ~ ซึ่งรวมถึงส่วนที่โค้งมนของคมตัดที่มุม (2) โซน N ของความยาว b/4 ในอีกฟากหนึ่งของคมตัดที่ใช้งานอยู่ที่ร่องหรือรอยการสึกหรอจะเกิดขึ้นนั้น และ (3) โซน B ศูนย์รวมทั้งส่วนที่เหลือของคมตัดระหว่างโซน A และโซน N ในเขตศุนย์กลาง B, บริเวณการสึกหรอมักจะค่อนข้างสม่ำเสมอและบริเวณการสึกหรอเฉลี่ยที่เกี่ยวข้องจะกำหนด VB_B อย่างไรก็ตามเพื่อให้การเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้น, ความกว้างบริเวณการสึกหรอสูงสุดจะแสดงโดย VB_{Bmax}



รูปที่ 2.10 รูปแบบการสึกหรอตามของเครื่องมือคาร์ไบด์ตามมาตรฐาน ISO 3685-1977 [11]

2.5 ลักษณะการคายเศษตัด [12]

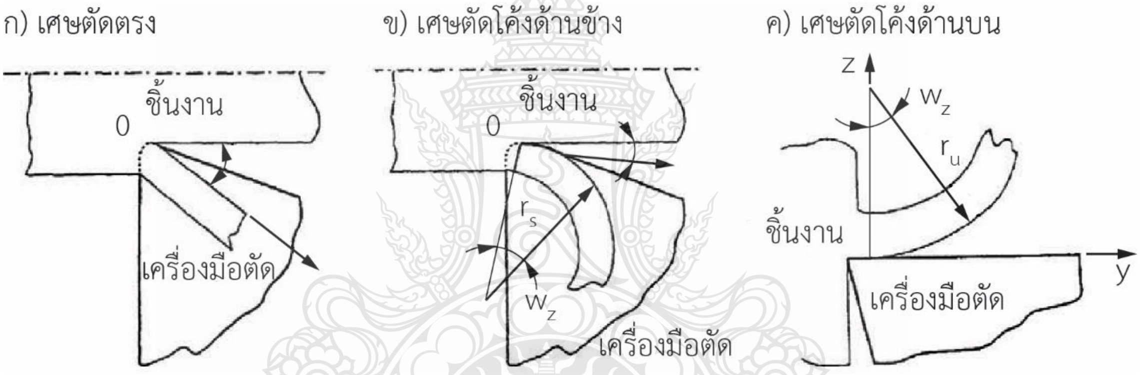
การจำแนกประเภทของเศษตัดในการใช้เครื่องจักรตัดปาดผิวระนาบด้วยเครื่องมือตัด การก่อตัวของเศษตัดสามารถแบ่งออกได้ 3 รูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.11

2.5.1 รูปแบบเส้นตรงบนผิวหน้าเครื่องมือตัดแสดงทิศทางมุมเอียงการไหลของเศษตัด (รูปที่ 2.11 ก)

2.5.2 รูปแบบโค้งบนผิวหน้าเครื่องมือตัด เรียกว่าแบบโค้งด้านข้าง (รูปที่ 2.11 ข)

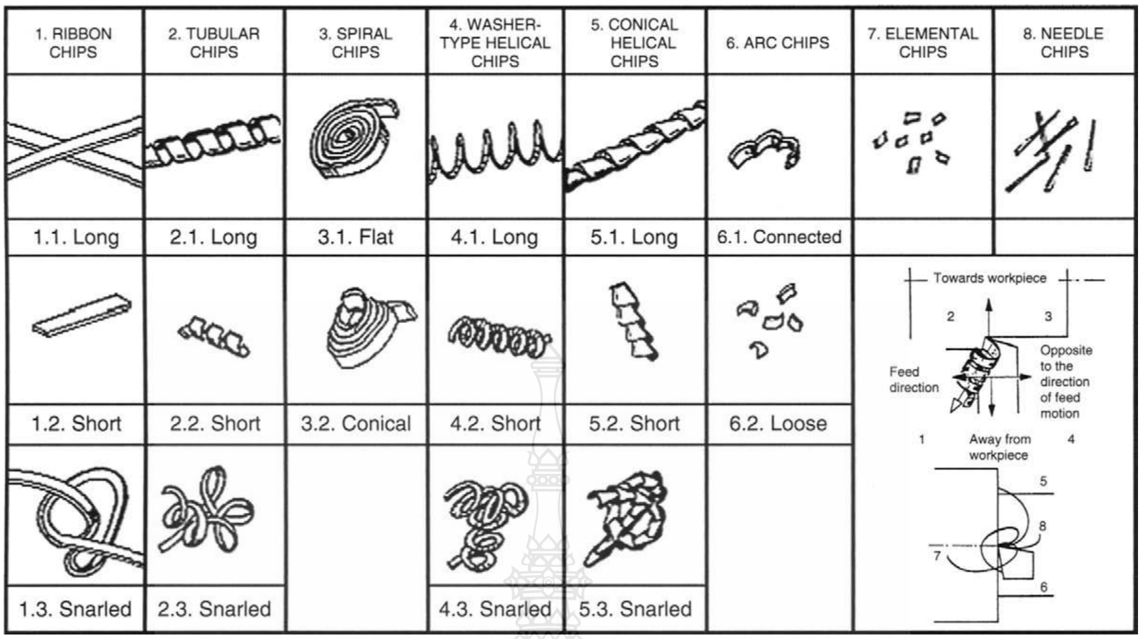
2.5.3 รูปแบบโค้งบนระนาบตั้งฉากกับผิวหน้าเครื่องมือตัดที่เรียกว่าแบบโค้งด้านบน (รูปที่ 2.16 ค)

ลักษณะรูปร่างของเศษตัดที่เกิดขึ้นได้โดยต่อเนื่องสามารถถูกสร้างขึ้นโดยการรวมกันของทั้งสามมุม ปัจจัยทั้งสามของรูปทรงที่มีอิทธิพลต่อรูปร่างของเศษตัดทั้งหมดคือ มุมของเศษตัดไหลด้าน (n_s), เศษตัดโค้งด้านข้าง (r_s) เศษตัดโค้งด้านบน (r_u) ที่ขึ้นอยู่กับขนาดของการตัดรูปทรงของเครื่องมือตัด ลักษณะการทำงานและวัสดุของเครื่องมือ ในทางปฏิบัติรูปร่างเศษตัดจะถูกควบคุมบนผิวหน้าเครื่องมือตัด ซึ่งขั้นตอนเศษตัดหรือรูปร่างเศษตัดที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ลักษณะต่างๆของการเกิดเศษตัด 3 แบบ [12]

มาตรฐาน ISO 3685-1977 จะช่วยให้การจัดหมวดหมู่ที่ครอบคลุมของรูปแบบของเศษตัดที่มีการผลิตโดยทั่วไปในการทำงานขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของเครื่องจักรกล ระบบการจำแนกนี้แสดงในรูปที่ 2.12 ประกอบด้วยรูปร่าง 8 กลุ่มแต่ละกลุ่มเหล่านี้จะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยอีก 1-4 กลุ่มย่อย การกำหนดขนาด (เช่น ยาว สั้น เป็นต้น) และสภาพทางกายภาพ (เช่น ความต่อเนื่อง เป็นต้น) นอกจากนี้ยังรวมถึงรหัสตัวเลข 3 ตัวสำหรับรูปร่างเศษตัดบางอย่างที่จะอธิบายลักษณะทิศทางการไหลของเศษตัด (ตัวเลข 1-4) และรูปแบบการแตกหักที่ (ตัวเลข 5-8)

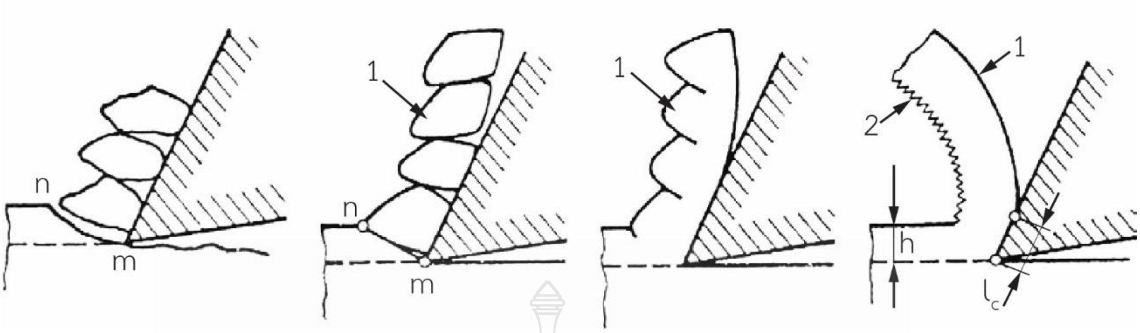


รูปที่ 2.12 การจำแนกประเภทของรูปแบบเศษตัดตามมาตรฐาน ISO 3685-1977 [12]

การจำแนกประเภทความเป็นไปได้ของเศษตัดได้สามรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2.12 จะขึ้นอยู่กับกลไกของการเสียรูปของวัสดุและการแตกหักที่เกิดจากคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้งานและเงื่อนไขการทำงาน การจำแนกประเภทนี้มักจะเกี่ยวข้องกับการ หักหรือฉีกขาดออก โดยจะเรียกว่าเศษตัดไม่ต่อเนื่องและประเภทการตัดเฉือนของเศษตัดที่แสดงในรูปที่ 2.12 (ก) และรูปที่ 2.12 (ข)-(ง) ตามลำดับ กลุ่มสุดท้ายของเศษตัดสามารถแบ่งออกเป็นส่วน (ที่เรียกว่ารอยหยักหรือประเภทเลื่อยฟัน) และความต่อเนื่องเศษตัดซึ่งบ่งบอกถึงระดับที่แตกต่างของความต่อเนื่องวัสดุที่นำมาใช้

เศษตัดแบบไม่ต่อเนื่องแสดงในรูปที่ 2.12 (ก) โดยทั่วไปจะเกิดขึ้นเมื่อการตัดเฉือนวัสดุเปราะหรือวัสดุที่มีจุดของระดับความเครียดสูงเช่นเกล็ดกราไฟท์เหล็กหล่อหรือการรวมซัลไฟด์แมงกานีส เหล็กเครื่องจักรกล นอกจากนี้ยังอาจจะมีการผลิตเมื่อตัดเฉือนวัสดุเหนียวที่ความเร็วต่ำมากและอัตราป้อนสูง การแตกหักเกิดขึ้นเมื่อเศษตัดไม่ได้รับการเปลี่ยนรูปแบบพลาสติกและแตกแพร่กระจายจากการตัดขอบ (จุด m) เพื่อผิวหน้าฟรี (จุด n) เป็นผลให้เศษแบ่งออกเป็นส่วนเล็ก ๆ ในลักษณะซ้ำๆ

ก) เศษตัดแบบไม่ต่อเนื่อง ข) เศษตัดแบบเป็นชิ้น ค) เศษตัดแบบเป็นชิ้นใหญ่ ง) เศษตัดแบบต่อเนื่อง

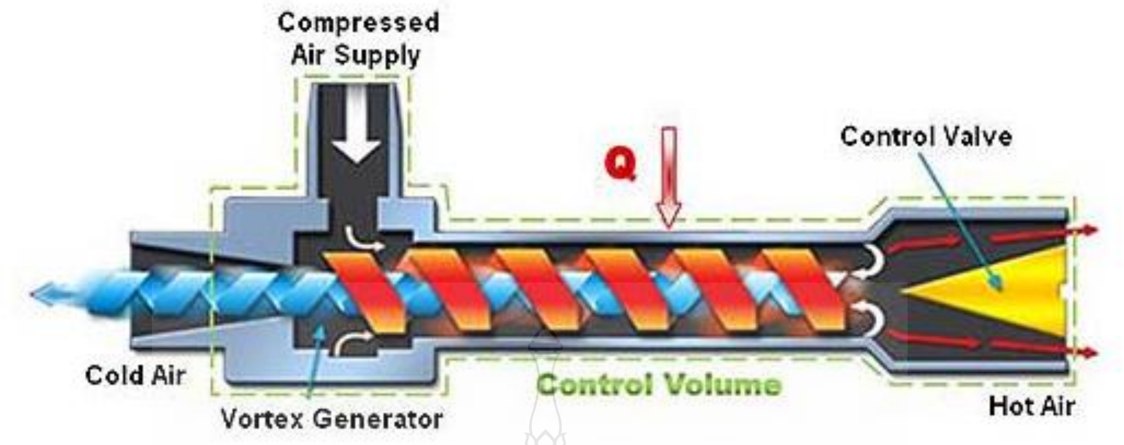


รูปที่ 2.13 การจำแนกประเภทของประเภทเศษตัด [12]

เศษตัดต่อเนื่องแสดงในรูปที่ 2.13 (ง) เป็นเรื่องธรรมดาเมื่อวัสดุที่เหนียวมากเช่นเหล็กดัดเหล็กอ่อน ทองแดงและอลูมิเนียมเครื่องจักรจะตัดที่ความเร็วค่อนข้างสูงเหตุผลก็คือโลหะและโลหะผสมเหนียวไม่การแตกหักระนาบที่ตัดเฉือน เป็นที่น่าสังเกตว่าการตัดภายใต้เงื่อนไขเหล่านี้เป็นสภาวะที่คงของกระบวนการการก่อตัวของเศษอย่างต่อเนื่องจะเกิดขึ้นในโซนขยาย การก่อตัวชิปอย่างต่อเนื่องในวัสดุเหนียวมีความเกี่ยวข้องกับแรงตัดที่ลดลงและผลโดยทั่วไปจะได้ผิวที่ดี เศษตัดต่อเนื่องอาจนำมาใช้หลายรูปทรงตรงหรือใกล้เคียงกับชนิดของที่เป็นมักจะมีความแข็งแรงมากเนื่องจากการเปลี่ยนรูปแบบพลาสติกอย่างสูงและการควบคุมของรูปร่างเศษตัดเป็นหนึ่งในปัญหาในทางปฏิบัติที่ท้าทายในการควบคุมเครื่องจักรและการออกแบบเครื่องมือ

2.6 ท่อวอเทกซ์(Vortex)

ท่อวอร์เทกซ์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างอากาศเย็นและอากาศร้อน โดยอากาศจะไหลเข้าในแนวเส้นสัมผัสของท่อด้วยความเร็วสูง และไหลวนภายในท่อเพียงผ่านแก๊สอัดเข้าไปในท่อ ดังรูปที่ 2.14 อุปกรณ์ชิ้นนี้ถูกค้นพบด้วยความบังเอิญโดยนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ จอร์จ แรงคิว (Georges racquet) ในระหว่างการทดลองหนึ่งที่มีการใช้เครื่องอัดอากาศ หรือปั๊มลม ทำให้ค้นพบปรากฏการณ์การแยกตัวของกระแสที่มีอุณหภูมิต่างกัน เมื่อป้อนอากาศอัดเข้าไปในท่อลักษณะทรงกระบอก คล้ายรูปตัวทีที่มีนอสเซิลอยู่ตรงกลางท่อไม่ห่างจากท่อทางเข้านัก พบว่า มีกระแสร้อนเกิดขึ้นและไหลออกจากท่อ ณ ทางออกด้านหนึ่ง ขณะที่มีกระแสเย็นไหลออกที่ทางออก ด้านที่อยู่ไกลออกไปอีกด้านหนึ่งด้วยความเร็วสูงบริเวณผนังท่อโดยอากาศบริเวณนี้จะมีความร้อนสูง และความเร็วต่ำที่บริเวณใจกลางท่อซึ่งอากาศจะมีอุณหภูมิต่ำมาก



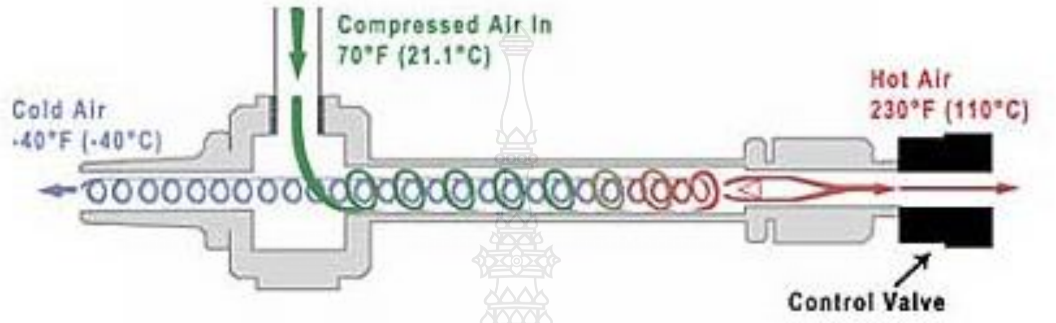
รูปที่ 2.14 แสดงการไหลของอากาศภายในท่อวอร์เทกซ์ [13]

จนกระทั่งนักวิจัยชาวเยอรมันชื่อ ฮีลช์ (R. Hilsch) ได้ศึกษาทดลองพร้อมตีพิมพ์ผลงานวิจัยในปี พ.ศ.2490 โดยให้รายละเอียดในด้านลักษณะโครงสร้าง ขนาด ส่วนประกอบของท่อ และเงื่อนไขการทำงานที่มีผลต่อสมรรถนะของท่อวอร์เทกซ์ พร้อมกันนั้นได้แนะนำความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์นี้ไปใช้สำหรับการทำความเย็นเฉพาะจุด จากผลงานวิจัยชิ้นนี้นี่เอง ที่ทำให้อุปกรณ์ดังกล่าว นอกจากจะถูกเรียกว่า ท่อวอร์เทกซ์ (ตามลักษณะการเกิด กระแสหมุนวนในท่อ) แล้วยังถูกเรียกอีกชื่อว่า ท่อแรงคิว-ฮีลช์วอร์เทกซ์ เพื่อเป็นเกียรติให้กับผู้ค้นพบ ต่อมาท่อวอร์เทกซ์ได้รับความสนใจมากขึ้นจากนักวิจัยในการศึกษาทั้งทางทฤษฎี เพื่ออธิบายการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์แยกชั้นอุณหภูมิและทางปฏิบัติการ เพื่อการประยุกต์ใช้ท่อวอร์เทกซ์อย่างมีประสิทธิภาพ และมีการใช้อย่างเกิดประสิทธิผลกับงานหลากหลายประเภท

2.6.1 หลักการทำงานของท่อวอร์เทกซ์

ท่อวอร์เทกซ์เป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางมากขึ้นในปัจจุบัน พบการใช้งานอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ ขณะเดียวกันก็เริ่มเป็นที่รู้จักมากขึ้นในประเทศไทยในช่วงที่ผ่านมา จากปรากฏการณอันเป็นลักษณะเฉพาะตัวที่สามารถผลิตกระแสอากาศร้อนแลเย็นได้ในเวลาเดียวกัน เมื่อป้อนอากาศอัดผ่านหัวฉีด (Nozzles)ที่วางเรียงตัวในแนวรัศมีของท่อ และอยู่ ณ บริเวณใกล้กับช่ทางเข้าของท่อ พบว่า กระแสอากาศที่ผ่านเข้าในแนวเส้นสัมผักับท่อนี้ จะมีลักษณะการเคลื่อนที่แบบหมุนวนอย่างแรง ด้วยความเร็วรอบสูง เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง อีกทั้งของไหลภายในท่อมีการขยายตัวทำให้มีความดันลดลงตรงบริเวณแกนกลางท่อ เกิดความแตกต่างของความเร็วของไหลบริเวณกลางท่อ และขอบนอกใกล้ผนังท่อ ส่งผลให้มีการถ่ายเทพลังงานจลน์จากกระแสของไหล

บริเวณกลางท่อ ไปยังของไหลที่อยู่บริเวณผนังท่อ ทำให้กระแสอากาศในแนวแกนกลางท่อมีอุณหภูมิต่ำลง ขณะที่กระแสอากาศบริเวณผนังท่อมีอุณหภูมสูงขึ้น เกิดเป็นปรากฏการณ์แยกชั้นพลังงานความร้อน (Thermal separation) หรือปรากฏการณ์แยกชั้นอุณหภูมิ (Temperature separation) สามารถแสดงภาพการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ภายในท่อดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การทำงานของท่อวอร์เทกซ์ [13]

นอกจากนั้นโครงสร้างของท่อที่มีช่องเปิดตรงแกนกลาง (Cold orifice) และมีวาล์วควบคุมติดตั้งตรงบริเวณปลายท่อด้านที่กระแสอากาศร้อนถูกปลดปล่อยออกมานั้นดังรูปที่ 2.16 ทำให้กระแสอากาศอุณหภูมิต่ำจากบริเวณแกนกลางของท่อ เคลื่อนที่ย้อนกลับไปออกที่ช่องเปิดขนาดเล็กตรงกลานั้น และไหลออกจากท่อวอร์เทกซ์ที่ทางออกคนละด้านกับทางออกของกระแสอากาศร้อน

รูปที่ 2.16 ท่อวอร์เทกซ์ [13]

ข้อดีของท่อวอร์เทกซ์นี้มีมากมาย ได้แก่ การใช้อากาศเป็นสารทำงาน ทำให้ไม่เกิดมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม อีกทั้งลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก อันเป็นผลสืบเนื่องไปถึงภาวะที่พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น หรือที่กล่าวกันทั่วไปว่าภาวะโลกร้อนนั่นเอง การที่ท่อวอร์เทกซ์มีขนาดเล็ก กะทัดรัด น้ำหนักเบา อีกทั้งไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนที่ในขณะทำงาน ทำให้สะดวกในการนำไปใช้งาน อีกทั้งยังมีความคงทน ไม่สึกหรอง่ายเหมือนอุปกรณ์กลชนิดอื่นที่มีชิ้นส่วนเคลื่อนที่ขณะทำงาน ข้อดีเหล่านี้เป็นเหตุให้ท่อวอร์เทกซ์ได้รับความสนใจ และถูกนำไปใช้งานในอุตสาหกรรม

2.7 ความหยาบของผิว [14]

ความหยาบผิวแปลมาจากคำว่า “Surface Roughness” ในภาษาอังกฤษ หมายถึงขนาดความขรุขระของผิว หากมีความขรุขระมากแสดงว่ามีความหยาบมาก หากมีความขรุขระน้อยก็แสดงว่ามีความหยาบน้อย ความขรุขระหรือความหยาบจะใช้กับผิวของวัสดุ แต่บางที่อาจใช้คำว่าความเรียบ (Flat) ซึ่งเป็นคำที่อาจทำให้สับสน เพราะความเรียบมักใช้กับแผ่นสเตนเลสแผ่นเรียบ หมายถึงแผ่นไม่ค่อยเป็นคลื่น (wave) ด้วยเหตุนี้ในบทความนี้จะใช้คำว่าความหยาบผิวแทนคำว่า “Roughness” ในภาษาอังกฤษ เหตุผลดังกล่าวความหยาบผิวจึงจัดเป็นสมบัติทางโลหะวิทยาอย่างหนึ่ง ในการวัดความหยาบผิวจะใช้เครื่องวัดความหยาบผิว ซึ่งปัจจุบันมีหลายแบบหลายยี่ห้อให้เลือก แบ่งตามการวัดค่าความหยาบผิวตามเนื้อของวัสดุ

2.7.1 ความหลากหลายของดัชนีแสดงค่าความหยาบของผิว

ได้มีการกำหนดคำนิยามและการระบุพารามิเตอร์แสดงความหยาบของพื้นผิว (สำหรับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) ไว้ ซึ่งได้แก่

Ra = ความหยาบสูงสุด

Ry = ค่าเฉลี่ยความหยาบของพื้นผิวแบบสิบจุด

Rz = ค่าเฉลี่ยระยะระหว่างช่วงเส้นกราฟไม่สม่ำเสมอ

Sm = ค่าเฉลี่ยระยะระหว่างยอดเส้นกราฟ

S = อัตราส่วนความยาวในช่วงเส้นกราฟ

Tp = ความหยาบของพื้นผิวเป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตของพื้นที่ที่ได้รับการสุ่มเลือก

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหยาบทางคณิต [15]

ค่าเฉลี่ยความหยาบทางคณิต Ra		ความสูงสูงสุด Ry	ค่าเฉลี่ยความหยาบ 10 จุด Rz	ความยาวสุ่ม Ry . Rz I (Mm)	สัญลักษณ์แบบเดิม
ชุดมาตรฐาน	ค่าคัตออฟ λc (mm)	ชุดมาตรฐาน			
0.012 a	0.08	0.05 s	0.05 z	0.08	
0.025 a	0.25	0.1 s	0.1 z		
0.05 a		0.2 s	0.2 z	0.25	▽▽▽▽
0.1 a		0.4 s	0.4 z		
0.2 a		0.8 s	0.8 z		
0.4 a	0.8	1.6 s	1.6 z	0.8	
0.8 a		3.2 s	3.2 z		▽▽▽
1.6 a		6.3 s	6.3 z		
3.2 a	2.5	12.5 s	12.5 z		▽▽
6.3 a		25 s	25 z	2.5	
12.5 a	8	50 s	50 z		▽
25 a		100 s	100 z	8	
50 a		200 s	200 z		~
100 a	-	400 s	400 z	-	

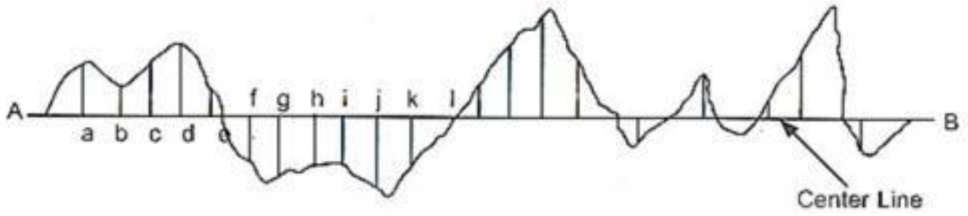
* ค่าตัวเลขทั้งสามไม่ใช่ค่าสมบูรณ์แต่ทำการปัดเพื่อให้ดูง่ายขึ้น

* ค่า Ra คำนวณจากความยาว Ry และ Rz ได้จากการรวมค่าคัตออฟและความยาวสุ่ม แล้วหารด้วย 5

2.7.2 ความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Roughness average: Ra)

เป็นการแสดงความหยาบพื้นผิวด้วยค่าเฉลี่ยทางเลยคณิตของผิวที่วัด ซึ่งเป็นค่าที่นิยมใช้กันมากที่สุด และหลายมาตรฐานมักอ้างอิงค่านี้ในการกำหนดมาตรฐานความหยาบผิว การหาค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิตได้จากการรวมพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นเหนือเส้นกึ่งกลาง (Center-Line) กับพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นใต้เส้นกึ่งกลาง หารด้วยความยาวเฉลี่ย (L_m) โดยที่ค่าของ Ra มีหน่วยวัด

เป็นไมโครเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.17 และสามารถนำมาคำนวณหาค่าของความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) ดังแสดงในสมการที่ 2.1



รูปที่ 2.17 การวัดความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Roughness average: Ra) [16]

$$Ra = \frac{1}{L}\int_{0}^{L} |\ y\ |dx = \frac{a+b+c+d+...}{n} \qquad (2.1)$$

เมื่อ

Ra = ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (μm)

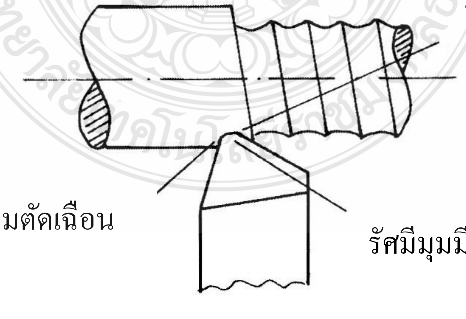
L = ความยาวอ้างอิงการวัดผิว (μm)

y = ความลึกของผิว (μm)

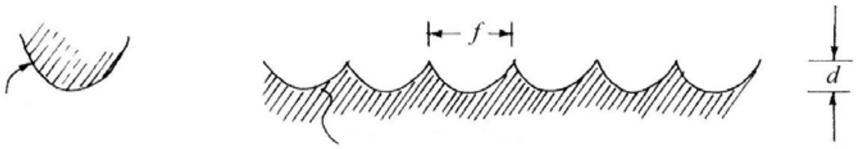
dx = อนุพันธ์ของความหยาบผิว

2.7.3 องค์ประกอบของความไม่ราบเรียบบนพื้นผิว

2.7.3.1 Roughness เกิดจากกรรมวิธีการผลิต เช่นรัศมีของมีดกลึง มีดกัด (Machining) หรือรอยขูดจากผงขัด (Polishing, Grinding) ดังรูปที่ 2.18 และ 2.19



รูปที่ 2.18 ความหยาบผิวที่เกิดจากส่วนของรัศมีของปลายคมตัด [16]]

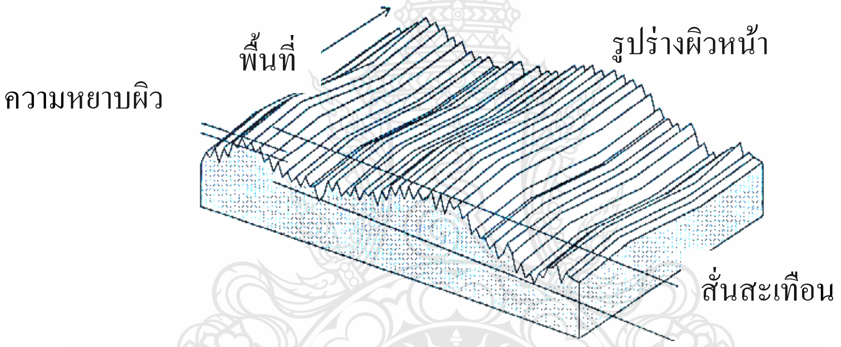


$$R_a \approx \frac{0.032f^2}{R}$$

รูปที่ 2.19 ภาพแสดงสมการของอัตราป้อนที่มีอิทธิพลต่อความหยาบผิว [16]

2.7.3.2 Waviness เกิดจากการผลิตที่ไม่เที่ยงตรงเช่นความสั่นสะเทือนของชิ้นงานหรือความสั่นสะเทือนของ Cutting Tool

2.7.3.3 Errors of Form เกิดจากความผิดพลาดในการผลิตเช่น Errors จาก Slideways, การหมุนของเครื่องจักรหรือ Thermal Distortion



รูปที่ 2.20 องค์ประกอบความไม่ราบเรียบบนพื้นผิว [16]]

2.8 ไดนาโมมิเตอร์ [15-17]

ไดนาโมมิเตอร์แบบวัดแรงตัดชนิด Piezoelectric 3 แกน (x,y,z) เป็นเครื่องมือวัดที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้วัดแรงตัดเฉือนในกระบวนการการตัดเฉือนโลหะโดยเฉพาะซึ่งสามารถวัดแรงได้ทั้ง 3 แกน ได้แก่ Fx, Fy และFรวมถึงโมเมนต์รอบแกนที่เกิดขึ้นด้วยอันได้แก่ Mx, Myและ Mz โดยไดนาโมมิเตอร์แบบวัดแรงตัดชนิด Piezoelectric 3 แกน (x,y,z) ประกอบด้วยหัววัดแรงชนิด 3 แกน (3-Axis Forcs Sensor) ที่ทำจาก Piezoelectric จำนวน 4 หัว โดยหัววัดแรงจะถูกประกอบด้วยฐานและแผ่นด้านบนที่ทำจากโลหะ โดยภายในแท่นวัดจะทำการเดินสายสัญญาณมายังหัวเชื่อมต่อเพื่อทำการเชื่อมต่อสายสัญญาณเพื่อนำไปขยายสัญญาณและประมวลผล ดังแสดงในรูปที่ 2.21

ไดนาโมมิเตอร์ Kistler Type 9257B ที่สามารถวัดแรงได้ 3 แนวแกน นั่นคือใช้สำหรับวัดแรงในการตัดเฉือนด้วยงานกลึงงานกัด และงานเจียระไน ซึ่งค่าของแรงที่วัดได้จะต้องผ่านชุดแปลงสัญญาณ หลังจากนั้นจึงจะไปผ่านชุดประมวลผลที่เครื่องพีซีคอมพิวเตอร์ด้วยซอฟต์แวร์ Dyno Ware ซึ่งภายในเครื่องพีซีจะต้องมีแผงวงจรที่เป็นตัวรับสัญญาณจากชุดแปลงสัญญาณมาทำการประมวลผล

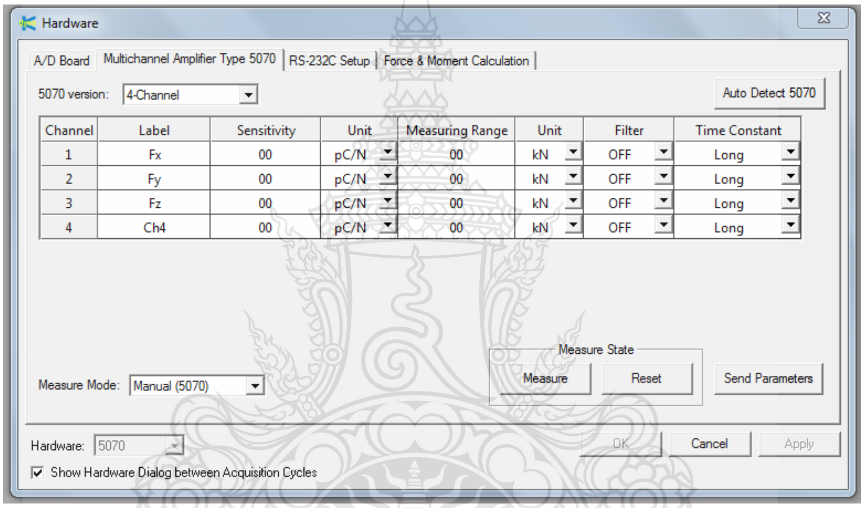
รูปที่ 2.21 ไดนาโมมิเตอร์แบบวัดแรงตัดชนิด Piezoelectric 3 แกน [17]

ชุดไดนาโมมิเตอร์สำหรับงานกลึง จากรูปจะเห็นได้ว่าชุดไดนาโมมิเตอร์จะทำการติดตั้งอยู่บนชุดป้อมมีดของเครื่องกลึง โดยที่จะต้องทำการถอดชุดป้อมมีดนั้นออกก่อน แล้วจึงทำการติดตั้ง ไดนาโมมิเตอร์ Kistler Type 9257B เข้าไปแทนที่ การใช้งานร่วมกันเครื่องกลึงนั้น สำหรับไดนาโมมิเตอร์รุ่นนี้จะมีข้อจำกัดอยู่บ้างก็คือ ไม่สามารถใช้ทดสอบร่วมกับเครื่องกลึงที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจากนี้แล้วชุดไดนาโมมิเตอร์ดังกล่าวยังสามารถใช้งานร่วมกับเครื่องเจาะและเครื่องกัดที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ได้

2.8.1 การใช้งานซอฟต์แวร์สำหรับประมวลผล Dynoware

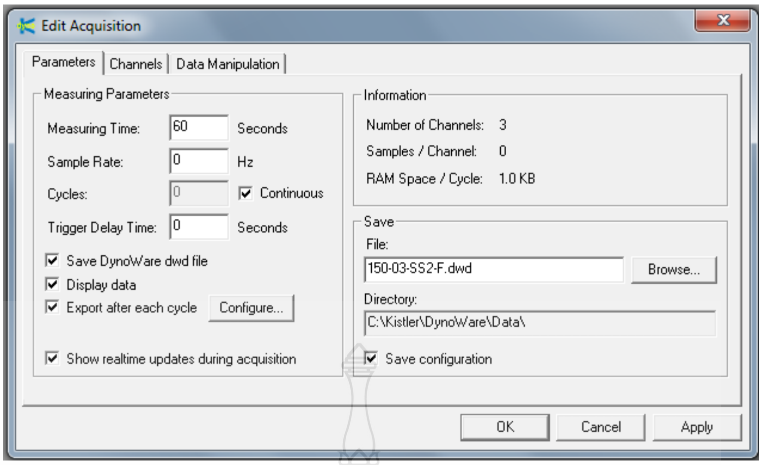
Dynoware เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ถูกออกแบบเพื่อการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลการวัดแรงในการตัดเฉือน โดยตัวโปรแกรมจะรองรับการทำงานของอุปกรณ์ของ Kistler และถูกออกแบบให้ใช้งานง่าย ทั้งในการติดตั้งและใช้ทดสอบไดนามิเตอร์เครื่องมือตัดเข้ากับเครื่องกลึงที่จะทำการทดสอบ พร้อมทั้งทำการต่อสายเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างชุดแปลงสัญญาณกับไดนาโมมิเตอร์เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงเข้าสู่การกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ สำหรับใช้ในการทดสอบเพื่อวิเคราะห์หาค่าของแรงในการตัดเฉือน ที่กระทำกับเครื่องมือตัดแต่ละชนิดได้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดค่าของแรงที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของการกำหนดค่าตัวแปรหรือเงื่อนไขในการตัดเฉือนและวัสดุเครื่องมือตัด สำหรับซอฟต์แวร์ที่ใช้ร่วมกับไดนาโมมิเตอร์ชุดนี้ จะสามารถกำหนดหรือตั้งค่าของแรงได้ 3 แนวแรง (Fx, Fy, Fz) นั่นก็คือ แรงในแนวแกน X (Feed Force) แรงในแนวแกน Y (Radial Force) แรงในแนวแกน Z (Cutting Force) สำหรับการทดสอบด้วยงานกลึงจะเลือกใช้ค่าของแรงเพียง 3 ค่าเท่านั้น คือ Fx, Fy ,และ Fz เมื่อได้ทำการกำหนดค่าของช่วงแรงที่ใช้ในการวัดเสร็จแล้ว จึงทำการส่งพารามิเตอร์นี้ไปยังชุด Charge Amplifier โดยการกด Send Parameter แล้วจึงทำการตอบตกลงเพื่อทำการตั้งค่าตัวแปรอื่นๆ ต่อไป



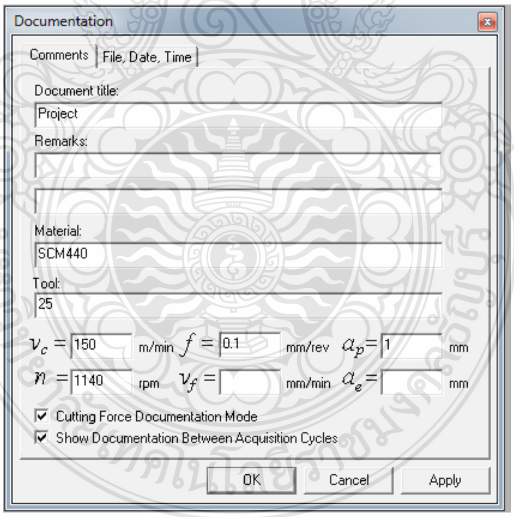
รูปที่ 2.22 การกำหนดค่าของแรงที่ใช้ในการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดช่วงเวลาของการทดสอบ สำหรับซอฟต์แวร์ Dynoware นี้จะกำหนดช่วงเวลาของการทดสอบเป็นวินาที เวลาที่กำหนดให้กับการทดสอบนี้ ส่วนใหญ่แล้วจะขึ้นอยู่เงื่อนไขของการตัดเฉือน เช่น อัตราป้อนและค่าความเร็วตัด จะต้องสัมพันธ์กันกับการกำหนดช่วงเวลาของการทดสอบ เวลาที่กำหนดในซอฟต์แวร์ควรจะกำหนดให้มีค่ามากกว่าเวลาที่ใช้ในการทดสอบจริง เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดจากการตัดเฉือนที่ยังไม่สมบูรณ์ นอกจากการกำหนดเวลาในการทดสอบแล้ว ยังสามารถกำหนดชื่อไฟล์ที่จะทำการบันทึกและตำแหน่งที่จะทำการจัดเก็บไฟล์ เมื่อทำการทดสอบเสร็จแล้วผลที่ได้จากการทดสอบจะนำไปเก็บไว้ยังไฟล์ดังกล่าว



รูปที่ 2.23 การกำหนดช่วงเวลาของการทดสอบ

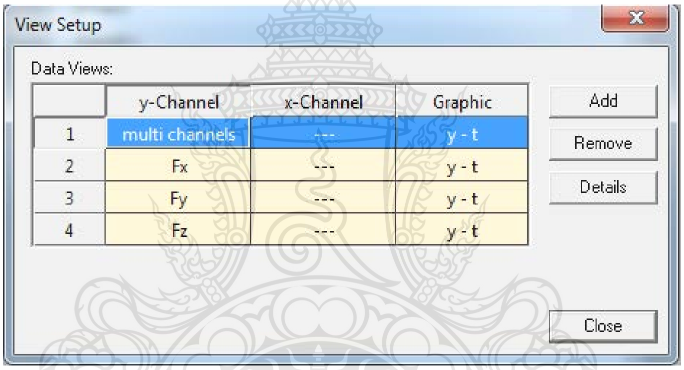
ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดสภาวะเงื่อนไขในการตัดเฉือนการกำหนดค่าสภาวะเงื่อนไขในการตัดเฉือน ประกอบด้วย ชื่อที่ใช้ในการทดสอบ วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ วัสดุเครื่องมือตัด ความเร็วตัด อัตราป้อน ความเร็วรอบ และความลึกในการป้อนตัด เป็นต้น



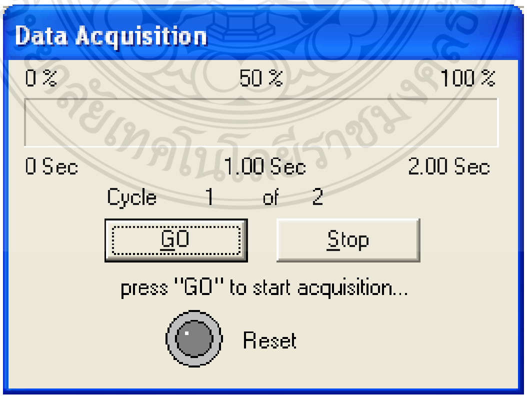
รูปที่ 2.24 การกำหนดสภาวะเงื่อนไขในการตัดเฉือน

ขั้นตอนที่ 4 การกำหนดจำนวนของแรงที่จะแสดงผล สามารถจะเพิ่มและลดจำนวนได้ เมื่อทำการกำหนดค่าต่างๆ ที่จะใช้สำหรับการตัดเฉือน ดังรูปที่ 2.25 พร้อมทั้งทำการจับยึดชิ้นงานและกำหนดค่าสภาวะเงื่อนไขในการตัดเฉือนเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงเริ่มทำการตัด

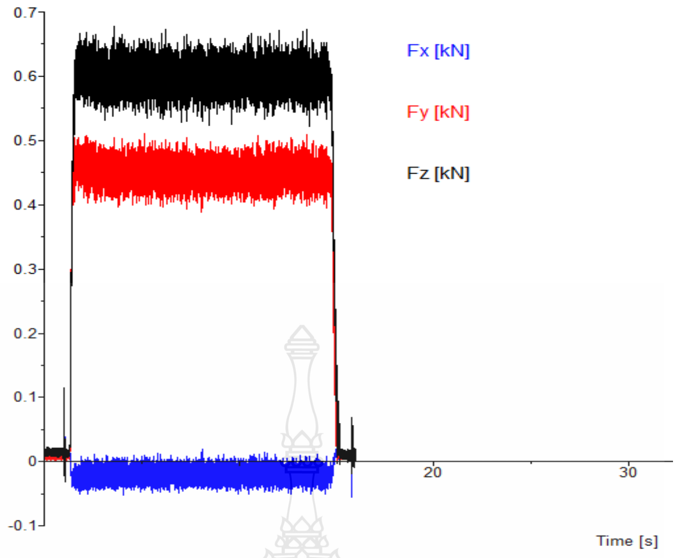
เฉือน โดยการกดปุ่ม “GO” ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ แล้วจึงเริ่มทำการตัดเฉือน โดยที่หน้าต่างของ Data Acquisition ดังรูปที่ 2.26 จะขึ้นเป็นแถบสีเขียวที่แสดงเป็นจำนวนเปอร์เซ็นต์ ตามที่ได้ตั้งค่าของเวลาที่ใช้ในการทดสอบไว้ตั้งแต่ต้น หลังจากนั้นจะเป็นขั้นตอนของการรับค่าสัญญาณจากไดนาโมมิเตอร์ผ่าน Charge Amplifier และประมวลผลออกมาในรูปของแรงที่ได้จากการตัดเฉือน ดังแสดงในรูปที่ 2.27 สามารถแสดงผลกราฟของแรงแต่ละแนวแรง และกราฟที่แสดงค่าของแรงรวมกันทั้ง 3 แรง จากกราฟของแรงที่ได้ยังสามารถเลือกแสดงผลได้ทีละค่า พร้อมทั้งหาค่าของแรงสูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยได้ โดยการเข้าไปปรับแก้ที่ซอฟต์แวร์ Dynoware ได้ตลอดเวลา เพราะว่าตัวซอฟต์แวร์เองได้ทำการบันทึกไฟล์ที่ใช้ในการทดสอบไว้แล้วตั้งแต่ตอนเริ่มต้นกำหนดค่าต่างๆ ค่าของแรงสูงสุด ต่ำสุด และค่าแรงโดยเฉลี่ย เราสามารถกำหนดช่วงของแรงที่ต้องการทราบค่า หรือทำการปรับแต่งกราฟให้มีความเหมาะสมได้



รูปที่ 2.25 การกำหนดจำนวนของแรงที่จะแสดงผล



รูปที่ 2.26 แสดงการเริ่มทำการตัดเฉือน โดยการกดปุ่ม GO



รูปที่ 2.27 แสดงแรงที่ได้จากการตัดเฉือน

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 D. Kramar, P. Krajnik J. Kopac. 2009 [18] ได้ทำการศึกษาการระบายความร้อนในกระบวนการกลึงเหล็กชุบแข็ง HARDENED STEEL CK45 ด้วยเทคนิคหล่อเย็น HIGH PRESSURE COOLING (HPC) ด้วยอัตราการไหล 1.4 ลิตรต่อนาที ความเร็วตัด 90 – 160 เมตรต่อนาที พบว่าความเร็วตัดเพิ่มขึ้นได้ 45% อัตราป้อน feed เพิ่มขึ้นได้ 25% อายุการใช้งานของมีดกลึงเพิ่มขึ้นห้า เท่าและ การทดลองแบบ HPC หนึ่งครั้งเท่ากับการใช้แบบการทดลองแบบหล่อเย็นแบบเปียก (Coolant) ได้ถึงสี่ครั้ง

2.9.2 Y. R. Gintinga และคณะ 2015 [2] ได้ศึกษาวิจัยสารหล่อเย็นการปรับปรุงเครื่องจักรที่ใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมดำเนินการเพื่อช่วยกำจัดของเหลวขยะที่เกิดขึ้นที่บริษัทผลิตสกรู (Bolt) ในประเทศออสเตเรีย ด้วยงานกลึง แบบเปียก, แบบ MQL+AIR พบว่า ความเรียบผิวแบบ MQL+AIR ดีกว่าแบบเปียก, อัตราการสึกหรอมีดกลึงน้อยกว่าแบบเปียก, ธรรมชาติสิ่งแวดล้อมบริเวณทำงานดีกว่าแบบกลึงเปียก และค่าใช้จ่ายประหยัดลดลงกว่าการหล่อเย็นแบบเปียก (Coolant)

2.9.3 Y. R. Gintinga,B. Boswellb*, W. Biswasc, M.N. Islam.2015 [19] การตรวจสอบวิธีการทำความเย็นแบบอื่นเพื่อให้ได้กระบวนการเครื่องจักรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่บริษัทDon had ผลิตสกรูมีปัญหาเกี่ยวกับสารเคมีและน้ำยาหล่อหลื่อรั่วไหลและต้องใช้งบประมาณในการทำความสะอาด 40,000 US ทำการทดลองด้วยเทคนิคหล่อเย็นที่แตกต่างกันงานกลึงผิวโลหะเงื่อนไข

พารามิเตอร์ การตัดด้วย อัตราป้อน ความเร็วตัด ความลึกตัด หยาบผิว ด้วยเทคนิคการหล่อเย็น Dry and MQL+ COLD COMPRESSED AIR เพื่อการวิเคราะห์ผลพบว่า การใช้กระแสไฟฟ้าลดลง การสึกหรอของมีดกลึงน้อยกว่าใช้แบบ coolant ร่องรอยคราบเขม่าสกปรกแบบ MQL+ COLD COMPRESSED AIR น้อยกว่าแบบCOOLANT 45% ค่าใช้จ่ายลดลงได้ 4%

2.9.6 J.L. Pay, S. Ainusyafiqah ,C.S.Nor Azwadi, Y. Jiwang, 2017 [20] ได้ศึกษา พารามิเตอร์ เทคนิคการหล่อเย็น งานกลึงเหล็กชุบแข็งสูงกว่า45HRC พบว่าการหล่อเย็นด้วยของเหลวแบบ Cryogenic cooling อายุการใช้งานของมีดกลึง,การสึกหรอ,ความเรียบผิว เป็นสิ่งสำคัญของแต่ล่ะขั้นตอนการทำ Machining ความลึกตัดและความเร็วตัดเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดสำหรับการสึกหรอด้านข้างของมีดกลึง ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อความเรียบผิวคือแรงตัด ความเร็วตัดตามด้วยอัตราป้อน การหล่อเย็นแบบ Cryogenic การเพิ่มแรงดันสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อเย็นได้และเพิ่มอายุการการใช้งานของมีดกลึงได้มากกว่า แบบแห้งและ MQL

2.10 สรุปแนวคิดของงานวิจัยนี้

จากการการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถนำมาสรุปเพื่อเป็นแนวทางในงานวิจัย โดยนำเทคนิคการใช้สารหล่อด้วยวิธีเป่าลมเย็น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น เงื่อนไขในการตัด อัตราป้อน ความเร็วตัด ความลึกตัด และการเลือกใช้วัสดุชิ้นงาน วัสดุมีดตัด แรงดันลมที่ใช้หล่อเย็น แรงดันลมเป็นต้น

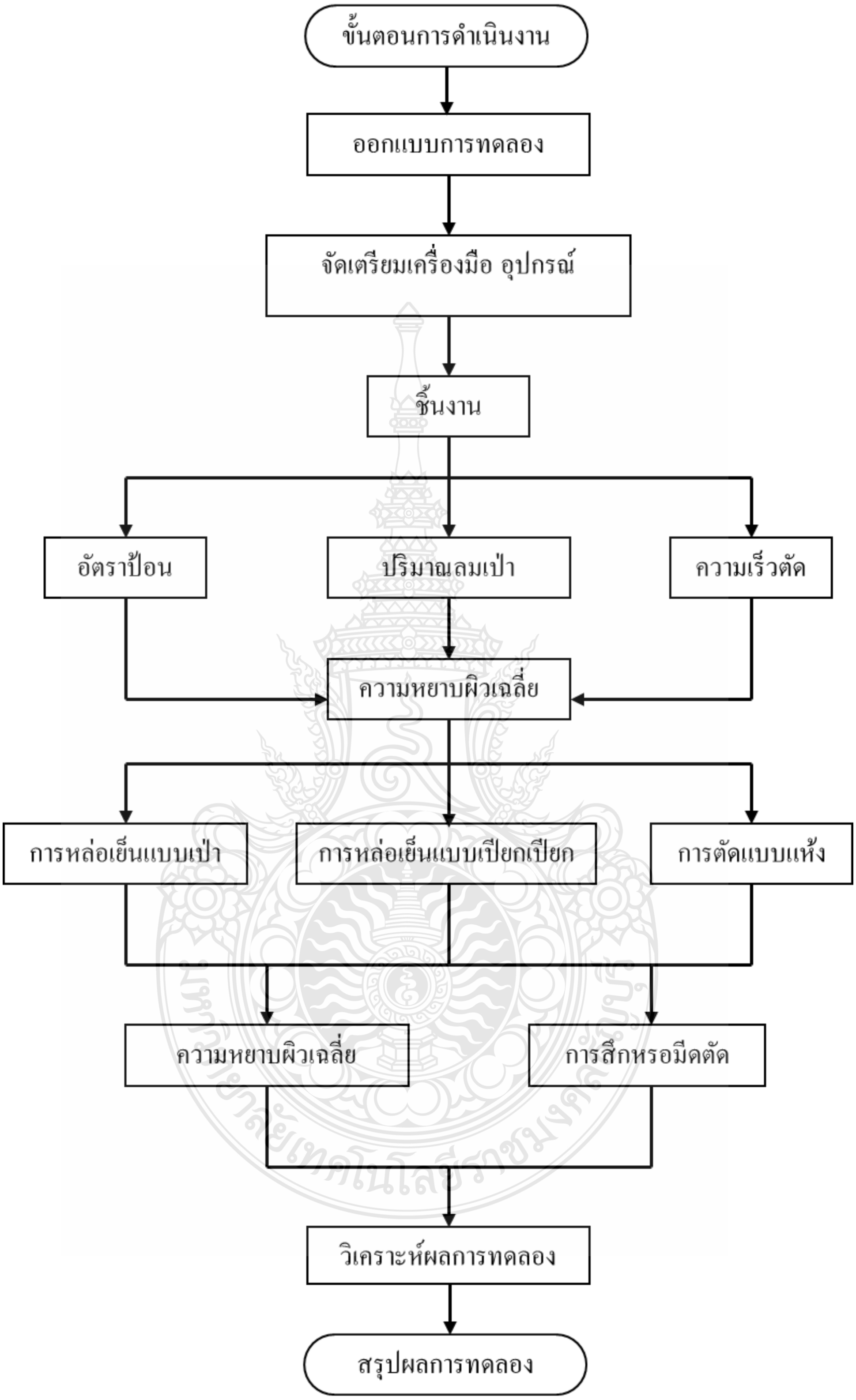
ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นได้หลายอย่างเช่น การสึกหรอมีดตัด ความเรียบผิวชิ้นงาน แรงตัดที่เกิดขึ้น อุณหภูมิที่เกิดขึ้น เป็นต้น

นำเทคนิคการใช้สารหล่อด้วยวิธีเป่าลมเย็นมาใช้ส่งผลกระทบต่อการผลิตในทางเศรษฐศาสตร์ สามารถนำวิธีการนี้เพื่อช่วยในการลดต้นทุนในการผลิตในการใช้เครื่องมือตัดและค่าใช้จ่ายจากการกำจัดสารหล่อเย็น และวิธีเป่าลมเย็น จะนำมาซึ่งประสิทธิภาพและคุณภาพชิ้นงานที่ดี การนำเทคนิคการใช้สารหล่อด้วยวิธีเป่าลมเย็นมาใช้ส่งผลกระทบต่อการผลิตในทางสิ่งแวดล้อม เป็นทางเลือกในการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในขั้นตอนการดำเนินงานนี้จะมุ่งเน้นเพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการหล่อเย็นงานกลึงโดยกระบวนหล่อเย็นด้วยลมเป่า เปรียบเทียบกับการหล่อเย็นแบบตัดเปียกและการตัดแบบแห้ง ที่มีผลต่อคุณภาพผิวชิ้นงานและการสึกหรอของมีด ในงานตัดเฉือนโลหะเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 มีดตัดชนิดแบบอินเสิร์ทเซอร์เมท Cermet ขึ้นรูปด้วยเครื่อง CNC จากการศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องซึ่งสภาวะการตัดเฉือนที่ประกอบไปด้วย ความเร็วตัด, อัตราป้อน, ความลึกป้อน ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานการทดลอง

3.2 วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

3.2.1 วัสดุทดลอง เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 ตามมาตรฐาน JIS อยู่ในกลุ่มออสเทนนิติค เป็นกลุ่มที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยมีโครเมียม (Cr) เมื่อเพิ่มนิเกิ้ล (Ni) กับโมลิเดนั่ม จะทำให้สเตนเลสมีคุณสมบัติทนต่อสนิมและการกัดกร่อนได้ดี หรือเป็นเกรดที่ปฏิกิริยากับกรดน้อยสามารถเพิ่มความแข็งด้วยการรีดเย็นได้ แม่เหล็กดูดไม่ติด แต่ไม่สามารถชุบแข็งได้ ขนาดความโตเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.40 มิลลิเมตร ยาว 220 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 ที่ใช้ในการทดลอง

ธาตุ	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี (% wt.)
คาร์บอน (Carbon : C)	0.15
โมลิเดนั่ม (Molybdenum : Mo)	2
โครเมียม (Chromium : Cr)	16
นิกเกิล (Nickel : Ni)	10

รูปที่ 3.2 แสดงชิ้นงานทดลอง สแตนเลส 316

3.2.2 วัสดุเม็ดมีดกลึง (Cermet Insert) เกรดเม็ดมีดที่ทำมาทำการทดสอบ มีดกลึงที่ใช้แบบเซอร์เม็ท MITSUBISHI CNMG120408 CNMG432 รัศมีมุม 0.8 mm เป็นมีดมุมคายเป็นหลบ (Negative Rake Angle) เป็นมีดเกรด NX2525 หรือเม็ดมีดรูปทรงขนมเปียกปูนเม็ดมีดที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นเม็ดมีดกลึงหยาบ (Light Cutting)

รูปที่ 3.3 แสดงชนิดของเม็ดมีดที่ใช้ในการทดลอง

3.2.3 น้ำมันหล่อเย็นในการตัดแบบเปียก (Coolant) ยี่ห้อเย็น BIOCUT No.4BB เป็นน้ำมันที่มีสารเจือปนชนิดน้ำนมชนิดไม่มีสารไนเตรทโดยทั่วไป สามารถใช้กับเหล็กหล่อเหล็กและอลูมิเนียมและทองเหลือง น้ำหล่อเย็นมีอายุการใช้งานยาวนานป้องกันการกัดกร่อนที่ดีในชิ้นงานและเครื่องจักรเหมาะสำหรับการใช้งานทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้งานด้านงานกลึง, กัด, เจาะ, ต๊าบเกรียว, ทำเฟืองและงานเจียรไน โดยใช้อัตราส่วนผสม 6 – 8 % ในงานวิจัยนี้ใช้อัตราส่วนผสมที่ 8 % มีคุณสมบัติจำเพาะดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติจำเพาะน้ำมันหล่อเย็นในการตัดเปียก

รายการ	ค่ากำหนด
Appearance (Concentrate)	Yellow- brown liquid
Appearance (@ 5% Emulsion)	Milky emulsion
Density @ 30oC, g./cm3	0.880
PH (@ 5%)	8.5 - 9.5
Corrosion Test (@ 5%, IP 125)	Pass
Thermal Stability	Clear & Stable
Emulsion Stability	Clear & Stable

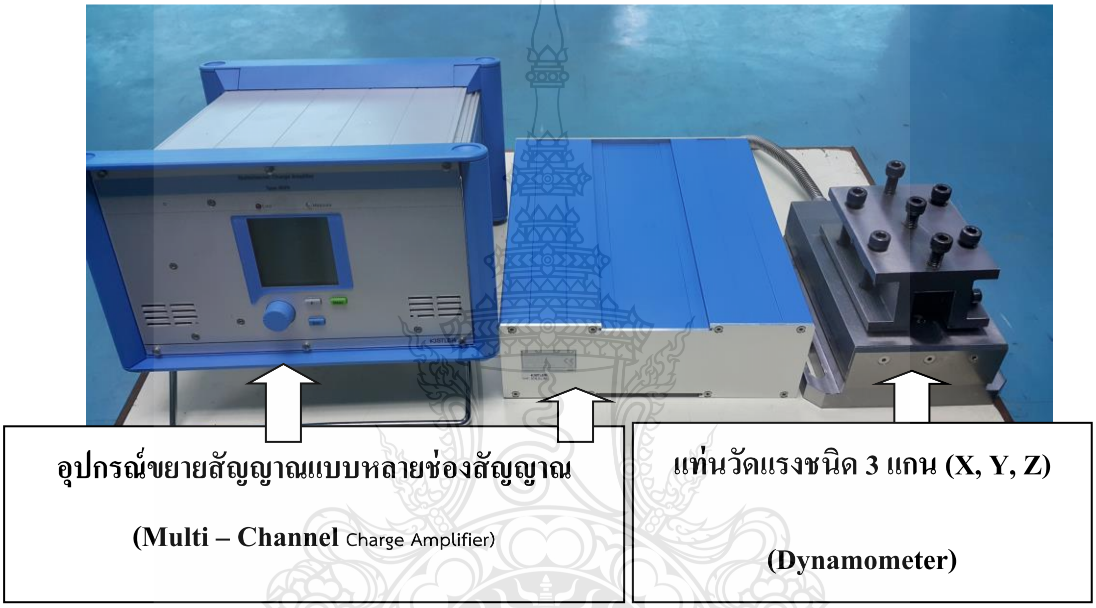
รูปที่ 3.4 แสดงน้ำยาหล่อเย็นที่ใช้ในการทดลอง

3.2.4 ท่อวอร์เท็ก (Vortex Tube Gold air gun) รุ่น 612 Vorter เมื่อทำการอัดอากาศด้วยแรงดัน ผ่านท่อทอในแนวสัมผัสจะทำให้อากาศหมุนในแนวเส้นสัมผัส โดยขณะที่อากาศหมุนวนในท่อทรงกระบอกนั้น จะทำให้เกิดปรากฏการณ์หนึ่ง คือ อากาศที่อยู่ใกล้ศูนย์กลางของทรงกระบอกจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศที่อยู่ไกลออกไป โดยจะแยกออกจากกันเป็น 2 ทาง คือ ทางออกของอากาศร้อนและทางออกของอากาศเย็น [13]

รูปที่ 3.5 แสดงท่อวอร์เท็ก (Vortex Tube Gold air gun)ใช้ในการทดลอง

3.2.5 ชุดวัดแรงแบบ 3 แกน ใช้ชุดไดนาโมมิเตอร์วัดแรงตัด รุ่น 9257B ยี่ห้อ KISTLER SN. 4464621 แบบวัดแรงตัดเซนเซอร์ชนิด Piezoelectric 3 แกน (X,Y,Z) (Dynamometer) เป็นเครื่องมือวัดที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้วัดแรงตัดเฉือนโลหะโดยเฉพาะซึ่งสามารถวัดแรงได้ทั้ง 3 แกน

ได้แก่ Fx,Fy และ Fz รวมถึงโมเมนต์รอบแกนที่เกิดขึ้นด้วยอันได้แก่ Mx,My และ Mz โดยไดนาโมมิเตอร์แบบวัดแรงตัดชนิด Piezoelectric 3 แกน (x,y,z) ประกอบด้วยหัวแรงชนิด 3 แกน (3-Axis Force) ที่ทำจาก Piezoelectric จำนวน 4 หัววัดแรงจะถูกประกบด้วยฐานและแผ่นด้านบนที่ทำจากโลหะ โดยภายในแท่นวัดจะทำการเดินสายสัญญาณมายังหัวเชื่อมต่อเพื่อทำการเชื่อมต่อสัญญาณเพื่อนำไปขยายสัญญาณเพื่อนำไปขยายสัญญาณและประมวลผลเพื่อบันทึกผลการทดทากราฟต่อไป ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.6 ชุดไดนาโมมิเตอร์แบบวัดแรง 3 แกน

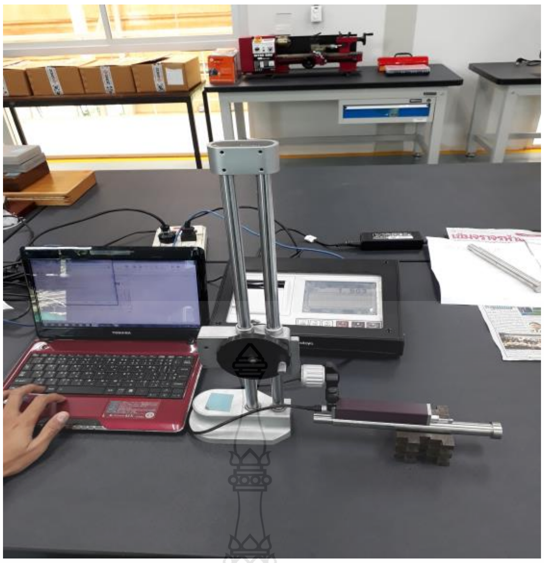
3.2.6 เครื่องจักรสำหรับการทดลอง เครื่องกลึง CNC ที่ใช้รุ่น TURN450 ยี่ห้อ EMCO ซึ่งจะทำงานโดยใช้ระบบควบคุมของเครื่องโดยป้อนคำสั่งG-codeและM-codeโดยใช้โปรแกม Fargo และด้ามจับยึดมีดตัดขนาด 25 มิลลิเมตร มีดตัดเป็นชนิดถอดเปลี่ยนได้ เพื่อกลึงงานตามแบบงานที่ต้องการ

รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องกลึงซีเอ็นซี (CNC Lath) ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.7 ด้ามจับเม็ดมีดกลึง (Tool Holder) ARNO PCLN R/L 2525 M12 ชนิดกลึงปอกใช้ในการทดลอง

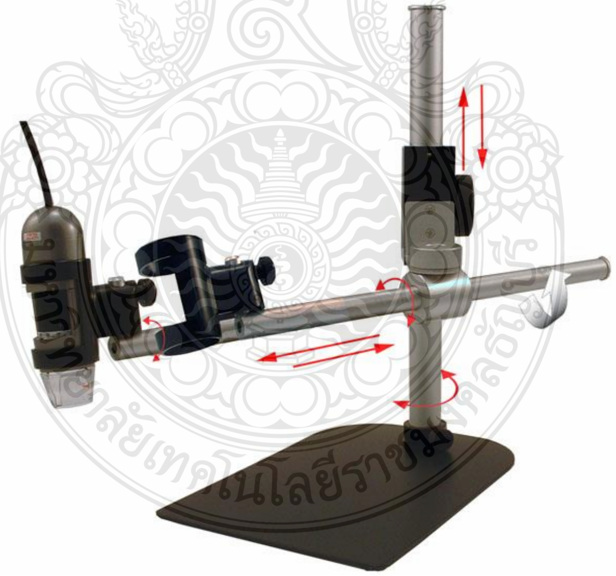
รูปที่ 3.8 แสดงด้ามจับเม็ดมีดกลึงที่ใช้จับเม็ดมีด

3.2.8 เครื่องวัดความหยาบผิว (Surface Roughness Machine) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความหยาบผิวของชิ้นงานทดสอบคือ เครื่อง SURFTEST : 301 ของ บริษัท Mitutoyo ซึ่งจะทำการวัดชิ้นงานที่ผ่านการกลึงมาเรียบร้อยแล้ว ซึ่งความหยาบผิวของชิ้นงานที่ทำการวัดต้องไม่เกิน 3.2 μm หากเกิน 3.2 μm ถือว่าเม็ดมีดที่ใช้ในการตัดเฉือนหมดอายุการใช้งาน โดยในการวัดค่าความหยาบผิวจะใช้ค่าคัตออฟ 2.5mm และค่าความยาวสุ่มที่ 2.5 Mm



รูปที่ 3.9 แสดงเครื่องวัดความหยาบผิว

3.2.9 กล้องจุลทรรศน์ใช้กล้องจุลทรรศน์ เครื่องหมายการค้า Dino-Lite รุ่น AM-4113



รูปที่ 3.10 แสดงกล้องจุลทรรศน์

3.2.10 Thermo – anemometer VT 100 ยี่ห้อ KIMO รุ่น VT 100 ช่วงการ: 0.15 ถึง 30 m/s, 0 ถึง 99,999 m^3/h , - 20 ถึง + 80 °C ความละเอียดในการแสดงผล : 0.01 m/s (0.15 ถึง 3 m/s), 0.1 m/s

(3.1 ถึง 30 m/s) , 1 m³/h, 0.1°C ค่าความคลาดเคลื่อนความเร็วลม : ± 3% ของค่าที่วัดได้ ± 0.05 m/s (0.15 ถึง 3 m/s) ±3% ของค่าทาวัดได้ ± 0.2 m/s (3.1 ถึง 30 m/s) การไหล : ±0.03*พื้นที่ (cm2) อุณภูมิ : ±0.4% ของค่าที่วัดได้ ±0.3 °C ช่วงอุณหภูมิการใช้งาน : เครื่อง 0 ถึง +50°C หัววัด -20 ถึง +80°C ช่วงอุณหภูมิการเก็บรักษา : -20 ถึง +80°C

รูปที่ 3.11 แสดภาพเครื่องวัดอุณภูมิและแรงดันลม

3.3 การออกแบบการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองที่มีผลกระทบต่อการความหยาบผิวชิ้นงานและสึกหรอของมีดตัด สามารถจำแนกเงื่อนไขพารามิเตอร์ได้ดังต่อไปนี้แรงลมเป่า Cold Air อัตราป้อน ความเร็วตัดและความลึกตัด กำหนดระดับ(Level) ของตัวแปร จะกำหนดตามเงื่อนไขของผู้ผลิตเครื่องมือตัดวัสดุที่กำหนดจากคู่มือแนะนำการใช้งาน

3.3.1 ปริมาณลมเป่า 3 ระดับ คือ 4 6 8 Bar

3.3.2 อัตราป้อน ทำการกำหนด 3 ระดับ คือ 0.085 0.13 0.18 มิลลิเมตรต่อรอบ

3.3.3 ความเร็วตัด ทำการกำหนด 3 ระดับ คือ 50 65 80 เมตรต่อนาที

3.3. 4 ความลึกตัด ทำการกำหนด 1 ระดับ คือ 1 มิลลิเมตร

3.3.5 วิธีการหล่อเย็น ทำการกำหนด 3 แบบ คือ แบบเป่า แบบเปียก แบบแห้ง

ค่าการตัดเฉือนจะเลือกจากค่าเหมาะสมจากเงื่อนไขของผู้ผลิตเครื่องมือตัด

ตารางที่ 3.3 แสดงระดับตัวแปรใช้ในการทดลอง

รายการ	ค่ากำหนด
ปริมาณลมเป่า(แรงดันบาร์)	4 , 6 , 8
อัตราป้อน , fn (มิลลิเมตรต่อรอบ)	0.085 0.13 0.18
ความเร็วตัด , Vc (เมตรต่อนาที)	50 65 80
ความลึกตัด , Dc (มิลลิเมตร)	1
วิธีการหล่อเย็น	เป่า แบบเปียก แบบแห้ง

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 เตรียมชิ้นงาน (Work Piece) นำสแตนเลสขนาดความโต 25.40 มิลลิเมตร ความยาม 220 มิลลิเมตร จับยึดกับหัวจับเครื่องกลึง (Spindle) ทำการเจาะรูเพื่อยันศูนย์แล้วทำการยันศูนย์ เป็นการเตรียมชิ้นงานก่อนทำการทดลอ

3.4.2 ติดตั้งอุปกรณ์ไดนาโมมิเตอร์สำหรับวัดแรงตัดและชุดอุปกรณ์หล่อเย็นลมเป่าท่อวอร์เท็ก แหล่งจ่ายลมที่ปริมาณลม 8 บาร์ วางตำแหน่งหัวฉีด (Nozzle) ให้มีระยะห่างจากปลายหัวฉีดถึงบริเวณปลายคมตัดประมาณ 5-10 เซนติเมตร เพื่อพ่นลมเป่ามันตรงข้ามทิศทางการหมุน ทำการปรับระดับปริมาณลมตามเงื่อนไขที่กำหนดจากการออกแบบการทดลอง

รูปที่ 3.12 แสดงการติดตั้งชุดอุปกรณ์หล่อเย็นเป่าลม

3.4.3. ติดตั้งเครื่องมือตัด ตั้งระยะศูนย์ชิ้นงาน และความยาวมีดตัด

3.4.4. เขียนโปรแกรม CNC สร้างเส้นทางเดินมีดตัดเดินแบบไปกลับ (Zigzag) โดยมีการคำนวณพารามิเตอร์ที่สำคัญดังนี้

หาความเร็วรอบ (Spindle speed) สามารถหาได้จากสมการที่ 3.1

$$n = \frac{Vc1000}{\pi D} \tag{3.1}$$

เมื่อ n = ความเร็วรอบ, Spindle speed (รอบต่อนาที)

VC = ความเร็วตัด, Cutting speed (เมตรต่อนาที)

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมีดตัด (มิลลิเมตร)

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าความเร็วรอบที่ใช้งาน

อัตราป้อนต่อรอบ (มิลลิเมตรต่อรอบ)	ความเร็วตัด (เมตรต่อนาที)
0.085	50
0.13	65
0.18	80

หาอัตราป้อน (Feed rate) สามารถหาได้จากสมการที่ 3.2

$$Ft = Fn \cdot n \cdot z \tag{3.2}$$

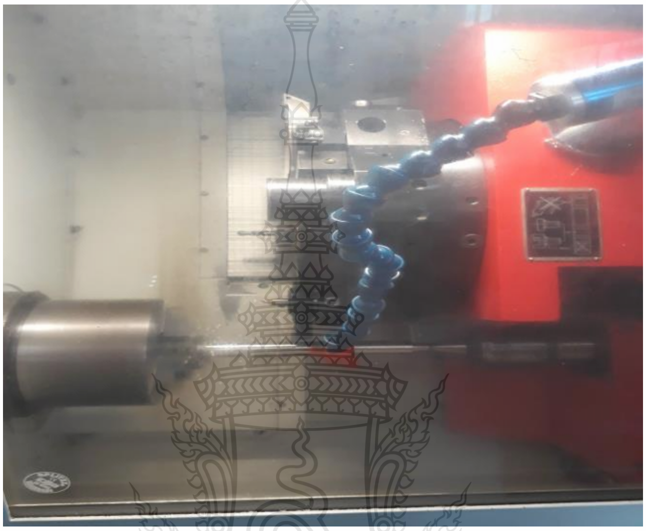
เมื่อ f = ความเร็วตัด มิลลิเมตรต่อนาที

fn = อัตราป้อนต่อรอบ มิลลิเมตรต่อรอบ

n = ความเร็วรอบรอบต่อนาที

z = จำนวนฟันของเครื่องมือตัด (1ฟัน)

3.4.5 ทำการทดลองกลึงชิ้นงาน โดยกำหนดระดับอัตราป้อนทีแตกต่างกัน3ระดับ 0.085 0.13 และ 0.18 มิลลิเมตรเมตรต่อรอบ ระดับปริมาณลมเป่าคงที่ 8 บาร์ ความเร็วตัดกำหนด 3 ระดับ 50 65 80 เมตรต่อนาที และความลึกตัดคงที่ 1 มิลลิเมตร วัดค่าความหยาบผิวเฉลี่ยที่ระยะทาง1000 มิลลิเมตร บันทึกผลการทดลอง เขียนกราฟวิเคราะห์ผลเพื่อกำหนดตัวแปรอัตราป้อนในการทดลองต่อไป

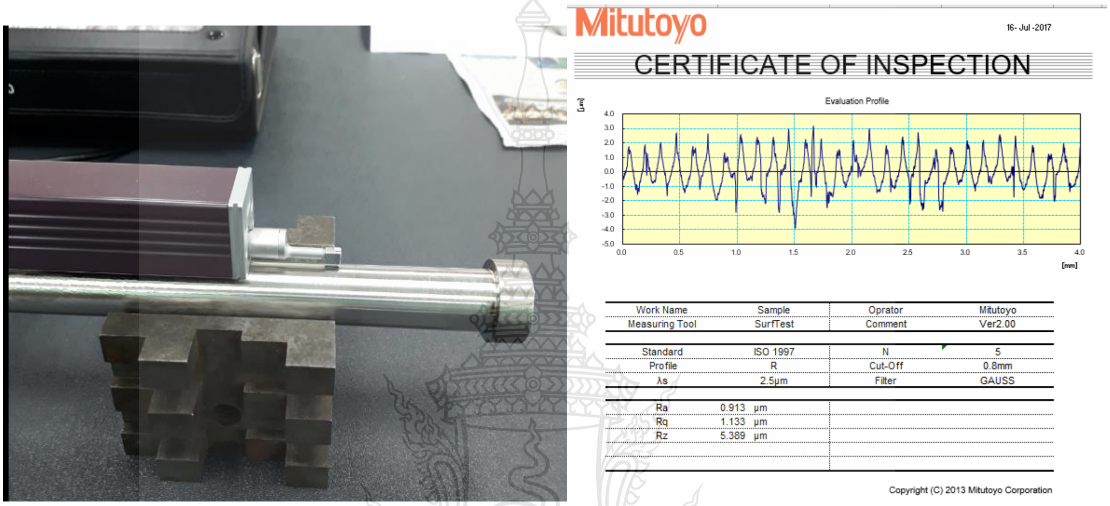


รูปที่ 3.13 แสดงการทดลองด้วยวิธีหล่อเย็นแบบเป่า

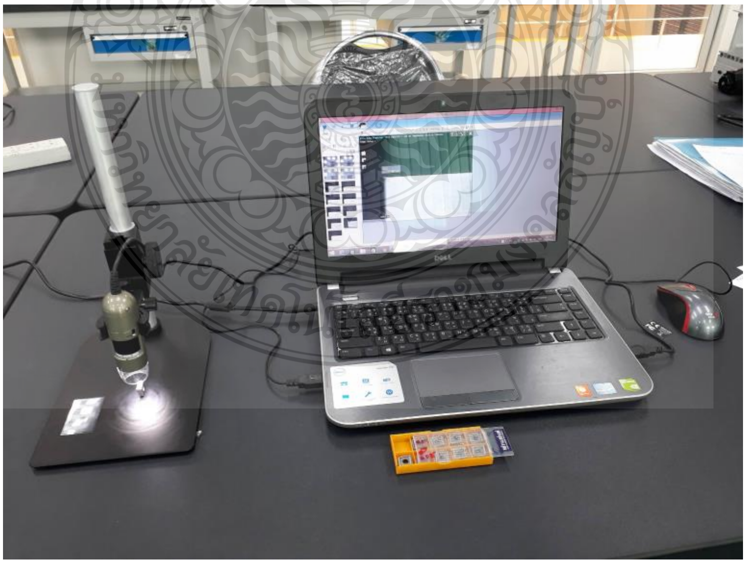
ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงบันทึกค่าความหยาบผิวเฉลี่ยที่อัตราป้อน 3 ระดับ

ระยะทางการเคลื่อนที่ของมีดตัด	**ความหยาบผิวเฉลี่ย**		
	อัตราป้อน 0.085 มิลลิเมตรต่อรอบ	อัตราป้อน 0.13มิลลิเมตรต่อรอบ	อัตราป้อน 0.18 มิลลิเมตรต่อรอบ
1000 มิลลิเมตร	x	y	z
1000 มิลลิเมตร	x	y	z
1000 มิลลิเมตร	x	y	z
1000 มิลลิเมตร	x	y	z
1000 มิลลิเมตร	x	y	z

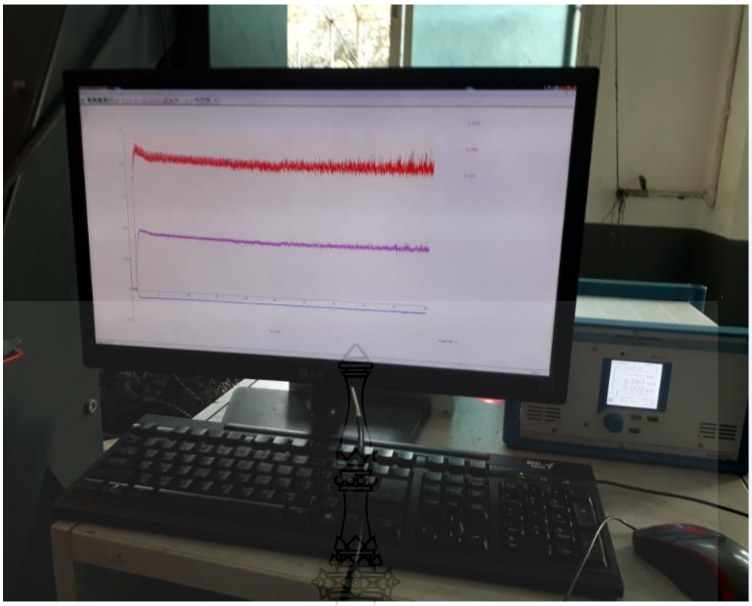
จากการทดลองปัจจัยเบื้องต้นที่มีผลต่อคุณภาพผิวชิ้นงาน คือระดับอัตราป้อนที่ได้ เพื่อหาระดับปริมาณลมเป่า ที่มีผลต่อคุณภาพผิวชิ้นงาน การสึกหรอมีดกลึงและแรงตัด โดยทำการกำหนดตัวแปรแรงดันลมที่แตกต่างกัน3 ระดับที่ 4 6และ8 กำหนดความเร็วตัดคงที่ 65 เมตรต่อนาที ความลึกตัดคงที่ 1 มิลลิเมตร วัดค่าความหยาบผิวเฉลี่ยทุกระยะทาง 1000 มิลลิเมตร บันทึกผลการทดลอง เขียนกราฟวิเคราะห์ผลเพื่อกำหนดตัวแปรระดับปริมาณลมในการทดลองต่อไป



รูปที่ 3.14 แสดงการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นงาน ด้วย Mitutoyo Surf test SJ - 310



รูปที่ 3.15 แสดงการวัดค่าสึกหรอ Tool ด้วย กล้อง Microscope



รูปที่ 3.16 แสดงการวัดแรงในขณะการตัดเฉือน

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงบันทึกค่าหยาบเรียบผิวเฉลี่ยที่ปริมาณลม 3 ระดับ

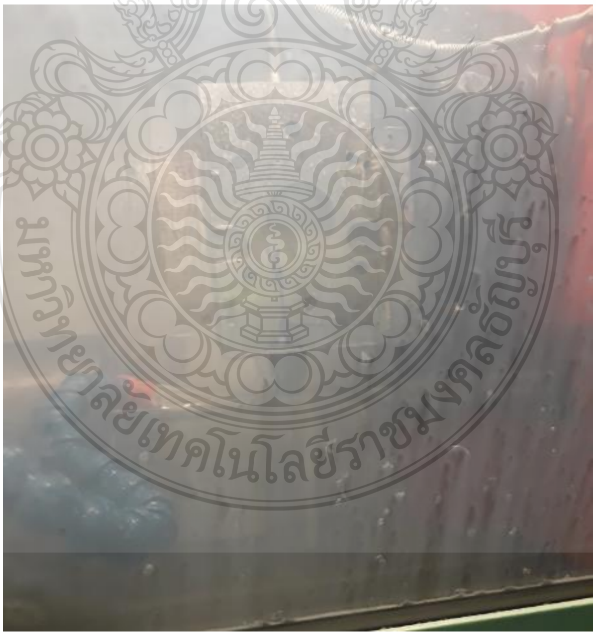
ระยะทางการเคลื่อนที่	ความหยาบผิวเฉลี่ย		
ของมีดตัด	ปริมาณลม 4 Bar	ปริมาณลม 6 Bar	ปริมาณลม 8 Bar
1000 มิลลิเมตร	x	y	z
1000 มิลลิเมตร	x	y	z
1000 มิลลิเมตร	x	y	z
1000 มิลลิเมตร	x	y	z
1000 มิลลิเมตร	x	y	z

จากการทดลองปัจจัยเบื้องต้นที่มีผลต่อคุณภาพผิวชิ้นงาน คือระดับอัตราป้อน และระดับปริมาณเป่าที่ได้ เพื่อทำการทดลองตัวแปรความเร็วตัดที่แตกต่างกัน 3 ระดับที่ ความเร็วตัดที่ 50 65 และ 80 เมตรต่อนาที วัดค่าความหยาบผิวเฉลี่ยที่ระยะทาง 1000 มิลลิเมตร บันทึกผลการทดลอง เขียนกราฟวิเคราะห์ผลเพื่อกำหนดตัวแปรระดับความเร็วตัดในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 3.7 ตารางแสดงบันทึกค่าความหยาบผิวเฉลี่ยที่ความเร็วตัด 3 ระดับ

ระยะทางการเคลื่อนที่ของมีดตัด	ความหยาบผิวเฉลี่ย		
	ความเร็วตัด 50 เมตรต่อนาที	ความเร็วตัด 65 เมตรต่อนาที	ความเร็วตัด 80 เมตรต่อนาที
1000 มิลลิเมตร	x	y	Z
1000 มิลลิเมตร	x	y	Z
1000 มิลลิเมตร	x	y	Z
1000 มิลลิเมตร	x	y	Z
1000 มิลลิเมตร	x	y	Z

จากการทดลองปัจจัยเบื้องต้นที่มีผลต่อคุณภาพผิวชิ้นงาน คือระดับอัตราป้อน ระดับปริมาณลมเป่าและระดับความเร็วตัดที่ได้ เพื่อนำไปทดลองเปรียบเทียบกับวิธีการหล่อเย็นแบบเปียกและวิธีการตัดแบบแห้ง วัดค่าความหยาบผิวเฉลี่ยทุกระยะทาง 1000 มิลลิเมตร บันทึกผลการทดลองเขียนกราฟวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบ



รูปที่ 3.17 แสดงการทดลองด้วยวิธีหล่อเย็นแบบเปียก

ตารางที่ 3.8 ตารางแสดงบันทึกค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเปรียบเทียบวิธีหล่อเย็น 3 แบบ

ระยะทางการเคลื่อนที่ของมีดตัด	ความหยาบผิวเฉลี่ย		
	วิธีหล่อเย็นแบบลมเป่า	วิธีหล่อเย็นแบบเปียก	การตัดแบบแห้ง
1500 มิลลิเมตร	x	y	z
3000 มิลลิเมตร	x	y	z
4500 มิลลิเมตร	x	y	z
6000 มิลลิเมตร	x	y	z
7500 มิลลิเมตร	x	y	z

จากการทดลองปัจจัยเบื้องต้นที่มีผลต่อคุณภาพผิวชิ้นงาน คือระดับอัตราป้อน ระดับปริมาณลมเป่า และระดับความเร็วตัดที่ได้ เพื่อนำไปทดลองเปรียบเทียบกับวิธีการหล่อเย็นแบบเปียก และวิธีการตัดแบบแห้ง วัดค่าการสึกหรอของมีดตัดที่เกิดบนผิวหลบ (Flank wear) ด้วยกล้อง Microscope ทุกระยะทาง 1000 บันทึกผลการทดลอง เขียนกราฟวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบ

ตารางที่ 3.9 ตารางแสดงบันทึกค่าการสึกหรอของมีดตัดเปรียบเทียบวิธีหล่อเย็น 3 แบบ

ระยะทางการเคลื่อนที่ของมีดตัด (มิลลิเมตร)	ค่าการสึกหรอของมีดตัด		
	วิธีหล่อเย็นแบบลมเป่า	วิธีหล่อเย็นแบบเปียก	การตัดแบบแห้ง
1000 มิลลิเมตร	x	y	z
1000 มิลลิเมตร	x	y	z
1000 มิลลิเมตร	x	y	z
1000 มิลลิเมตร	x	y	z
1000 มิลลิเมตร	x	y	z

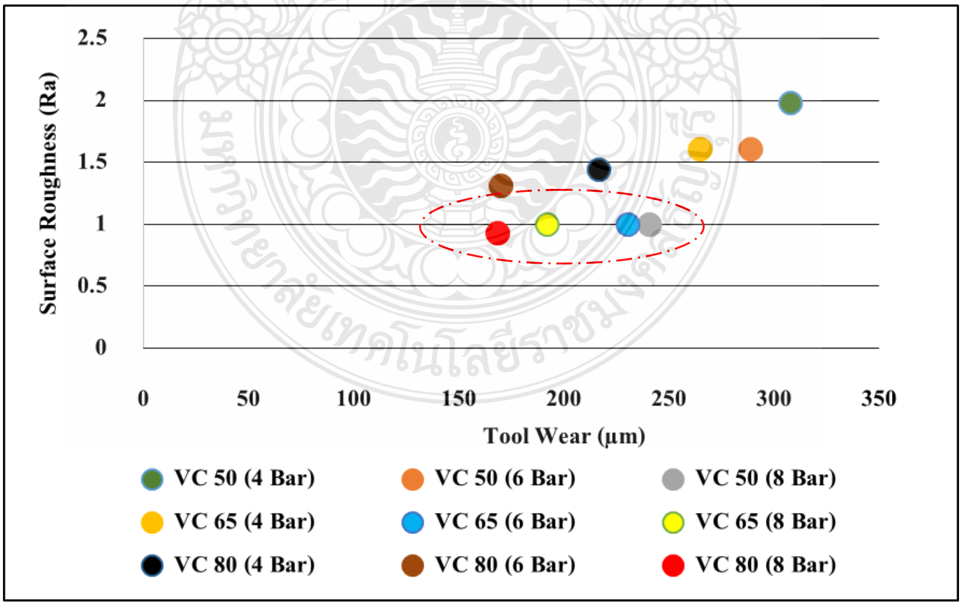
บทที่ 4
การวิเคราะห์ผลดำเนินงานวิจัย

ในการทดลองศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลในการกลึงเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS 316 เป็นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงผลกระทบของการหล่อเย็นที่มีผลต่อคุณภาพค่าความหยาบผิวชิ้นงานซึ่งเป็นผลมาจากการสึกหรอของเม็ดมีดกลึง เพื่อเปรียบเทียบกับการหล่อเย็นแบบไม่มีสารหล่อเย็นและแบบใช้สารหล่อเย็นว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดลองหาแรงดันลมที่เหมาะสม

การทดลองหาแรงดันเป่าลมแย็นและความเร็วรอบเหมาะสม เป็นการทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 316 ที่ขนาดความโต Ø 25.40 มิลลิเมตร โดยวิธีกลึงปลอกที่ระยะทาง 0 – 1,000 มิลลิเมตร โดยใช้แรงดันลมเย็นเป่าเพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการตัดเฉือนชิ้นงานและค่าความหยาบผิว โดยกำหนดแรงดันลม 3 ระดับ คือ 4,6 และ 8 บาร์ ความเร็วตัด 50,65 และ80 เมตร/นาที อัตราป้อน 0.18 มิลลิเมตร/รอบ ความลึกตัดที่ 1 มิลลิเมตร ซึ่งผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1



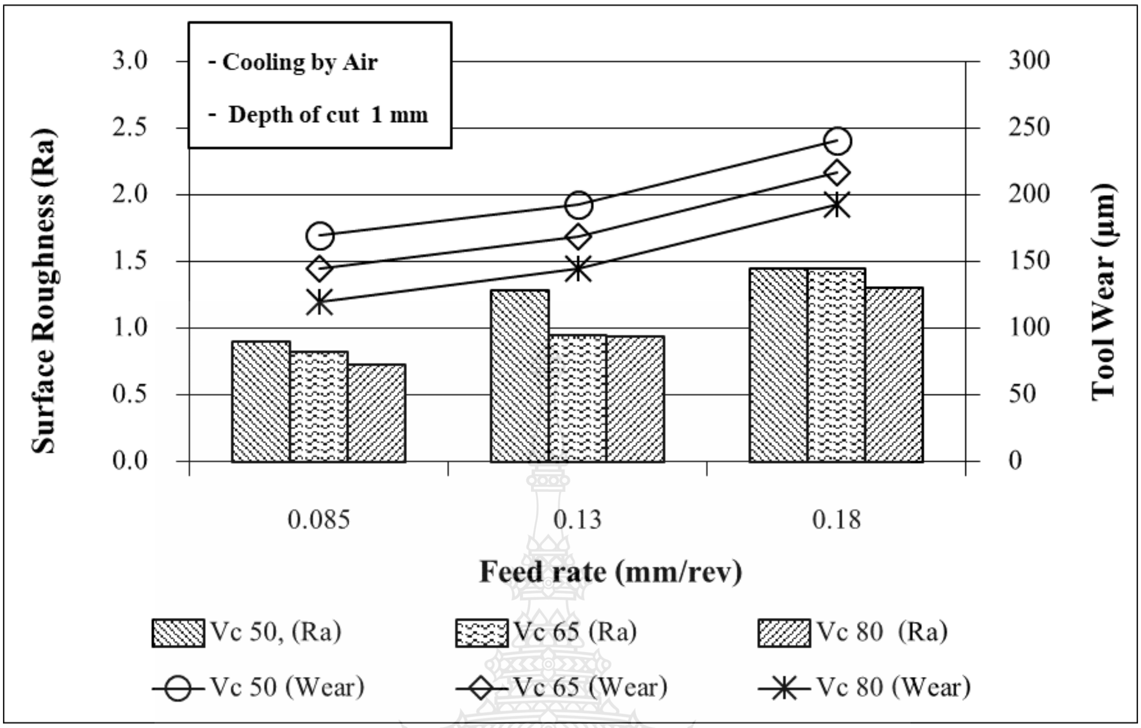
รูปที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบการตัดเฉือนชิ้นงานเพื่อหาแรงดันลมที่เหมาะสม

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.1 พบว่าการใช้แรงดันลมที่แตกต่างกันส่งผลต่อคุณภาพผิวของชิ้นงานและการสึกหรอของเม็ดมีด โดยการใช้แรงดันลมที่ 4 บาร์ พบว่าเม็ดมีดมีการสึกหรอสูงที่สุด และส่งผลให้ค่าความหยาบผิวสูงขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะการทดลองที่ความเร็วตัด 50 เมตร/นาที มีค่าการสึกหรอที่ผิวหลบ (Flank wear) เท่ากับ 307 ไมโครเมตร และมีความหยาบผิวเท่ากับ 1.9 Ra ขณะที่การใช้แรงดันลมที่สูงส่งผลต่อการสึกหรอของเม็ดมีดและความหยาบผิวชิ้นงานในทิศทางที่ดีกว่าอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งส่งผลให้การสึกหรอของเม็ดมีดลดลง และค่าความหยาบผิวต่ำ โดยแรงดันลมที่เหมาะสมที่สุดคือ 8 บาร์ ที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที มีค่าการสึกหรอที่ผิวหลบ (Flank wear) เท่ากับ 168 ไมโครเมตร และมีความหยาบผิวเท่ากับ 0.93 Ra [18],[19]

ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกใช้แรงดันลม 8 บาร์เพื่อศึกษาการสึกหรอเย็นแบบลมเป่าสำหรับการตัดเฉือนเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS 316 และเพื่อเปรียบเทียบกับการหล่อเย็นแบบเปียกและแบบแห้ง

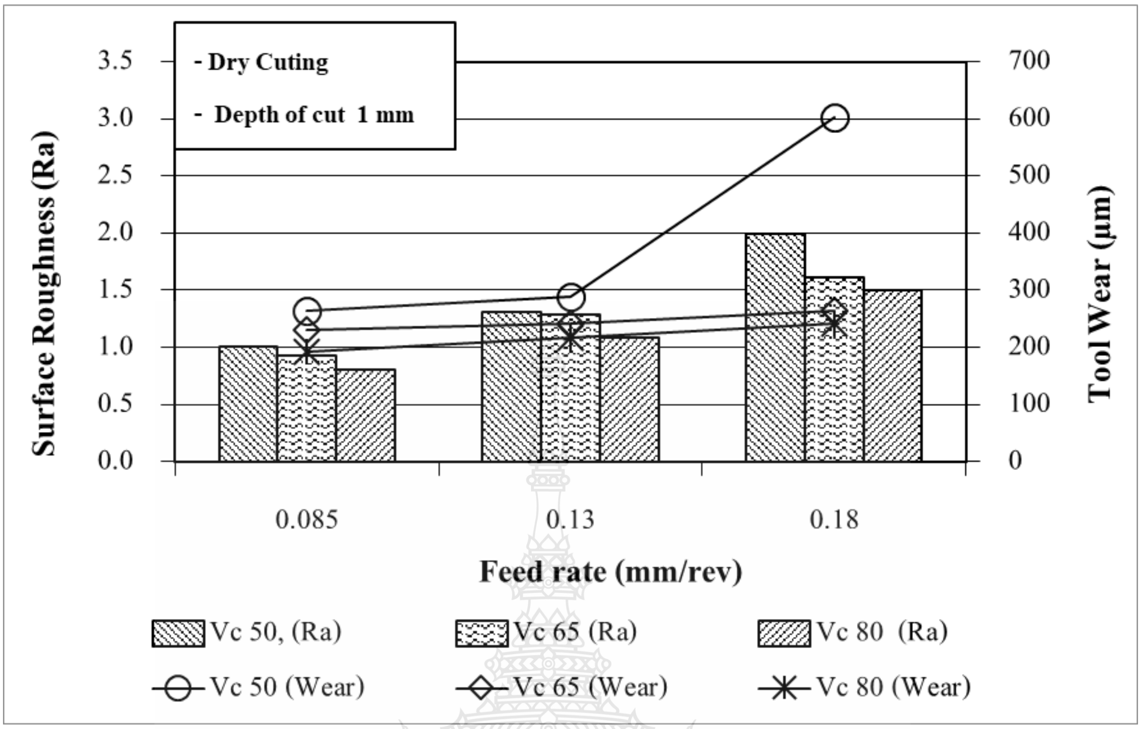
4.1.2 ผลการทดลองหาความเร็วตัดและอัตราป้อนที่เหมาะสม

จากผลการทดลองเพื่อหาแรงดันลมที่เหมาะสมคือแรงดันลมที่ 8 บาร์นั้น จากนั้นจึงได้ทำการทดลองอีกครั้งภายใต้เงื่อนไขแรงดันลมที่ 8 บาร์ ความเร็วตัด 3 ระดับคือ 50, 65 และ 80 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 3 ระดับคือ 0.085, 0.13 และ 0.18 มิลลิเมตร/รอบ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.2



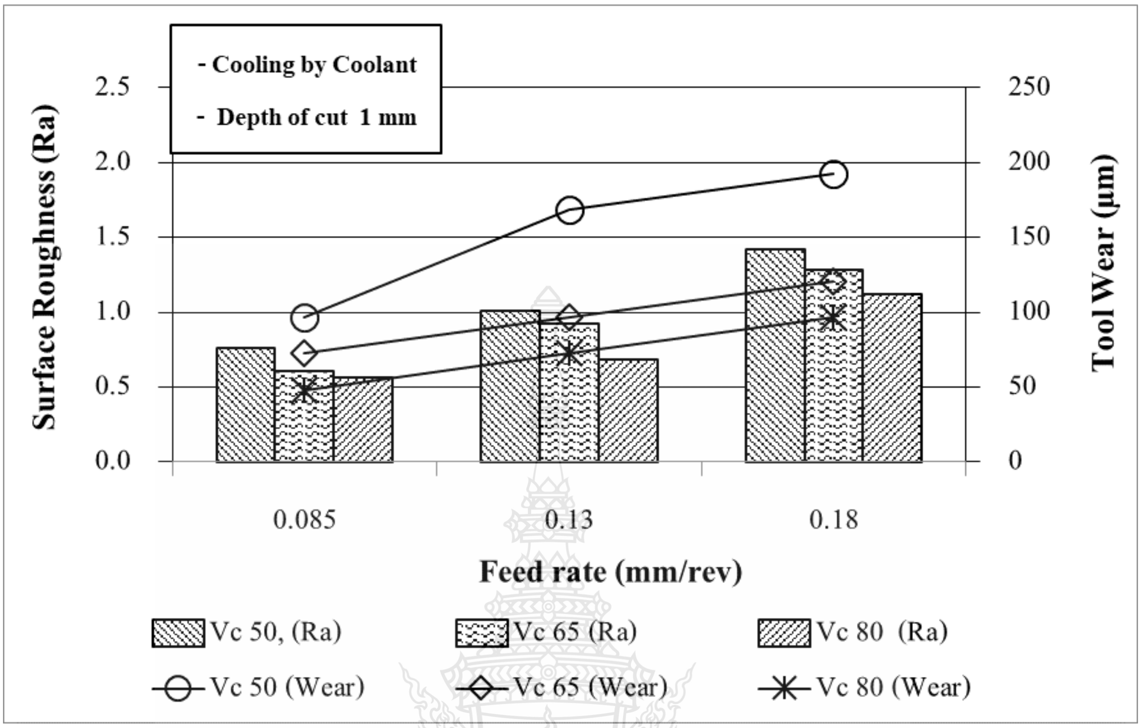
รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และความหยาบผิวชิ้นงาน จากการทดลองหล่อเย็นแบบลมเป่าที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน

จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.2 พบว่าการเพิ่มขึ้นของความเร็วตัดส่งผลให้การสึกหรอของเม็ดมีดลดลง โดยเฉพาะการทดลองตัดเฉือนชิ้นงานที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับความเร็วตัดที่ 50 และ 65 เมตร/นาที ภายใต้การทดลองที่เงื่อนไขเดียวกัน อย่างไรก็ตามพบว่าการเพิ่มอัตราป้อนส่งผลให้การสึกหรอของเม็ดมีดมีขนาดเพิ่มขึ้น ซึ่งการสึกหรอของเม็ดมีดยังเป็นสาเหตุที่ทำให้คุณภาพผิวของชิ้นงานหลังการตัดเฉือนลดลง โดยผลการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่ความเร็วตัด 50 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.18 มิลลิเมตร/รอบ มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดสูงที่สุดคือ 240 ไมโครเมตร และมีค่าความหยาบผิวสูงที่สุดเช่นกันคือ 1.45 Ra ขณะที่ผลการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.085 มิลลิเมตร/รอบ มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดต่ำที่สุดคือ 120 ไมโครเมตร และมีค่าความหยาบผิวต่ำที่สุดเช่นกันคือ 0.72 Ra



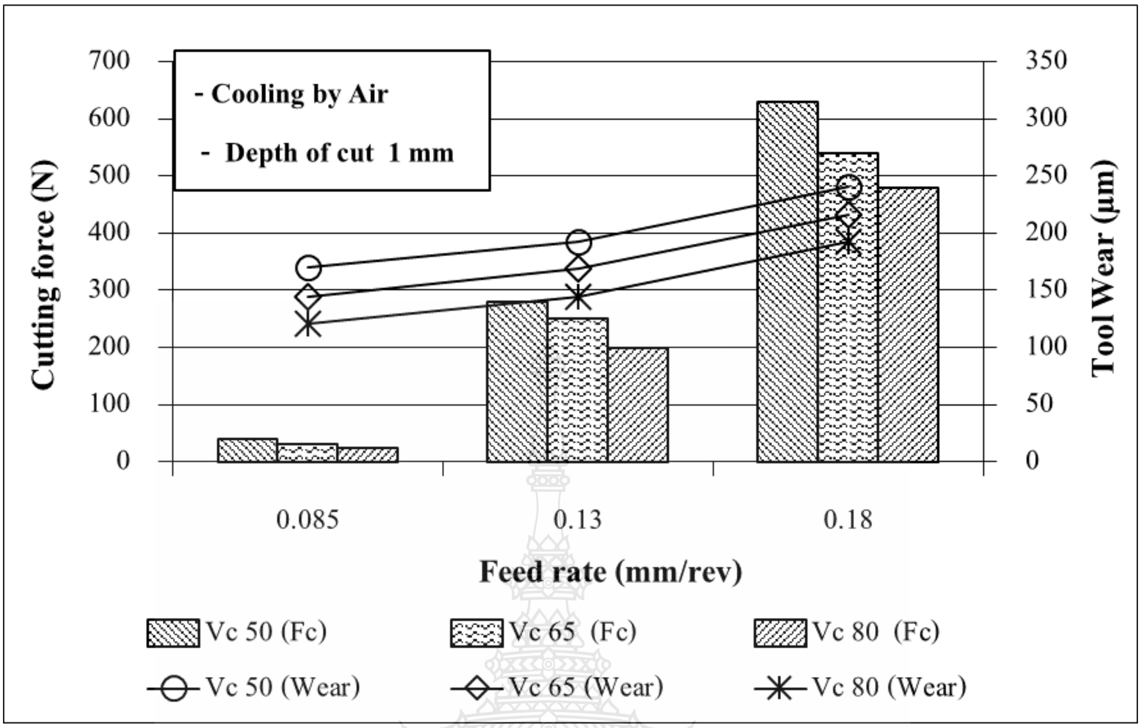
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และความหยาบผิวชิ้นงาน จากการทดลองแบบไม่หล่อเย็นที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.3 เป็นการทดลองแบบไม่ใช้สารหล่อเย็นระหว่างการตัดเฉือนชิ้นงานภายใต้เงื่อนไข ความเร็วตัดที่ 50, 65 และ 80 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.085, 0.13 และ 0.18 มิลลิเมตร/รอบ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับการหล่อเย็นแบบลมเป่าและการใช้สารหล่อเย็นแบบเปียก โดยผลการทดลองพบว่าการตัดเฉือนชิ้นงานที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับความเร็วตัดที่ 50 และ 65 เมตร/นาที ภายใต้การทดลองที่เงื่อนไขเดียวกัน แต่ในทางกลับกันการเพิ่มอัตราป้อนส่งผลให้การสึกหรอของเม็ดมีดมีขนาดเพิ่มขึ้น โดยผลการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่ความเร็วตัด 50 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.18 มิลลิเมตร/รอบ มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดสูงที่สุดคือ 601 ไมโครเมตร และชิ้นงานมีค่าความหยาบผิวสูงที่สุดเช่นกันคือ 1.98 Ra ขณะที่ผลการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.085 มิลลิเมตร/รอบ มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดต่ำที่สุดคือ 192 ไมโครเมตร และมีค่าความหยาบผิวต่ำที่สุดเช่นกันคือ 0.8 Ra สาเหตุการเกิด Wear ที่รุนแรงที่ VC 80 และ 0.18 mm/rev เหตุผลเนื่องจากการเกิดเศษติดที่ปลายมีดและแสดงดังรูป 4.9ข



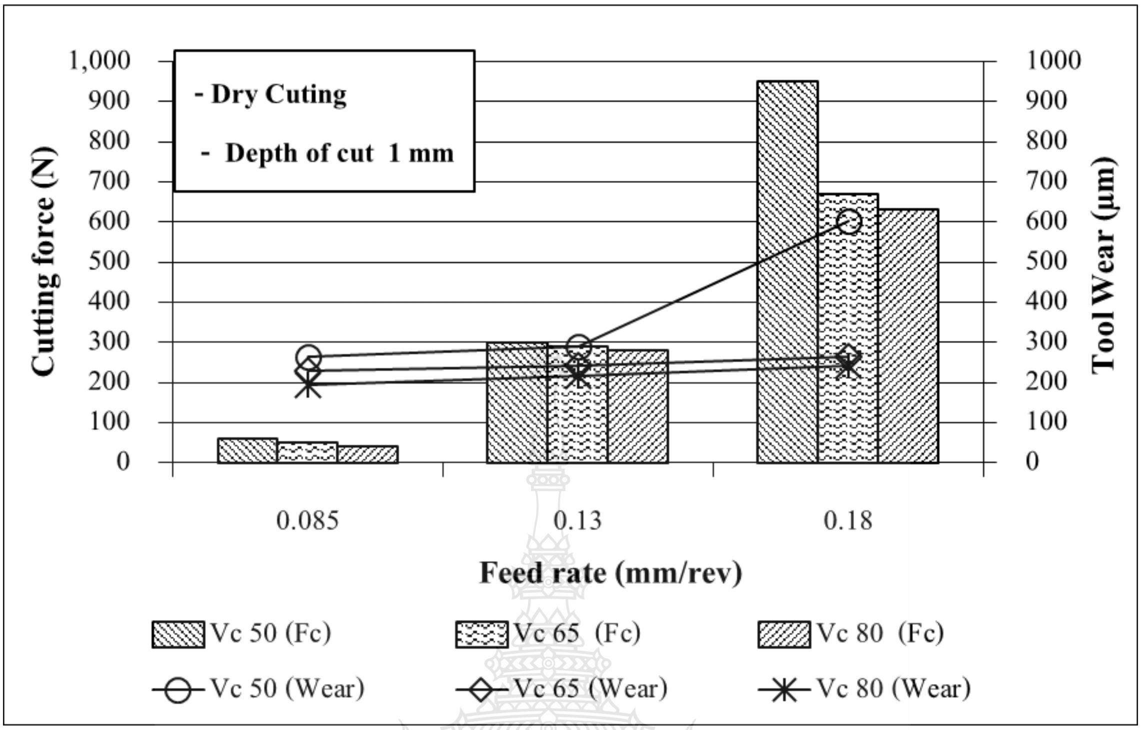
รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และความหยาบผิวชิ้นงาน จากการทดลองหล่อเย็นแบบเปียกที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.4 เป็นการทดลองโดยใช้สารหล่อเย็นแบบเปียกภายใต้เงื่อนไขความเร็วตัดที่ 50, 65 และ 80 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.085, 0.13 และ 0.18 มิลลิเมตร/รอบ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับการหล่อเย็นแบบลมเป่าและแบบไม่ใช้สารหล่อเย็น โดยผลการทดลองพบว่าการตัดเฉือนชิ้นงานที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับความเร็วตัดที่ 50 และ 65 เมตร/นาที ภายใต้การทดลองที่เงื่อนไขเดียวกัน แต่ในทางกลับกันการเพิ่มอัตราป้อนส่งผลให้การสึกหรอของเม็ดมีดมีขนาดเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการหล่อเย็นแบบลมเป่าและการไม่ใช้สารหล่อเย็น โดยผลการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่ความเร็วตัด 50 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.18 มิลลิเมตร/รอบ มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดสูงที่สุดคือ 192 ไมโครเมตร และชิ้นงานมีค่าความหยาบผิวสูงที่สุดเช่นกันคือ 1.42 Ra ขณะที่ผลการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.085 มิลลิเมตร/รอบ มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดต่ำที่สุดคือ 48 ไมโครเมตร และมีค่าความหยาบผิวต่ำที่สุดเช่นกันคือ 0.56 Ra



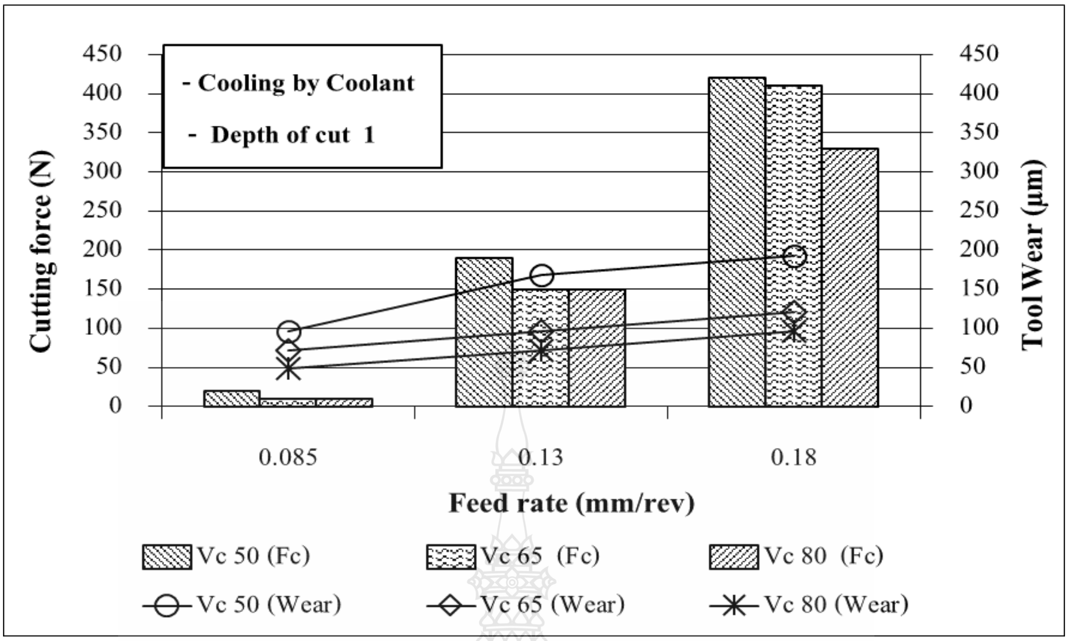
รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และแรงตัดเฉือน จากการทดลองหล่อเย็นแบบลมเป่าที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน

จากการทดลองกลึงชิ้นงานโดยการหล่อเย็นแบบลมเป่าภายใต้เงื่อนไขความเร็วตัด และอัตราป้อนที่แตกต่างกันพบว่าการสึกหรอของเม็ดมีดมีผลต่อแรงตัดเฉือนชิ้นงานดังรูปที่ 4.5 โดยการเพิ่มขึ้นของการสึกหรอของเม็ดมีดส่งผลให้แรงตัดเฉือนสูงขึ้นตามไปด้วย และดังที่กล่าวในข้างต้นการสึกหรอของเม็ดมีดเกิดจากปัจจัยความเร็วตัด และอัตราป้อน ซึ่งการทดลองที่ความเร็วตัด 50 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.18 มิลลิเมตร/รอบ มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดสูงที่สุดคือ 240 ไมโครเมตร และมีค่าแรงตัดเฉือนสูงที่สุดเช่นกันคือ 630 นิวตัน ขณะที่ผลการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.085 มิลลิเมตร/รอบ มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดต่ำที่สุดคือ 120 ไมโครเมตร และมีค่าแรงตัดเฉือนต่ำที่สุดเช่นกันคือ 25 นิวตัน



รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และแรงตัดเฉือน จากการทดลองแบบไม่หล่อเย็นที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน

จากการทดลองกลึงชิ้นงานโดยไม่หล่อเย็นภายใต้เงื่อนไขความเร็วตัด และอัตราป้อนที่แตกต่างกันพบว่าการสึกหรอของเม็ดมีดมีผลต่อแรงตัดเฉือนชิ้นงาน เช่นเดียวกับการทดลองหล่อเย็นแบบลมเป่า ดังรูปที่ 4.6 ผลการทดลองพบว่าที่ความเร็วตัด 50 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.18 มิลลิเมตร/รอบ มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดสูงที่สุดคือ 601 ไมโครเมตร และมีค่าแรงตัดเฉือนสูงที่สุดเช่นกันคือ 950 นิวตัน ขณะที่ผลการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.085 มิลลิเมตร/รอบ มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดต่ำที่สุดคือ 192 ไมโครเมตร และค่าแรงตัดเฉือนต่ำที่สุดเช่นกันคือ 40 นิวตัน

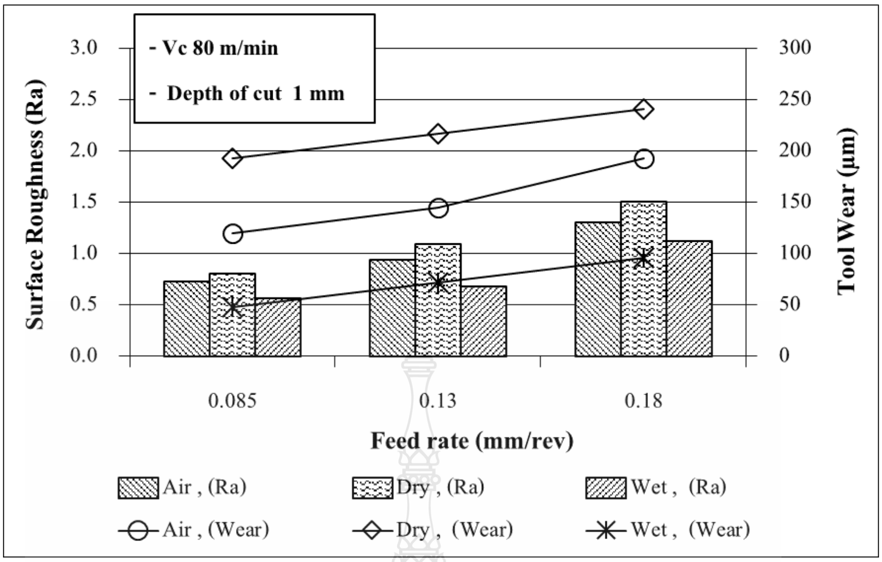


รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และแรงตัดเฉือน จากการทดลองหล่อเย็นแบบเปียก ที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน

จากการทดลองกลึงชิ้นงานโดยการหล่อเย็นแบบเปียกภายใต้เงื่อนไขความเร็วตัด และอัตราป้อนที่แตกต่างกันพบว่าการสึกหรอของเม็ดมีดมีผลต่อแรงตัดเฉือนชิ้นงาน เช่นเดียวกับการทดลองหล่อเย็นแบบลมเป่า ดังรูปที่ 4.7 ผลการทดลองพบว่าที่ความเร็วตัด 50 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.18 มิลลิเมตร/รอบ มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดสูงที่สุดคือ 192 ไมโครเมตร และมีค่าแรงตัดเฉือนสูงที่สุดเช่นกันคือ 420 นิวตัน ขณะที่ผลการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที และที่อัตราป้อน 0.085 มิลลิเมตร/รอบ มีค่าการสึกหรอของเม็ดมีดต่ำที่สุดคือ 48 ไมโครเมตร และค่าแรงตัดเฉือนต่ำที่สุดเช่นกันคือ 10 นิวตัน

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

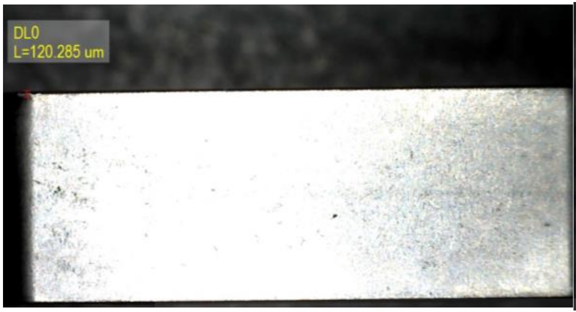
จากผลการทดลองในข้างต้นพบว่าการใช้ความเร็วตัดที่ 80 เมตร/นาที เป็นตัวแปรที่ดีที่สุดสำหรับการตัดเฉือนชิ้นงานเนื่องจากเม็ดมีดมีการสึกหรอน้อย และความหยาบผิวของชิ้นงานมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับการทดลองที่ความเร็วตัด 50 และ 60 เมตร/นาที ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลเพื่อเปรียบเทียบการหล่อเย็นทั้ง 3 แบบ จึงนำผลการทดลองการตัดเฉือนชิ้นงานที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที ภายใต้เงื่อนไขการหล่อเย็นที่ต่างกันมาทำการวิเคราะห์ผลในลักษณะของกราฟดังรูปที่ 4.8



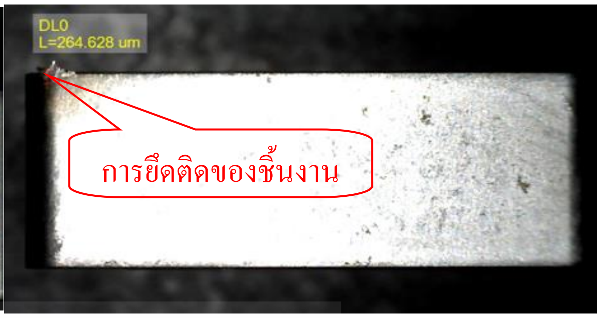
รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และความหยาบผิวชิ้นงานจากการทดลองที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที ภายใต้เงื่อนไขการหล่อเย็นที่ต่างกัน [3]

จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.8 การหล่อเย็น และการใช้อัตราป้อนที่ต่างกันส่งผลการสึกหรอของเม็ดมีด และความหยาบผิวแตกต่างกันด้วย โดยการตัดเฉือนชิ้นงานแบบไม่ใช้สารหล่อเย็นทำให้เม็ดมีดเกิดการสึกหรอสูง ซึ่งเป็นการสึกหรอแบบยึดติด (Adhesive wear) ดังรูปที่ 4.9 เกิดขึ้นจากการที่เศษโลหะละลายติดกับผิวเม็ดมีด (Built up Edge, BUE) ทำให้ความหยาบผิวของชิ้นงานมีค่าสูง และแรงที่ใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงานสูงขึ้นตามไปด้วย ดังรูปที่ 4.10 ขณะที่การหล่อเย็นแบบลมเป่าเม็ดมีดมีการสึกหรอน้อยกว่าการกลึงแบบไม่ใช้สารหล่อเย็น ทำให้ได้คุณภาพผิวชิ้นงานที่ดีกว่า และใช้แรงในการตัดเฉือนชิ้นงานต่ำกว่า และเมื่อพิจารณาในส่วนของคุณภาพผิวชิ้นงานเป็นหลัก พบว่าการตัดเฉือนชิ้นงานโดยการใช้สารหล่อเย็นแบบเปียกนั้นทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพผิวดีที่สุด เมื่อเทียบกับการตัดเฉือนชิ้นงานโดยการหล่อเย็นแบบเป่า นอกจากนี้ยังช่วยลดการสึกหรอของเม็ดมีดอีกด้วย

อย่างไรก็ตามการหล่อเย็นแบบลมเป่าสามารถทำให้ชิ้นงานมีคุณภาพผิวที่ดี หรือใกล้เคียงกับการใช้สารหล่อเย็นแบบเปียกได้ โดยเฉพาะการตัดเฉือนชิ้นงานที่แรงดันลม 8 บาร์ ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที 0.085 มิลลิเมตร/รอบ จะให้ค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ 0.725 Ra ซึ่งแตกต่างจากการใช้สารหล่อเย็นแบบเปียกเพียง 23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างเพียงเล็กน้อย จากการทดลองเปรียบเทียบหาค่าความหยาบผิว,ค่าการสึกหรอ แสดงให้เห็นว่าการหล่อเย็นแบบเป่าลมเย็น สามารถนำมาประยุกต์เพื่อเลือกใช้ทดแทนแบบเปียก หรือการหล่อเย็นแบบดั้งเดิมได้ [2,21]



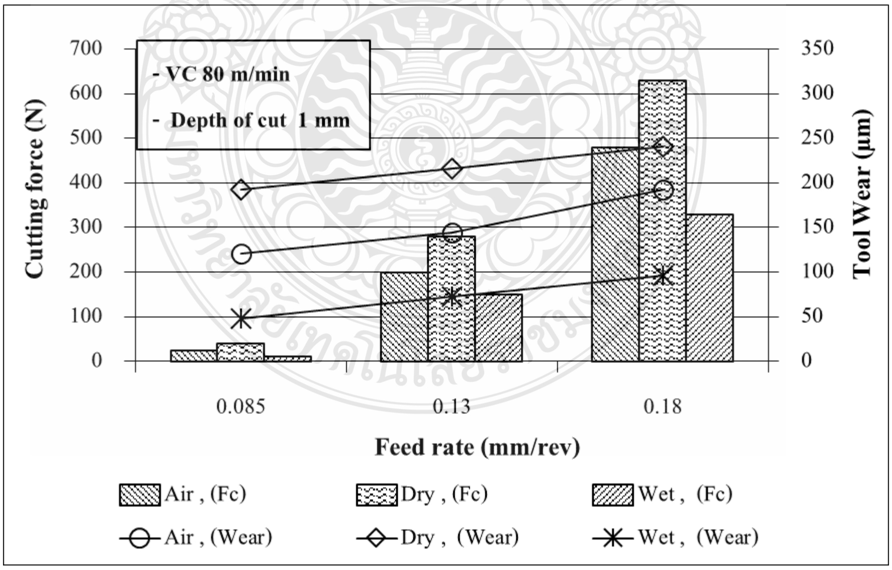
(ก) แบบลมเป่า



(ข) แบบไม่หล่อเย็น

(ค) แบบเปียก

รูปที่ 4.9 ภาพถ่าย Microscope เม็ดมีดบริเวณผิวหลบ (Flank wear) หลังจากการตัดเฉือนชิ้นงานที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที 0.085 มิลลิเมตร/รอบ



รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบการสึกหรอของเม็ดมีด และแรงตัดจากการทดลองที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที ภายใต้เงื่อนไขการหล่อเย็นที่ต่างกัน

รูปที่ 4.9 แสดงภาพถ่ายจากการวัดขนาดการสึกหรอของเม็ดมีดบริเวณผิวหลบ (Flank wear) หลังจากทำการตัดเฉือนชิ้นงาน พบว่าการหล่อเย็นแบบลมเป่า และการหล่อเย็นแบบเปียก มีการสึกหรอที่เกิดขึ้นจากการสึกหรอแบบขัดสี (Abrasive wear) ซึ่งลักษณะการสึกหรอเกิดขึ้นจากการขัดสีกันระหว่างด้านข้างของเม็ดมีดกับชิ้นงานที่ทำการตัดเฉือน ขณะที่การตัดเฉือนแบบไม่ใช้สารหล่อเย็นเกิดการยึดติดของเศษตัดที่ปลายคมตัด และที่บริเวณปลายคมตัดของเม็ดมีดมีรอยไหม้ที่เกิดจากความร้อน อันเนื่องมาจากเศษของคมตัดที่แตกหัก และเศษของชิ้นงานที่ทำการตัดเฉือนบางส่วนไปสัมผัสถูไถบนผิวหลบของเม็ดมีดทำให้เกิดการขีดข่วนจนเกิดความร้อนขึ้น ทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างคมตัดและเศษตัดมากขึ้น ทำให้เกิดอุณหภูมิที่บริเวณคมตัดกับเศษตัดเกิดขึ้นสูงมาก และยังเกิดการสึกหรอแบบยึดติด (Adhesive wear) ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่เศษโลหะละลายติดกับผิวเม็ดมีด (Built up edge, BUE) จนทำให้เกิดการสูญเสียผิวและเนื้อของตัวเม็ดมีด นอกจากนี้ยังทำให้แรงที่ใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงานเพิ่มมาก ดังรูปที่ 4.10 การตัดเฉือนโดยไม่ใช้สารหล่อเย็นมีค่าแรงตัดเฉือนสูงที่สุด เมื่อเทียบกับการหล่อเย็นแบบลมเป่า และการหล่อเย็นแบบเปียก [2] อย่างไรก็ตามผลการทดลองนี้แตกต่างจากการกัดพื้นผิวหน้าด้านบนเหล็ก JIS-S45C และเหล็กหล่อ FC25 ที่พบว่าการสึกหรอจะเกิดขึ้นน้อยที่การไม่ใช้สารหล่อเย็น [22,23] สำหรับงานวิจัยนี้จะพบว่าการสึกหรอเกิดขึ้นน้อยสุด ที่การใช้สารหล่อเย็น

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวอิทธิพลตัวแปรแรงดันลมเป่าที่มีผลต่อคุณภาพผิวชิ้นงานและการสึกหรอของมีดกลึง และเปรียบเทียบการหล่อเย็น 3 แบบ การหล่อเย็นแบบลมเป่า แบบไม่หล่อเย็น และการหล่อเย็นแบบเปียก สำหรับกระบวนการกลึงปอกเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS 316 ด้วยค่าความเร็วตัด 50 65 และ 80 m/min ค่าอัตราป้อน 0.085 0.13 และ 0.18 mm/rev ความลึกในการกลึง 1 mm ระยะทางในการกลึงปอก 1,000 mm โดยสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลกระทบของปัจจัย ความเร็วตัด (Vc) อัตราป้อน (Feed rate) และรูปแบบการหล่อเย็น (Cooling type) ที่มีผลกระทบต่อความหยาบผิวชิ้นงาน จากผลของความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสามต่อความหยาบผิวชิ้นงานพบว่าความเร็วตัดที่ 80 เมตร/นาที ที่อัตราป้อน 0.085 มิลลิเมตร/รอบ ของวิธีการหล่อเย็นแบบเปียกจะให้ผิวชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวต่ำสุด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการหล่อเย็นแบบเปียกจะให้ค่าความหยาบผิวที่น้อยที่สุด รองลงมาคือการหล่อเย็นแบบใช้ลมเป่าและแบบไม่หล่อเย็นตามลำดับ และผลกระทบทางด้านการสึกหรอของเม็ดมีดเกิดจากปัจจัยความเร็วตัด อัตราป้อน และรูปแบบการหล่อเย็น ผลจากการทดลองพบว่า สภาวะการตัดเฉือนที่ทำให้เม็ดมีดเกิดการสึกหรอสูงสุดคือการตัดเฉือนโดยไม่ใช้สารหล่อเย็น ที่ความเร็วตัด 80 เมตร/นาที และ อัตราป้อนที่ 0.18 มิลลิเมตร/รอบ

ผลจากการทดลองพบพบว่า อัตราป้อนมีอิทธิผลต่อการสึกหรอ และ ความหยาบผิวเพราะเมื่ออัตราป้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความหยาบผิวเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะว่าบริเวณคมตัดเกิดพลังงานความร้อน โดยการเสียดสีกันอย่างรุนแรงระหว่างชิ้นงานกับเม็ดมีดทำให้ความต้านทานการสึกหรอลดลง เมื่อเม็ดมีดเกิดการสึกหรอทำให้บริเวณคมตัดเกิดการเสียดสีกับชิ้นงานมากขึ้นเป็นเหตุให้คมมีดตัดสึกหรอมากขึ้นขณะเดียวกันจะทำให้คุณภาพผิวชิ้นงานต่ำลง และเมื่อมาพิจารณาจากการหล่อเย็นค่าความหยาบผิวที่เกิดขึ้นจากการทดลองทั้ง 3 แบบ ทั้งค่าความหยาบผิวและการสึกหรอมีดกลึงได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่การกลึงความเร็วตัด 80 เมตร/นาที อัตราป้อนที่ 0.085 มิลลิเมตร/รอบ ค่าการสึกหรอมีดกลึงของวิธีแบบตัดแบบลมเป่าจะมีค่าสึกหรอสูงกว่าแบบเปียกเพียง 23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างเพียงเล็กน้อย จากการทดลองแปรียบเทียบหาค่าความหยาบผิว,ค่าการสึกหรอ แสดงให้เห็นว่าการหล่อเย็นแบบเป่าลมเย็น (Cooling by cold air) สามารถนำมาประยุกต์เพื่อเลือกใช้ทดแทนแบบเปียก

(Flooding or wet coolant) หรือการหล่อเย็นแบบดั้งเดิมได้ นอกจากนี้เมื่อเทียบกับการใช้น้ำกับสารหล่อเย็นแสดงให้เห็นผลดีในแง่ของควบคุมการเจริญเติมโตของเชื้อแบคทีเรีย ดูเหมือนว่าโดยภาพรวมการระบายความร้อนแบบที่นำเสนออาจเป็นไปได้สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของการตัดเฉือนกับแง่ของคุณภาพผิวชิ้นงาน การสึกหรอมีดกลึง ค่าใช้จ่าย สุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม

5.2 ข้อเสนอแนะ

การกำหนดสภาวะการตัดเฉือนและการเลือกใช้เครื่องมือตัดที่ให้ผลดีที่สุด มีความสำคัญต่อขบวนกลึงและการผลิตที่ใช้เหล็กกล้าไร้สนิมอย่างมาก และเพื่อที่จะให้เป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจจะทำวิจัยทางด้านนี้ ขอเสนอแนะข้อบกพร่องในการทำงานบางประการดังนี้

5.2.1 ในการวิเคราะห์ความเสียหายของมีดตัดในงานวิจัยนี้ไม่ได้มีการศึกษาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างการตัดเฉือน จึงมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเม็ดมีด

5.2.2 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของความร้อนที่อาจจะส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีซึ่งนำไปสู่การสึกหรอจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างจุลภาค

5.2.3 ควรนำวิธีการทดลองไปใช้กับแบบไคโยจินิค (Cryogenic cooling) วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบว่าสามารถนำมาใช้กับการผลิตต่อไป

บรรณานุกรม

[1] S. Yousef ,K. Ehsan,S. B.h. Rassolian.(2015). **Machining and ecological effects of a new developed cutting fluid in combination with different cooling techniques on turning operation**. Journal of Cleaner Production , Vol. 94 pp. 330-339.

[2] R.G. Yogie, B. Brian, B. Wahidul, and I. Nazrul. (2015).**Advancing Environmentally Conscious Machining**. Procedia CIRP 26, Global Conference on Sustainable Manufacturing, PP. 391 – 396.

[3] H.Z.Choi, S.W.Lee, H.D.Jeong. (2001). **A comparison of the cooling effects of compressed cold air and coolant for cylindrical grinding with a CBN wheel.** Journal of Materials Processing Technology, Vol. 111, Issues 1–3, pp. 265-268.

[4] D. Sai Chaitanya Kishore, K. Prahlada Rao, A. Mahamani. (2014). **Investigation of cutting force, surface roughness and flank wear in turning of In-situ Al6061-TiC metal matrix composite.** Procedia Materials Science 6, pp.1040 – 1050

[5] พงศ์ธร จันทร์สุขจำเริญ. (2559). **การศึกษาปัจจัยของกระบวนการกลึง CNC ที่มีผลต่อคุณภาพชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม AISI/SUS 304 และความคุ้มค่าในการเลือกใช้เม็ดมีดกลึง**. วิทยานิพนธ์. สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[6] Custom Part Net. Turning. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
: http://www.custompartnet.com/wu/turning. (15 ธันวาคม 2560)

[7] กล้าหาญ วรพุทธพร และคณะ. (2528). **เทคนิคช่างกล.** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย– ญี่ปุ่น).

[8] ศุภชัย รมยานนท์ และฉวีวรรณ รมยานนท์. (2534). **ทฤษฎีเครื่องมือกล1.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:บริษัท โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิชย์ จำกัด.

[9] กัมพล เพชรคง. (2550). **การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวในการกลึงเหล็กกล้าไร้สนิม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[10] W. Grzesik. (2008). **Chapter Four - Cutting Tool Materials**. Advanced Machining Processes of Metallic Materials, ed Amsterdam: Elsevier. pp. 27

บรรณานุกรม (ต่อ)

[11] W. Grzesik. (2008). Chapter Twelve - Tool Wear and Damage. Advanced Machining Processes of Metallic Materials, ed Amsterdam: Elsevier. pp. 163

[12] W. Grzesik (2008). **Chapter Seven - Chip Formation and Control**. Advanced Machining Processes of Metallic Materials, ed Amsterdam: Elsevier. pp. 85-89

[13] **Spot Cooling Gun** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.compositesworld.com/products/spot-cooling-gun. (25 ,มกราคม 2560)

[14] มิซูมิ (ไทยแลนด์). (2558). **ความหยาบผิว.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://th.misumi-ec.com. (3 เมษายน 2560).

[15] มิซูมิ (ไทยแลนด์). (2558). **ความหยาบผิว.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://th.misumi-ec.com. (3 เมษายน 2560).

[16] กิตติชัย หล่อบุญสม. (2551). **การศึกษาอิทธิพลของสารหล่อเย็นในขบวนการกลึงเหล็กหล่อ FCD 400**. วิทยานิพนธ์. สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[17] บริษัท คิสท์เลอร์ อินสทรูเม้นต์ (ไทยแลนด์) จำกัด. มปป. **คู่มือการใช้งานชุดไดนาโมมิเตอร์แบบวัดแรงตัด 3 แกน (x,y,z)**. กรุงเทพ.

[18] D. Kramar, P. Krajnik, J. Kopac. (2010). **Capability of high pressure cooling in the turning of surface hardened piston rods**. Journal of Materials Processing Technology, Vol. 210, 212–218

[19] Y. R. Ginting, B. Boswell, W. Biswas, M.N. Islam. (2015). **Investigation into alternative cooling methods for achieving environmentally friendly machining process**. CIRP conference on Life Cycle Engineering, Procedia CIRP 29 pp. 645 – 650

[20] J.L. Pay, S. Ainusyafiqah ,C.S.Nor Azwadi, Y. Jiwang, (2017). **An overview of current status of cutting fluids and cooling techniques of turning hard steel**. International Journal of Heat and Mass Transfer Vol. 114. pp.380–394

[21] สมเกียรต,ชาญณรงค์. (2554). **การพัฒนาระบบการตรวจติดตามภายในกระบวนการตัดและการพยากรณ์สำหรับผิวชิ้นงานตัดบนเครื่องกลึงซีเอ็นซี.** การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554 20-21 ตุลาคม 2554 หน้า 962-967

[22] อรรถกร จันทร์ชนะ. (2557) **การศึกษาอิทธิพลตัวแปรการเชื่อมอาร์กด้วยลวดหุ้มฟลักซ์ที่มีผลต่อสมบัติผิวพอกแข็งเหล็กกล้า JIS-S50C**.วิทยานิพนธ์. สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[23] สหัส มีชะคะ. (2559) **การศึกษาความสามารถในการตัดเฉือนแนวเชื่อมพอกแข็งบนผิวเหล็กกล้าคาร์บอน JIS-S50C.** วิทยานิพนธ์. สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

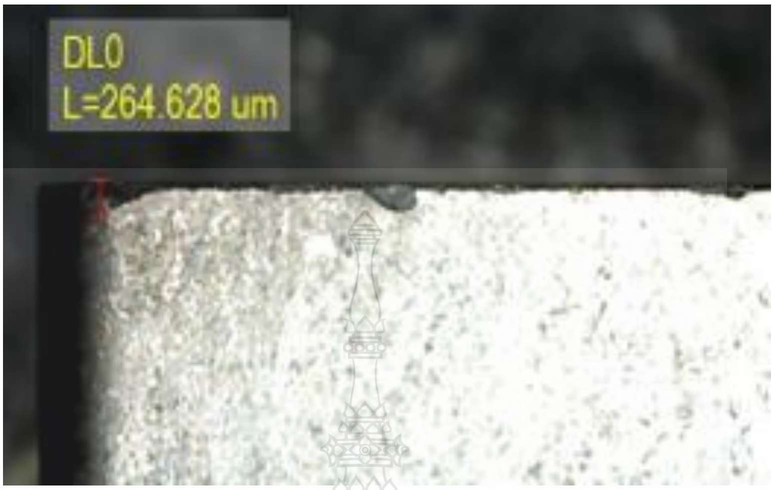
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

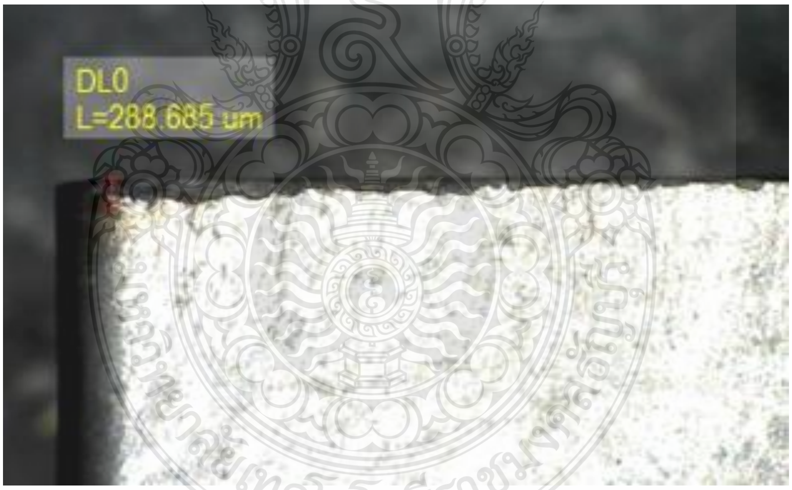
ผลการทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

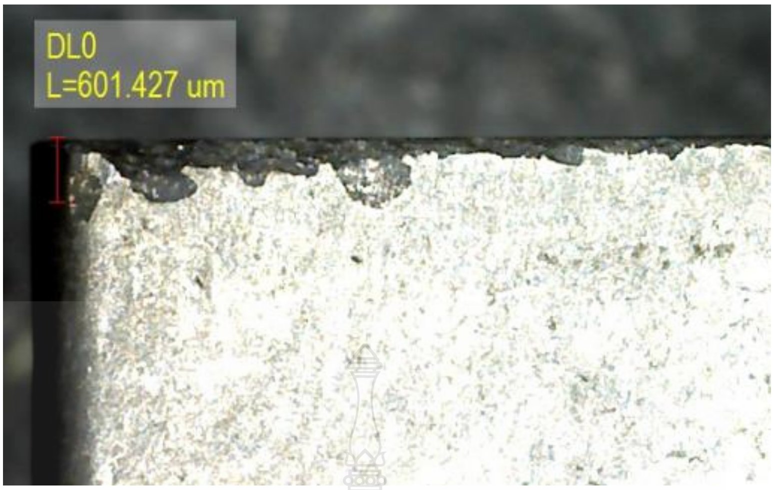
ก.1 ผลการวัดขนาดการสึกหรอเม็ดมีดกลึง



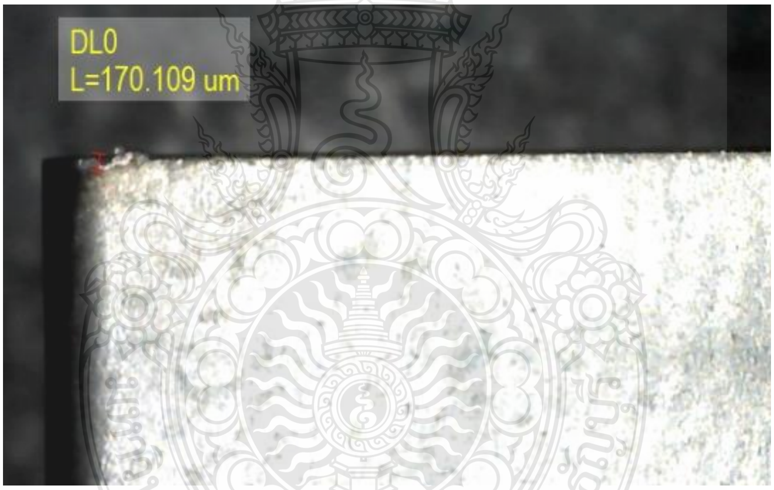
รูปที่ ก1. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 50 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev แบบแห้ง



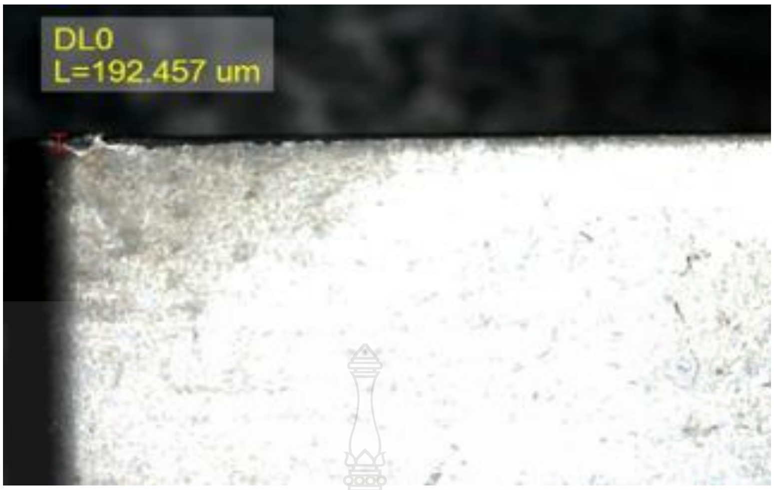
รูปที่ ก2. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 50 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev แบบแห้ง



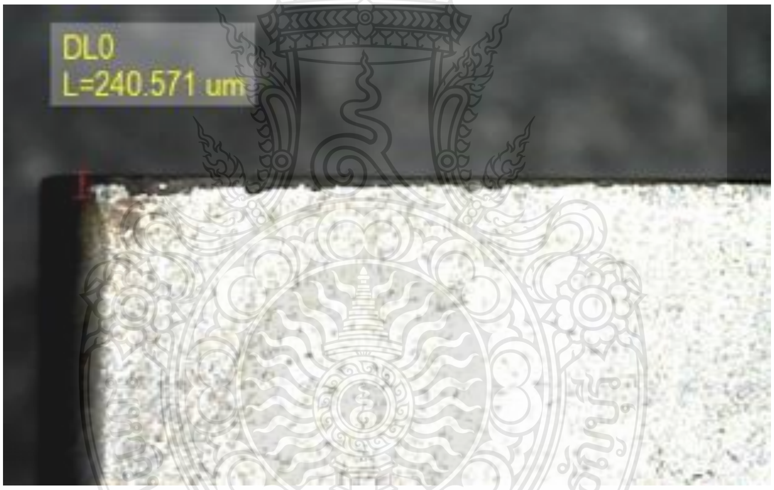
รูปที่ ก3. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง1,000 mm ความเร็วตัดที่ 50 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แบบแห้ง



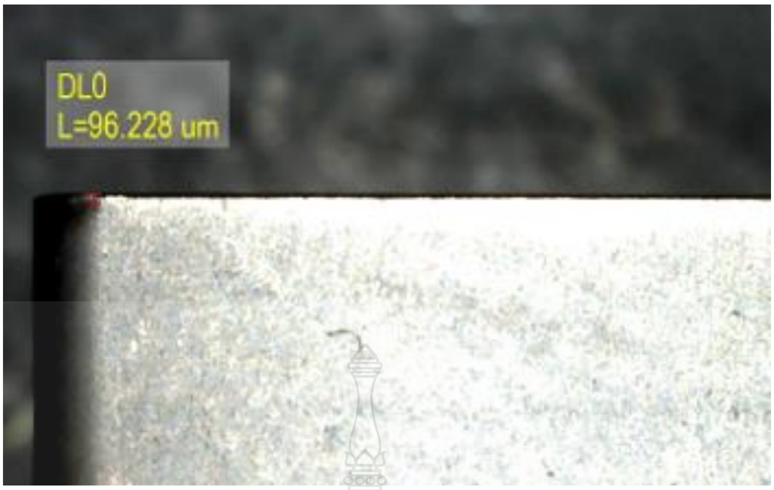
รูปที่ ก4. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 50 m/min อัตรา ป้อน 0.085 mm/rev แบบเป่า



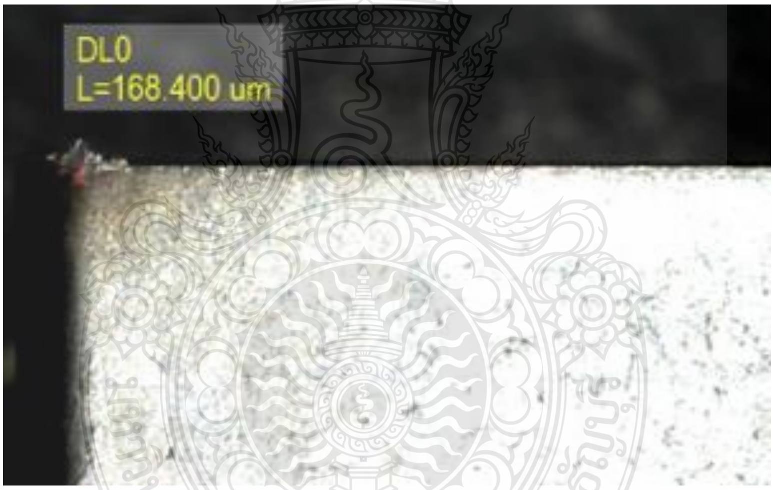
รูปที่ ก5. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 50 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev แบบเป่า



รูปที่ ก6. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 50 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แบบเป่า



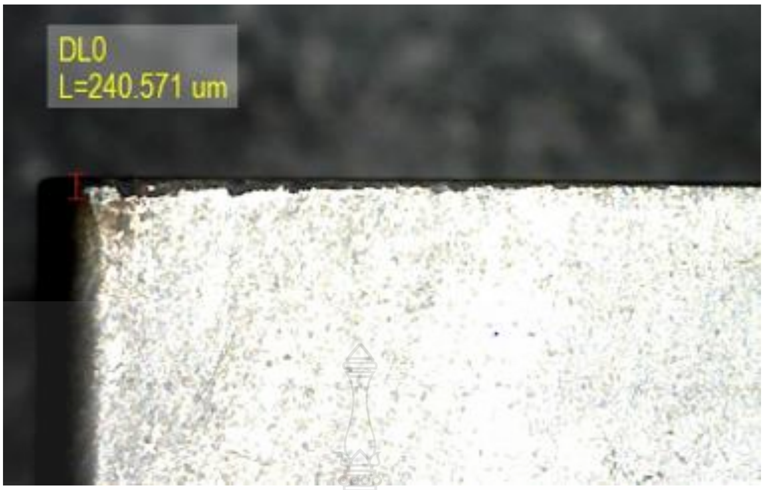
รูปที่ ก7. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 50 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev แบบเปียก



รูปที่ ก8. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 50 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev แบบปียก

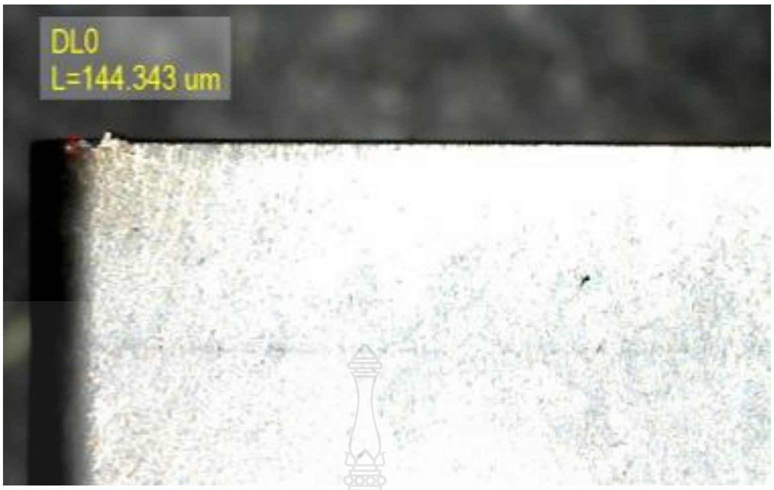
รูปที่ ก9. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 50 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แบบเปียก

รูปที่ ก10. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 65 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/revแบบแห้ง

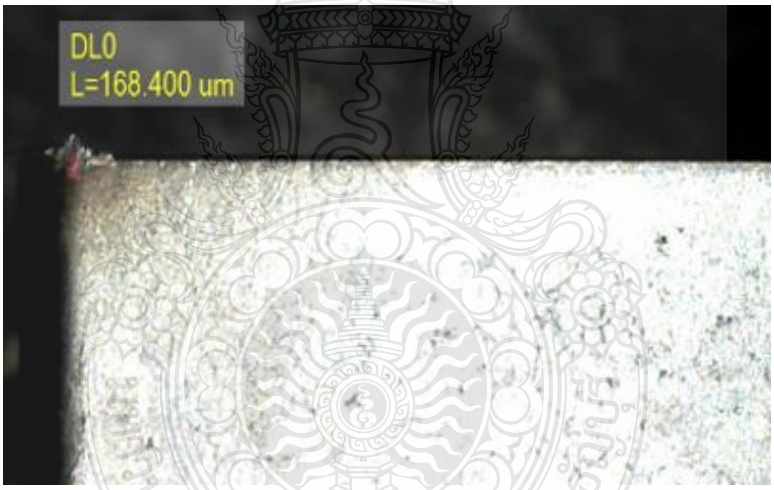


รูปที่ ก11. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 65 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/revแบบแห้ง

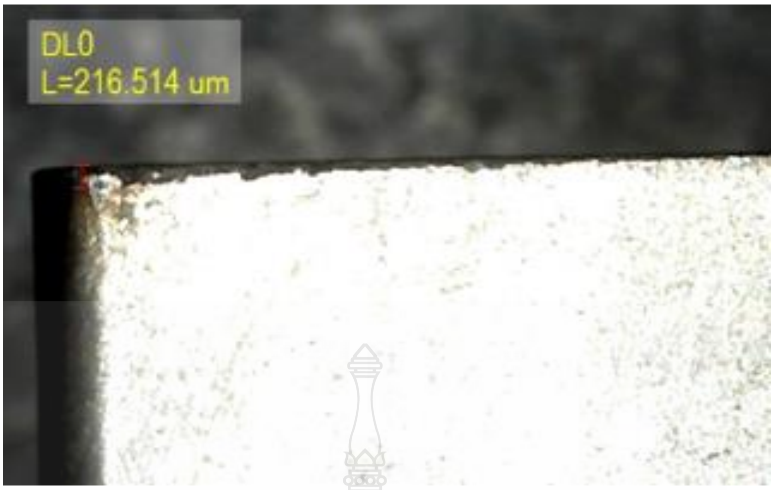
รูปที่ ก12. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 65 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แบบแห้ง



รูปที่ ก13. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 65 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/revแบบเป่า

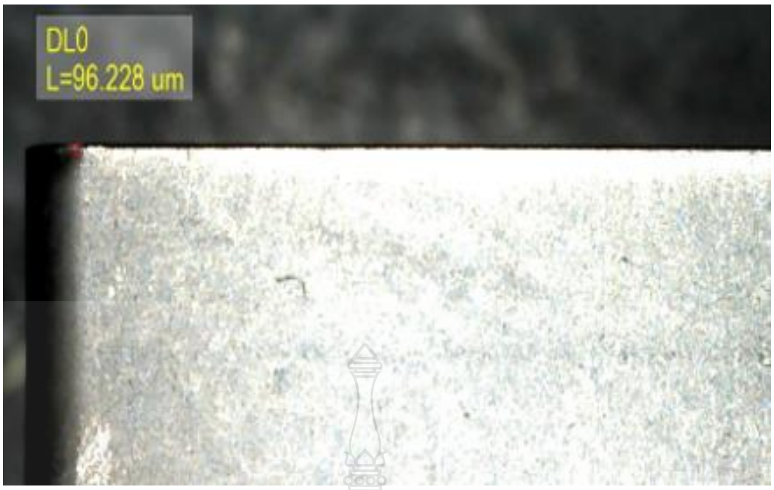


รูปที่ ก14. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 65 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev แบบเป่า

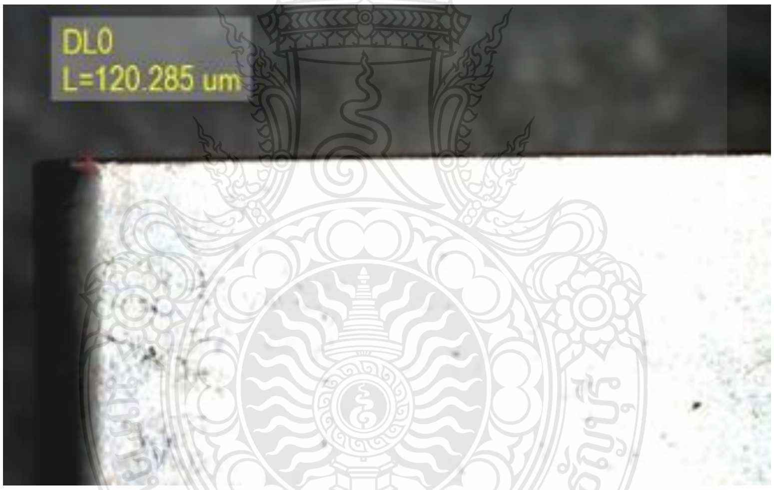


รูปที่ ก15. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 65 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แบบเป่า

รูปที่ ก16 การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 65 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev แบบเปียก



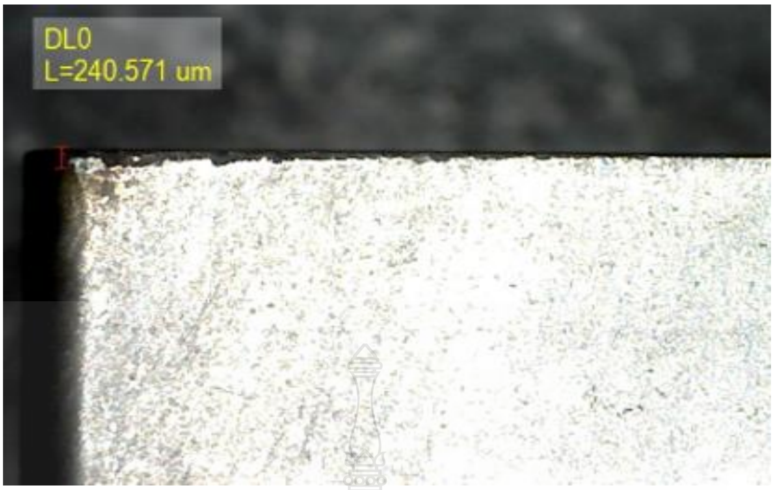
รูปที่ ก17. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 65 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev แบบเปียก



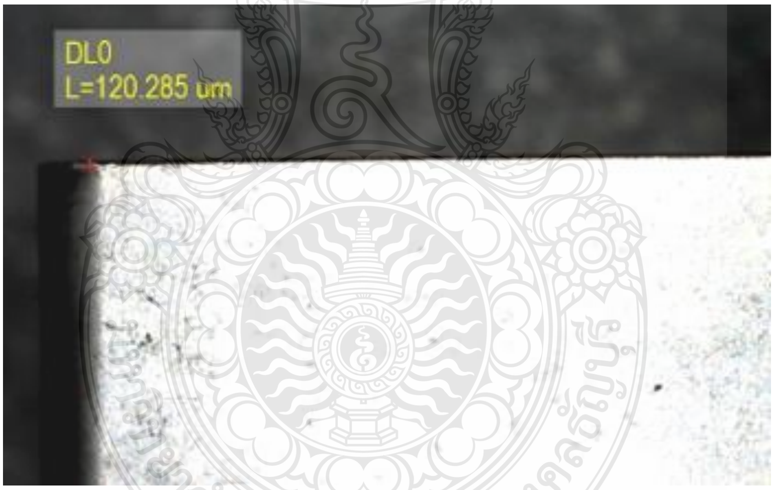
รูปที่ ก18. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 65 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แบบเปียก

รูปที่ ก19. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 80 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev แบบแห้ง

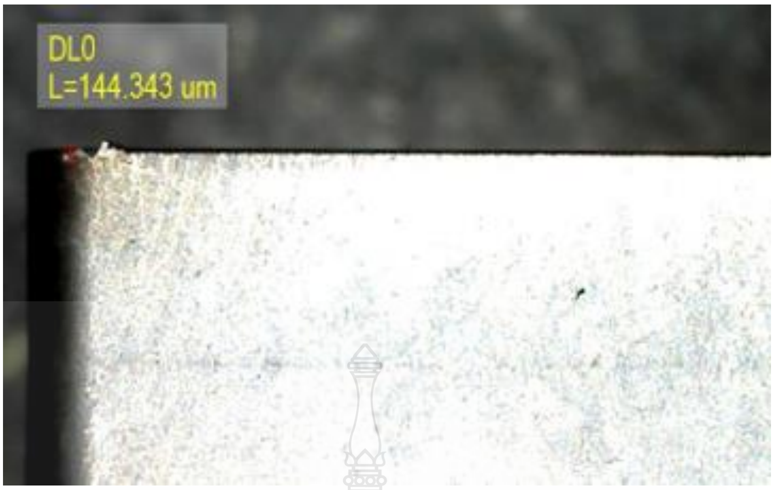
รูปที่ ก20. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 80 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev แบบแห้ง



รูปที่ ก21. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 80 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แบบแห้ง

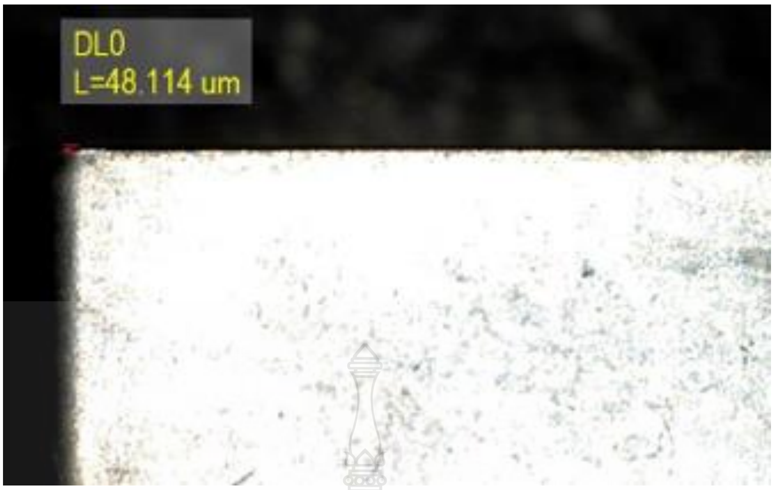


รูปที่ ก22. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 80 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev แบบเป่า



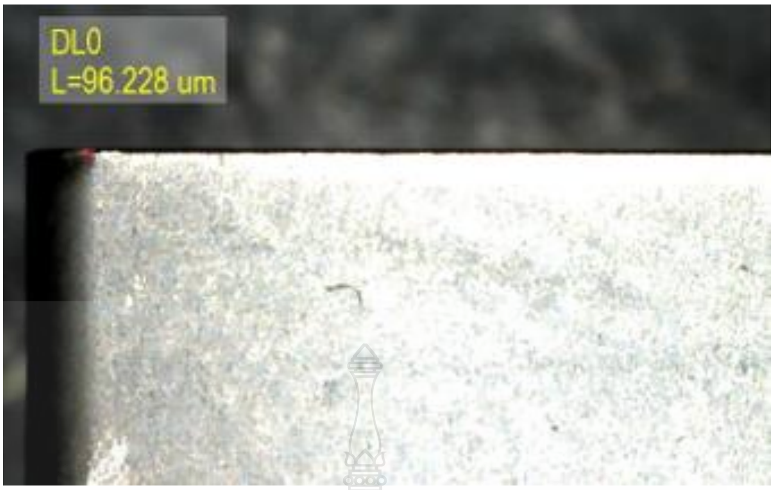
รูปที่ ก23. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 80 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev แบบเป่า

รูปที่ ก24. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 80 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แบบเป่า



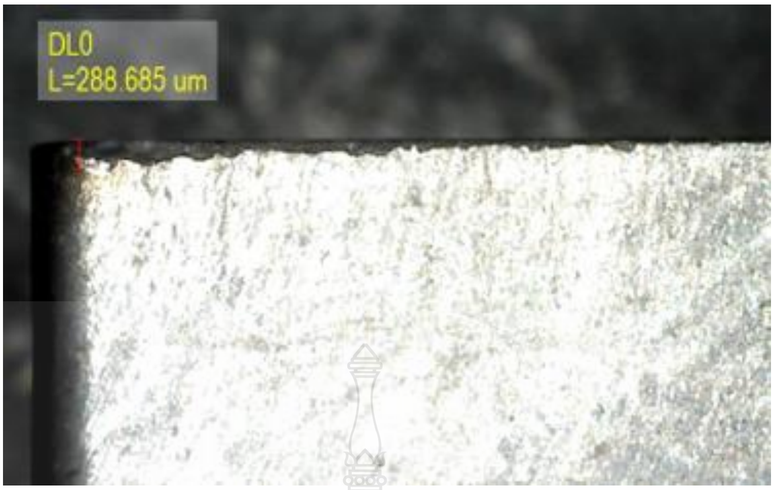
รูปที่ ก25. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 80 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev แบบเปียก

รูปที่ ก26. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 80 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev แบบเปียก



รูปที่ ก27. การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm ความเร็วตัดที่ 80 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แบบเปียก

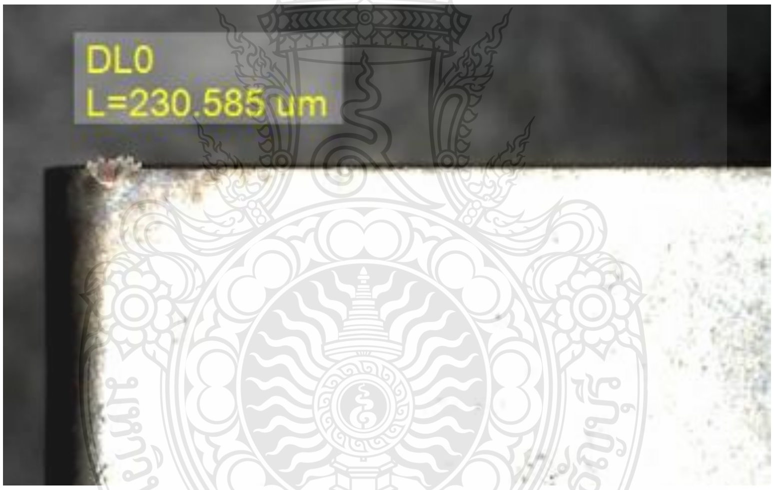
รูปที่ ก.28 การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm แรงดันลม 4 Bar ความเร็วตัดที่ 50 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Test แบบเป่าลม)



รูปที่ ก.29 การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm แรงดันลม 6 Bar ความเร็วตัดที่ 50 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Test แบบเป่าลม)

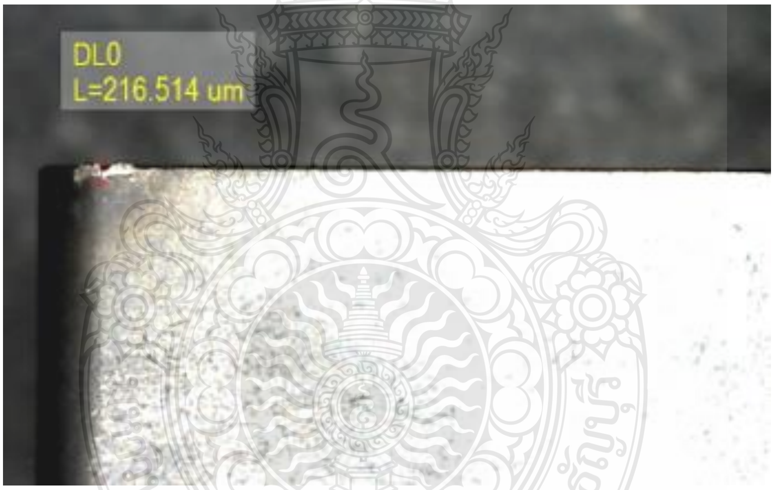
รูปที่ ก.30 การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm แรงดันลม 8 Bar ความเร็วตัดที่ 50 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Test แบบเป่าลม)

รูปที่ ก.31 การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm แรงดันลม 4 Bar ความเร็วตัดที่ 65 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Test แบบเป่าลม)

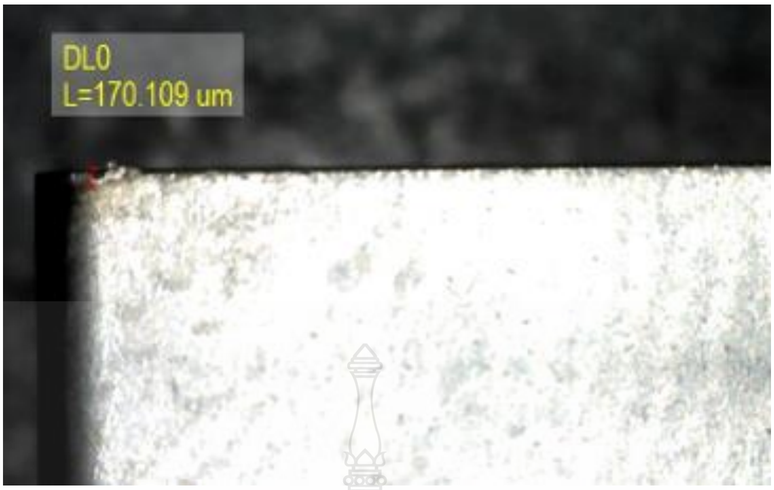


รูปที่ ก.32 การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm แรงดันลม 6 Bar ความเร็วตัดที่ 65 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Test แบบเป่าลม)

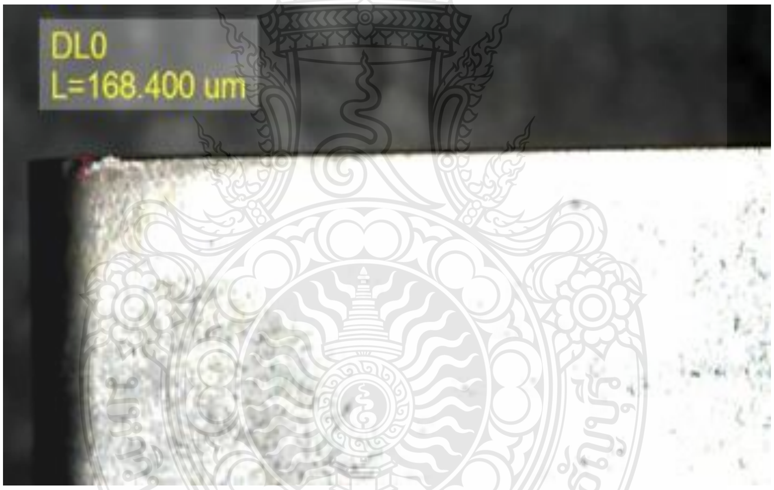
รูปที่ ก.33 การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm แรงดันลม 8 Bar ความเร็วตัดที่ 65 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Test แบบเป่าลม)



รูปที่ ก.34 การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm แรงดันลม 4 Bar ความเร็วตัดที่ 80 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Test แบบเป่าลม)



รูปที่ ก.35 การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm แรงดันลม 6 Bar ความเร็วตัดที่ 80 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Test แบบเป่าลม)



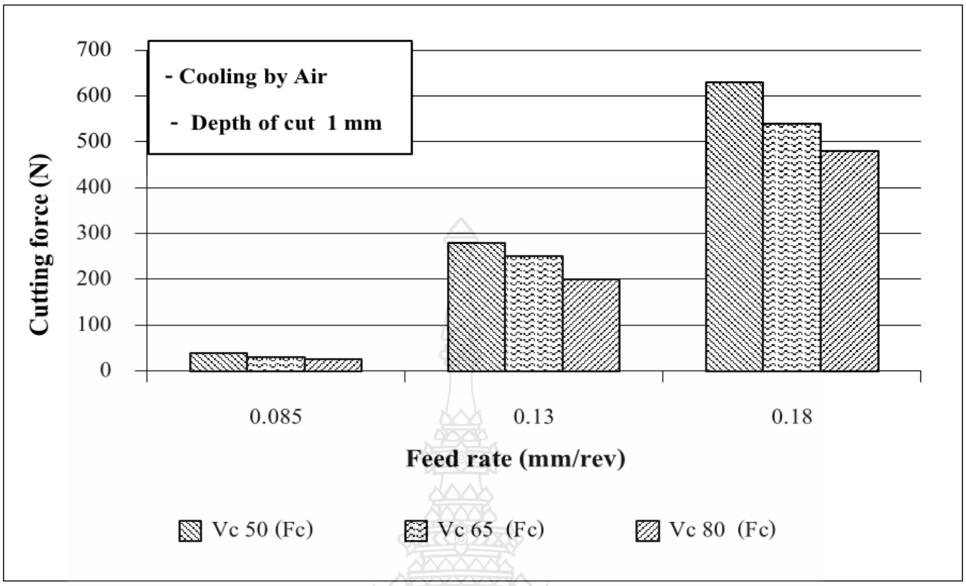
รูปที่ ก.36 การสึกหรอของเม็ดมีดกลึงจากการกลึงที่ระยะทาง 1,000 mm แรงดันลม 8 Bar ความเร็วตัดที่ 80 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Test แบบเป่าลม)

ก.2 ผลการวัดค่าความหยาบผิว

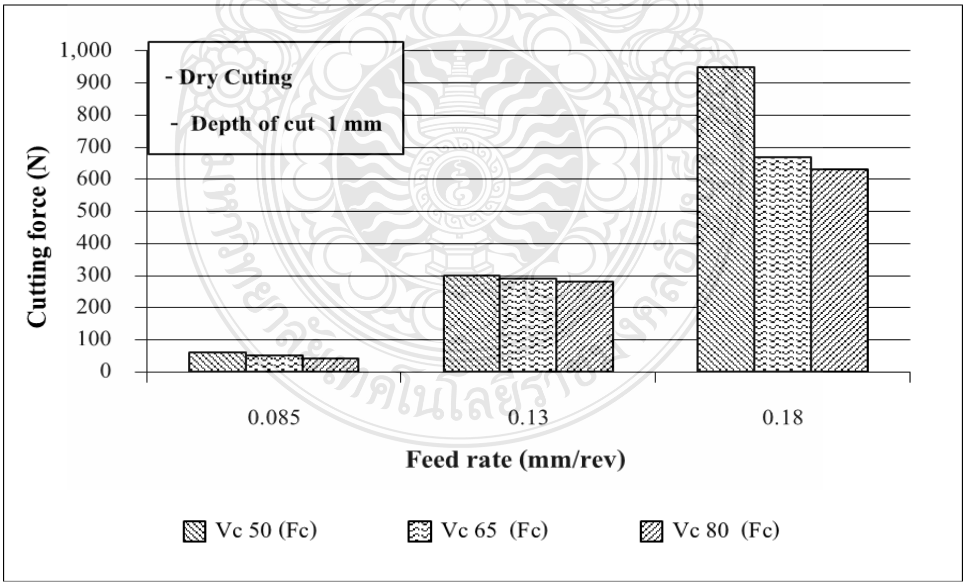
ตารางที่ ก.1 แสดงผลการวัดค่าความหยาบผิวชิ้นงาน

ความเรียบผิวงาน กลึงระยะทาง (L=1,000mm)			
Fn (อัตราการป้อน)	0.085	0.13	0.18
DRY (VC50)	1.005	1.312	1.987
AIR (VC50)	0.901	1.284	1.45
WET (VC50)	0.764	1.012	1.42
DRY (VC65)	0.931	1.288	1.612
AIR (VC65)	0.824	0.952	1.45
WET (VC65)	0.607	0.924	1.285
DRY (VC80)	0.8	1.089	1.503
AIR (VC80)	0.725	0.943	1.303
WET (VC80)	0.562	0.681	1.121

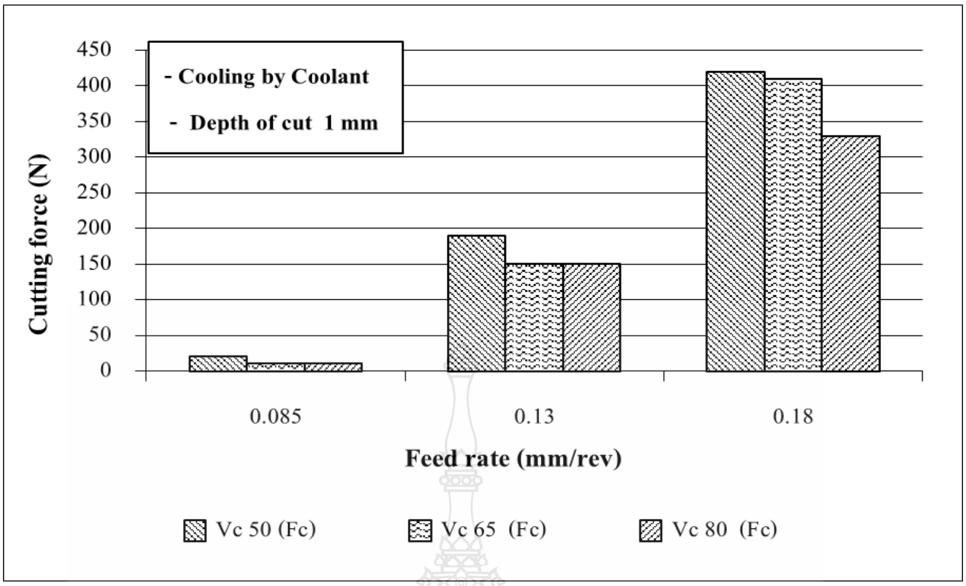
ก.3 ผลการวัดแรงตัดเฉือน



รูปที่ ก37. แรงตัดเฉือนจากการทดลองหล่อเย็นแบบลมเป่าที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน



รูปที่ ก38. แรงตัดเฉือนจากการทดลองแบบไม่หล่อเย็นที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน



รูปที่ ก39. แรงตัดเฉือนจากการทดลองหล่อเย็นแบบเปียกที่ความเร็วตัด และที่อัตราป้อนแตกต่างกัน

ก.4 เศษตัด

รูปที่ ก.40 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 50 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev (Dry)

รูปที่ ก.41 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 65 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev (Dry)

รูปที่ ก.42 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 80 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev (Dry)

รูปที่ ก.43 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 50 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev (Dry)

รูปที่ ก.44 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 65 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev (Dry)

รูปที่ ก.45 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 80 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev (Dry)

รูปที่ ก.46 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 50 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Dry)

รูปที่ ก.47 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 65 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แรงดันลม (Dry)

รูปที่ ก.48 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 80 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Dry)

รูปที่ ก.49 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 50 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev (Air)

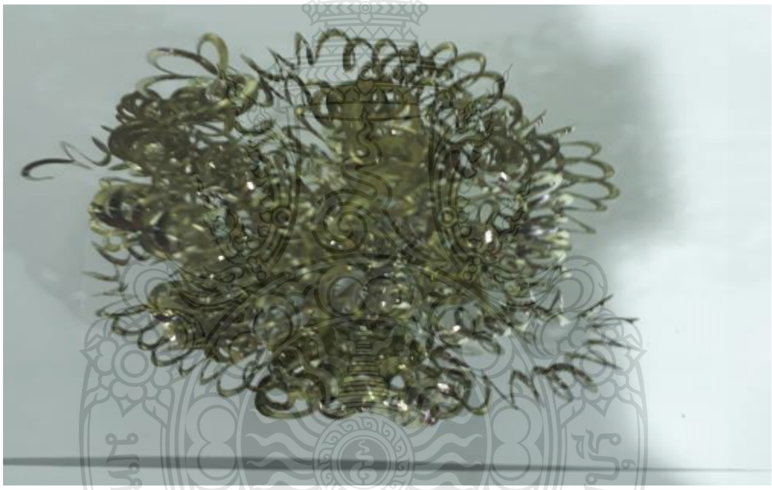
รูปที่ ก.50 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 65 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev (Air)

รูปที่ ก.51 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 80 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev (Air)

รูปที่ ก.53 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 50 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev (Air)

รูปที่ ก.54 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 65 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev (Air)

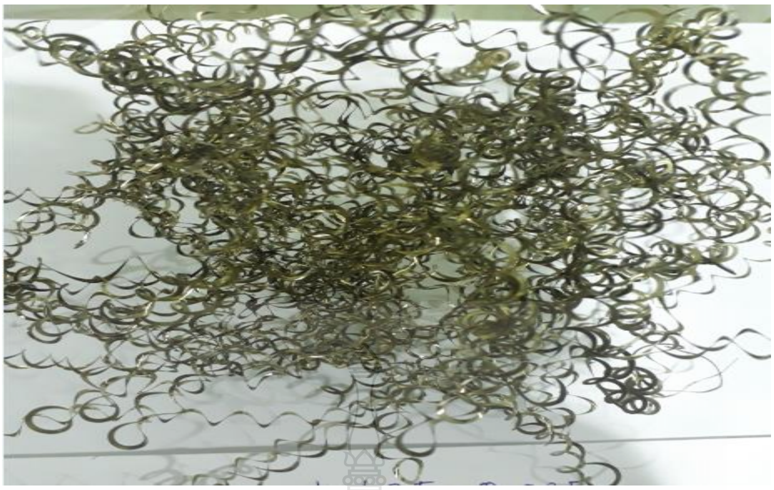
รูปที่ ก.55 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 80 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev (Air)



รูปที่ ก.56 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 50 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Air)

รูปที่ ก.57 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 65 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Air)

รูปที่ ก.58 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 80 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Air)



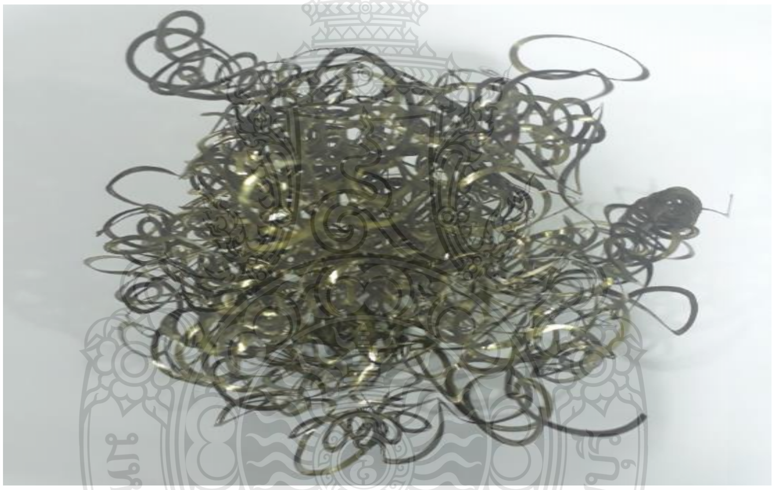
รูปที่ ก.59 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 50 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev (Wet)

รูปที่ ก.60 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 65 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev (Wet)

รูปที่ ก.61 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 80 m/min อัตราป้อน 0.085 mm/rev (Wet)

รูปที่ ก.62 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 50 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev (Wet)

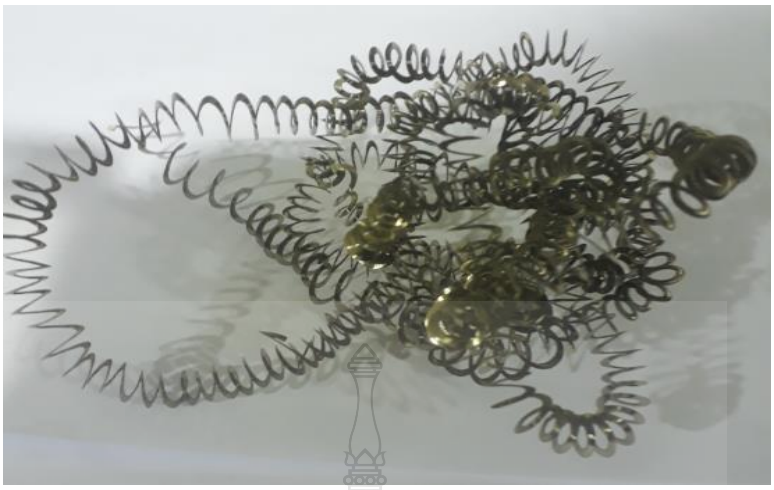
รูปที่ ก.63 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 65 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev (Wet)



รูปที่ ก.64 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 80 m/min อัตราป้อน 0.13 mm/rev (Wet)

รูปที่ ก.65 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 50 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Wet)

รูปที่ ก.66 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 65 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Wet)

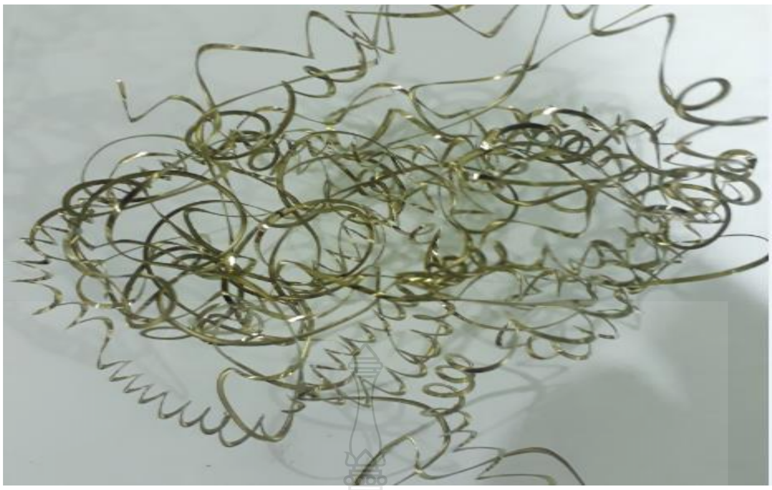


รูปที่ ก.67 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 80 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev (Wet)

รูปที่ ก.68 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 50 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แรงดันลม 4 Bar (แบบ Test)

รูปที่ ก.69 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 50 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แรงดันลม 6 Bar (แบบ Test)

รูปที่ ก.70 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 50 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แรงดันลม 8 Bar (แบบ Test)



รูปที่ ก.71 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 65 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แรงดันลม 4 Bar (แบบ Test)

รูปที่ ก.72 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 65 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แรงดันลม 6 Bar (แบบ Test)

รูปที่ ก.73 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 65 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แรงดันลม 8 Bar (แบบ Test)

รูปที่ ก.74 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 80 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แรงดันลม 4 Bar (แบบ Test)

รูปที่ ก.75 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 80 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แรงดันลม 6 Bar (แบบ Test)

รูปที่ ก.76 เศษคลิปจากการกลึงที่ความเร็วตัด 80 m/min อัตราป้อน 0.18 mm/rev แรงดันลม 8 Bar (แบบ Test)

ภาคผนวก ข

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

KU KPS conference
ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์กำแพงแสน
การประชุมวิชาการระดับชาติ
KU
KASETSART
UNIVERSITY
KAMPHAENGSAEN CAMPUS
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่
The 14th KU-KPS Conference
14
ระหว่างวันที่ 7-8 ธันวาคม 2560
ณ อาคารศูนย์เรียนรวม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม
ผลงานทางวิชาการ 8 สาขา
1. พืชและเทคโนโลยีชีวภาพ
2. สัตว์และสัตวแพทย์
3. วิศวกรรมศาสตร์
4. ศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์
5. มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
6. วิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา
7. วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
และความหลากหลายทางชีวภาพ
8. ส่งเสริมการเกษตร
EDS
WASEDA University
ไทย

การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ผสมกับชีวมวลอื่น 142

การใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้เพื่อทำนายค่าความร้อนสูงของฟางข้าว 148

การพัฒนาเครื่องคัดแยกกรวดในกระบวนการสีข้าวขนาดเล็ก 156

การออกแบบวงจรหารเลขโดยใช้ลอจิกเกท 164

การพัฒนาระบบสารสนเทศกลุ่มออมทรัพย์เพื่อการผลิตออนไลน์ 171

สัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นของเขื่อนกันคลื่นแบบลอยน้ำ 181

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำในชุมชนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการน้ำ : กรณีศึกษา
บ้านหนองบ่อ ตำบลหนองบ่อ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 189

การเปรียบเทียบปริมาณฝนจากดาวเทียม TRMM กับสถานีตรวจวัดในลุ่มน้ำลำน้ำพองตอนบน 198

การคาดการณ์ปริมาณตะกอนจากอิทธิพลของปริมาณน้ำท่าในอ่างเก็บน้ำอเนกประสงค์ 207

การประเมินโครงการสูบน้ำทุ่งวัดสิงห์โดยใช้วิธีการประเมินแบบเร่งด่วน 216

การตรวจสอบการมีอยู่และกิจกรรมของแบคทีเรียกลุ่มอนาม็อกในระบบบึงประดิษฐ์
แบบน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง 227

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและอัตราการไหล กรณีศึกษาลุ่มน้ำมูลส่วนที่ 3
กับลุ่มน้ำห้วยสำราญ อำเภอเมืองศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ 237

การศึกษาผลของการใช้เทคนิคการระบายอากาศโดยใช้เครื่องสร้างลมเย็นแห้งต่อ
ความสามารถในการลดระดับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและอุณหภูมิแกนร่างกาย
ของผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่อับอากาศ 250

การศึกษาอิทธิพลของโครงสร้างจุลภาคที่ส่งผลต่อการเกิดชั้นหลอมสีขาว (White Layer)
ในเหล็ก AISI 4140 ที่ผ่านกระบวนการตัดด้วยไฟฟ้าแบบใช้ลวด (Wire-cut EDM) 257

การศึกษาการวัดระดับน้ำด้วยตัวรับรู้แบบความจุไฟฟ้าทรงกระบอกสองชั้นร่วมกับ
วงจรกรองความถี่สูงผ่าน 265

ศึกษาปัจจัยในกระบวนการกลึงต่อความเรียบผิวของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนเนติค 273

อิทธิพลของความเร็วรอบการหมุนที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเคลือบของ
เครื่องเคลือบฟลูอิไดซ์เบดแบบหมุน 281

การใช้เถ้าลอยสำหรับผลิตอิฐมวลเบาชนิดไม่อบไอน้ำ 290

แหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดที่สามารถเชื่อมต่อได้ในระบบจำหน่าย
ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในพื้นที่พัทยา 297

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการหล่อเย็นงานกลึงเหล็กกล้าไร้สนิม SUS เกรด 316 305

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการหล่อเย็นงานกลึงเหล็กกล้าไร้สนิม SUS เกรด 316

Comparative Study of Cooling Method in Turning Process of Stainless Steel Grade SUS 316

อติชาติ ศรีไวย์[1*], ชัยยะ ปราณีตพลกรัง[1]

Atichart Sriwai[1*], Chaiya Praneetpongrung[1]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการใช้สารหล่อเย็นในงานตัดเฉือนเป็นปริมาณมาก มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนงาน จึงมีการนำเสนอทางเลือกใหม่ๆ ของวิธีการหล่อเย็นในงานตัดเฉือนเพื่อลดปริมาณการใช้สารหล่อเย็น เช่น การหล่อเย็นโดยใช้สารหล่อเย็นปริมาณน้อย (MQL) การหล่อเย็นโดยใช้ลมและการไม่ใช้สารหล่อเย็น บทความนี้นำเสนอการเปรียบเทียบวิธีการหล่อเย็นในงานตัดเฉือนโดยใช้ลมเย็นจากท่อวอร์เท็กกับวิธีการหล่อเย็นแบบดั้งเดิมหรือแบบเปียกและการไม่ใช้สารหล่อเย็น (วิธีแบบแห้ง) โดยทดลองประสิทธิภาพการหล่อเย็นในงานกลึงสแตนเลส SUS 316 ใช้เม็ดมีดกลึงอินเสิร์ทแบบเซอร์เมท (Cermet) ปัจจัยในการตัดเฉือนที่ใช้ในการทดลองได้แก่ความเร็วตัด 50 65 และ 80 เมตรต่อนาที อัตราป้อน 0.085 0.13 และ 0.18 มิลลิเมตรต่อรอบ โดยใช้ความลึกในการกลึง 1 มิลลิเมตร ประสิทธิภาพของวิธีการหล่อเย็นทั้งสามวิธีตรวจสอบโดยการวัดความหยาบผิวของชิ้นงานและวัดการสึกหรอของมีดกลึง จากผลการทดลองพบว่าวิธีการหล่อเย็นโดยใช้ลมเย็นจากท่อวอร์เท็กให้ค่าความหยาบผิวและการสึกหรอของมีดกลึงอยู่ระหว่างวิธีการหล่อเย็นแบบเปียก (แบบดั้งเดิม) และวิธีการหล่อเย็นแบบไม่ใช้สารหล่อเย็น (แบบแห้ง)

ABSTRACT

Recently, the use of large amount conventional cutting fluid has been generating both environmental damage and health hazards. Due to this reason, some alternatives solution have been sought to minimize or to avoid the use of conventional cutting fluid in machining operations. Some of these alternatives are machining process with minimum quantity lubrication (MQL), air jet cooling and dry machining. This paper presents a comparative study of the effect of vortex tube air cooling, dry machining and conventional cutting fluid on surface roughness quality and tool wear when turning SUS 316 material with cermet cutting tool. The cutting parameters involved in this study were cutting speed, feed rate and depth of cut. The cutting speed 50, 65, 80 m/min and feed rate 0.085, 0.13, 0.18 mm/rev were used in the experiment, while the depth of cut was fixed at 1 mm. The machined parts surface roughnesses were measured using a surface roughness tester. The results show that the tool wear and the surface roughness of cooling using the vortex tube air cooling is between conventional cutting fluid and dry machining.

Key wording: SUS 316, vortex tube air cooling, insert cermet, surface roughness, tool wear

* Corresponding author; e-mail address: atichart_S@mail.rmutt.ac.th

[1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi 12110

คำนำ

การตัดเฉือนโลหะโดยใช้เครื่องจักรหรือเครื่องมือตัดเพื่อกำจัดเศษเนื้อโลหะออกให้ได้ขนาดและรูปร่างตามที่ต้องการมีหลายวิธี ในอุตสาหกรรมการผลิตการหล่อเย็นโดยใช้สารหล่อเย็น (Conventional Cutting Fluid or Wet Coolant) แบบดั้งเดิมหรืออาจเรียกว่าแบบเปียกพบว่ามีต้นทุนสูง อีกทั้งมีสารพิษตกค้าง ยากต่อการกำจัด เป็นพิษต่อคนทำงานและสิ่งแวดล้อม (Yousef, Ehsan and B.h. Rassolian.,2015) การประยุกต์นำลมที่ได้มาจากแรงดันของปั๊มลม (Air Compressor) มาใช้ เป็นทางเลือกในการแก้ปัญหาที่จะส่งผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารหล่อเย็น (Yogie *et al.*,2015) ในงานตัดเฉือนมีการใช้สารหล่อเย็นเพื่อช่วยลดอุณภูมิในขณะทำการตัดเฉือนระหว่างปลายมีดตัดกับชิ้นงาน เพราะขณะตัดเฉือนบริเวณที่เกิดการเสียดสีระหว่างปลายมีดตัดและผิวของชิ้นงานจะมีอุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เครื่องมือตัดสึกหรอและอายุการใช้งานสั้น นอกจากการใช้สารหล่อเย็นแล้ว การปรับปรุงคุณภาพชิ้นงานเพื่อเพิ่มอัตราการผลิตยังขึ้นอยู่กับการพิจารณาเลือกใช้ ความเร็วตัด อัตราป้อนความและลึกตัดด้วย (Kramar *et al.*,2009) นอกจากนี้คมตัดที่มีความแข็งและทนทานต่อการสึกหรอได้ดีย่อมช่วยให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพดีด้วย เม็ดมีดกลึงแบบเซอร์เม็ท (นิโอทูลส์., 2558.) เป็นวัสดุมีดกลึงที่มีส่วนผสมของเซรามิคส์และโลหะ มีคุณสมบัติในการตัดเฉือนดีเยี่ยม ทนต่อความร้อนได้สูงและทนต่อปฏิกิริยาเคมี วัสดุ SUS 316 เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มเหล็ก อยู่ในกลุ่มออสเทนนิติค(Austenitic) มีคุณสมบัติสามารถใช้กับงานเย็นและงานที่อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่า ช่วยลดปัญหาการผุกร่อน สามารถทนการกัดกร่อนจากสารเคมีประเภทกรดน้ำเค็มได้ดีกว่าเกรด 304 (กนก, 2553) จึงเป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเดินเรือ อาหาร การแพทย์ อิเล็กทรอนิคส์ โครงสร้างของเครื่องจักร และอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ ของประเทศไทย

การศึกษานี้มีแนวคิดที่จะประยุกต์การใช้ลมเย็นจากท่อวอร์เท็กเพื่อหล่อเย็นงานกลึงที่มีผลต่อความเรียบผิวของชิ้นงานที่เป็นสแตนเลส เพื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารหล่อเย็น (แบบแห้ง) และการหล่อเย็นแบบดั้งเดิม (แบบเปียก) เพื่อเป็นแนวทางในการลดการใช้สารหล่อเย็น และเป็นการประยุกต์ใช้วิธีการหล่อเย็นแบบใหม่เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต เป็นการเพิ่มผลผลิตโดยไม่ต้องมีการบำรุงรักษาและไม่ส่งผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองเพื่อเปรียบเทียบการหล่อเย็นแต่ละระดับเพื่อวัดผลค่าความเรียบผิวที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับวิธีแบบเปียกและแบบแห้ง การทดลองมีเครื่องมืออุปกรณ์ที่สำคัญแสดงดังตารางที่ 1

Table 1. Experimental apparatus

No	Description
1	CNC machine lathe EMCO model TURN450
2	Tool insert cermet MITSUBISHI model CNMG120408 NX2525 HOLDER : PCLNR 1616H12 (KP1111)
3	Stainless steel SUS 316 ขนาด Ø25.40X220 mm
4	Vortex cold air model No. 612
5	Regulator SMC model AW20 – 02BG
6	Coolant ZERECL Model BIOCUT No.4BB 8 %

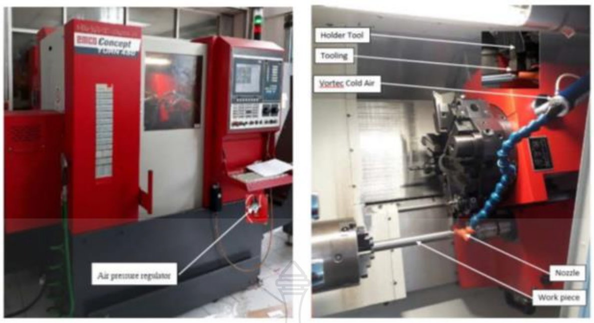


Figure 1. Experimental set-up

Table 2. Experimental conditions

Parameters	
Cutting speed	50, 65, 80 m/min
Feed rate	0.085, 0.13, 0.18 mm/rev
Depth of cut	1 mm
Cold air flow	8 Bar
Coolant flow	8 Bar

การทดลองเริ่มโดยการนำชิ้นงาน SUS 316 ขนาดความโต 25.40 X 220 มิลลิเมตร มาจับด้วยหัวจับ Spindle บนเครื่องกลึงซีเอ็นซี ติดตั้งอุปกรณ์หล่อเย็นและทำการเขียนโปรแกรมสร้างทางเดินของมีดกลึง กำหนดปัจจัยต่างๆ ในขบวนการทดลองเริ่มที่ ความเร็วตัด 50 65 80 เมตรต่อนาที อัตราป้อน 0.085 0.13 0.18 มิลลิเมตรต่อรอบ ความลึกตัด 1 มิลลิเมตร ใช้ยันศูนย์ท้ายดันชิ้นงาน นำเม็ดมีด Insert ใส่ Holder แล้วนำไปใส่และล็อคกับป้อมมีดุน

Figure 2. Photographic view of surface roughness measurement

Figure 3. Photographic view of tool wear measurement

Figure 4. Flooding (Wet)

Figure 5. Cooling cold air

Figure 6. Raw material

Figure 7. Surface finish of workpieces

Figure 8. Tool wear of dry machining

Figure 9. Tool wear of cold air

Figure 10. Tool wear of flooding

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองเปรียบเทียบพื้นผิวชิ้นงานกับกระบวนการกลึงปอกเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 316 Ø25.40 X 220 มิลลิเมตร แสดงในรูปที่ 11

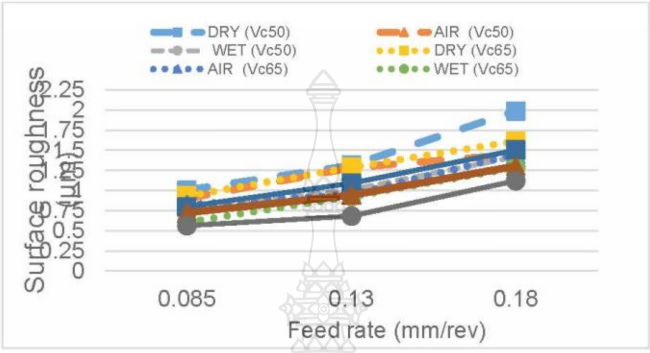


Figure 11. Effect of cutting speed, feed rate and cooling type on surface roughness of workpiece

รูปที่ 11 แสดงผลกระทบของปัจจัย ความเร็วตัด (Vc) อัตราป้อน (Feed rate) และรูปแบบการหล่อเย็น (Cooling type) ที่มีผลกระทบต่อความหยาบผิวชิ้นงาน จากผลของความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสามต่อความหยาบผิวชิ้นงานพบว่าความเร็วตัดที่ Vc80 ที่อัตราป้อน 0.085 มิลลิเมตรต่อรอบ ของวิธีการหล่อเย็นแบบเปียกจะให้ผิวชิ้นงานที่มีความหยาบผิวต่ำสุด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการหล่อเย็นแบบเปียกจะให้ค่าความหยาบผิวที่น้อยที่สุด รองลงมาคือแบบใช้ลม และแบบไม่ใช้น้ำหล่อเย็นตามลำดับ

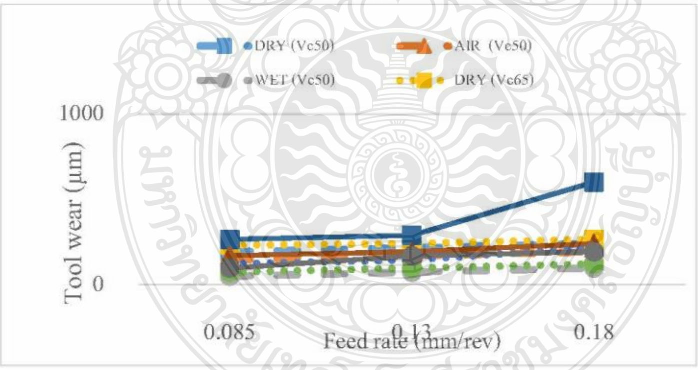


Figure 12 Effect of cutting speed, feed rate and cooling type on tool wear

รูปที่ 12 แสดงผลกระทบของปัจจัย ความเร็วตัด (Vc) อัตราป้อน (Feed rate) และรูปแบบการหล่อเย็น (Cooling type) ที่มีผลกระทบต่อการสึกหรอของเม็ดมีดอินเสิร์ท ผลจากการทดลองพบว่า สภาวะการกลึงที่ทำให้เม็ดมีดกลึงสึกหรอสูงสุดคือการกลึงภายใต้การไม่ใช้สารหล่อเย็น (DRY) ที่ความเร็วตัด Vc80 และ อัตราป้อนที่

0.18 mm/rev ขณะที่ผลการทดลองของสภาวะการทดลองอื่นๆ นั้นการสึกหรอของเม็ดมีดไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวอิทธิพลของการใช้วิธีการหล่อเย็นในงานกลึงสแตนเลส SUS 316 ที่แตกต่างกันสามวิธีคือการใช้ลมเย็น การไม่ใช้สารหล่อเย็นและการหล่อเย็นแบบเปียกหรือใช้สารหล่อเย็น ซึ่งเป็นวิธีการหล่อเย็นแบบดั้งเดิม โดยศึกษาการมีอิทธิพลต่อคุณภาพผิวชิ้นงานและการสึกหรอของมีดกลึง จากผลการทดลองพบพบว่า อัตราป้อนมีอิทธิผลต่อการสึกหรอและความหยาบผิว เพราะเมื่ออัตราป้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความหยาบผิวเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณปลายคมตัดเกิดความร้อน โดยการเสียดสีกันอย่างรุนแรงระหว่างชิ้นงานกับเม็ดมีดทำให้ความต้านทานการสึกหรอลดลง เมื่อเม็ดมีดเกิดการสึกหรอทำให้คุณภาพผิวชิ้นงานต่ำลง และเมื่อพิจารณาผลการทดลองจากวิธีการหล่อเย็น ค่าความหยาบผิวที่เกิดขึ้นจากการทดลองของวิธีการหล่อเย็นทั้ง 3 วิธี พบว่าที่การกลึงความเร็วตัด 80 m/min อัตราป้อนที่ 0.085 mm/rev ค่าการสึกหรอมีดกลึงของวิธีการหล่อเย็นแบบใช้ลมมีค่าการสึกหรอสูงกว่าแบบเปียกแต่ต่ำกว่าวิธีการหล่อเย็นแบบไม่ใช้สารหล่อเย็น สำหรับค่าความหยาบผิวของวิธีการหล่อเย็นแบบใช้ลมจะมีค่าต่ำกว่าวิธีหล่อเย็นแบบไม่ใช้สารหล่อเย็นแต่จะมีค่าสูงกว่าการตัดแบบเปียกเล็กน้อย จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการหล่อเย็นแบบใช้ลม สามารถนำมาประยุกต์เพื่อเลือกใช้ทดแทนวิธีการหล่อเย็นแบบเปียกหรือการหล่อเย็นแบบดั้งเดิมได้ (สมเกียรติและชาญณรงค์, 2554) ในกรณีที่ต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ปฏิบัติงาน รวมทั้งการลดต้นทุนการผลิตด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ทุกท่าน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้คำแนะนำและความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์และสถานที่ในการจัดทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

บริษัทนิโอทูลล์เม็ดอินเสิร์ท. 2558. https://www.mitsubishicarbide.com/mms/en/product/pdf/catalog/c007tea. pdf. 5 สิงหาคม 2560.

สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญและชาญณรงค์ รุ่งเรือง 2554. การตรวจติดตามการตัดแบบลมเป่าและแบบเปียกภายในกระบวนการกัดแบบหัวบอล. น. 968 – 972. ใน การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2554. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

กนก. 2553. เข้าใจสเตนเลส ไม่ยากอย่างที่คิด. http://www.bloggang.com/viewdiary.php?id=kck-stainless&month=07-2010&date=17&group=1&gblog=2. 13 กันยายน 2560.

Ginting, Y. R., Boswell, B., Biswas, W. and Islam, N. 2015. Advancing Environmentally Conscious Machining. Procedia CIRP 26: 391-396.

Gintinga, Y. R., Boswellb, B., Biswasc, W., and Islam, M.N. 2015. Investigation into alternative cooling methods for achieving environmentally friendly machining process. Procedia CIRP 29: 645 – 650.

Kramar, D., Krajnik, P. and Kopac. J. 2010. Capability of high pressure cooling in the turning of surface hardened piston rods. Journal of Materials Processing Technology 210: 212–218.

Liew, P. J., Shaaroni, A., Sidik, N. A. C., & Yan, J. 2017. An overview of current status of cutting fluids and cooling techniques of turning hard steel. International Journal of Heat and Mass Transfer 114 : 380-394.

Shokoohi, Y., Khosrojerdi, E., and Rassolian Shiadhi, B.H. 2015. Machining and ecological effects of a new developed cutting fluid in combination with different cooling techniques on turning operation. Journal of Cleaner Production 94: 330-339.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นาย อติชาติ ศรีไวย์
วัน เดือน ปีเกิด	29 มิถุนายน 2515
ที่อยู่	99/66 หมู่ที่ 8 ตำบล คลองจิก อำเภอ บางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา รหัสไปรษณีย์ 13160
การศึกษา	ปริญญาตรีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและอุตสาหกรรม จากสถาบันเทคโนโลยีแห่งอโยธยา
ประสบการณ์การทำงาน	วิศวกรเครื่องจักรกล บริษัท MMI In triplex (Thailand) Ltd. เลขที่158-160 หมู่ 1 นิคมอุตสาหกรรมไฮเทค ตำบลบ้านเลน อำเภอบางปะอิน 13160 ตั้งแต่ 2537 ถึงปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	035-729183-5 ต่อ 1212
อีเมล์	Atichart.Sriwai@mmi.com.sg