

Chulalongkorn University

Chula Digital Collections

Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)

2019

การขั้ความลึกในการตึัด สั้หรั้ขั้ส่วนอากาศยาน

ชั้ชนก ขั้าแพลง

คณะวึศากกรรมศาสตร์

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd>



Part of the [Industrial Engineering Commons](#), and the [Operational Research Commons](#)

Recommended Citation

ขั้าแพลง, ชั้ชนก, "การขั้ความลึกในการตึัด สั้หรั้ขั้ส่วนอากาศยาน" (2019). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*. 9684.

<https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/9684>

This Thesis is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

การปรับความลึกในการตัด สำหรับชิ้นส่วนอากาศยาน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2562

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The Turning Depth Adjustment for Aerospace Part



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

FACULTY OF ENGINEERING

Chulalongkorn University

Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับความลึกในการตัด สำหรับชิ้นส่วนอากาศยาน
โดย	น.ส. ชัชชนก ขำแฝง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ประธานกรรมการ
.....	
(รองศาสตราจารย์จรัสวัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)	
.....	กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมมาภรณ์พิลาศ)	
.....	กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)	

ชัชชนก ขำแผลง : การปรับความลึกในการตัด สำหรับชิ้นส่วนอากาศยาน. (The Turning Depth Adjustment for Aerospace Part) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร. สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ

งานวิจัยนี้มีเนื้อหาเกี่ยวกับการสึกหรอของเม็ดมีดคาร์ไบด์อันเนื่องมาจากกระบวนการกลึงอินโคเนล 718 ซึ่งพบปัญหาว่าเมื่อผลิตงานอย่างต่อเนื่องจะทำให้ขนาดของชิ้นงานคลาดเคลื่อนไปตามอายุเม็ดมีดที่มากขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีการปรับค่าความลึกในการกลึงของพนักงาน แต่การปรับค่าของพนักงานนี้ยังไม่ถูกต้องจึงทำให้เกิดของเสียมากมายจากกระบวนการนี้ ดังนั้นจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การหาค่าการปรับความลึกการกลึงที่ถูกต้องและทำให้ผลิตงานที่ดีที่สุด ซึ่งผลที่ได้จากการทดลอง คือ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะลึกของเม็ดมีดกลึงกับอายุของเม็ดมีดกลึงและค่าระยะลึกเม็ดมีดกลึงนี้สามารถนำมาใช้หาค่าการปรับความลึกได้ ซึ่งทำให้สามารถหากราฟความสัมพันธ์ระหว่างการปรับความลึกของเม็ดมีดกลึงกับอายุของเม็ดมีดกลึง และค่านี้สามารถนำไปสร้างสมการการปรับความลึกการตัดในช่วงอายุของเม็ดมีดกลึงต่างๆ ได้ ซึ่งเมื่อนำค่าการปรับความลึกที่ได้จากสมการไปทดลองผลิตชิ้นงานพบว่าได้ชิ้นงานเป็นงานดีทั้งหมด และเมื่อนำขนาดชิ้นงานที่ผลิตด้วยการปรับลึกจากสมการมาคิดเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนและเปรียบเทียบขนาดชิ้นงานที่ผลิตด้วยการปรับลึกด้วยพนักงาน จะพบว่าวิธีการปรับลึกด้วยสมการได้ขนาดของชิ้นงานที่มีค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่า โดยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุดของค่าการปรับจากพนักงาน คือ 0.947 เปอร์เซ็นต์ แต่เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุดของค่าการปรับจากสมการ คือ 0.168 เปอร์เซ็นต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6170917821 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Inconel718, Turning, Tool wear, Tool life, Depth Adjustment

Chatchanok Khumplang : The Turning Depth Adjustment for Aerospace Part. Advisor: Assoc. Prof. Somkiat Tangjitsitcharoen, Ph.D.

This research is relevant to studying the wear down of carbide cutting tools as a result of Inconel 718 turning process which the size of the product is affected by the tool life after an uninterrupted long period of the production. Despite the depth in the turning process was adjusted by the operator but it was not accurate and caused the huge amount of scrapped parts. Therefore, this research proposal is to find the optimized adjustment of the turning depth which could produce the conformity part. The results obtained from the experiment are the graph between the sizes of the cutting tool caused by the wear down and the tool life and the graph between the turning depth and the tool life which the results are led to the formula of the adjustment of the cutting depth and prevent the scrapped parts. The depth adjustment value obtained from the equation was used to produce the workpieces, all of them show the good result. After using the size of the produced workpiece from the depth adjustment by the equation to figure out the percentage of error compared to the size of the produced workpiece from the depth adjustment by the operator, the result shows the method of depth adjustment by the equation has less the percentage of error which the highest percentage of error from adjustment by the operator is 0.947% but the highest percentage of error from depth adjustment by the equation is 0.168%.

Field of Study: Industrial Engineering

Student's Signature

Academic Year: 2019

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยเหลือและให้คำปรึกษา รวมถึงคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์และเป็นความรู้แก่วิทยานิพนธ์นี้ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ รวมถึงข้อควรแก้ไขต่างๆ ในวิทยานิพนธ์นี้ จึงทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

สุดท้าย ขอขอบพระคุณ ครอบครัวและเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจ และ ให้ความช่วยเหลือต่างๆ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่สำคัญที่ทำให้การทำวิทยานิพนธ์นี้ดำเนินไปได้ด้วยดีและสำเร็จในที่สุด

ชัชชนก ขำแผลง



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องยนต์ของอากาศยาน	1
1.1.2 ที่มาของงานวิจัย.....	10
1.1.3 ความสำคัญของการปรับความถี่การตัดในการลดอัตราการเปลี่ยนมีดกลึง.....	13
1.2 วัตถุประสงค์ในงานวิจัย.....	15
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	15
1.4 ผลที่ได้รับ.....	15
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	15
1.6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	15
บทที่ 2	17
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	17
2.1.1 การสึกหรอของมีดตัด[1].....	17

2.1.1.1 อายุมีดตัด(Tool life).....	20
2.1.1.2 สมการอายุมีดตัดเทย์เลอร์.....	23
2.1.2 การหาเส้นโค้งที่เหมาะสม[12].....	25
2.2 วัสดุอินโคเนล (Inconel).....	29
2.3 คุณสมบัติเม็ดมีดกลึง.....	30
2.4 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานและระยะที่ถูกกลึง.....	32
2.5 ข้อมูลการผลิต.....	34
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	37
บทที่ 3.....	43
วิธีดำเนินการวิจัย.....	43
3.1 ขั้นตอนการปรับความความลึกในปัจจุบัน.....	43
3.2 การวิเคราะห์สาเหตุ.....	47
3.3 การออกแบบการทดลอง.....	56
3.4 การกำหนดปัจจัยในการทดลอง.....	56
3.5 วัสดุและเครื่องมือในการทดลอง.....	58
3.6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	62
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	66
บทที่ 4.....	68
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	68
4.1 ผลการทดลอง.....	68
4.2 การสร้างสมการระยะปรับความลึก.....	76
4.3 การทดลองผลิตงานด้วยค่าการปรับความลึกจากสมการ.....	77
บทที่ 5.....	87
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	87



5.1	สรุปผลการวิจัย	87
5.2	อภิปรายผลการวิจัย.....	88
5.3	ข้อจำกัดและอุปสรรคในงานวิจัย.....	88
5.4	ข้อเสนอแนะ.....	88
	บรรณานุกรม.....	90
	ประวัติผู้เขียน.....	110



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการใช้มีดกลึง 1 ครั้งแล้วทิ้งกับการใช้มีดกลึงจนครบอายุการใช้งาน.....	14
ตารางที่ 3.1	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานในช่วงเวลาอายุมีดกลึงต่างๆ.....	54
ตารางที่ 3.2	แผนการทดลอง.....	56
ตารางที่ 4.1	แสดงค่าระยะสึกของมีดมีดกลึงในช่วงอายุของมีดมีดกลึงต่างๆ.....	68
ตารางที่ 4.2	แสดงค่าระยะปรับความลึกมีดมีดกลึงในช่วงอายุของมีดมีดกลึงต่างๆ.....	72
ตารางที่ 4.3	ระยะการปรับที่ได้จากการแทนค่าสมการ.....	79
ตารางที่ 4.4	ค่าขนาดของชิ้นงานที่ผลิตตามการปรับจากสมการ.....	82
ตารางที่ 4.5	ระยะปรับความลึกที่ได้จากการปรับของพนักงานและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานสำเร็จหลังการปรับ.....	83
ตารางที่ 4.6	เปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน.....	85

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1	เครื่องยนต์เครื่องบิน	1
รูปที่ 1.2	ส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์เครื่องบิน	3
รูปที่ 1.3	ชุดอัดอากาศแบบขั้นตอนเดียว	4
รูปที่ 1.4	ชุดอัดอากาศแบบสองขั้นตอน.....	4
รูปที่ 1.5	เครื่องยนต์หนึ่งกรุป (Single spool)	5
รูปที่ 1.6	เครื่องยนต์หนึ่งกรุป (Single spool)	6
รูปที่ 1.7	เครื่องยนต์หนึ่งกรุป (Single spool)	6
รูปที่ 1.8	เครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ท (Turbojet engines).....	7
รูปที่ 1.9	เครื่องยนต์เทอร์โบแฟน (Turbofan engines).....	9
รูปที่ 1.10	เครื่องยนต์เทอร์โบพรอป (Turboprop engines).....	9
รูปที่ 1.11	เครื่องยนต์เทอร์โบชาฟต์ (Turboshaft engines).....	10
รูปที่ 1.12	ของเสียที่เกิดจากการปรับความถี่การตัดในช่วง มกราคม 2562 ถึง มีนาคม 2563 ...	12
รูปที่ 2.1	แสดงตำแหน่งและลักษณะของการสึกหรอบนมีดตัด	17
รูปที่ 2.2	แสดงการวัดรอยสึกหรอบนมีดตัดที่ตำแหน่งต่างๆ	18
รูปที่ 2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างการสึกหรอบนผิวหลบหรือด้านข้างคมตัดกับเวลาในการตัด	21
รูปที่ 2.4	อิทธิพลของความเร็วตัดต่ออัตราการสึกหรอบนผิวหลบหรือด้านข้างคมตัด	22
รูปที่ 2.5	กราฟลอการิทึมธรรมชาติระหว่างความเร็วตัดกับอายุของมีดตัด.....	24
รูปที่ 2.6	เส้นตรงที่เหมาะสมสำหรับชุดข้อมูล.....	25
รูปที่ 2.7	ฟังก์ชันพหุนาม และฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่เหมาะสมกับชุดข้อมูล.....	28
รูปที่ 2.8	Inconel 718 Round Bars.....	29
รูปที่ 2.9	คมตัด 2 ด้านของเม็ดมีดกลึง VCMT160404 AH8015	30
รูปที่ 2.10	ขนาดของเม็ดมีดกลึงอ้างอิงตามเว็บไซต์ของผู้ผลิต	31

รูปที่ 2.11	ส่วนของชิ้นงานที่ถูกกลึง โดยเม็ดกลึง VCMT160404 AH8015.....	32
รูปที่ 2.12	ขนาดของชิ้นงานก่อนตัดเป็นชิ้นงานกิ่งสำเร็จ.....	33
รูปที่ 2.13	ขนาดของชิ้นงานกิ่งสำเร็จ.....	33
รูปที่ 2.14	ขนาดของชิ้นงานสำเร็จ.....	34
รูปที่ 2.15	น้ำหล่อเย็น TRIM MicroSol 585XT.....	36
รูปที่ 3.1	ชิ้นงานขณะย่นศูนย์อยู่ในเครื่อง.....	43
รูปที่ 3.2	การวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานด้วยไมโครมิเตอร์ก่อนปรับความลึกการตัด.....	44
รูปที่ 3.3	หน้าจอโปรแกรมบนเครื่องกลึงซีเอ็นซีสำหรับการปรับความลึกการตัด.....	45
รูปที่ 3.4	เครื่องกลึงซีเอ็นซี(Computer Numerical Control).....	46
รูปที่ 3.5	เครื่องซีเอ็มเอ็ม(Coordinate Measuring Machine).....	46
รูปที่ 3.6	แผนภูมิแก๊งปลาของงานเสียจากการปรับความลึกการตัด.....	48
รูปที่ 3.7	แนวการเดินทางของเม็ดมีด.....	53
รูปที่ 3.8	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานที่วัดหลังตัด.....	55
รูปที่ 3.9	เม็ดมีดกลึง VCMT160404 AH801.....	59
รูปที่ 3.10	เครื่องกลึงซีเอ็นซี.....	59
รูปที่ 3.11	กล้องไมโครสโคป Vitiny.....	60
รูปที่ 3.12	ปากกาจับงาน.....	60
รูปที่ 3.13	บล็อกพลาสติกช่วยยึดเม็ดมีด.....	61
รูปที่ 3.14	บล็อกเกจ.....	61
รูปที่ 3.15	การยึดจับเม็ดมีด ด้วยปากกาและบล็อกพลาสติก.....	62
รูปที่ 3.16	แสดงการสอบเทียบเครื่องไมโครสโคปด้วยบล็อกเกจ.....	63
รูปที่ 3.17	การวัดงานด้วยไมโครสโคปผ่านคอมพิวเตอร์.....	64
รูปที่ 3.18	ตัวอย่างการวัดระยะการสึกด้วยโปรแกรมจากกล้องไมโครสโคป.....	64
รูปที่ 3.19	ค่าปรับความลึกที่สัมพันธ์กับ ระยะสึกและมุมมีด ในรูปแบบพีทาโกรัส.....	65

รูปที่ 3.20	บริเวณความถี่ด้านข้างคมตัดของเม็ดมีด.....	66
รูปที่ 4.1	ความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะของการสึกหรอของเม็ดมีดกลึง และ ช่วงเวลาของอายุเม็ดมีดกลึงต่างๆ.....	71
รูปที่ 4.2	จุดสัมผัสระหว่างเม็ดมีดกลึงกับชิ้นงาน	72
รูปที่ 4.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง การปรับความลึกของเม็ดมีดกลึง และ ช่วงเวลาของอายุเม็ดมีดกลึงต่างๆ.....	75
รูปที่ 4.4	ค่าการปรับความลึกและช่วงเวลาของอายุเม็ดมีดกลึงต่างๆ จากการCurve fitting.....	76
รูปที่ 4.5	ขั้นตอนการปรับระยะลึกในระหว่างเครื่องซีเอ็นซี ทำงาน	78
รูปที่ 4.6	ขั้นตอนการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี แบบเดิม	80
รูปที่ 4.7	ขั้นตอนการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี แบบใหม่.....	81
รูปที่ 4.8	เปรียบเทียบค่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานสำเร็จระหว่างค่าจากการปรับของพนักงานและค่าที่ได้จากสมการ.....	86

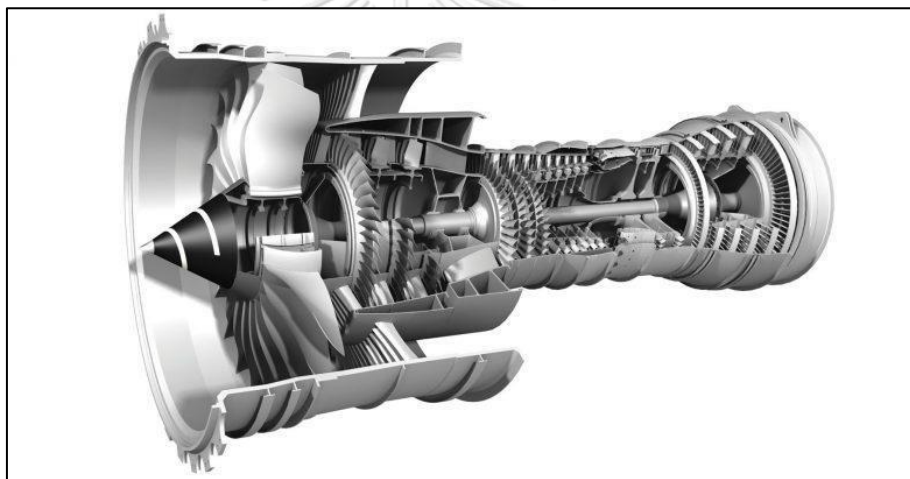
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

1.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องยนต์ของอากาศยาน

บริษัทในหัวข้อวิทยานิพนธ์เป็นบริษัทผลิตชิ้นส่วนอากาศยานในประเทศไทย หนึ่งในผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นชิ้นงานในงานวิทยานิพนธ์เป็นชิ้นส่วนของใบพัดซึ่งอยู่ในเครื่องยนต์ของเครื่องบินตามรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 เครื่องยนต์เครื่องบิน

ที่มา : <https://www.openpr.com/news/1963511/global-aeroengine-market-size-2020-by-key-players-ge-aviation>

ชิ้นส่วนใบพัดของเครื่องยนต์เครื่องบิน ประกอบอยู่ในส่วนต่างๆของเครื่องยนต์เครื่องบิน ซึ่งส่วนต่างๆของเครื่องบินที่มีใบพัดอยู่นั้น แบ่งเป็นทั้งหมด 3 ส่วนดังนี้

1. พัดลม (Fan)

พัดลมได้รับกำลังขับจากส่วนที่เป็นกังหันของเครื่องยนต์ อากาศบางส่วนถูกเร่งความเร็วโดยพัดลมให้ไม่ผ่าน หรือ บายพาส แกนของแก๊สเจเนอเรเตอร์และถูกพ่นออกผ่านหัวฉีด อากาศที่ไม่ผ่านนี้จะมีความเร็วที่ต่ำกว่า แต่มีมวลมากกว่า สร้างแรงผลักโดยพัดลมได้ประสิทธิภาพมากกว่าแรงผลักที่เกิดจากแกนเครื่องยนต์เทอร์โบแฟน

2. ชุดอัดอากาศ (Compressor section)

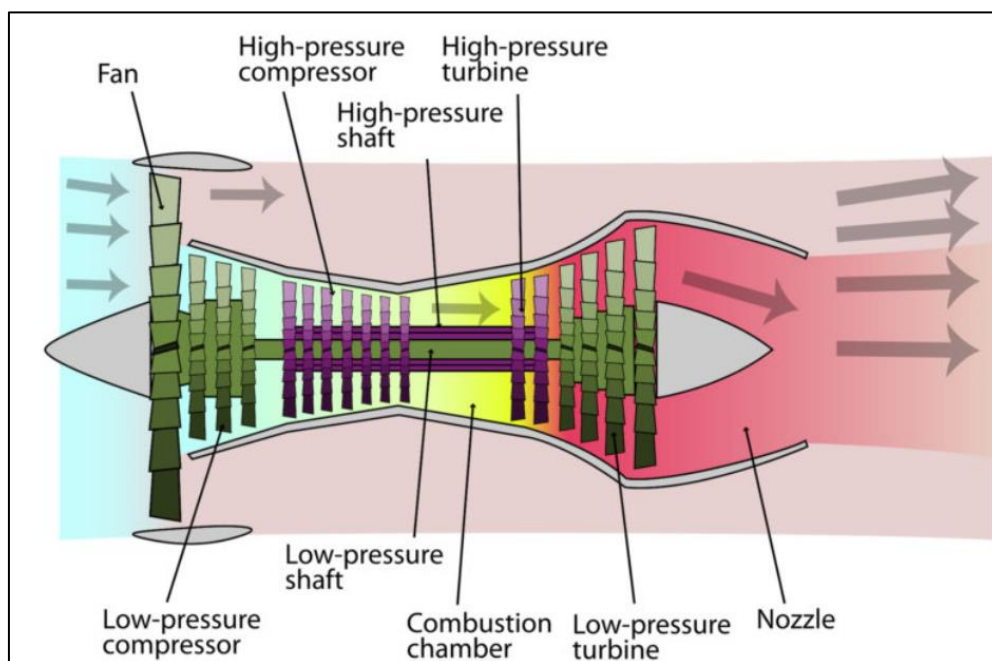
ถูกแบ่งออกเป็นสองระดับ ก็คือ ชุดอัดอากาศแรงดันต่ำ (Low-pressure compressor section) และชุดอัดอากาศแรงดันสูง (High-pressure compressor section) เครื่องยนต์ต้องอาศัยการอัดอากาศให้เกิดแรงดันสูง ตัวอัดอากาศจะอยู่ด้านหน้าของเครื่อง จะมีใบพัดของเครื่องยนต์ ลักษณะเป็นครีบริเรียงกันเป็นแถววงกลม และซ้อนกันหลายชุด เพื่อให้เกิดการอัดอากาศ และยิ่งอากาศไหลเข้าไปในตัวเครื่องเล็กเท่าใดก็จะมี ความดันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ใบพัดด้านหน้าจะเป็นชุดอัดอากาศแรงดันต่ำ อากาศที่ถูกดูดเข้ามาในเครื่องยนต์ จะมีความดันสูงกว่าอากาศด้านนอก จากนั้นอากาศก็จะไหลไปยังชุดอัดอากาศแรงดันสูงที่อยู่ติดกันทางด้านใน ทำให้สามารถเพิ่มความดันอากาศได้สูงกว่าชุดแรกและพร้อมที่จะไหลเข้าไปในห้องเผาไหม้เพื่อจุดระเบิด

3. ระบบเทอร์ไบน์ (Turbine section)

เมื่อแก๊สร้อนความดันสูงไหลออกมาจากห้องเผาไหม้ จะออกมาปะทะกับใบกังหันเทอร์ไบน์ ผลักดันให้กังหันเกิดการหมุนขึ้น เพลาของเครื่องอัดอากาศ และเพลาของเทอร์ไบน์เป็นเพลาเดียวกัน ดังนั้นหากว่าระบบอัดอากาศหมุน ระบบเทอร์ไบน์ก็หมุนตามไปด้วย และระบบเทอร์ไบน์หมุน ระบบอัดอากาศก็จะหมุนตามไปด้วยเช่นกัน โดยชุดเทอร์ไบน์แรงดันต่ำ (Low-pressure turbine section) จะต่อกับเพลาชุดอัดอากาศแรงดันต่ำ (Low-pressure compressor section) และชุดเทอร์ไบน์แรงดันสูง (High-pressure turbine section) จะต่อกับเพลาชุดอัดอากาศแรงดันสูง (High-pressure compressor section)

ซึ่งชิ้นส่วนใบพัดของเครื่องบินในวิทยานิพนธ์นี้เป็นชิ้นส่วนใบพัดที่อยู่ในส่วนของ High-pressure compressor ซึ่งตำแหน่งของส่วนต่างๆของเครื่องยนต์นั้นเป็นไปตามรูปที่



รูปที่ 1.2 – ส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์เครื่องบิน

ที่มา: Wikipedia image. Schematic diagram illustrating the operation of a 2-spool, high-bypass turbofan engine

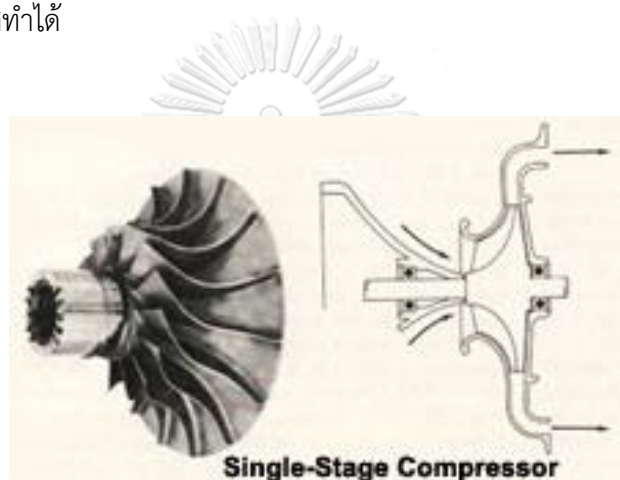
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยทั่วไปเครื่องบินพลเรือน และเครื่องบินทหารในปัจจุบัน ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์กังหันแก๊ส (Gas Turbine) เครื่องยนต์กังหันแก๊สจัดเป็นเครื่องยนต์แบบโรตารีที่สกัดพลังงานจากการไหลของแก๊สที่เผาไหม้ เครื่องยนต์นี้ประกอบด้วย ตัวอัดอากาศ (Compressor) ที่ต้นทาง เชื่อมต่อเข้ากับกังหัน (Turbine) ที่ปลายทาง โดยมีห้องเผาไหม้ (Combustion chamber) อยู่ระหว่างกลาง ในเครื่องยนต์ของอากาศยาน ส่วนประกอบหลักทั้งสามนี้มักถูกเรียกว่า ตัวผลิตแก๊ส เครื่องยนต์กังหันแก๊สมีหลากหลายรูปแบบ แต่พวกมันทั้งหมดใช้ระบบของตัวผลิตแก๊สแบบใดแบบหนึ่งทั้งสิ้น ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะของเครื่องยนต์ได้ดังนี้

แบ่งตามชนิดของตัวอัดอากาศได้ดังนี้

1. แบบอากาศไหลออกจากแรงเหวี่ยงจุดศูนย์กลาง (Centrifugal flow)

เครื่องยนต์แบบอากาศไหลออกจากแรงเหวี่ยงจุดศูนย์กลาง ทำการอัดอากาศโดยเพิ่มอัตราเร่งของอากาศ ออกจากศูนย์กลางตั้งฉากกับแกนตามยาว เครื่องยนต์แบบอากาศไหลออกจากแรงเหวี่ยงจุดศูนย์กลาง ยังแยกออกเป็นแบบขั้นตอนเดียว (Single-Stage) ตามรูปที่ 1.3 และแบบสองขั้นตอน (Two-Stage compressor) ตามรูปที่ 1.4 ซึ่งจะให้อัตราหรือค่าของแรงขับ (Thrust) อย่างข้อจำกัด อันเนื่องมาจากอัตราการอัดที่ตัวอัดอากาศทำได้

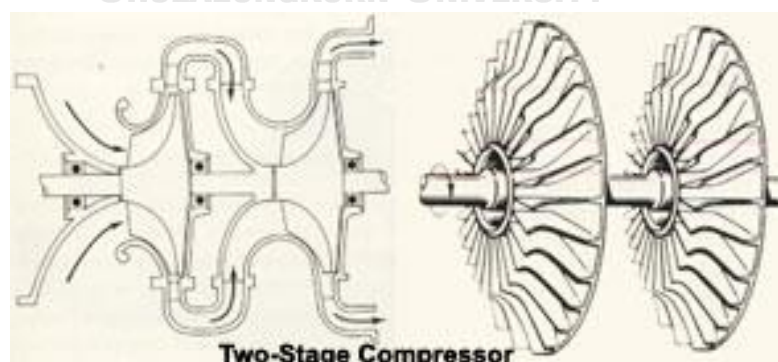


รูปที่ 1.3 ชุดอัดอากาศแบบขั้นตอนเดียว

ที่มา : https://www.thaitechnics.com/engine/engine_type_t.html

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 1.4 ชุดอัดอากาศแบบสองขั้นตอน

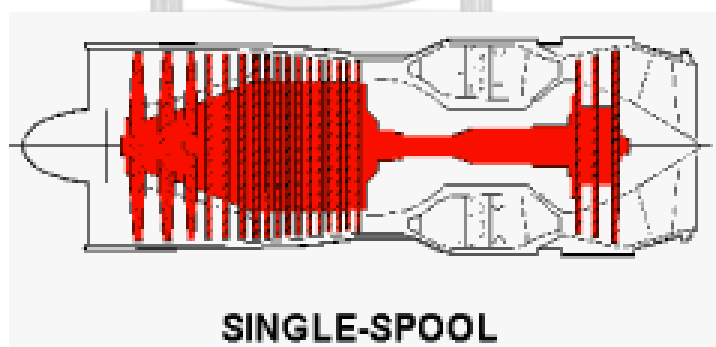
ที่มา : https://www.thaitechnics.com/engine/engine_type_t.html

2. แบบอากาศไหลผ่านแกนกลาง (Axial flow)

เครื่องยนต์แบบอากาศไหลผ่านแกนกลาง อาจจะประกอบไปด้วย ส่วนที่หมุนเป็นหนึ่ง (Single spool) ตามรูปที่ 1.5 สอง (Twin spools) ตามรูปที่ 1.6 หรือสาม (Triple spools) ตามรูปที่ 1.7 กลุ่ม (Spools) คือ ส่วนประกอบระหว่าง ชุดอัดอากาศ ชุดเทอร์ไบน์ และแกนเพลลา (Shaft) ที่เชื่อมต่อระหว่าง ชุดอัดอากาศ และชุดเทอร์ไบน์ ที่หมุนด้วยความเร็วเดียวกัน หรือหมุนด้วยกัน

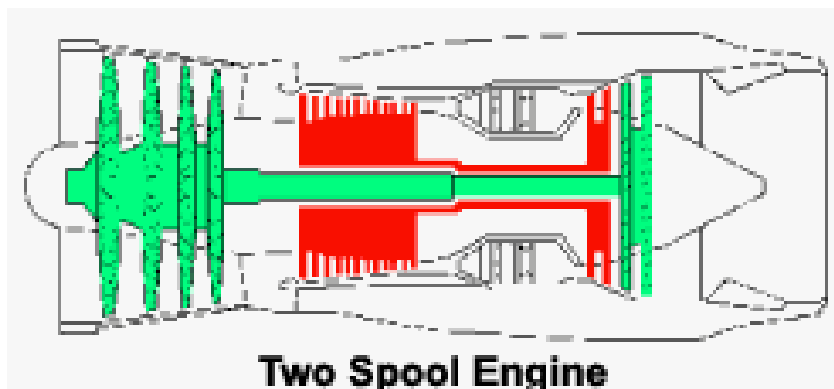
สองกรุปคือ มีส่วนที่หมุนอยู่สองส่วนแยกจากกัน แบ่งเป็นส่วนแรกชุดแรงดันต่ำ (Low pressure) คือ กังหันชุดท้ายสุด (Low pressure turbine) ซึ่งจะต่อกับ ส่วนหน้าสุดของชุดอัดอากาศ (Low pressure compressor) โดยแกนเพลลาร้อยอยู่ในรูของแกนเพลลาในส่วนที่สองชุดแรงดันสูง (High pressure) คือ ส่วนหน้าสุดของกังหัน (High pressure turbine) ซึ่งจะต่อกับ ชุดอัดอากาศชุดสุดท้าย (High pressure compressor)

ส่วนสามกรุปจะเพิ่มในส่วนของชุดแรงดันกลาง (Intermediate pressure) คือ ส่วนกลางของกังหัน (Intermediate pressure turbine) ซึ่งจะต่อกับ ส่วนกลางของชุดอัดอากาศ (Intermediate pressure compressor)



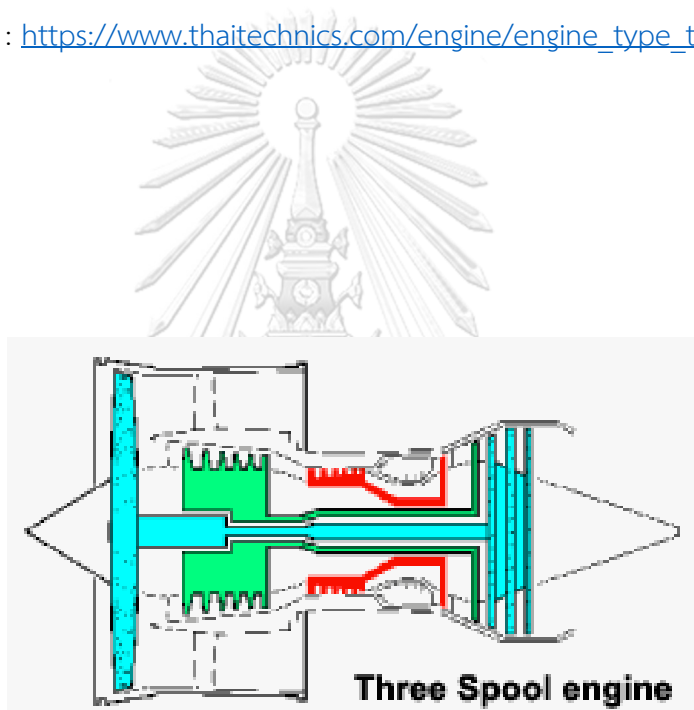
รูปที่ 1.5 เครื่องยนต์หนึ่งกรุป (Single spool)

ที่มา : https://www.thaitechnics.com/engine/engine_type_t.html



รูปที่ 1.6 เครื่องยนต์หนึ่งกรุป (Single spool)

ที่มา : https://www.thaitechnics.com/engine/engine_type_t.html



รูปที่ 1.7 เครื่องยนต์หนึ่งกรุป (Single spool)

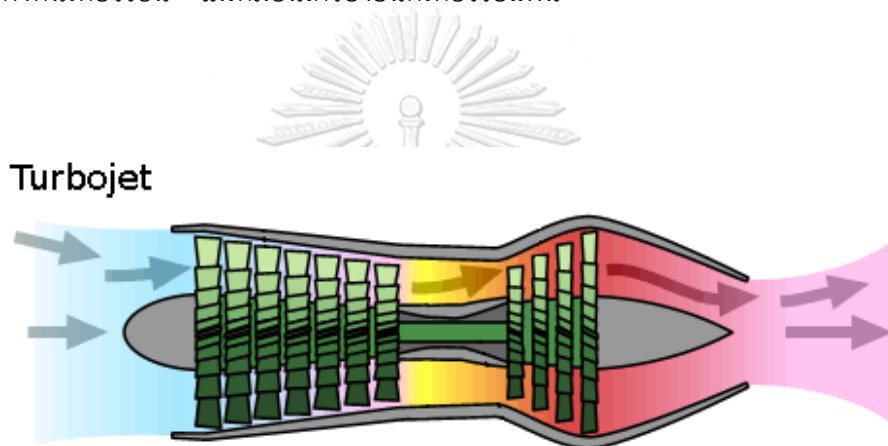
ที่มา : https://www.thaitechnics.com/engine/engine_type_t.html

แบ่งตามกำลังที่ได้ และการนำเอาไปใช้ได้ดังนี้

1. เครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ท (Turbojet engines)

เครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ทตามรูปที่ 1.8 จัดเป็นเครื่องยนต์แบบกังหันแก๊ส ที่ทำงานตามขั้นตอนดังนี้ อัดอากาศเข้าช่องนำอากาศเข้า (Inlet) ตัวอัดอากาศทำการอัดอากาศ

ตามแนวแกน (Axial compression) หรืออัดอากาศตามแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal compression) หรือทั้งสองแบบ ทำการผสมเชื้อเพลิงเข้ากับอากาศที่ถูกบีบอัดแล้วนั้น เเผาไหม้ส่วนผสมนั้นในห้องเผาไหม้ จากนั้นก็ส่งแก๊สร้อนที่ถูกบีบอัดผ่านกังหันและหัวฉีด (Nozzle) แล้วพ่นแก๊สออกมาด้านหลัง เท่ากับว่ากังหันจะสกัดพลังงานจากแก๊สขยายตัวที่ไหลผ่านตัวมัน ส่งพลังงานนั้นให้กับชุดอัดอากาศ เป็นการแปลงพลังงานภายในของเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานจลน์ในแก๊สที่ปล่อยออกมา เป็นการสร้างแรงผลัก อากาศทั้งหมดที่เข้าทางช่องนำอากาศเข้า ถูกส่งผ่านเข้าไปยัง ชุดอัดอากาศ ผ่านห้องเผาไหม้ และกังหันเทอร์ไบน์ ไม่เหมือนเครื่องยนต์เทอร์โบแฟน



รูปที่ 1.8 เครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ท (Turbojet engines)
ที่มา : <https://th.wikipedia.org/wiki/เครื่องยนต์ไอพ่น>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. เครื่องยนต์เทอร์โบแฟน (Turbofan engines)

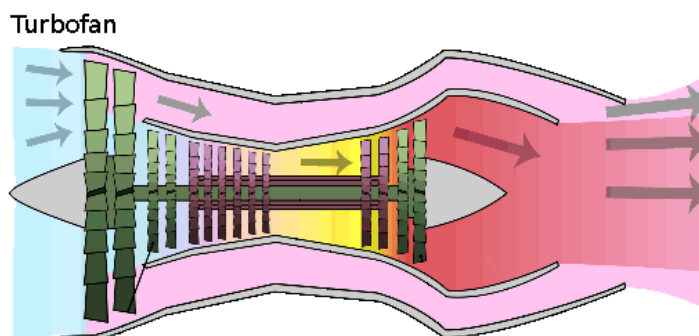
เครื่องยนต์เทอร์โบแฟนตามรูปที่ 1.9 จัดเป็นเครื่องยนต์กังหันแก๊สที่มีความคล้ายกันกับเครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ท เนื่องจากมันใช้แกนของแก๊สเจเนอเรเตอร์ ได้แก่ ชุดอัดอากาศ ห้องเผาไหม้ และกังหันเทอร์ไบน์ ในการเปลี่ยนรูปพลังงานจากเชื้อเพลิงเป็นพลังงานจลน์ในไอเสียที่พ่นที่ออกจากท้ายเครื่อง สิ่งที่ทำให้เครื่องยนต์เทอร์โบแฟนแตกต่างจากเทอร์โบเจ็ท คือมันติดตั้งชิ้นส่วนเพิ่มเติม นั่นคือ ใบพัด (Fan) ที่อยู่ข้างหน้าเครื่องยนต์ และมีโครงสร้างหุ้มอยู่ เรียกว่าตัวครอบใบพัด (Fan duct) เช่นเดียวกับใบพัดของชุดอัดอากาศ ใบพัดได้รับกำลังขับเคลื่อนจากส่วนที่เป็นกังหันของเครื่องยนต์ ไม่เหมือนกับ เทอร์โบเจ็ท อากาศบางส่วนถูกเร่งความเร็วโดยใบพัดให้ ไม่ผ่าน (Bypass)

แกนของแก๊สเจนเนอเรเตอร์และถูกพ่นออกผ่านหัวฉีด อากาศที่ไม่ผ่านนี้จะมีความเร็วที่ต่ำกว่า แต่มีมวลมากกว่า สร้างแรงผลักโดยพัดลมได้ประสิทธิภาพมากกว่าแรงผลักที่เกิดจากแกน เทอร์โบแฟน โดยทั่วไปมีประสิทธิภาพมากกว่าเทอร์โบเจ็ทที่ความเร็วต่ำกว่าเสียง แต่มีพื้นที่ด้านหน้าใหญ่กว่าทำให้เกิดแรงต้านมากกว่า พลังงานหรือแรงผลักโดยประมาณมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ มาจากมวลของอากาศจากใบพัด และน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ มาจากกระแสลมร้อนที่เป่าออกมา (Exhaust Gas)

เครื่องยนต์เทอร์โบแฟนนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทโดยทั่วไปคือแบบไม่ผ่านชนิดต่ำ (Low bypass) และแบบไม่ผ่านชนิดสูง (High bypass) แบบไม่ผ่านชนิดต่ำจะมีอัตราส่วนการไม่ผ่าน ประมาณ 2 ต่อ 1 หรือน้อยกว่า นั่นหมายความว่าแต่ละ 3 กิโลกรัมของอากาศที่ไหลเข้าแกนของเครื่อง (Core engine) จะมีอากาศประมาณ 2 กิโลกรัมหรือน้อยกว่าไม่ไหลผ่าน หรือ bypass แกนของเครื่อง

1. เครื่องยนต์เทอร์โบแฟนแบบไม่ผ่านชนิดต่ำ นั้นมักจะใช้ท่อเป่าอากาศร้อนแบบผสม (Mixed exhaust nozzle) นั่นหมายความว่า อากาศที่ผ่านแกนเครื่องและไม่ผ่านแกนเครื่องทั้งสองส่วนจะต้องผ่านหัวฉีดตัวเดียวกันเป็นไอพ่นออกจากท้ายเครื่องยนต์

2. เครื่องยนต์เทอร์โบแฟนแบบไม่ผ่านชนิดสูง นั้นจะมีอัตราส่วนการไม่ผ่าน ที่สูงกว่า บางครั้งอาจอยู่ที่ระดับ 5 ต่อ 1 หรือ 6 ต่อ 1 เครื่องยนต์ประเภทนี้สามารถสร้างแรงขับได้มากกว่าเครื่องแบบไม่ผ่านชนิดต่ำ หรือเทอร์โบเจ็ท เนื่องจากอากาศมีมวลปริมาณมหาศาลเกินกว่าใบพัดจะสามารถเร่งได้ และโดยทั่วไป เครื่องยนต์แบบไม่ผ่านชนิดสูงจะมีประสิทธิภาพด้านการใช้เชื้อเพลิงดีกว่าด้วย

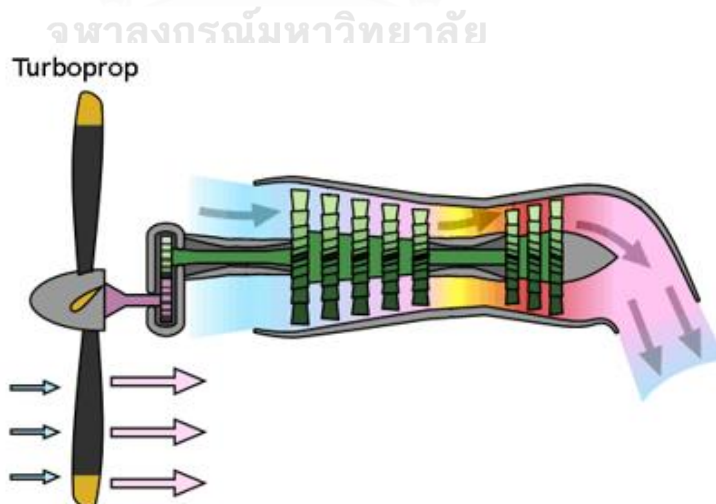


รูปที่ 1.9 เครื่องยนต์เทอร์โบแฟน (Turbofan engines)

ที่มา : <https://th.wikipedia.org/wiki/เครื่องยนต์ไอพ่น>

3. เครื่องยนต์เทอร์โบพร็อพ (Turboprop engines)

เครื่องยนต์เทอร์โบพร็อพ ตามรูปที่ 1.10 ให้แรงขับด้วยการ เปลี่ยนพลังงานจาก กระแสมวลของแก๊ส ไปเป็นกำลัง หรือ พลังงานกล เพื่อที่จะเอาไปหมุนอุปกรณ์ หรือ หมุนชุดอัดอากาศ และใบพัดเครื่องบิน เพลลาของกังหันเทอร์โบจะยึดติดกับใบพัด โดยผ่านระบบเฟืองทดรอบ ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ของแรงผลักทั้งหมดมาจากใบพัด และเพียงไม่ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ที่มาจากกระแสมวลของแก๊สร้อน หรือ ลมเป่าของท่อไอเสีย

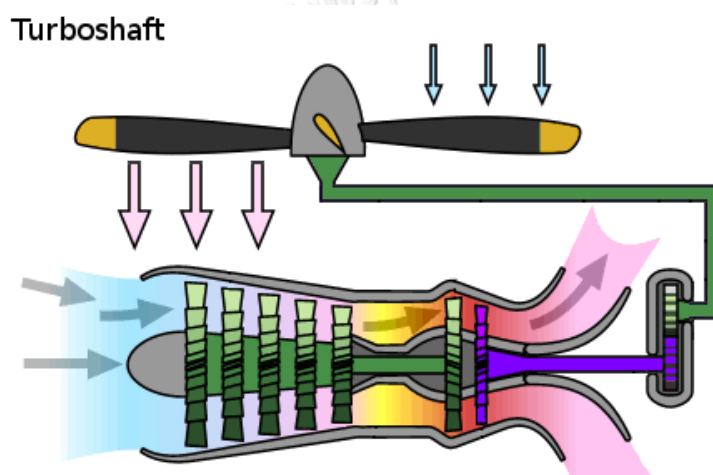


รูปที่ 1.10 เครื่องยนต์เทอร์โบพร็อพ (Turboprop engines)

ที่มา : <https://th.wikipedia.org/wiki/เครื่องยนต์ไอพ่น>

4. เครื่องยนต์เทอร์โบชาฟต์ (Turboshaft engines)

เครื่องยนต์เทอร์โบชาฟต์ ตามรูปที่ 1.11 ให้แรงขับด้วยการ เปลี่ยนพลังงาน จากกระแสมวลของแก๊ส ไปเป็นกำลัง หรือ พลังงานกล เพื่อที่จะนำไปหมุนอุปกรณ์ หรือหมุนชุดอัดอากาศ เหมือนกับเครื่องยนต์เทอร์โบพร็อพ แต่เพลลาของกังหันเทอร์โบไนน์ จะไปใช้งานกับ อย่างอื่น ที่ไม่ใช่ใบพัดของเครื่องบิน เช่น นำไปขับเพลลาหมุน (Rotor shaft) ของเฮลิคอปเตอร์ โดยต่อผ่านระบบเฟืองทดรอบก่อน เป็นต้น



รูปที่ 1.11 เครื่องยนต์เทอร์โบชาฟต์ (Turboshaft engines)

ที่มา: <https://th.wikipedia.org/wiki/เครื่องยนต์ไอพ่น>

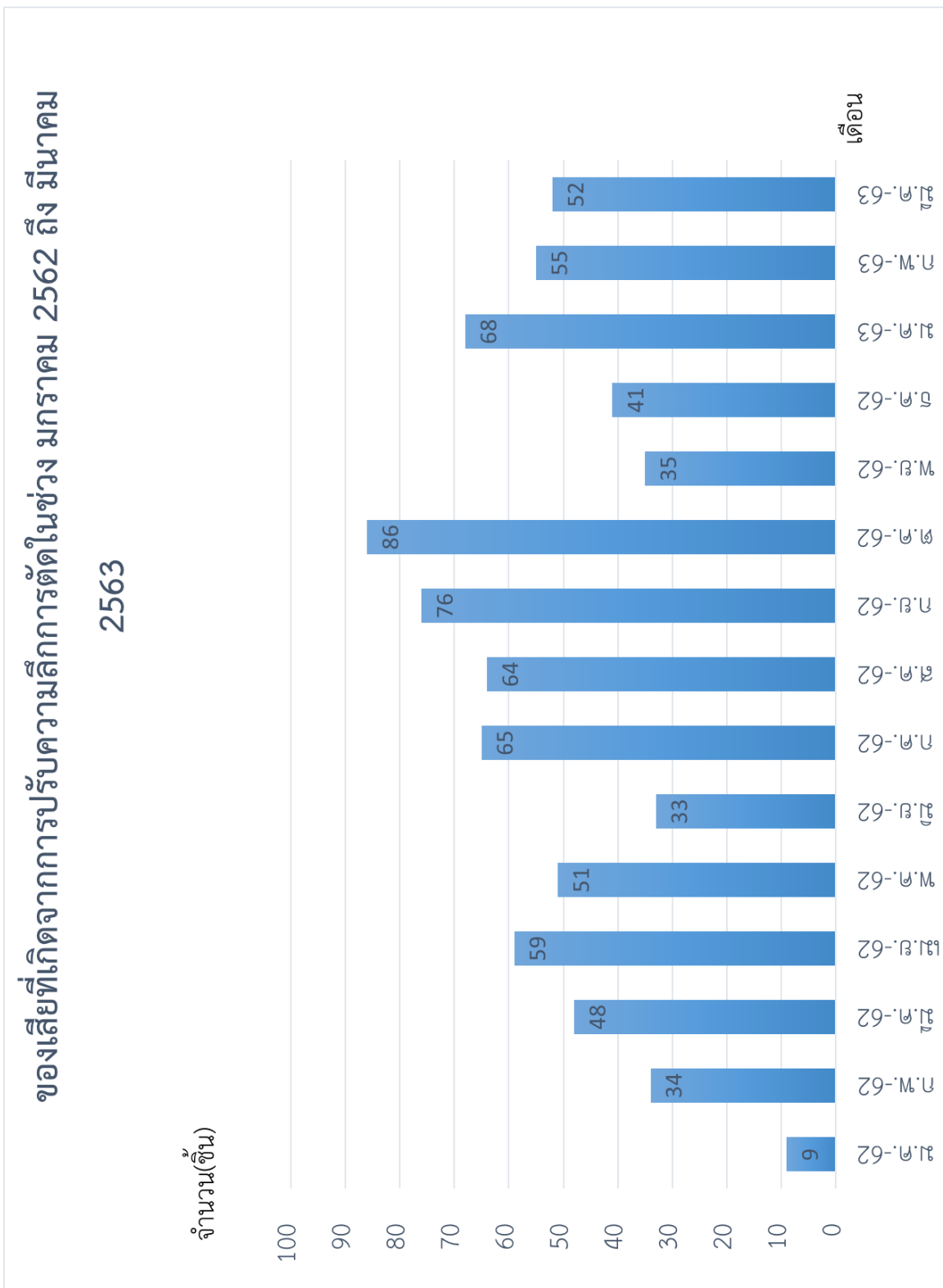
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.1.2 ที่มาของงานวิจัย

ในการผลิตชิ้นส่วนใบพัดนี้ต้องผ่านหลายกระบวนการด้วยกันจึงทำให้ได้ชิ้นงานที่ สมบูรณ์ และสามารถส่งขายให้ลูกค้าได้ ซึ่งหนึ่งในขั้นตอนของการผลิต คือ การกลึง ชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี(Computer Numerical Control) ให้ได้ตามแบบงานของ ลูกค้า ซึ่งในการวัดชิ้นงานที่เป็นผิวสำเร็จแล้วนั้นจะใช้เครื่องซีเอ็มเอ็ม(Coordinate Measuring Machine) ในการวัดขนาดของชิ้นงาน

ในการกลึงชิ้นงานให้ได้ขนาดนั้นประกอบด้วยหลายขั้นตอนด้วยกัน แต่หนึ่งในขั้นตอนที่ทำให้เกิดของเสียจำนวนมาก คือ การปรับความลึกการตัด โดยจำนวนของเสียที่เกิดจากการปรับความลึกการตัดในช่วง มกราคม 2562 ถึง มีนาคม 2563 มีจำนวนตามรูปที่ 1.12





รูปที่ 1.12 ของเสียที่เกิดจากการปรับความลึกการตัดในช่วง มกราคม 2562 ถึง มีนาคม 2563

จากรูปที่ 1.12 จะเห็นว่าค่าของของเสียที่เกิดการปรับความลึกที่ดูเหมือนจะมีแนวโน้มว่าจะลดลง ในเดือนมิถุนายน 2562 เดือนพฤษภาคม 2562 และเดือนธันวาคม 2562 แต่กลับมีค่าเพิ่มขึ้นในเดือนกรกฎาคม 2562 และเดือนมกราคม 2563 ตามลำดับ ทั้งนี้ เป็นเพราะปัญหาของเสียที่เกิดจากการปรับลึกในการตั้นไม่เคยได้รับการแก้ปัญหาอย่างจริงจัง ทำให้พบว่าความเป็นจริงแล้วของเสียที่เกิดจากปัญหานี้ไม่ได้ถูกลดลงจริงๆ ดังนั้นจึงเป็นที่มาในการเลือกปัญหานี้มาแก้ไข เพราะหากปัญหานี้ไม่ได้รับการแก้ไขก็จะทำให้เกิดของเสียจากกระบวนการนี้ไปเรื่อยๆ

1.1.3 ความสำคัญของการปรับความลึกการตัดในการลดอัตราการเปลี่ยนมีดกลึง

มีดกลึงที่ใช้งานกับเครื่องซีเอ็นซีนั้นมีอายุการใช้งานซึ่งได้มาจากการทดลองของแผนกวิศวกรรม จึงทำให้สามารถใช้งานมีดกลึง 1 มีดกลึงได้ต่อเนื่องหลายชิ้นงาน แต่จะต้องทำการปรับความลึกการตัดช่วยในการกลึงงานให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ถูกต้อง ซึ่งในการใช้งานในสถานการณ์จริงในโรงงานพบว่าพนักงานจะทำงานง่ายขึ้นหากใช้งานมีดกลึง 1 ชิ้นต่อชิ้นงาน 1 ชิ้น เพราะพนักงานจะไม่ต้องปรับความลึกเมื่อตัดงานในแต่ละชิ้น แต่การใช้มีดกลึงเพียงครั้งเดียวแล้วทั้งนั้นจะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นมหาศาล โดยตารางที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของเม็ดมีดกลึงในงานวิจัยชื่อ VCMT160404 AH8015 (1 เม็ดมีดกลึงมีคมตัดสามารถใช้งานได้ 2 ด้าน) เมื่อใช้งาน 1 ครั้งต่อ 1 ด้านคมมีดหรือใช้กลึงชิ้นงาน 2 ชิ้นแล้วทั้งกับใช้มีดกลึงจนครบอายุการใช้งาน ซึ่งเม็ดมีดกลึงนี้เมื่อครบอายุมีดกลึงสามารถกลึงชิ้นงานได้ทั้งหมด 16 ชิ้น ซึ่งเม็ดมีดกลึง VCMT160404 AH8015 มีราคา 198 บาทต่อเม็ด จะเห็นได้ว่าการใช้เม็ดมีดกลึงจนครบอายุการใช้งาน สามารถประหยัดเงินได้ถึง 16,458,750.00 บาทต่อปีโดยอ้างอิงจำนวนชิ้นงานที่ผลิตในปี 2562

ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการใช้มีดกลึง 1 ครั้งแล้วทั้งกับการใช้มีดกลึงจนครบอายุการใช้งาน

ค่าใช้จ่าย ในกรณีใช้มีดกลึง 1 ครั้ง แล้วทิ้ง (บาท)	ค่าใช้จ่าย ในกรณีใช้มีดกลึง โดยปรับความลึกมีดกลึงจนครบอายุมีด (บาท)
ค่าใช้จ่ายมีดกลึง ต่อ ชิ้นงาน 1 ชิ้น $198 \div 2$ $= 99$ บาท	ค่าใช้จ่ายมีดกลึง ของ จำนวน ชิ้นงานตลอดทั้งปี 2562 (190,000 ชิ้น)
$99 \times 190,000$ $= 18,810,000$ บาท	$12.375 \times 190,000$ $= 2,351,250$ บาท
$198 \div 16$ $= 12.375$ บาท ประหยัดเงินได้	$198 \div 16$ $= 12.375$ บาท
	$16,458,750$ บาท

1.2 วัตถุประสงค์ในงานวิจัย

เพื่อศึกษาขนาดการสึกของเม็ดมีดกลึงในช่วงอายุต่างๆ และนำข้อมูลดังกล่าวมาหาสมการการปรับลึกการตัดเม็ดมีดในการใช้งานการผลิต

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ใช้ชิ้นงาน A ในการทดลองตัดซึ่งเป็นวัสดุอินโคเนล 718
2. ใช้เม็ดมีดกลึงคาร์ไบด์ชื่อ VCMT160404 AH8015 (ชื่อสินค้าของผู้ผลิต) ของยี่ห้อ Tungaloy ซึ่งทำมาจากวัสดุคาร์ไบด์และเคลือบผิว (Coating) ด้วย ALTiN ในการทดลองตัด
3. ใช้เครื่องกลึงซีเอ็นซีเลขซีเรียล 1 และพนักงานประจำเครื่องในการกลึงชิ้นงาน

1.4 ผลที่ได้รับ

สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานเม็ดมีดกับการสึกหรอของเม็ดมีดหมายเลข VCMT160404 AH8015 และสามารถสร้างสมการเพื่อใช้หาค่าการปรับความลึกการตัดได้

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

สามารถนำค่าความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของเม็ดมีดและอายุเม็ดมีดไปหาค่าในการปรับความลึกการตัดชิ้นงานวัสดุอินโคเนล 718 ในขณะที่ผลิตและสามารถนำองค์ความรู้จากการวิจัยไปใช้ในการปรับความลึกการตัดในเครื่องกลึงแบบอัตโนมัติ

1.6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหางานเสียจากการปรับความลึกการตัด
2. ศึกษาสิ่งที่ส่งผลต่อการปรับความลึกการตัด
3. ศึกษาความสัมพันธ์การสึกของเม็ดมีดและอายุการใช้งานเม็ดมีด
4. ออกแบบการเก็บข้อมูลการสึกของเม็ดมีด
5. เก็บข้อมูลการสึกของเม็ดมีดในช่วงอายุของเม็ดมีดต่างๆ

6. ประยุกต์ข้อมูลที่ได้ในการปรับความลึกการตัด
7. วิเคราะห์ข้อมูล
8. สรุปผลการดำเนินการวิจัยและข้อเสนอแนะ
9. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์



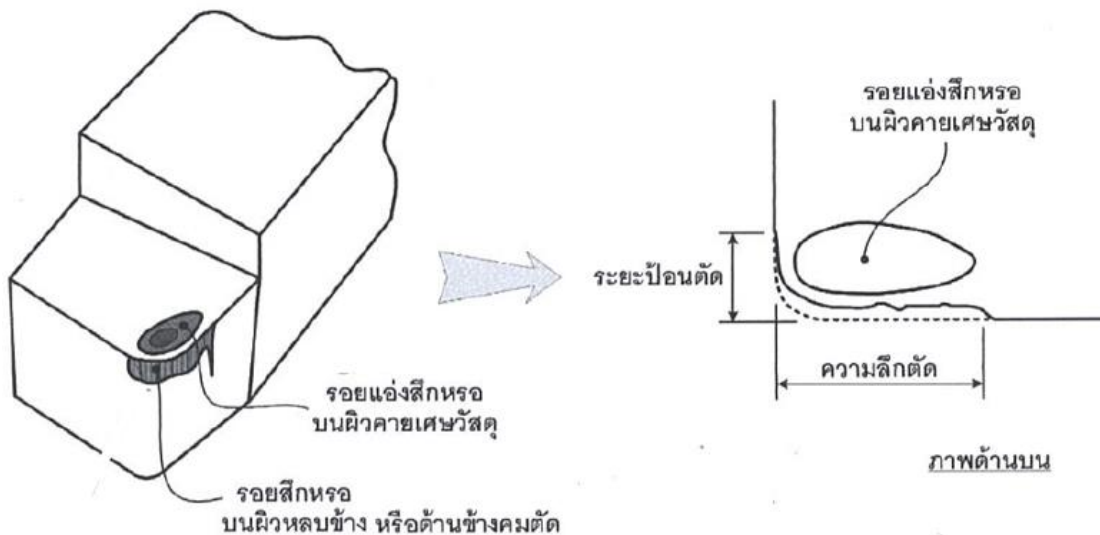
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

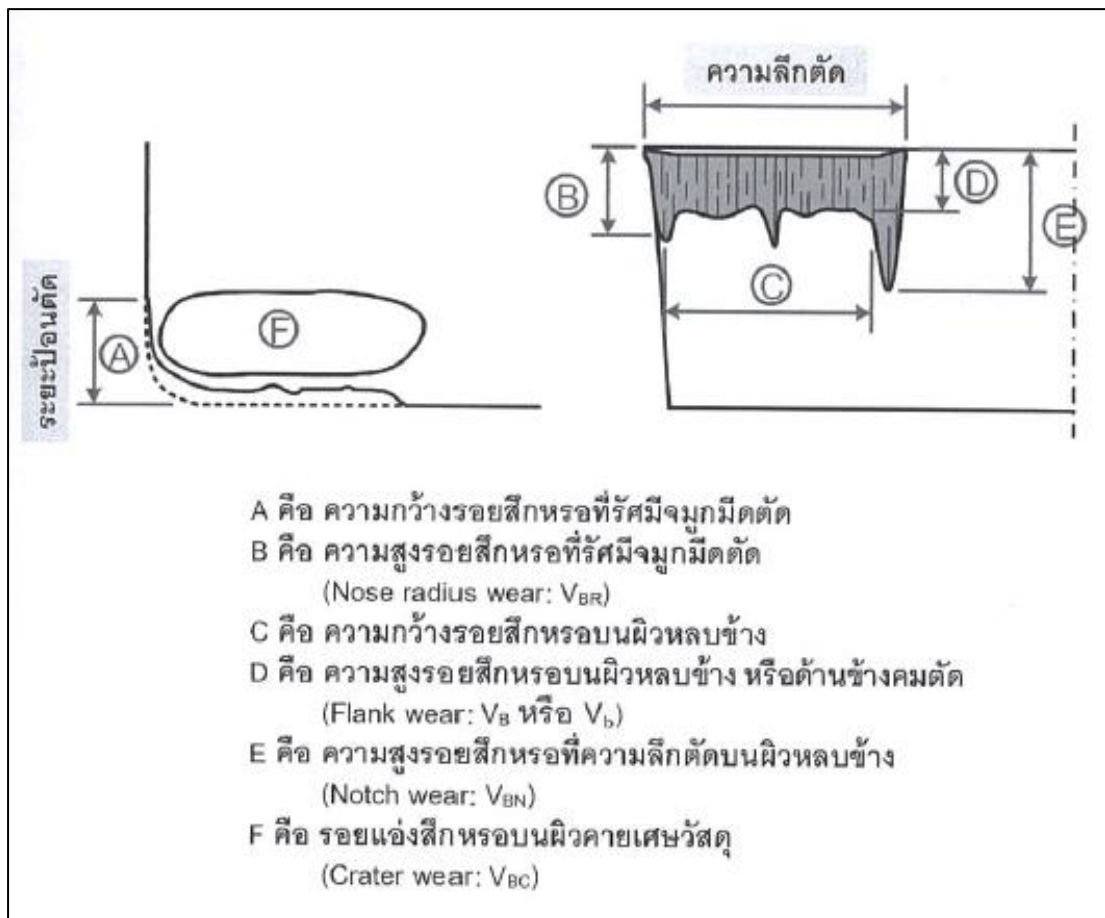
2.1.1 การสึกหรอของมีดตัด[1]

การสึกหรอของมีดตัด (Tool Wear) ในกระบวนการตัดจะมีตำแหน่งและรูปแบบการสึกหรอเกิดขึ้นที่ด้านบนของผิวคายเศษวัสดุ (Crater Wear) โดยจะมีลักษณะเป็นรอยแอ่งสึกหรอและด้านผิวหลบข้างคมตัด (Flank Wear) ซึ่งมีลักษณะเป็นรอยสึกหรอสูงในทิศเดียวกันกับความเร็วตัดและกว้างเท่ากับความลึกในการตัด ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งแสดงตำแหน่งและลักษณะการสึกหรอที่เกิดขึ้นบนมีดตัด



รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งและลักษณะของการสึกหรอบนมีดตัด

ในการวัดขนาดสึกหรอบนผิวคายเศษวัสดุจะวัดความลึกของรอยแอ่งสึกหรอ (V_{BC}) ในขณะที่ขนาดสึกหรอผิวหลบข้างจะวัดที่ความสูงรอยสึกหรอบนผิวหลบข้าง (V_B หรือ V_b) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการวัดรอยสึกหรือบนมีดตัดที่ตำแหน่งต่างๆ

จากรูปที่ 2.2 พบการสึกที่มีลักษณะขีดยาวลึกตรงตำแหน่งความลึกในการตัดบนผิวหลบข้าง (Notch Wear) ซึ่งเกิดขึ้นบริเวณปลายสุดของความลึกในการตัด ซึ่งวัดขนาดสึกหรือได้ด้วย ความสูงรอยสึกหรือที่ความลึกในการตัดบนผิวหลบข้าง (V_{BN}) และสุดท้ายการสึกหรือที่รัศมีจุมุมมีดตัด (V_{BR})

จากรูปแบบการสึกหรือทั้ง 4 ข้างต้น ความสูงของรอยสึกหรือบนผิวหลบข้างหรือด้านข้างคมตัด (V_B หรือ V_b) จะนิยมนำมาใช้ในการกำหนดอายุของมีดตัดมากที่สุด เนื่องจากสามารถวัดความสูงได้ง่ายกว่าเมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่น เช่น รอยแอ่งสึกบนผิวคายเศษวัสดุซึ่งมีความลึกมากเท่ากันทุกจุดบนผิวคายเศษวัสดุและให้ค่าที่แม่นยำจากการวัดขนาดการสึกหรือบนผิวหลบข้างมากกว่าตำแหน่งการสึกหรือที่รัศมีจุมุมมีดตัดและความลึกในการตัดผิวหลบข้าง

โดยปกติแล้วอัตราการสึกหรอของมีดตัดจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการตัดเป็นหลัก ดังนั้นในการควบคุมอัตราการสึกหรอไม่ให้สูงจะต้องทำการลดอุณหภูมิในการตัดซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างที่สามารถช่วยลดอุณหภูมิในการตัดได้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. การใช้มีดตัดที่มีรูปทรงเรขาคณิตที่เหมาะสม

ตัวอย่างเช่น การใช้มีดตัดที่มีมุมคายเศษวัสดุบวกเพื่อช่วยในการไหลออกของเศษโลหะ ทำให้ความร้อนไม่สะสมบนมีดตัด อุณหภูมิในการตัดจึงลดลงทำให้อัตราการสึกหรอต่ำลง และแรงตัดก็น้อยด้วยเช่นกัน

2. การเพิ่มอัตราการป้อนตัด

สำหรับการเพิ่มอัตราการป้อนตัดแทนการเพิ่มความเร็วตัดเนื่องจากความเร็วตัดจะส่งผลให้อุณหภูมิในการตัดเพิ่มสูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับอัตราการป้อนตัด

3. การใช้สารหล่อเย็น(Cutting Fluid)

ช่วยในการดูดซับความร้อนออกจากพื้นที่ตัดและช่วยลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะตัด ทำให้อุณหภูมิในการตัดลดลง

4. การเลือกวัสดุมีดตัดให้เหมาะสมกับวัสดุชิ้นงานที่ตัด

เพื่อลดอัตราการสึกเนื่องจากความร้อนในขณะตัดที่ต่างกันจากชิ้นงานต่างชนิดกัน ทำให้มีดตัดเกิดการสึกหรอไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงควรจะต้องพิจารณาก่อนทุกครั้งว่าวัสดุชิ้นงานที่ตัดนั้นเป็นชนิดใด เพื่อช่วยลดอัตราการสึกหรอรวมทั้งยังช่วยลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างมีดตัดกับชิ้นงานได้อีกด้วย

5. การลดพื้นที่สัมผัสกับชิ้นงาน

เพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นบนผิวคายเศษวัสดุและผิวหน้ามุมหลบ ซึ่งทำให้แรงตัดที่เกิดขึ้นลดลง รวมทั้งยังช่วยลดความร้อนที่เกิดจากการสัมผัสกันระหว่างเศษโลหะกับผิวคายเศษวัสดุและชิ้นงานกับผิวหน้ามุมหลบ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะตัดทำให้มีดตัดเกิดความอ่อนตัวและนำสู่การสึกหรอได้ง่าย ส่งผลทำให้แรงตัดเกิดขึ้นสูงและผิวชิ้นงานที่ได้ก็จะไม่ดี โอกาสเกิดการสั่นสะเทือนสูง อาจส่งผลให้มีดตัดแตกหัก (Chipping หรือ Breakage) ได้อีกด้วย

2.1.1.1 อายุมีดตัด(Tool life)

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นกลไกของการสึกหรอส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของขนาดการสึกหรอบนมีดตัด ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างการสึกหรอของการตัดกับเวลาในการตัดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 โดยทั่วไปจะนิยมแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสึกหรอที่เกิดขึ้นบนผิวหลบหรือด้านข้างคมตัดกับเวลาในการตัด เนื่องจากสามารถวัดขนาดการสึกหรอได้ง่ายกว่า แต่อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์นี้ยังสามารถใช้ได้กับการสึกหรอแบบแอ่งบนผิวคายเศษวัสดุได้ด้วย

จากรูปที่ 2.3 พบว่าขนาดการสึกหรอบนผิวหลบของมีดตัดกับเวลาที่ใช้ในการตัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนดังนี้

1. การสึกหรอช่วงแรก (Initial Wear)

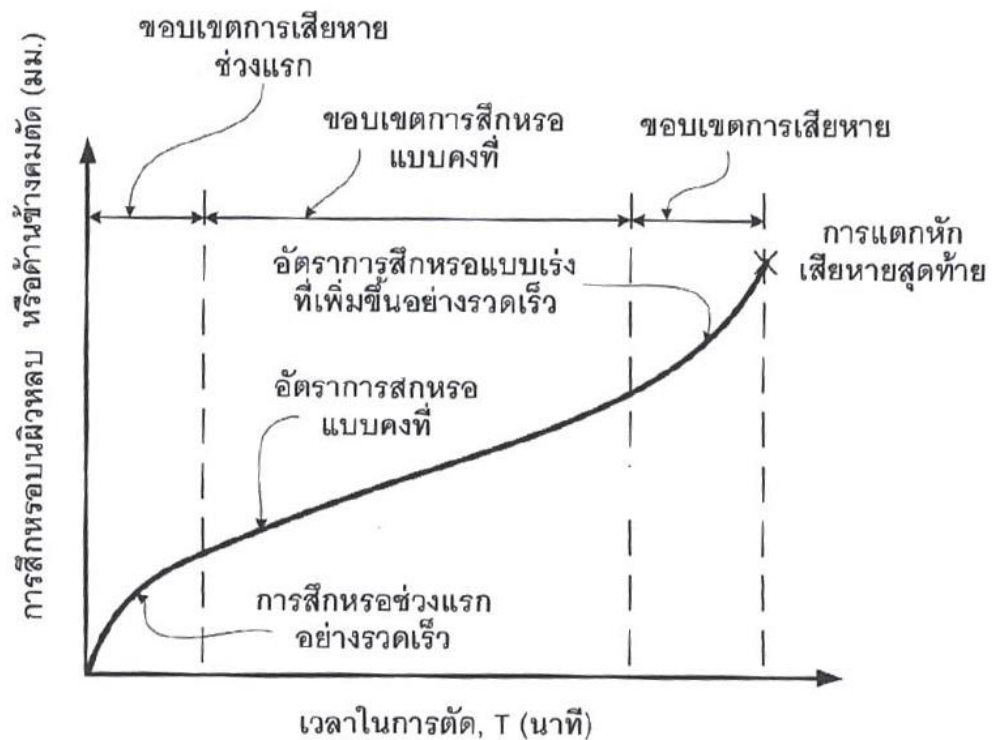
คมตัดจะสึกหรออย่างรวดเร็วเพราะรัศมีคมตัดจะมีขนาดเล็กและมีลักษณะเป็นสันแหลม ซึ่งง่ายต่อการสึกหรออย่างมาก หลังจากผ่านการสึกหรอในช่วงนี้ อัตราการสึกหรอจะเข้าสู่ช่วงการสึกหรอแบบคงที่หรืออัตราการสึกหรอคงที่เมื่อเทียบกับเวลาในการตัด

2. การสึกหรอแบบคงที่หรืออัตราการสึกหรอคงที่ (Steady State Wear)

ซึ่งเป็นการสึกหรอแบบปกติจนเมื่อการสึกหรอนี้เพิ่มขึ้นถึงระยะที่ 3 คือการสึกหรอแบบเร่ง

3. การสึกหรอแบบเร่ง (Accelerating Wear)

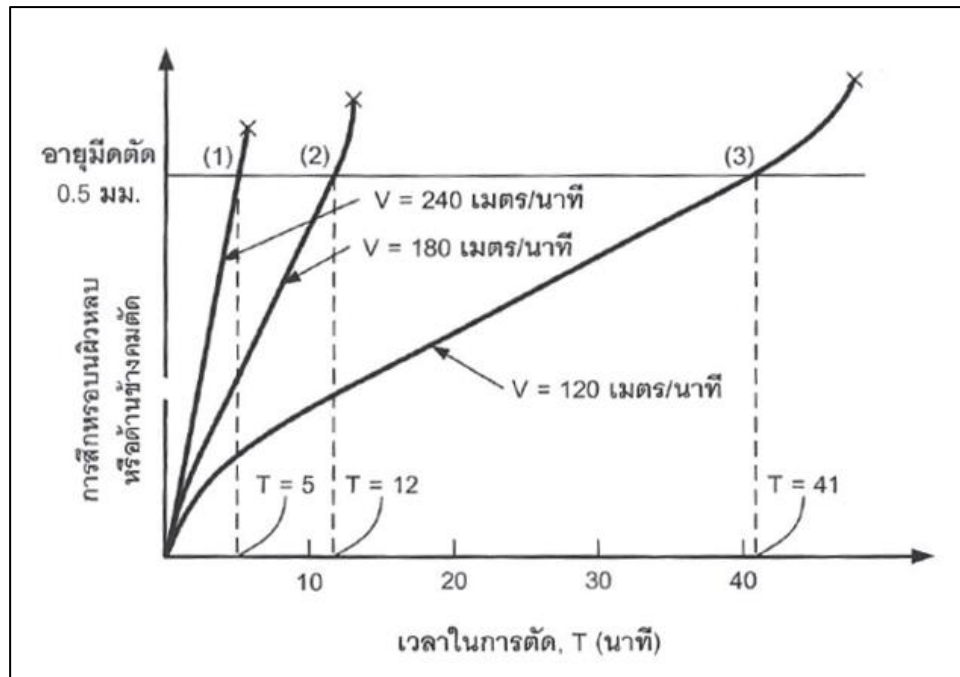
ความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะตัดสูงมากขึ้นและอุณหภูมิสูงมากขึ้นนี้เอง เป็นสาเหตุให้เกิดอัตรา การสึกหรอที่สูงขึ้นมาก และมีดตัดมีโอกาสเกิดการแตกหักเสียหายได้ รวมทั้งแรงตัดที่เกิดขึ้น ในช่วงนี้จะสูงมากเช่นกัน ทำให้ผิวชิ้นงานที่ได้ไม่เรียบ และมีโอกาสเกิด chatter ได้อีกด้วย



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการสึกหรอบนผิวหุลบหรือด้านข้างคมตัดกับเวลาในการตัด

ความชันของอัตราการสึกหรอในช่วงที่ 2 จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุชิ้นงานและเงื่อนไขการตัด โดยวัสดุชิ้นงานที่มีความแข็งสูงจะให้อัตราการสึกหรอของมีดตัดสูงกว่าวัสดุชิ้นงานที่มีความแข็งแรงน้อยกว่า และในทำนองเดียวกันความเร็วตัด อัตราการป้อนตัด และความลึกในการตัดที่เพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้อัตราการสึกหรอสูงขึ้นเช่นกัน โดยความเร็วตัดก็จะส่งผลต่ออัตราการสึกหรอสูงขึ้นเช่นกัน และถ้านำความสัมพันธ์ของอัตราการสึกหรอกับเวลาการตัดมาเปรียบเทียบกับระหว่างอัตราความเร็วตัดที่ต่างกัน จะได้ผลดังรูปที่ 2.3

จากรูปที่ 2.4 เกณฑ์ในการกำหนดอายุของมีดตัดคือขนาดการสึกหรอบนผิวหุลบเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร จะพบความเร็วตัดที่สูงจะส่งผลให้อัตราการสึกหรอของมีดตัดสูงขึ้นด้วย ทำให้ขนาดของการสึกหรอบนผิวหุลบของมีดตัดถึงค่า 0.5 มิลลิเมตร เร็วกว่าความเร็วตัดที่ช้ากว่า เช่น อายุของมีดตัดที่ความเร็ว 120 เมตรต่อนาทีจะเท่ากับ 41 นาที ซึ่งให้อายุมีดตัดที่ยาวนานกว่าความเร็วตัด 180 เมตรต่อนาที 240 เมตรต่อนาที ตามลำดับ โดยที่อายุของมีดตัดที่มีความเร็วตัด 180 เมตรต่อนาที เท่ากับ 12 นาที และมากกว่าที่ 240 เมตรต่อนาที เท่ากับ 5 นาที



รูปที่ 2.4 อิทธิพลของความเร็วตัดต่ออัตราการสึกหรอบนผิวหยาบหรือด้านข้างคมตัด

อายุมีดตัดถูกกำหนดด้วยระยะเวลาในการตัดที่มีดตัดสามารถใช้งานได้หรือระยะเวลาที่มีดตัดเริ่มใช้จนกระทั่งมีดตัดเสียหายและไม่สามารถใช้งานได้ เกณฑ์การกำหนดอายุของมีดตัด (Tool Life Criterion) ยังสามารถพิจารณาได้จากเกณฑ์ทางตรงและเกณฑ์ทางอ้อมได้ดังนี้

เกณฑ์ในการกำหนดอายุของมีดตัดทางตรง ซึ่งพิจารณาบนมีดตัดโดยตรง

1. กำหนดค่าจำกัดขนาดความสูงของการสึกหรอบนผิวหยาบข้างหรือด้านข้างคมตัด
2. กำหนดค่าจำกัดความลึกสูงสุดของแอ่งหลุมบนผิวคายเศษวัสดุ
3. พิจารณาการแตกหักของมีดตัด หรือการเกิดวัสดุหลอมติดคมตัด จนไม่สามารถตัดชิ้นงานได้

เกณฑ์การกำหนดอายุมีดตัดทางอ้อมจะพิจารณาจากผลของการตัดแล้วนำมาประมาณหรือกำหนดอายุมีดตัด

1. กำหนดค่าจำกัดความคลาดเคลื่อนของมิติชิ้นงาน
2. กำหนดค่าจำกัดความเรียบผิวชิ้นงานสำเร็จ
3. กำหนดค่าจำกัดของแรงเกิดในขณะตัด

4. กำหนดค่าจำกัดจำนวนชิ้นงานที่ตัดหรือปริมาณเศษโลหะที่ตัดออก
5. กำหนดค่าจำกัดความเข้มเสียงที่เกิดขึ้นในขณะตัด
6. พิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์ถึงเวลาที่คุ้มทุนในการใช้มีดตัด

2.1.1.2 สมการอายุมีดตัดเทย์เลอร์

อายุมีดตัดจะยาวหรือสั้นขึ้นขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการตัดที่สำคัญคือความเร็วตัด อัตราการป้อนตัด และความลึกในการตัด โดยที่ตัวแปรสองตัวหลังจะมีผลต่ออายุมีดตัดน้อยกว่าความเร็วตัดดังนั้นในการพิจารณาเลือกค่าเงื่อนไขการตัดต้องเลือกค่าความลึกในการตัดและการป้อนให้เป็นค่ามากที่สุดเท่าที่จะรับได้ของเครื่องมือตัดนั้นเพื่อประหยัดเวลาในการตัดโดยปกติแล้ว อัตราการป้อนตัดจะถูกพิจารณาได้เป็น 2 กรณีดังนี้

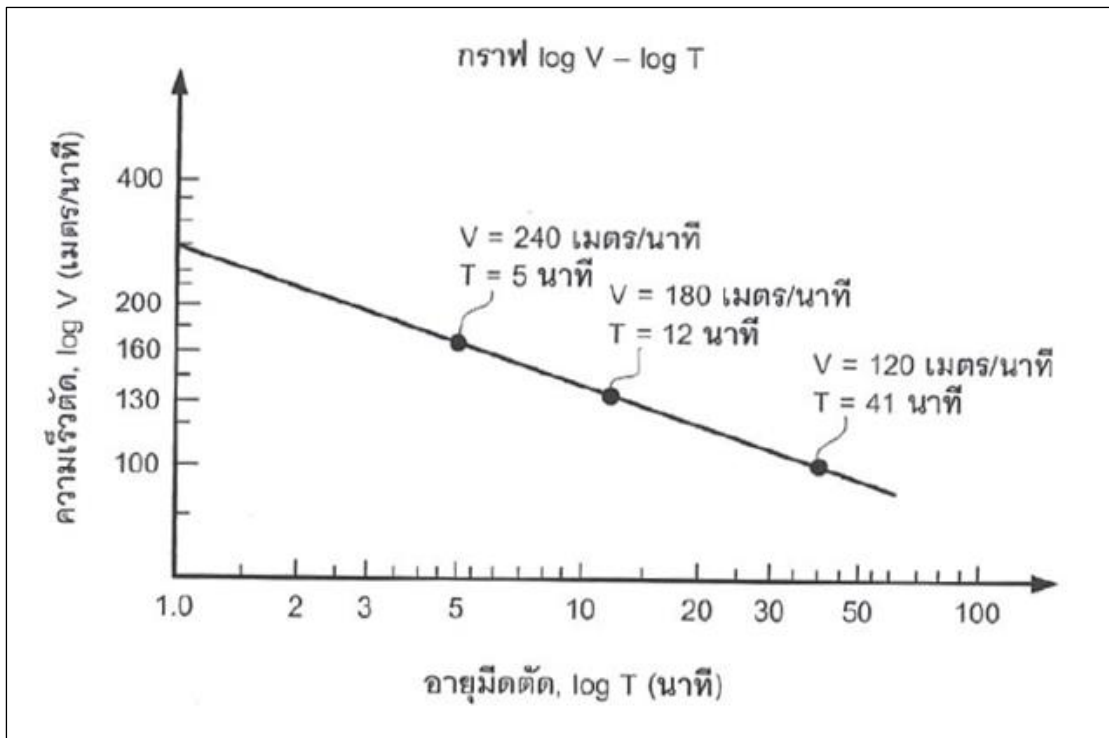
1. กรณีการตัดหยาบ

วัตถุประสงค์สำคัญคือเพื่อใช้เวลาการตัดน้อยที่สุดโดยไม่คำนึงถึงคุณภาพผิวชิ้นงานว่าเป็นอย่างไร แต่คำนึงถึงความสามารถในการรับแรงของมีดตัดว่าได้มากน้อยแค่ไหน ดังนั้นการเลือกอัตราการป้อนตัดควรเลือกให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

2. กรณีการตัดละเอียด

วัตถุประสงค์สำคัญก็เพื่อต้องการให้ได้ความเรียบผิวชิ้นงานและตามแบบที่กำหนดเป็นสำคัญ

จากรูปที่ 2.4 หากนำค่าอายุมีดตัดบนเส้นกราฟความลึกหรือจากความเร็วตัดทั้ง 3 มาแสดงบนกราฟลอการิทึมธรรมชาติ (Natural Logarithm) พบว่าค่าความเร็วตัดกับอายุของมีดตัดมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กราฟลอการิทึมธรรมชาติระหว่างความเร็วตัดกับอายุของมีดตัด

ความสัมพันธ์นี้ได้ถูกค้นพบโดยเทย์เลอร์ (Frederick W. Taylor) ในช่วงทศวรรษที่ 1900 โดยแสดงความสัมพันธ์นี้ออกมาในรูปแบบสมการเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งต่อมาถูกเรียกว่าสมการอายุมีดตัดของเทย์เลอร์ดังสมการ (2-1)

$$V \times T^n = C \quad (2-1)$$

โดยที่ **CHULALONGKORN UNIVERSITY**

V คือ ความเร็วตัด (เมตรต่อนาที)

T คือ อายุการใช้งานของมีดตัด (นาที)

n คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุของมีดตัด วัสดุของชิ้นงานและเงื่อนไขของการตัด

C คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุของมีดตัด วัสดุของชิ้นงานและเงื่อนไขของการตัด

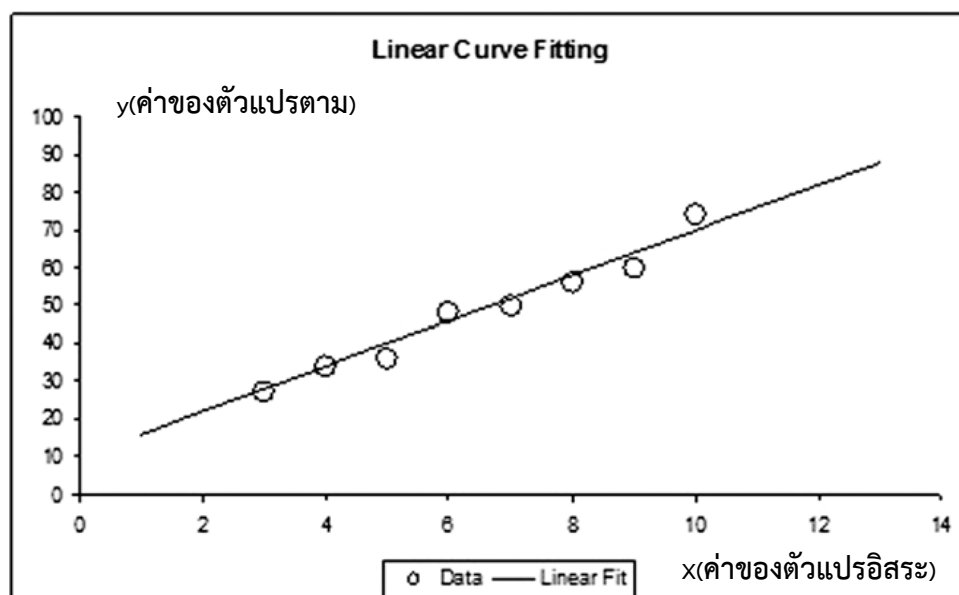
2.1.2 การหาเส้นโค้งที่เหมาะสม[12]

การหาเส้นโค้งที่เหมาะสมคือ การหาฟังก์ชันเส้นโค้งที่สามารถแสดงแนวโน้มของความสัมพันธ์ของชุด ข้อมูลได้อย่างเหมาะสมตลอดช่วงของชุดข้อมูล ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น

1. การหาเส้นโค้งที่เหมาะสมแบบเชิงเส้นหรือการถดถอยแบบเชิงเส้น (linear curve fitting or linear regression) คือ การหาฟังก์ชันเส้นตรงที่สามารถใช้แทนชุดข้อมูลได้อย่างเหมาะสม ซึ่งฟังก์ชันเส้นตรงโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปที่แสดงในสมการ (2-2)

$$y_i = ax_i + b \quad (2-2)$$

โดยที่ y_i คือ ค่าของตัวแปรตาม (dependent variable) ได้แก่ ค่าตามแนวแกน y ส่วน x_i คือค่าของตัวแปรอิสระ (independent variable) ได้แก่ ค่าตามแนวแกน x โดยที่ a และ b คือ ค่าคงที่ของฟังก์ชัน ซึ่งในที่นี้ a คือความชันของเส้นตรง และ b คือจุดตัดแกน y เมื่อ x_i มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นในการหากราฟที่เหมาะสมแบบเชิงเส้นก็คือ การหาค่า a และ b ที่จะทำได้เส้นตรงที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เส้นตรงที่เหมาะสมสำหรับชุดข้อมูล

วิธีที่นิยมใช้ในการหาค่า a และ b คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least square method) ซึ่งจะทำการหาค่าต่ำสุดของผลรวมของกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณได้จากฟังก์ชันเส้นตรงดัง แสดงในสมการที่ (2-3) และจะได้สมการสำหรับหาค่า a และ b ในรูปของสมการเมตริกซ์ (สมการที่ 2-4) ซึ่งสามารถใช้วิธีการหาค่าตอบแบบเชิงเส้น (linear solving method) ในการหาค่า a และ b ได้ เช่น วิธีการกำจัดแบบเกาส์ (Gaussian elimination method) หรือ วิธีการหาค่าผกผันของเมตริกซ์ (matrix inversion method) เป็นต้น

$$\min (y_{i,\text{measured}} - y_{i,\text{calculated}})^2 \quad (2-3)$$

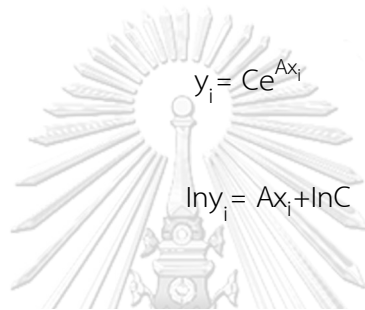
$$\begin{bmatrix} n & \sum x_i \\ \sum x_i & \sum x_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum (x_i y_i) \end{bmatrix} \quad (2-4)$$

โดยที่ n คือจำนวนคู่ลำดับของชุดข้อมูล

2. การหาเส้นโค้งที่เหมาะสมแบบไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear curve fitting) คือ การหาสมการของเส้นโค้งที่สามารถใช้แทนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของชุดข้อมูลได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสมการของเส้นโค้งอาจจะอยู่ในรูปของฟังก์ชันพหุนาม (polynomial function) (สมการที่ 2-5) ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล (exponential function) (สมการที่ 2-6) หรือฟังก์ชันในรูปแบบอื่นๆ ก็ได้ โดยวิธีการหาค่าคงที่ของฟังก์ชันพหุนามสามารถใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด และการหาค่าตอบแบบเชิงเส้นได้เช่นเดียวกับฟังก์ชันเส้นตรง ในขณะที่ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลจะต้องทำการเปลี่ยนฟังก์ชันให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันเส้นตรงก่อนโดยการทำให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันลอการิทึม (logarithm function) ดังแสดงในสมการที่ (2-7) หลังจากนั้นจึงสามารถใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดและการหาค่าตอบแบบเชิงเส้นได้เช่นเดียวกับ

ฟังก์ชันเส้นตรง ซึ่งจะสามารถหาค่าคงที่ของฟังก์ชันพหุนามและเอกซ์โพเนนเชียลได้จากสมการที่ (2-8) และ (2-9) ตามลำดับ และจะได้ฟังก์ชันพหุนามและฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่เหมาะสมกับชุดของข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ส่วนในกรณีที่ฟังก์ชันเส้นโค้งอยู่ในรูปที่ไม่สามารถทำให้เป็นฟังก์ชันเส้นตรงได้ จะต้องใช้วิธีการหาค่าตอบแบบไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear solving method) เช่น วิธีของนิวตัน-ราฟสัน (Newton-Raphson method) เป็นต้น

$$y_i = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_3 x_i^3 + \dots + a_j x_i^j = a_0 + \sum_{k=1}^j a_k x_i^k \quad (2-5)$$



$$y_i = Ce^{Ax_i} \quad (2-6)$$

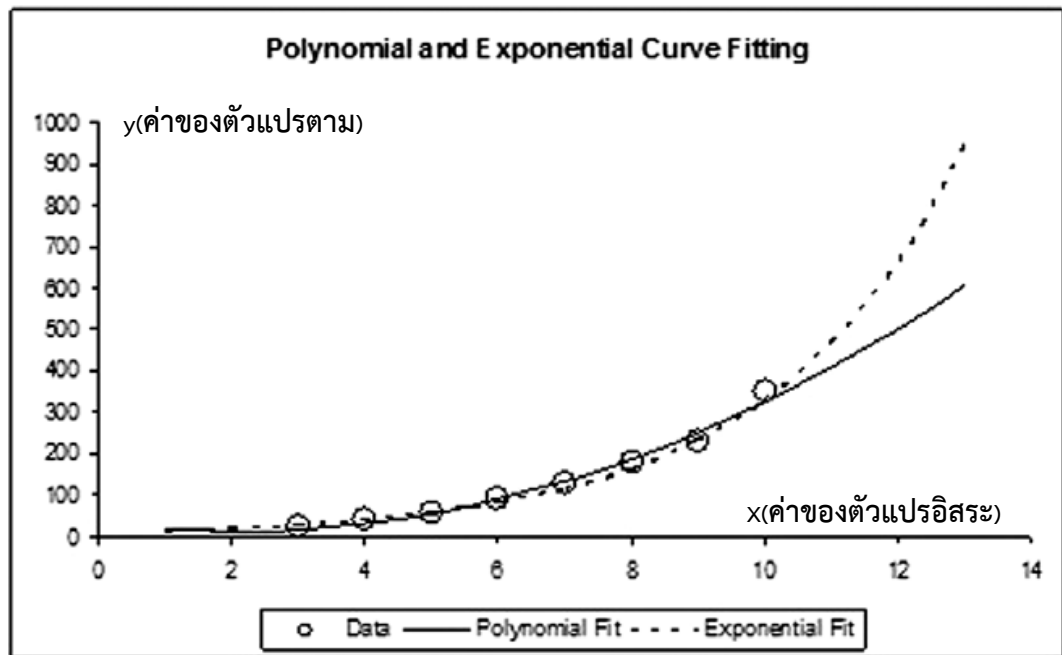
$$\ln y_i = Ax_i + \ln C \quad (2-7)$$

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 & \dots & \sum x_i^j \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \dots & \sum x_i^{j+1} \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \dots & \sum x_i^{j+2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum x_i^j & \sum x_i^{j+1} & \sum x_i^{j+2} & \dots & \sum x_i^{j+j} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum (x_i y_i) \\ \sum (x_i^2 y_i) \\ \dots \\ \sum (x_i^j y_i) \end{bmatrix} \quad (2-8)$$

CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\begin{bmatrix} n & \sum X_i \\ \sum X_i & \sum X_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y_i \\ \sum (X_i Y_i) \end{bmatrix} \quad (2-9)$$

โดยที่ $y_i = \ln(y_i)$; $X_i = x_i$; $B = \ln(C)$ และ n คือจำนวนคู่ลำดับของชุดข้อมูล



รูปที่ 2.7 ฟังก์ชันพหุนาม และฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่เหมาะสมกับชุดข้อมูล



2.2 วัสดุอินโคเนล (Inconel)

อินโคเนล เป็นโลหะผสมระหว่างนิกเกิลโครเมียมกับเหล็ก สมบัติทางกายภาพ และทางกลของอินโคเนลคล้ายกับของโมเนลมาก ผลิตขึ้นเพื่อใช้แทนโมเนลเพราะมีราคาถูกกว่า

อินโคเนล มีความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารอินทรีย์ดีมาก นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เช่น ทำเครื่องมือสำหรับทำอาหาร เครื่องอบ เครื่องปาสเตอร์ไรซ์และถังเก็บน้ำมัน เป็นต้น

นอกจากนี้คุณสมบัติทางกลของโลหะยังดีมาก สามารถคงกำลังวัสดุได้ในอุณหภูมิสูง ซึ่งทำให้เหมาะแก่การใช้ทำชิ้นส่วนของเครื่องบิน

การผสมไทเทเนียม (Ti) อะลูมิเนียม (Al) และไนโอเบียม (Nb) จำนวนเล็กน้อยลงไปอินโคเนลจะสามารถเพิ่มกำลังวัสดุให้กับโลหะ โดยวิธีการแยกตัวแข็งได้ โลหะผสมชนิดใหม่นี้มีชื่อว่า อินโคเนลเอ็กซ์ (Inconel X) ซึ่งมีส่วนผสมคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก ดังนี้ 2.25 - 2.75 Ti 0.4 - 1.0 Al และ 1.0 Nb ใช้แทนอินโคเนลธรรมดาในงานที่ต้องการกำลังวัสดุสูงกว่า ตัวอย่างของวัสดุอินโคเนลตามรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 Inconel 718 Round Bars

ที่มา: <http://www.tritonmetalloys.com/inconel-718-round-bars/>

2.3 คุณสมบัติเม็ดมีดกลึง

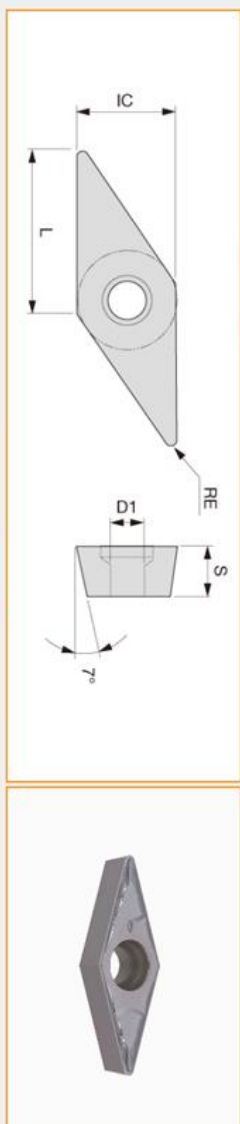
เม็ดมีดกลึงที่ใช้ในการทดลอง คือ เม็ดมีดกลึงคาร์ไบด์ชื่อ VCMT160404 AH8015 ของยี่ห้อ Tungaloy ซึ่งเม็ดเป็นมีดกลึงนี้ทำมาจากวัสดุคาร์ไบด์และเคลือบผิว (Coating) ด้วย ALTiN ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มค่าความแข็งของเม็ดมีดกลึง ป้องกันการแตกร้าวในระดับนาโน และเพิ่มอายุของเม็ดมีดกลึง ซึ่งมีมีดกลึงประเภท AH8015 เป็นเม็ดมีดกลึงที่ได้รับการแนะนำอันดับ 1 ในด้านการต้านทานความร้อน ซึ่งมีรายละเอียดของขนาดเม็ดมีด เช่น ความยาวของเม็ดมีด ความสูงของเม็ดมีด ตามรูปที่ 2.10

จากการเก็บข้อมูลของแผนกวิศวกรรม พบว่า เม็ดมีดกลึง VCMT160404 AH8015 สามารถใช้ตัด ชิ้นงานA โดยมีอายุเม็ดตัดที่มากที่สุดคือ 272 วินาที ซึ่งชิ้นงาน 1 ชิ้นใช้เวลาในการตัด 34 วินาที ดังนั้น เม็ดมีด 1 ด้านสามารถตัดชิ้นงาน ได้ทั้งหมด 8 ชิ้น และ1เม็ดมีดกลึงสามารถใช้ได้ทั้ง 2 ด้าน ตามรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 คมตัด 2 ด้านของเม็ดมีดกลึง VCMT160404 AH8015

Designation	Stock	L	IC	S	RE	D1	ap (min)	ap (max)	ft (min)	ft (max)	Tough & Vc ← Tough → Hard
VCMT110302-PS	Available	11.20	6.350	3.18	0.20	2.80	0.50	2.50	0.10	0.30	AH645 AH630 AH725 AH8015 AH8005 T6130 T9225 T9125 T9215 T6120 T9115 NS9530 GT9530 AT9530
VCMT110304-PS	Available	11.20	6.350	3.18	0.40	2.80	0.50	2.50	0.10	0.30	AH645 AH630 AH725 AH8015 AH8005 T6130 T9225 T9125 T9215 T6120 T9115 NS9530 GT9530 AT9530
VCMT110308-PS	Available	11.20	6.350	3.18	0.80	2.80	0.50	2.50	0.10	0.30	AH645 AH630 AH725 AH8015 AH8005 T6130 T9225 T9125 T9215 T6120 T9115 NS9530 GT9530 AT9530
VCMT160404-PS	Available	16.60	9.525	4.76	0.40	4.40	0.50	2.50	0.10	0.30	AH645 AH120 AH630 AH725 AH8015 AH8005 AH905 T6130 T9225 T9125 T9215 T6120 T9115 NS9530 GT9530 AT9530
VCMT160408-PS	Available	16.60	9.525	4.76	0.80	4.40	0.50	2.50	0.10	0.30	AH645 AH120 AH630 AH725 AH8015 AH8005 AH905 T6130 T9225 T9125 T9215 T6120 T9115 NS9530 GT9530 AT9530

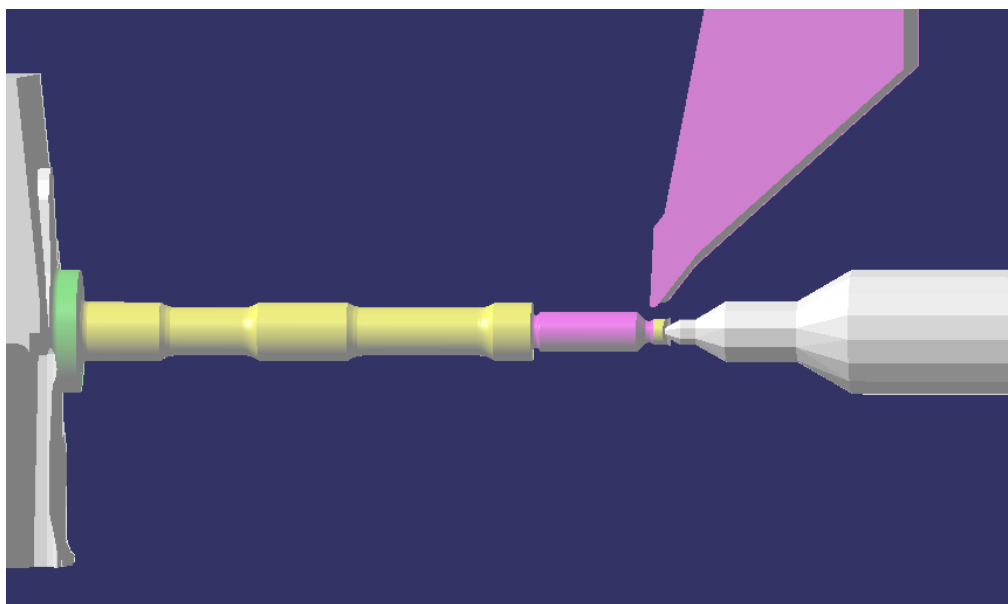


รูปที่ 2.10 ขนาดของเม็ดมีดกลึงอ้างอิงตามเว็บไซต์ของผู้ผลิต

**ประเภทเม็ดที่ใช้ศึกษา

2.4 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานและระยะที่ถูกกลึง

ในการกลึงชิ้นงานด้วยเม็ดมีด VCMT160404 AH8015 ในงานวิทยานิพนธ์นี้ ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางที่ถูกกลึง คือ ในส่วนของชิ้นงานที่เป็นสี่ชมพู ตามรูปที่ 2.11

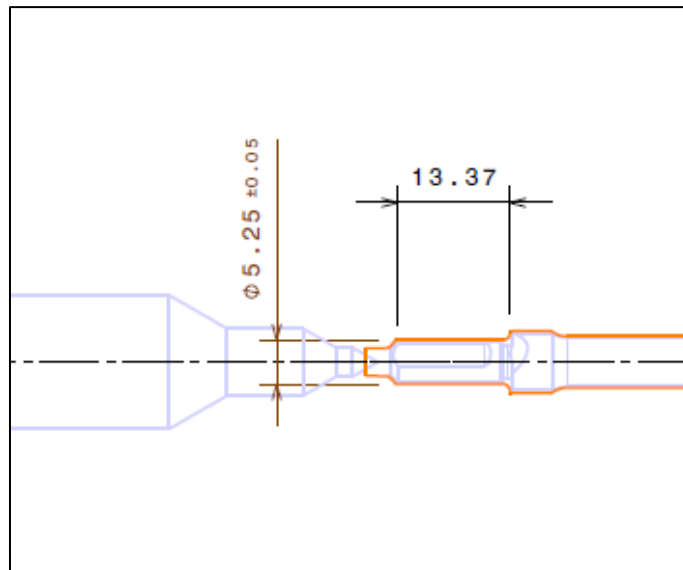


รูปที่ 2.11 ส่วนของชิ้นงานที่ถูกกลึง โดยเม็ดกลึง VCMT160404 AH8015

ซึ่งขนาดของชิ้นงานที่ถูกกลึงจะแบ่งเป็น 3 ช่วงดังนี้

1. ชิ้นงานก่อนตัดเป็นชิ้นงานกึ่งสำเร็จ

เป็นชิ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.25 ± 0.05 mm ซึ่งเป็นชิ้นงานที่มีขนาดเริ่มต้นก่อนที่จะโดนเม็ดมีดกลึง VCMT160404 AH8015 ตัด ซึ่งความยาวที่โดนตัด คือ 13.37 mm ขนาดและระยะชิ้นงานตามรูปที่ 2.12

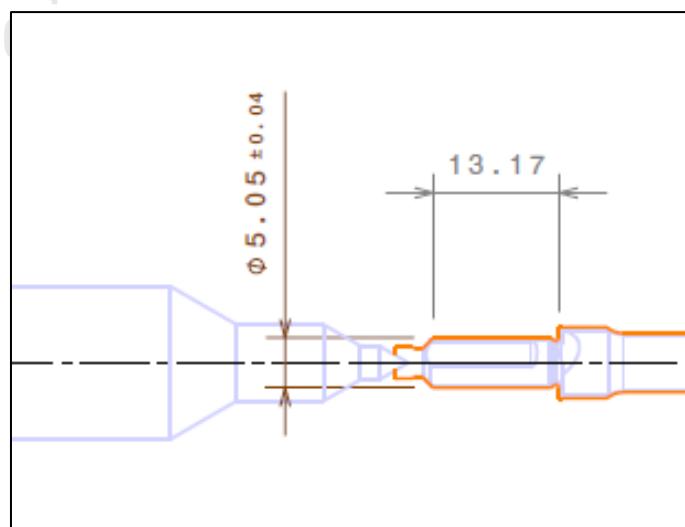


รูปที่ 2.12 ขนาดของชิ้นงานก่อนตัดเป็นชิ้นงานกึ่งสำเร็จ

2. ชิ้นงานกึ่งสำเร็จ

เป็นชิ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.05 ± 0.04 mm เป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ได้หลังจากเม็ดมีด VCMT160404 AH8015 ตัดงาน ซึ่งเวลาที่เครื่องกลึงกลึงชิ้นงานจากชิ้นงานก่อนตัดเป็นชิ้นงานกึ่งสำเร็จให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกึ่งสำเร็จ คือ 23 วินาที ซึ่งความยาวที่โดนตัด คือ 13.17 mm ขนาดและระยะชิ้นงานตามรูปที่ 2.13

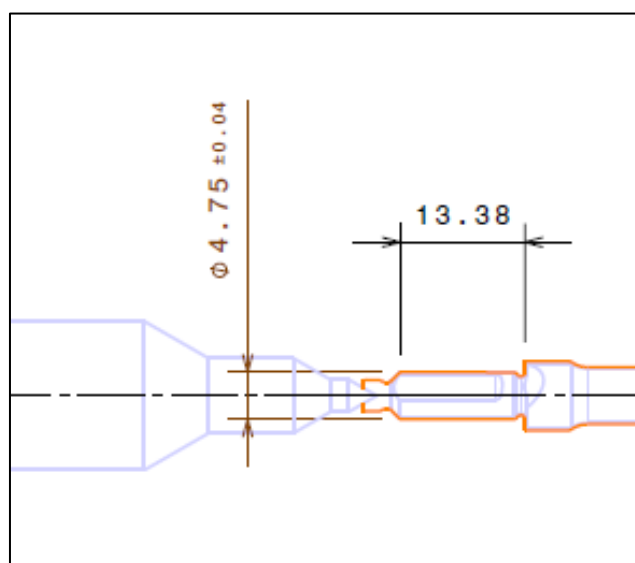
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.13 ขนาดของชิ้นงานกึ่งสำเร็จ

3. ชิ้นงานสำเร็จ

เป็นชิ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.75 ± 0.04 mm เป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ได้หลังจากเม็ดมีด VCMT160404 AH8015 ตัดงาน ซึ่งเวลาที่เครื่องกลึงกลึงชิ้นงานจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกึ่งสำเร็จให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสำเร็จ คือ 11 วินาที ซึ่งความยาวที่โดนตัด คือ 13.38 mm ขนาดและระยะชิ้นงานตามรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ขนาดของชิ้นงานสำเร็จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5 ข้อมูลการผลิต

ในการกลึงชิ้นงานด้วยเม็ดมีดกลึงที่สนใจในวิทยานิพนธ์นี้ นอกจากปัจจัยที่สนใจแล้ว ยังมีปัจจัยที่ถูกควบคุมในการกลึงงานได้แก่ ความเร็วตัด ความลึกในการตัด อัตราการป้อน และน้ำหล่อเย็น ซึ่งค่าเหล่านี้ต้องถูกควบคุมให้คงที่ตามข้อกำหนดของลูกค้า

ความเร็วตัด ความลึกในการตัด และอัตราการป้อน

ค่าของ ความเร็วตัด ความลึกในการตัด และอัตราการป้อน นั้นแบ่งเป็น 2 ช่วงด้วยกัน คือ ช่วงการตัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกึ่งสำเร็จ และ ช่วงการตัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสำเร็จซึ่งมีค่าต่างๆ ตามตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ความเร็วตัด ความลึกในการตัด และอัตราการป้อนขณะตัดงานกึ่งสำเร็จ

ความเร็วตัด(Cutting Speed)	40 m/min
ความลึกในการตัด(Dept of Cut)	0.1 mm
อัตราการป้อน(Feed Rate)	0.1 mm/rev

ตารางที่ 2.2 ความเร็วตัด ความลึกในการตัด และอัตราการป้อน ขณะตัดงานสำเร็จ

ความเร็วตัด(Cutting Speed)	20 m/min
ความลึกในการตัด(Dept of Cut)	0.15 mm
อัตราการป้อน(Feed Rate)	0.1 mm/rev

น้ำหล่อเย็น

น้ำหล่อเย็นที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานในวิทยานิพนธ์นี้ คือ น้ำหล่อเย็น ชื่อ TRIM MicroSol 585XTตามรูปที่ 2.15 ซึ่งเป็นน้ำหล่อเย็นที่มีความหล่อลื่นสูงกึ่งสังเคราะห์ ซึ่งสูตรนี้ช่วยยืดอายุการใช้งานขึ้นเมื่อเทียบกับสารกึ่งสังเคราะห์รุ่นก่อนหน้า ให้การระบายความร้อนที่ดีเยี่ยมและการหล่อลื่นเชิงกลพร้อมกับคุณสมบัติที่เป็นมิตรกับเครื่องจักร



รูปที่ 2.15 น้ำหล่อเย็น TRIM MicroSol 585XT

ซึ่งน้ำหล่อเย็นนี้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งที่ทำให้การผลิตนั้นมีอุณหภูมิที่ไม่สูงจนเกินไป

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อทำการศึกษากาการกลึงอินโคเนล 718 และรูปแบบการสึกหรอของเม็ดมีดกลึง
ในขณะตัด ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าความต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

Toshimichi MORIWAKI, Toshiroh SHIBASAKA and Somkiat TANGJITSITCHAROEN,
Development of in-Process Tool Wear Monitoring System for CNC Turning [2]

จุดมุ่งหมายของการวิจัยนี้เพื่อที่จะพัฒนาระบบในการตรวจติดตามการสึกหรอของ
มีดตัดสำหรับเครื่องกลึงซีเอ็นซี ฟังก์ชันการสึกหรอนแบบซีกำลังถูกใช้ในความสัมพันธ์
ระหว่างความต้านทานเฉพาะของการตัดและอัตราความลึกในการตัดตัวชี้วัดค่า a ในฟังก์ชัน
การสึกหรอนกำหนดค่าประมาณของการสึกหรอนแบบแฟลงก์เท่ากับอัตราการเพิ่มขึ้นของ
ความต้านทานเฉพาะของการตัดที่อัตราความลึกในการตัดเป็น 0 เทียบกับที่อัตราความลึกใน
การตัดที่ค่าอนันต์ โดยลำดับการได้ค่าคุณลักษณะของค่า a จำนวนรอบการตัดที่เพิ่มขึ้นที่จะ
นำเสนอขึ้นเปลี่ยนแปลงตามอัตราการป้อนความลึกในการตัดในระหว่างรอบการตัดโดยปกติ
เพื่อที่จะวัดแรงในการตัดและอัตราการเพิ่มขึ้นของความต้านทานในการตัดที่อัตราความลึก
ในการตัดที่ต่ำ ลำดับในการทดลองการตัดถูกดำเนินโดยประมาณค่าการสึกหรอแบบแฟลงก์
และพิสูจน์ตัวชี้วัดที่กล่าวมาข้างต้นว่าสามารถวัดการสึกหรอของมีดตัดได้เป็นอย่างดี
ถึงแม้ว่าความลึกในการตัด ความเร็วในการตัด และเม็ดตัด ตลอดจนวัสดุของชิ้นงานที่
แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

J.L. Cantero, J. Dí'az-A'lvarez, M.H. Migue'lez n, N.C. Mari'n, Analysis
of tool wear patterns in finishing turning of Inconel 718 [3]

บทความนี้ มุ่งความสนใจที่การวิเคราะห์ กลไกการสึกหรอของมีดตัด ของการกลึง
อินโคเนล 718 1 ในที่นิยมใช้คือ นิกเกิลอัลลอย โดยการตัดเฉือนเป็นทั้งแบบเปียกและแบบ
แห้ง ซีเมนคาร์ไบด์ และ CBN เหมาะสมสำหรับการตัดเฉือนชิ้นงาน นิกเกิลอัลลอย มีดตัดที่
เคลือบคาร์ไบด์แข่งขันกันมากในกระบวนการตัดเฉือนนิกเกิลอัลลอยและเป็นวงกว้างใน
อุตสาหกรรม มีดตัดคาร์ไบด์ที่เคลือบผิวถูกศึกษาในงานนี้ ความเป็นไปได้ของ 2 มีดตัด แบบ
แห้งในการการตัดอินโคเนล 718 ถูกแสดงในงานนี้ การทดลองถูกดำเนินการ เพื่อการ

วิเคราะห์รูปแบบการสึกหรอ และพบอิทธิพล ของมุมตัดของการสึกหรอ โดยมีการเซตเครื่องและ พารามิเตอร์ต่างๆ

M.Z.A. Yazid¹, C.H. Che Haron², J.A. Ghani², G.A. Ibrahim³, M.S.A. Yasir⁴, Tool Wear when Finish Turning Inconel 718 under Dry Conditions [4]

บทความนี้ เกิดขึ้นเนื่องจาก การหล่อเย็นด้วยของเหลว ระหว่างผลิต เพื่อต้านอุณหภูมิของซูปเปอร์เอออัลลอย มีความกังวลในเรื่องการเอาผิวออก เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพ วิธีการคือการตัดโดยไม่มีของเหลวหล่อเย็น ซึ่งในการทดลองนี้ ใช้อินโคเนล 718 ในการทดลอง เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีการต้านทานการสึกกร่อนสูง การกลึงด้วยเครื่องซีเอ็นซี โดยการตัดแบบแห้ง และใช้ความเร็วในการตัด เป็น 3 ระดับ ($V_c = 90$ m/min, 120 m/min และ 150 m/min) 2 ระดับ ของความลึกการตัด $d=0.3$ mm และ 0.5 mm) และ 2 ระดับ สำหรับอัตราการป้อน ($f=0.10$ และ 0.15 mm/rev) การสึกหรอของมีดตัดถูกติดตามและวัดค่า ในช่วงเวลาต่างๆ จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การดูประสิทธิภาพ เม็ดมีดคาร์ไบด์ที่ถูกคลุม ด้วย PVD

S.A. Khana,^b S.L. Sooa,^{*} D.K. Aspinwalla, C. Sagec, P. Hardend, M. Fleminge, A. Whitef, R. M'Saoubig, Tool wear/life evaluation when finish turning Inconel 718 using PCBN tooling [5]

เอกสารนี้จะสรุปการทดลองของงานเขียนที่เกี่ยวข้องกับผลการทดลองของการกลึงชิ้นงานที่ทำจากวัสดุอินโคเนล 718 โดยใช้มีดตัด Low concentration PCBN insert

ทำการทดลองโดยดัดแปลงหลักการของ L36 Taguchi fractional factorial orthogonal array โดยใช้การประเมินผลที่เกิดจากรูปร่างของมีดตัด (กลม, C), ขอบของมีดตัด (โค้งมนพิเศษ ขอบตัดตรงศา โค้งมน) แรงกันของของเหลว (10,000 บาร์) ผิวเคลือบของมีดตัด (ไม่มีสารเคลือบ, TiAlN+TiN) ความเร็วในการตัด (150, 300, 450 เมตร/นาท) และอัตราความลึกในการตัด (0.05, 0.10, 0.20 มิลลิเมตร/รอบ) ที่ความลึกการตัดชิ้นงานคงที่อยู่ที่ 0.2 มิลลิเมตร

ที่ความเร็วในการตัดชิ้นงานต่ำสุด (150 เมตร/นาท) (เฉลี่ยค่าอายุของมีดตัดรูปร่างกลมโดยประมาณอยู่ที่ 5 เท่าของ มีดตัดอินเซิร์พรูปร่างตัวซี) ด้วยการกัดในรูปแบบ built up edge (BUE) จากนั้นสังเกตการสึกหรอในระดับไมครอนในทุกๆ การทดลอง

ที่ความเร็วในการตัดชิ้นงาน 300 เมตร/นาที พบว่าลดการเกิด BUE โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างมีดตัดแบบซี และแบบกลม

เมื่อกัดชิ้นงานด้วยความเร็ว 450 เมตร/นาที ในหลายๆ ตัวอย่างการทดลองที่เกิดการแตกหักอย่างรุนแรง อายุของมีดตัดจะไม่เกิน 3.5 นาที โดยไม่คำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ความเหนียวแน่นของวัสดุบริเวณขอบคมตัดของชิ้นงานนั้นเหนือชั้นกว่ารอยขีดข่วนที่ทำให้เกิดการสึกหรอของมีดตัด

Ramesh kannan.C, Prathap.J, Pamanabhan.P, EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TOOL WEAR IN TURNING OF INCONEL718 MATERIAL-REVIEW [6]

เอกสารฉบับนี้เน้นไปในการทดลอง ค้นคว้า การสึกหรอของมีดตัดที่ใช้ในงานกลึงสำหรับวัสดุอินโคเนล 718 และจะพิจารณาจุดสมดุลของปัจจัยทางด้านความเร็วในการตัดเฉือน อัตราการป้อนความลึกของมีดตัด และความลึกของคมตัด ความแตกต่างของรูปร่างของมีดตัดและสภาพผิวของมีดตัดสามารถลดการสึกหรอของมีดตัดได้ เพื่อให้ได้ค่าตัวแปรของแรงตัดเฉือน อุณหภูมิ การสั่นสะเทือน กำลังที่ต้องสูญเสีย ความเรียบผิว และอัตราในการนำเนื้อวัสดุของชิ้นงานออก เพื่อที่จะวิเคราะห์การสึกหรอของมีดตัดโดยอ้างอิงจากงานเขียนที่วิเคราะห์การตัดชิ้นงานที่ทำจากวัสดุอินโคเนล 718 โดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี ในการวิเคราะห์และทำนายจุดสมดุลของปัจจัยต่างๆ ตามที่กำหนดเพื่อลดการสึกหรอของมีดตัด

D.M. D'Addonaa, Sunil J Raykarb*, M M Narkec, High speed machining of Inconel 718: tool wear and surface roughness analysis [7]

วัสดุอินโคเนล 718 คือวัสดุเนื้อโลหะผสมที่มีนิกเกิลเป็นส่วนประกอบหลัก นิยมใช้ในแวดวงการบิน คุณสมบัติเด่นของวัสดุนี้คือ ด้านทานการสึกกร่อน ความแข็ง และมีความสามารถในการเชื่อมเป็นพิเศษ ซึ่งถูกพิจารณาให้เป็นหนึ่งในโลหะผสมที่ตัดยากที่สุดในปัจจุบันมีนักวิจัยมากมายที่ใช้เวลาในการเพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนรูปวัสดุอินโคเนล 718 ในเอกสารฉบับนี้จะนำเสนอเครื่องจักรความเร็วสูงในการเปลี่ยนรูปอินโคเนล 718 ด้วยการทดลองในการกลึงที่ความเร็วต่างกันตั้งแต่ความเร็วต่ำไปสูง (60 เมตร/นาที, 90 เมตร/

นาที, 190 เมตร/นาที, 255 เมตร/นาที) ซึ่ง 2 ลักษณะสำคัญของการเปลี่ยนรูปวัสดุคือ การสึกหรอของมีดตัดและความเรียบผิวที่เกิดจากการตัด

Pravin P. Pande, Dr.Rajeshk umar U. Sambhe, MACHINABILITY ASSESSMENT IN TURNING OF INCONEL 718 NICKEL-BASE SUPER ALLOYS : A REVIEW [8]

วัสดุอินโคเนล 718 คือวัสดุเนื้อโลหะผสมที่มีนิเกิลเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งรู้จักกันว่าเป็นหนึ่งในโลหะผสมที่ตัดยากที่สุดเพราะมีคุณสมบัติที่มีความแข็งแรงที่ทนต่อการเปลี่ยนรูปสูง ความแข็งแรงที่ทนต่อการกรรรมสูง ในสภาวะอุณหภูมิสูง ความสัมพันธ์ในการตอบสนองวัสดุของมีดตัดและการกระจายตัวของความร้อนต่ำ ในเอกสารฉบับนี้พยายามที่จะพิจารณาจุดสำคัญของการเพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนรูปและลักษณะเฉพาะสำคัญของวัสดุอินโคเนล 718

Rajkumar.G, Dr.R.Balasundaram, N.Ganesh, S.Rajaram, Investigation of Turning Parameters of Machining INCONEL 718 using Titanium and Carbide Inserts [9]

เอกสารนี้จะนำเสนอการวิจัยความเรียบผิวของวัสดุอินโคเนล 718 ที่เกิดจากการตัดด้วยมีดตัดที่ทำจากวัสดุไททาเนียมและคาร์ไบด์ วัสดุอินโคเนล 718 คือวัสดุเนื้อโลหะผสมที่มีนิเกิลเป็นส่วนประกอบหลักใช้กันอย่างแพร่หลายในแวดวงการบินและเรือดำน้ำเนื่องจากคุณสมบัติเชิงกลอันยอดเยี่ยมและลักษณะการต้านทานการสึกกร่อน ขั้นตอนการนำเนื้อโลหะออกของโลหะผสมชนิดนี้ค่อนข้างท้าทายเนื่องจากเนื้อวัสดุที่แข็ง รูปร่างของมีดตัดวัสดุของมีดตัด และเงื่อนไขของการตัดชิ้นงาน คือปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของการตัดชิ้นงาน การตัดชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี Lathe heavy duty SPRINT-16 TC เพื่อที่จะหาสภาวะในการเดินเครื่องได้ดีที่สุด มี 9 การทดลองที่มีพื้นฐานมาจาก Taguchi's L9 orthogonal array ที่ถูกนำมาใช้ ตัวแปรในการตัดชิ้นงานคือ ความเร็วของแกนหมุน อัตราความลึกในการตัด ความลึกในการตัด และผลผลิตที่ได้คือความเรียบผิวของชิ้นงานที่ถูกตัด รูปแบบจำลองในการทำนายถูกพัฒนาโดยใช้ ANOVA เพื่อที่จะหาค่าจุดสมดุลของแบบจำลองแบบถดถอยโดยใช้ MATLAB tool box GA ผลลัพธ์ที่บ่งบอกออกมาใน

แบบจำลองการทำนายอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดลองที่บ่งบอกว่ามีดตัดที่ทำจากไททาเนียม
เหมาะสำหรับที่ความเร็วต่ำและมีดตัดที่ทำจากคาร์ไบด์ที่ความเร็วสูงในอุดมคติ

เฉลิมพล คล้ายนิล, พงศกร หลีตระกูล, พงษ์พันธ์ ราชภักดี, การประมาณการสึก
หกรของเม็ดมีดกลึงด้วยโครงข่ายประสาทเทียม [10]

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในการกลึงเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น
เกรด JIS SKD11 และเกรด JIS SKS3 ที่มีผลต่อการสึกหกรของเม็ดมีดกลึงซีเมนต์คาร์ไบด์
เคลือบด้วยไทเทเนียมไนไตรด์ (TiN) มีการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ผลทางเชิงสถิติ
รวมทั้งการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาดจากการทดลองกับการทำนายผลโดยแบบจำลอง
โครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ตัวแปรที่ต้องการออกแบบเป็นตัวป้อนเข้าหรืออินพุต ได้แก่
ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกในการตัด ส่วนเอาต์พุตหรือค่าตอบที่ต้องการ ได้แก่การ
สึกหกรของเม็ดมีดกลึงคาร์ไบด์ ผลการทดลองพบว่าความเร็วตัดจะส่งผลต่อการสึกหกรของ
เม็ดมีดกลึงแบบ Flank Wear มากที่สุดรองลงมาคืออัตราป้อน ในขณะที่การเพิ่มอัตราการ
กำจัดเนื้อโลหะส่งผลต่อการสึกหกรเช่นกัน ผลการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายผล
การสึกหกรของเม็ดมีดกลึงแบบ Flank Wear จากการตัดเฉือนเหล็กกล้าเครื่องมือเกรด JIS
SKS3 และเกรด JIS SKD11 พบว่าสามารถทำนายค่าได้อย่างแม่นยำ คือมีค่าความผิดพลาด
เฉลี่ยอยู่ที่ 1.68% และ 2.84% ตามลำดับ ซึ่งจะช่วยให้สามารถวางแผนในการผลิตได้อย่าง
เหมาะสมช่วยลดระยะเวลาในการทดลองลงและสามารถทำนายค่าที่ยังไม่ได้มีการทดลองได้
อย่างถูกต้อง

Kittichai Lowboonsom, Sirichai Torsakul, Wear Behavior of Cutting
Tool Material During the Turning of a Cast Iron FCD 400 in Cutting Lubricants
Conditions [11]

งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาพฤติกรรมของการสึกหกรของเม็ดมีดตัด และความหยาบผิว
จากการกลึงเหล็กหล่อ FCD 400 ซึ่งชิ้นงานถูกกลึงปอกด้วยความเร็วสูงโดยใช้สารหล่อเย็น
ชนิดน้ำมัน BIOBAN 2000 EP ชนิดกึ่งสังเคราะห์ BIOBAN CS และ ชนิดสังเคราะห์
BIOCUT No.4 ขณะตัดเฉือน จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์คุณภาพผิว และการสึกหกร
ของเม็ดมีดตัด ระหว่างการใช้สารหล่อเย็นชนิดต่าง ๆ โดยการคงที่ตัวแปรต่าง ๆ เช่น

ความเร็วรอบ ระยะกินลึก และ อัตราป้อน ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าการใช้สารหล่อเย็นสามารถเพิ่มคุณภาพผิวชิ้นงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารหล่อเย็นชนิด BIOBAN 2000 EP ให้คุณภาพผิวดีที่สุด Ra 7.98 เมื่อเปรียบเทียบกับสารหล่อเย็นชนิดอื่น ๆ และสารหล่อเย็นแต่ละชนิดยังมีผลต่อลักษณะการสึกหรอของเม็ดมิดตัดแตกต่างกัน การสึกหรอของคมตัดที่พบมี 3 ลักษณะ คือ Flank wear, Thermal wear และ Chipping



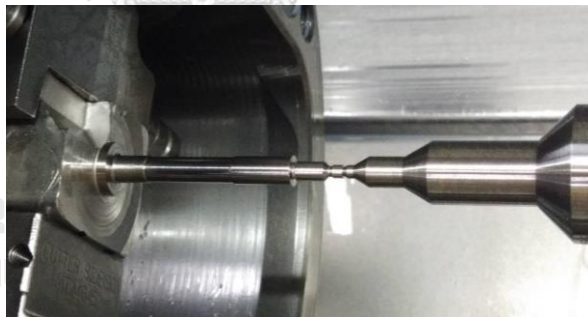
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการปรับความความลึกในปัจจุบัน

หนึ่งในขั้นตอนการทำงานที่สำคัญของพนักงานที่ทำหน้าที่ดูแลการปฏิบัติงานด้วยเครื่องซีเอ็นซี คือการปรับความลึกในการตัด เพื่อให้สามารถตัดเฉือนชิ้นงานจนได้ค่าตามมาตรฐาน ซึ่งขั้นตอนการปฏิบัติงานมีดังนี้

1. พนักงานกดปุ่มให้เครื่องเริ่มดำเนินการจนกระทั่งเครื่องกัดชิ้นงานได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกึ่งสำเร็จ จากนั้นเครื่องจะหยุดทำงาน ซึ่งชิ้นงานขณะอยู่ในขั้นศูนย์ของเครื่องกลึงมีลักษณะตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ชิ้นงานขณะขั้นศูนย์อยู่ในเครื่อง

2. เมื่อเครื่องหยุดทำงานพนักงานจะทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานด้วยไมโครมิเตอร์ตามรูปที่ 3.2 การวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานด้วยไมโครมิเตอร์ก่อนปรับความลึก แล้วใส่ค่าการปรับความลึกการตัดบนหน้าจอของเครื่องกลึงตามรูปที่ 3.3 หน้าจอโปรแกรมบนเครื่องกลึงซีเอ็นซีสำหรับการปรับความลึกการตัด ซึ่งเลข 1 ในรูปที่ 3.3 คือ หน้าจอที่แสดงค่ากลางของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและค่าพิคัดความเผื่อ และเลข 2 ในรูปที่ 3.3 คือ

หน้าจอสําหรับการใส่ค่าการปรับความลึก เพื่อให้ชิ้นงานถึงสำเร็จได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่สำเร็จโดยมีสมการการปรับตามสมการ(3-1) ดังนี้

$$\text{ค่าการปรับความลึกการตัด} = \frac{\text{ขนาดชิ้นงานที่วัดได้} - \text{ขนาดปกติของชิ้นงานถึงสำเร็จ}(5.05 \text{ mm})}{2}$$

(3-1)



รูปที่ 3.2 การวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานด้วยไมโครมิเตอร์ก่อนปรับความลึกการตัด



รูปที่ 3.3 หน้าจอโปรแกรมบนเครื่องกลึงซีเอ็นซีสำหรับการปรับความลึกการตัด

3. พนักงานกดปุ่มให้เครื่องเริ่มดำเนินการจนเครื่องกัดชิ้นงานได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสำเร็จ จากนั้นเครื่องจะหยุดทำงาน
4. พนักงานนำชิ้นงานออกจากเครื่องกลึงซีเอ็นซีตามรูปที่ 3.4 เพื่อนำไปวัดขนาดอีกครั้งด้วยเครื่องซีเอ็มเอ็มตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 เครื่องกลึงซีเอ็นซี(Computer Numerical Control)

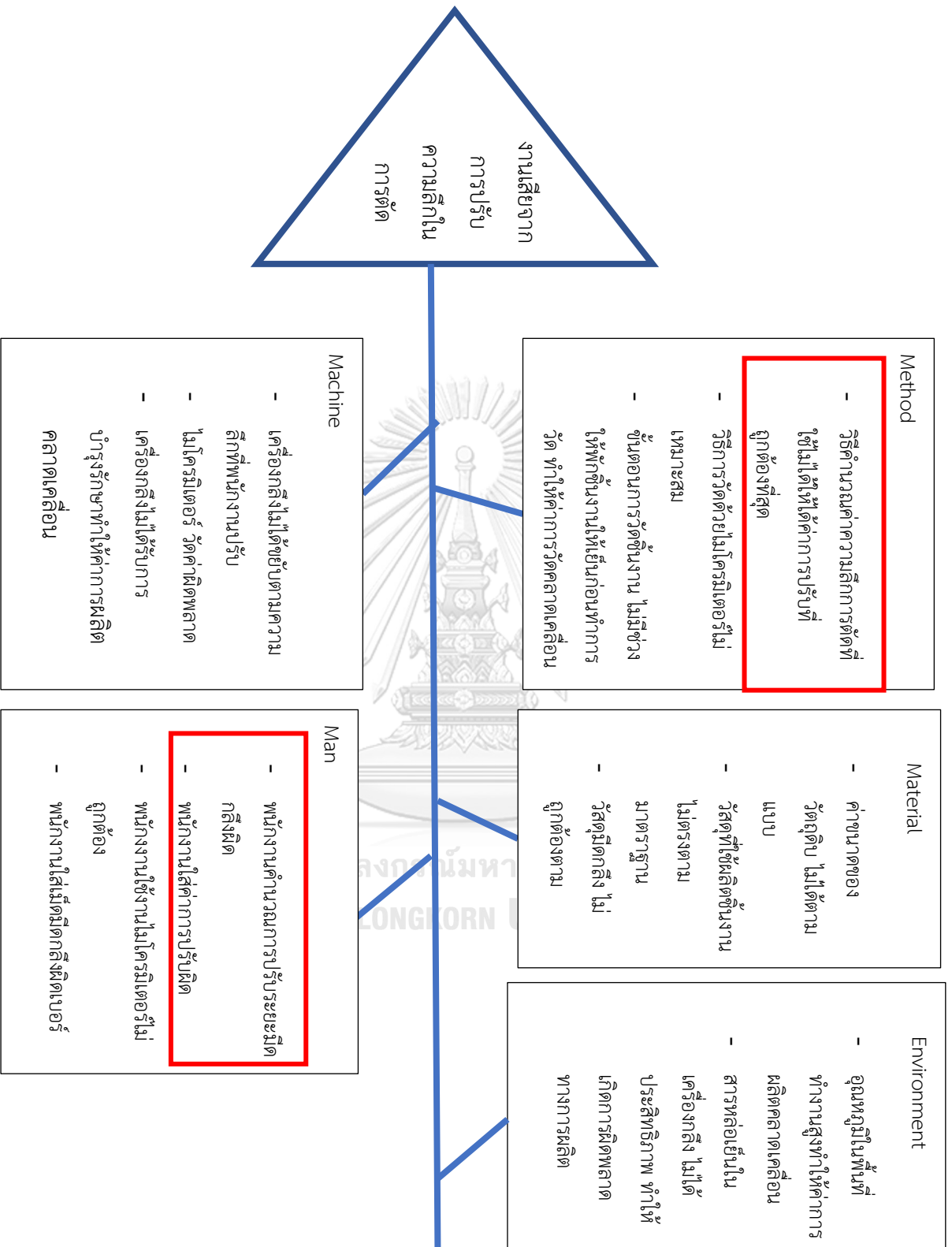


รูปที่ 3.5 เครื่องซีเอ็มเอ็ม(Coordinate Measuring Machine)

3.2 การวิเคราะห์สาเหตุ

จากข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากจากการปรับความลึกการตัด เมื่อได้นำปัญหามาวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภูมิแกงปลาโดย หัวหน้าแผนกและวิศวกรของแผนกการผลิต แผนกวิศวกรรม และแผนกคุณภาพ จะได้สาเหตุของปัญหาตามรูปที่ 3.6 แผนภูมิแกงปลาของงานเสียจากการปรับความลึกการตัด





รูปที่ 3.6 แผนภูมิแก๊งปลาของงานเสียหายจากการปรับความลึกการตัด

เมื่อนำแต่ละก้างปลาในแต่ละหัวข้อมาวิเคราะห์เพื่อหาว่าสาเหตุใดบ้างที่เป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหาข้างต้น ก็จะได้สาเหตุที่แท้จริงดังข้อที่ได้รับการรังสีแดงไว้ในรูปที่ 3.6 ซึ่งการวิเคราะห์ในแต่ละหัวข้อของก้างปลา มีดังนี้

1. Method

สาเหตุ

วิธีคำนวณค่าความลึกการตัดที่ใช้ ไม่ได้ให้ค่าการปรับที่ถูกต้องที่สุด

การวิเคราะห์

เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากสมการที่ใช้ในปัจจุบันไม่ได้นำค่าสึกหรอของเม็ดมีดมาคิดโดยตรงจึงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ซึ่งทำให้บางครั้งพนักงานไม่สามารถใช้สมการในการปรับได้ทำให้ต้องปรับตามประสบการณ์ และในบางครั้งจึงทำให้เกิดงานเสีย

สาเหตุ

วิธีการวัดด้วยไมโครมิเตอร์ไม่เหมาะสม

การวิเคราะห์

ไม่เป็นสาเหตุที่แท้จริง การวัดด้วยไมโครมิเตอร์เหมาะสมแล้วสำหรับงานในปัจจุบัน และเป็นขั้นตอนการปฏิบัติที่ผ่านการอนุมัติจากลูกค้า

สาเหตุ

ขั้นตอนการวัดชิ้นงาน ไม่มีช่องให้พักชิ้นงานให้เย็นก่อนทำการวัด ทำให้ค่าการวัดคลาดเคลื่อน

การวิเคราะห์

ไม่เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากชิ้นงานไม่ได้มีอุณหภูมิที่สูง เพราะมีการใช้น้ำหล่อเย็น

2. Material

สาเหตุ

ค่าขนาดของวัตถุดิบไม่ได้ตามแบบ

การวิเคราะห์

ไม่เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากวัสดุไม่ได้มีผลโดยตรงมาจากพีเจอร์ตามวิทยานิพนธ์

สาเหตุ

วัสดุที่ใช้ผลิตชิ้นงานไม่ตรงตามมาตรฐาน

การวิเคราะห์

ไม่เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากวัสดุทั้งหมดมีการตรวจสอบจากผู้จำหน่ายและเป็นไปตามแบบ

สาเหตุ

วัสดุมีดกถึง ไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน

การวิเคราะห์

ไม่เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากมีดกถึงทั้งหมดได้รับการรับรองจากผู้จำหน่ายว่าเป็นไปตามมาตรฐาน

3. Environment

สาเหตุ

อุณหภูมิในพื้นที่ทำงานสูง ทำให้ค่าการผลิตคลาดเคลื่อน

การวิเคราะห์

ไม่เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากอุณหภูมิพื้นที่ทำงานได้รับการควบคุม

สาเหตุ

สารหล่อเย็นในเครื่องกลึงไม่ได้ประสิทธิภาพ ทำให้เกิดการผิดพลาดทางการผลิต

การวิเคราะห์

ไม่เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากสารหล่อเย็นได้รับการตรวจสอบจากผู้ผลิตว่าเป็นไปตามมาตรฐาน และได้รับการตรวจสอบภายในบริษัทอย่างสม่ำเสมอว่ายังใช้งานได้

4. Machine

สาเหตุ

เครื่องกลึงไม่ได้ขยับตามความลึกที่พนักงานปรับ

การวิเคราะห์

ไม่เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากเครื่องกลึงได้รับการตรวจสอบตามรอบการตรวจสอบเสมอ

สาเหตุ

ไมโครมิเตอร์วัดค่าผิดพลาด

การวิเคราะห์

ไม่เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากไมโครมิเตอร์ได้รับการสอบเทียบตามรอบการตรวจสอบเสมอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาเหตุ

เครื่องกลึงไม่ได้รับการบำรุงรักษาทำให้ค่าการผลิตคลาดเคลื่อน

การวิเคราะห์

ไม่เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากเครื่องกลึงได้รับการตรวจสอบตามรอบการตรวจสอบเสมอ

5. Man

สาเหตุ

พนักงานคำนวณการปรับระยะมีดกลึงผิด

การวิเคราะห์

เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากพบว่ามิชชีนงานบางส่วนที่เป็นงานเสียจากการที่พนักงานคำนวณค่าการปรับระยะมีดกลึงผิด

สาเหตุ

พนักงานใส่ค่าการปรับผิด

การวิเคราะห์

เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากการปรับค่านั้นพนักงานทำได้โดยการกดที่หน้าเครื่องจึงมีบางครั้งพนักงานอาจจะใส่ค่าผิด

สาเหตุ

พนักงานใช้งานไมโครมิเตอร์ไม่ถูกต้อง

การวิเคราะห์

ไม่เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากพนักงานได้รับการอบรมในการใช้ไมโครมิเตอร์ก่อนปฏิบัติงาน

สาเหตุ

พนักงานใส่เม็ดมีดกลึงผิดเบอร์

การวิเคราะห์

ไม่เป็นสาเหตุที่แท้จริง เนื่องจากขั้นตอนการใส่เม็ดมีดในที่จับถูกควบคุมดูแลโดยพนักงานเฉพาะ ที่ทำหน้าที่นี้โดยตรง

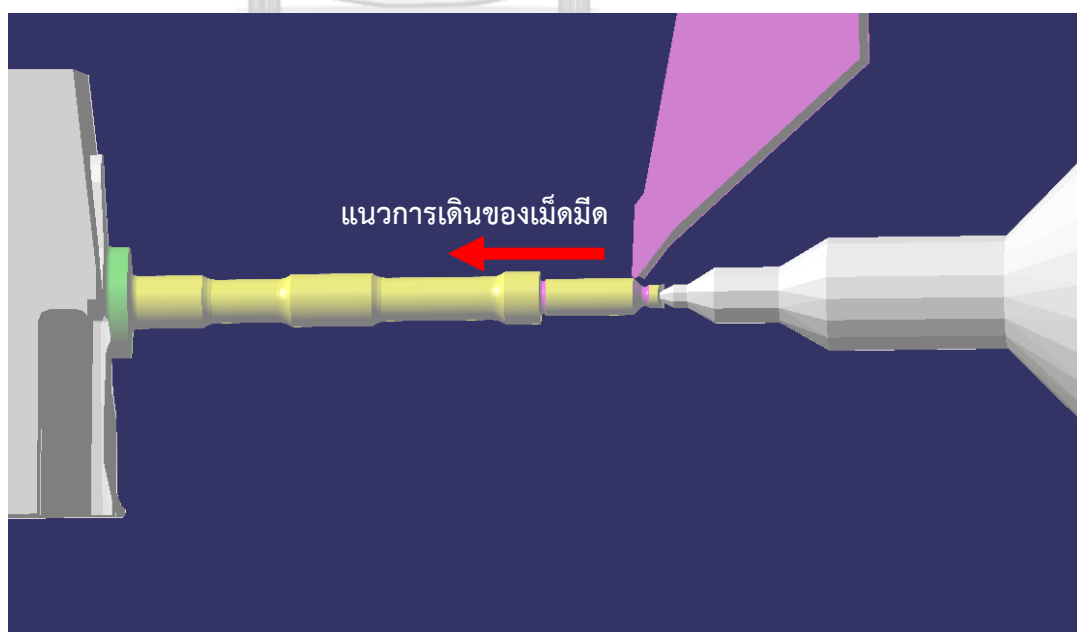
เมื่อวิเคราะห์จากแผนภูมิกำลังพบว่าสาเหตุที่มีผลกระทบต่อการทำงาน เสียจากการปรับความลึกการตัด คือ วิธีคำนวณค่าความลึกการตัดที่ใช้ พนักงาน คำนวณการปรับระยะมีดกลึงผิด และพนักงานใส่ค่าการปรับผิด

ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาทั้งหมดตามที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีแนวทางการแก้ปัญหาโดยการปรับความลึกการตัดแบบอัตโนมัติ โดยเริ่มจากการสร้างสมการเพื่อนำสมการนั้นไปใส่โปรแกรมเครื่องซีเอ็นซี เพื่อให้เครื่องปรับลึกอัตโนมัติและไม่ต้องหยุดให้พนักงานปรับค่าความลึก เพื่อป้องกันปัญหาทั้งหมดดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

ในการจะทำสมการค่าการปรับความลึกนั้น จะต้องมีค่ามาทดแทนการปรับของพนักงาน ซึ่งค่าที่สามารถใช้แทนนั้น คือ ค่าการความลึกของเม็ดมีด

เพื่อเป็นการทดสอบว่าการสึกของเม็ดมีดกลึงมีผลต่อการปรับความลึกในการตัด สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. โปรแกรมซีเอ็นซีในการกลึงชิ้นงาน มีการเดินของเม็ดมีดกลึงแนวเดิมตลอดจึงทำให้ เมื่อเม็ดมีดกลึงสึกไปแต่เม็ดมีดกลึงยังคงวิ่งแนวเดิมและความลึกการตัดเท่าเดิมตามรูปที่ 3.7 จะทำให้ชิ้นงานถูกตัดด้วยเม็ดมีดกลึงน้อยลง

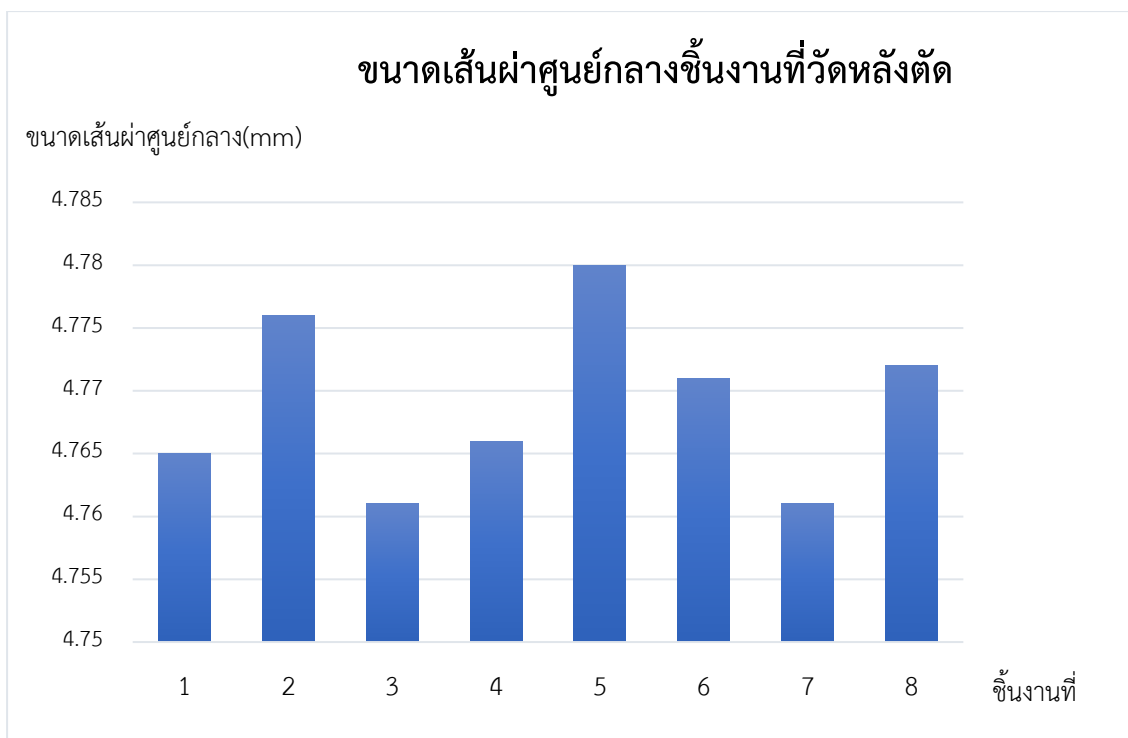


รูปที่ 3.7 แนวการเดินของเม็ดมีด

2.เมื่อได้ทดลองเก็บข้อมูลของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานในช่วงเวลาอายุเม็ดกลิ้งได้ 8 ข้อมูล เพื่อดูแนวโน้มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เปลี่ยนแปลงไปของชิ้นงานเมื่อเม็ดเม็ดตัดเริ่มสึก โดยจะมีการปรับระยะเม็ดกลิ้ง ซึ่งจะปรับแบบชิ้นงานวันชิ้นงานเพื่อไม่ให้งานเสียจะได้ค่าตามข้อมูลในError! Reference source not found.3.1 และ รูปที่ 3.8 ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานก่อนปรับระยะเม็ดเม็ดกลิ้ง ชิ้นงานที่ 1, 2, 4, 5 และ 8 มีแนวโน้มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ โดยค่าปกติของชิ้นงานคือ 4.75 ± 0.04 mm

ตารางที่ 3.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานในช่วงเวลาอายุเม็ดกลิ้งต่างๆ

ชิ้นงานที่	อายุเม็ดเม็ด (วินาที)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ชิ้นงานกึ่งสำเร็จ(mm)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ชิ้นงานที่วัดหลังตัด (mm)	ระยะปรับ (mm)
1	34	5.054	4.765	0
2	68	5.067	4.776	0
3	102	5.076	4.761	0.013
4	136	5.056	4.766	0
5	170	5.069	4.78	0
6	204	5.08	4.771	0.015
7	238	5.07	4.761	0.01
8	272	5.065	4.772	0



รูปที่ 3.8 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานที่วัดหลังตัด

ในการดำเนินการของวิทยานิพนธ์นี้ ได้เลือกชิ้นงาน A มาเป็นชิ้นงานในการทำวิจัยเนื่องจากชิ้นงาน A เป็นชิ้นงานที่มีการผลิตมากที่สุด ซึ่งชิ้นงาน A ทำจากวัสดุอินโคเนล และเม็ดมิดที่สนใจคือ เม็ดมิดชื่อ VCMT160404 AH8015 ของยี่ห้อ Tungaloy เหตุผลที่เลือกเม็ดมิดมาใช้ทดลองเนื่องจากเม็ดมิดนี้มีอายุการใช้งานเม็ดมิด 272 วินาที ซึ่งไม่สั้นและไม่ยาวจนเกินไป ซึ่งเม็ดมิดกลึงนี้ทำมาจากวัสดุคาร์ไบด์และเคลือบผิว (Coating) ด้วย ALTiN ซึ่งขั้นตอนในการปฏิบัติงานของเม็ดมิดนี้ มีรายละเอียดดังนี้

1. พนักงานกดปุ่มให้เครื่องเริ่มดำเนินการจนกระทั่งเครื่องตัดชิ้นงานได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกึ่งสำเร็จซึ่งใช้เวลา 23 วินาที จากนั้นเครื่องจะหยุดทำงาน และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกึ่งสำเร็จมีขนาด 5.05 ± 0.04 mm
2. เมื่อเครื่องหยุดทำงานพนักงานจะทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกึ่งสำเร็จด้วยไมโครมิเตอร์ตามรูปที่ 3.2 แล้วใส่ค่าการปรับความลึกการตัดบนหน้าจอของเครื่องกึ่งตามรูปที่ 3.3 เพื่อให้ชิ้นงานกึ่งสำเร็จได้ขนาดที่สำเร็จ

3. พนักงานกดปุ่มให้เครื่องเริ่มดำเนินการจนเครื่องกีดขวางงานได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสำเร็จซึ่งใช้เวลา 11 นาที จากนั้นเครื่องจะหยุดทำงาน

4. พนักงานนำชิ้นงานออกจากเครื่องกลึงซีเอ็นซีเพื่อนำไปวัดขนาดอีกครั้งด้วยเครื่องซีเอ็มเอ็ม

3.3 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองของงานวิจัยนี้ คือ การเก็บข้อมูลเพื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการสึกหรอของเม็ดกลึง กับอายุเม็ดเม็ดกลึง เพื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองไปสร้างสมการเพื่อใช้ในการปรับความลึกการตัด

3.4 การกำหนดปัจจัยในการทดลอง

ปัจจัยที่มีผลต่อการสึกหรอของเม็ดเม็ด คือ เวลาที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานของเม็ดเม็ดกลึง VCMT160404 AH8015 ซึ่งการวิจัยนี้ได้วัดขนาดของการสึกของเม็ดกลึง ช่วงเวลาต่างๆ

การเก็บข้อมูลจะเก็บข้อมูลทุกๆ 34 วินาทีจนถึงวินาทีที่ 272 ซึ่งเป็นเวลาที่เม็ดเม็ดสึกจนเสียหายและไม่สามารถใช้งานได้อีกตามข้อมูลที่แผนกวิศวกรรมเก็บข้อมูลได้ เนื่องจากทรัพยากรที่จำกัดในการเก็บข้อมูลทำให้ในแต่ละช่วงอายุเม็ดเม็ดนั้นจะสามารถเก็บข้อมูลแต่ละช่วงเวลาได้ ช่วงละ 4 ค่า โดยการออกแบบการทดลองจะเป็นไปตามตารางที่

3.2

ตารางที่ 3.2 แผนการทดลอง

เม็ดเม็ดที่	มุมเม็ดที่	เวลาที่ใช้ในการกลึง(วินาที)
1	1	34
1	2	34

ตารางที่ 3.2 แผนการทดลอง(ต่อ)

เมื่อดมิตที่	มุ่มมิตที่	เวลาที่ใช้ในการกลึง(วินาที)
2	1	34
2	2	34
3	1	68
3	2	68
4	1	68
4	2	68
5	1	102
5	2	102
6	1	102
6	2	102
7	1	136
7	2	136
8	1	136
8	2	136
9	1	170
9	2	170
10	1	170
10	2	170
11	1	204
11	2	204
12	1	204
12	2	204

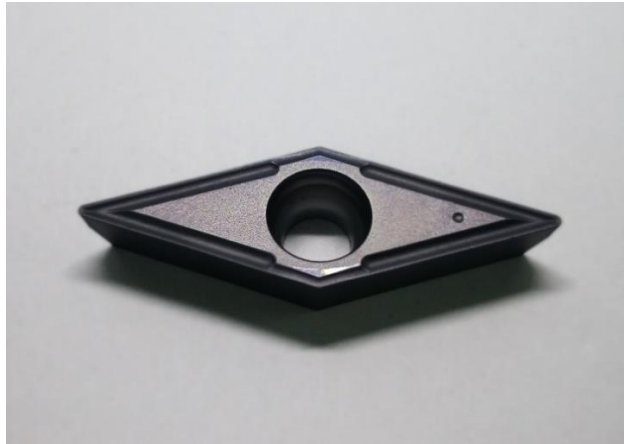
ตารางที่ 3.2 แผนการทดลอง(ต่อ)

เม็ดมิตที่	มุมมิตที่	เวลาที่ใช้ในการกลึง(วินาที)
13	1	238
13	2	238
14	1	238
14	2	238
15	1	272
15	2	272
16	1	272
16	2	272

3.5 วัสดุและเครื่องมือในการทดลอง

1. เม็ดมิตกลึง VCMT160404 AH8015

เม็ดมิตกลึง VCMT160404 AH8015 เป็นเม็ดมิตที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งได้กล่าวถึงรายละเอียดแล้วในหัวข้อ 2.3 รูปเม็ดมิตกลึง VCMT160404 AH8015 ตามรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 เม็ดมิดกลึง VCMT160404 AH801

2. เครื่องกลึงซีเอ็นซี

เครื่องกลึงซีเอ็นซี ใช้ในการผลิตชิ้นงาน A ในขั้นตอนของการกลึงชิ้นงานซึ่งการปรับลึงชิ้นงานก็ถูกทำในเครื่องนี้ รูปของเครื่องซีเอ็นซีตามรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 เครื่องกลึงซีเอ็นซี

3. กล้องไมโครสโคป Vitiny

กล้องไมโครสโคปถูกใช้งานในขั้นตอนการวัดขนาดความลึกของเม็ดมีด รูปของเครื่องไมโครสโคปตามรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 กล้องไมโครสโคป Vitiny

4. ปากกาจับงาน

ปากกาจับงานใช้สำหรับจับเม็ดมีดให้คงที่ในการวัดความลึกเม็ดมีดด้วยกล้องไมโครสโคป รูปของปากกาจับงานตามรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ปากกาจับงาน

5. บล็อกพลาสติกช่วยยึดเม็ดมีด

บล็อกพลาสติกช่วยยึดเม็ดมีด ช่วยในการจับยึดเม็ดมีดขณะเม็ดมีดอยู่ในปากกาจับงาน เพื่อช่วยให้เม็ดมีดหันในมุมและด้านที่ถูกต้องในขณะวัดความลึกเม็ดมีด รูปของบล็อกพลาสติกช่วยยึดเม็ดมีดตามรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 บล็อกพลาสติกช่วยยึดเม็ดมีด

6. บล็อกเกจ

บล็อกเกจใช้สำหรับสอบเทียบเครื่องไมโครสโคปก่อนเริ่มใช้งาน รูปของบล็อกเกจตามรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 บล็อกเกจ

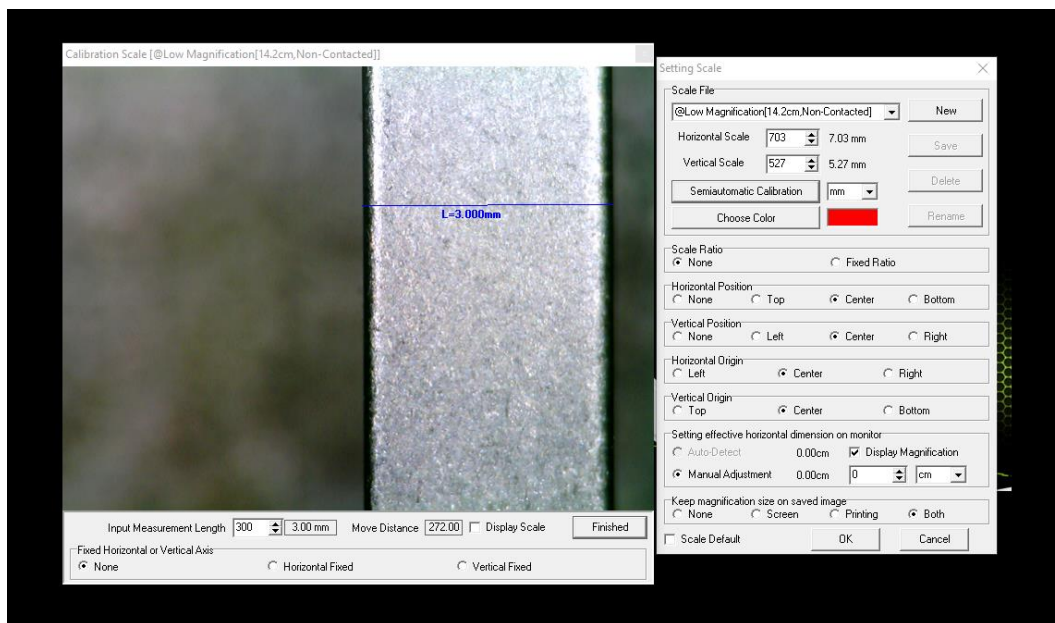
3.6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. เซตการเก็บค่าเม็ดมิดกึ่งที่จะต้องเก็บค่าเม็ดมิดกึ่งที่อายุการใช้งานของแต่ละเม็ดมิดกึ่งที่เวลาต่างๆ ซึ่งได้ค่าตามตารางที่ 3.2
2. นำชิ้นงานเข้าเครื่องกลึงเพื่อใช้เม็ดมิดกึ่ง กลึงชิ้นงานแล้วเก็บเม็ดมิดกึ่งแต่ละอันในระยะเวลาต่างๆ
3. จับมิดกึ่งเข้ากับปากกาจับงานและบล็อกพลาสติกตามรูปที่ 3.15



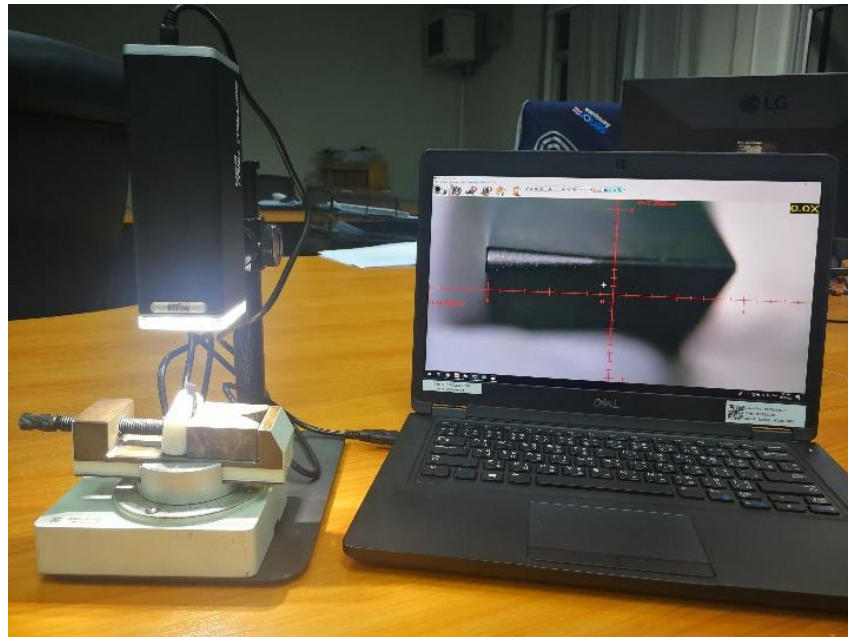
รูปที่ 3.15 การยึดจับเม็ดมิด ด้วยปากกาจับงานและบล็อกพลาสติก

4 เชื่อมต่อไมโครสโคปกับคอมพิวเตอร์ และสอบเทียบเครื่องไมโครสโคปด้วย บล็อกเกจก่อนวัดรอยสึกบนเม็ดมีดกลึงตามรูปที่ 3.16

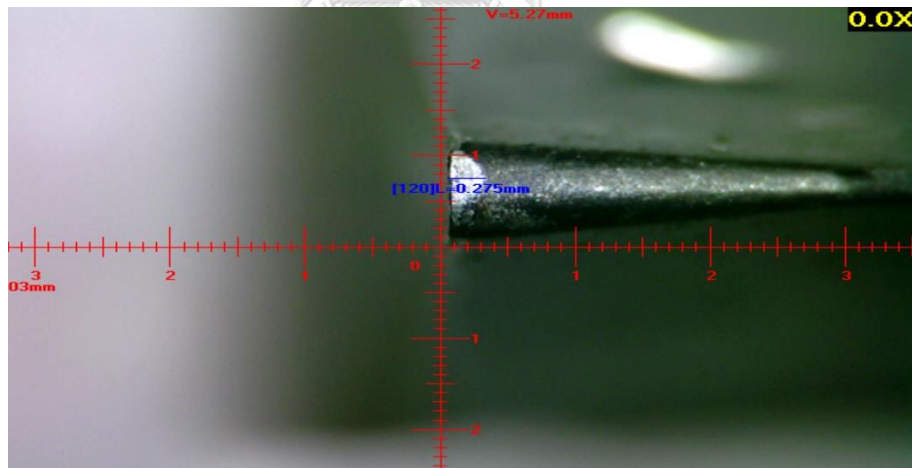


รูปที่ 3.16 แสดงการสอบเทียบเครื่องไมโครสโคปด้วยบล็อกเกจ

5. นำเม็ดมีดกลึงที่เก็บค่า มาวัดระยะค่าของความลึกของเม็ดมีดกลึงด้วยกล้องไมโครสโคปโดยการดูภาพและวัดผ่านโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ตามรูปที่ 3.17 และรูปที่ 3.18 และบันทึกค่า



รูปที่ 3.17 การวัดงานด้วยไมโครสโคปผ่านคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการวัดระยะการสึกด้วยโปรแกรมจากกล้องไมโครสโคป

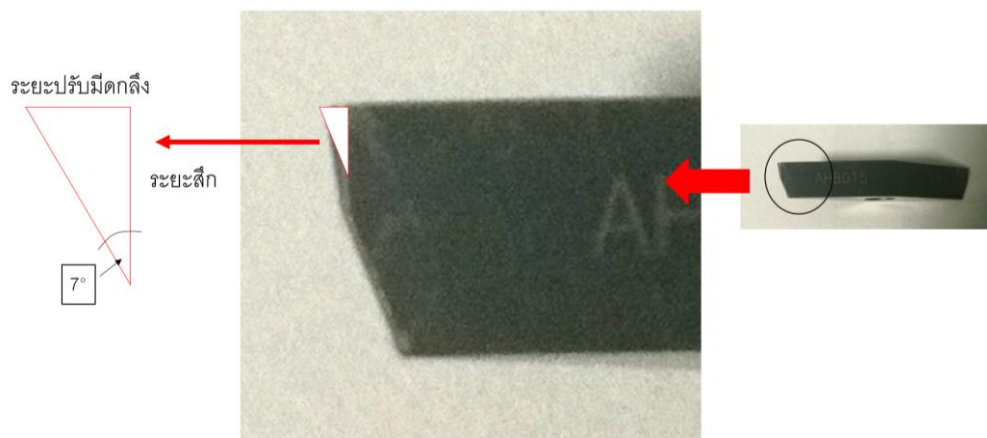
6. นำค่าการสึกของเม็ดมีดกลึงที่วัดได้ พล็อตกราฟกับเวลาที่ใช้ในการตัดมีดกลึง
7. วิเคราะห์กราฟ ค่าความสัมพันธ์ ระหว่าง ค่าความสึกของเม็ดมีดกลึง กับเวลาที่ใช้ในการกลึงของเม็ดมีดกลึงแต่ละเม็ด

8. นำค่าระยะความลึก มาวิเคราะห์หาค่าการปรับความลึกการตัดซึ่งบริเวณความลึกของเม็ดมีดตามรูปที่ 3.20 เนื่องจากค่าความลึกที่วัดได้นั้นยังไม่ใช่ค่า ที่สามารถนำมาปรับความลึกการตัดได้ แต่สามารถคำนวณหาค่าการปรับความลึกการตัดได้ด้วยการคำนวณด้วยสูตรตรีโกณมิติด้วยค่าความลึกที่วัดได้และมุมมีดที่มีขนาด 7 องศา ตามสมการ (3-2) ซึ่งอธิบายได้ตามรูปที่ 3.19

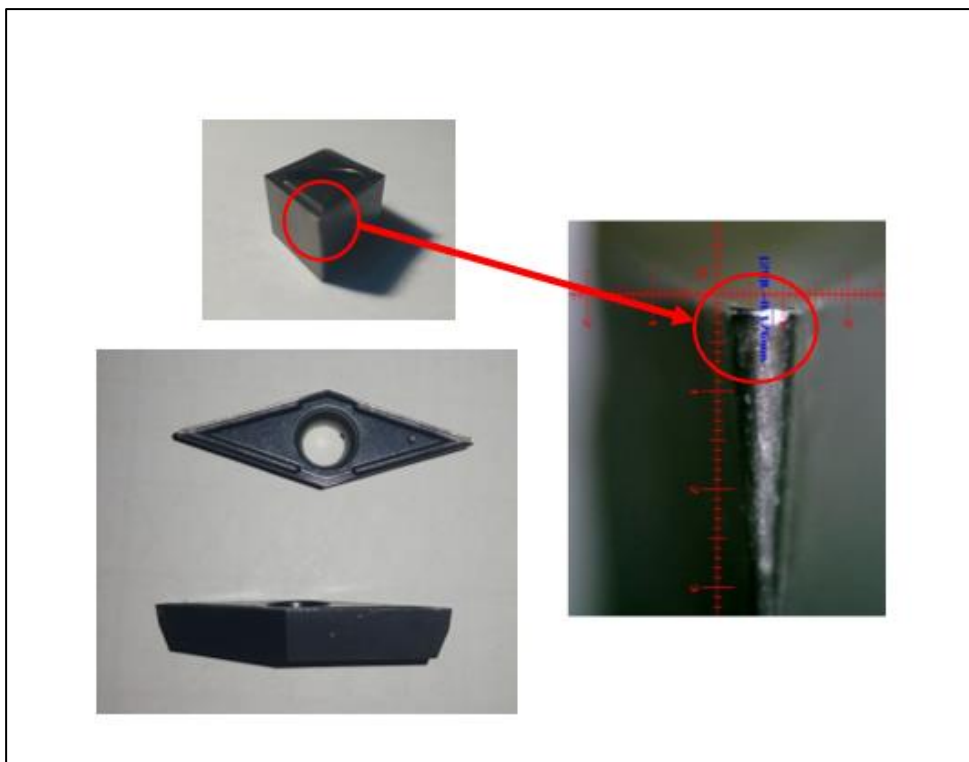
$$\tan 7^\circ = \frac{A}{W} \quad (3-2)$$

A = ระยะปรับเม็ดมีดกลึง(mm)

W = ระยะลึกเม็ดมีดกลึง(mm)



รูปที่ 3.19 ค่าปรับความลึกที่สัมพันธ์กับ ระยะลึกและมุมมีด ในรูปแบบพีทาโกรัส



รูปที่ 3.20 บริเวณความสึกด้านข้างคมตัดของมีดมีด

9. นำค่าการปรับความสึกการตัดที่คำนวณได้จากค่าการสึกของมีดมีดมาทำ Curve fitting เพื่อสร้างสมการการปรับความสึกการตัดในช่วงอายุมีดมีดตัดต่างๆ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ได้แก่ ระยะเวลาของการสึกหรอของมีดมีดกลึง ในช่วงเวลาของอายุมีดมีดกลึงต่างๆ
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่าง ระยะเวลาของการสึกหรอของมีดมีดกลึง และ ช่วงเวลาของอายุมีดมีดกลึงต่างๆ
3. การคำนวณ หาค่าที่ต้องปรับความสึกการตัด จากค่าการสึกของมีดมีดกลึง

4. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่าง ช่วงเวลาของอายุเมื่อดมิตกสิ่งต่างๆ และ ระยะ
ปรับความลึกการตัด



บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลอง เพื่อศึกษาระยะเวลาการสีกของเม็ดมีดกลึงในการใช้งานของแต่ละช่วงของอายุเม็ดมีด และใช้ข้อมูลที่ได้ในการหาค่าความสัมพันธ์ของการปรับความลึกการตัดและอายุเม็ดมีด เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดไปสร้างสมการการปรับความลึกการตัดด้วยการ Curve fitting

4.1 ผลการทดลอง

หลังจากที่ได้เก็บเม็ดมีดกลึงตามค่าที่ได้ออกแบบการทดลองในตารางที่ 3.2 และได้นำเม็ดมีดกลึงมาวัดระยะสีกด้วยกล้องไมโครสโคป ในแต่ละช่วงของเม็ดมีดจะได้ผลตามตารางที่ 4.1 และเมื่อนำค่ามาพล็อตกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างระยะของการสีกหรือของเม็ดมีดกลึง และช่วงเวลาของอายุเม็ดมีดกลึงต่างๆก็จะได้ ตามรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าระยะสีกของเม็ดมีดกลึงในช่วงอายุของเม็ดมีดกลึงต่างๆ

เม็ดมีดกลึง ตัวที่	คมตัดด้านที่	อายุเม็ดมีดกลึง (วินาที)	ระยะสีก (mm)	ค่าเฉลี่ย
1	1	34	0.121	0.121
	2	34	0.11	
2	1	34	0.121	
	2	34	0.132	
3	1	68	0.132	0.132
	2	68	0.132	
4	1	68	0.143	
	2	68	0.121	

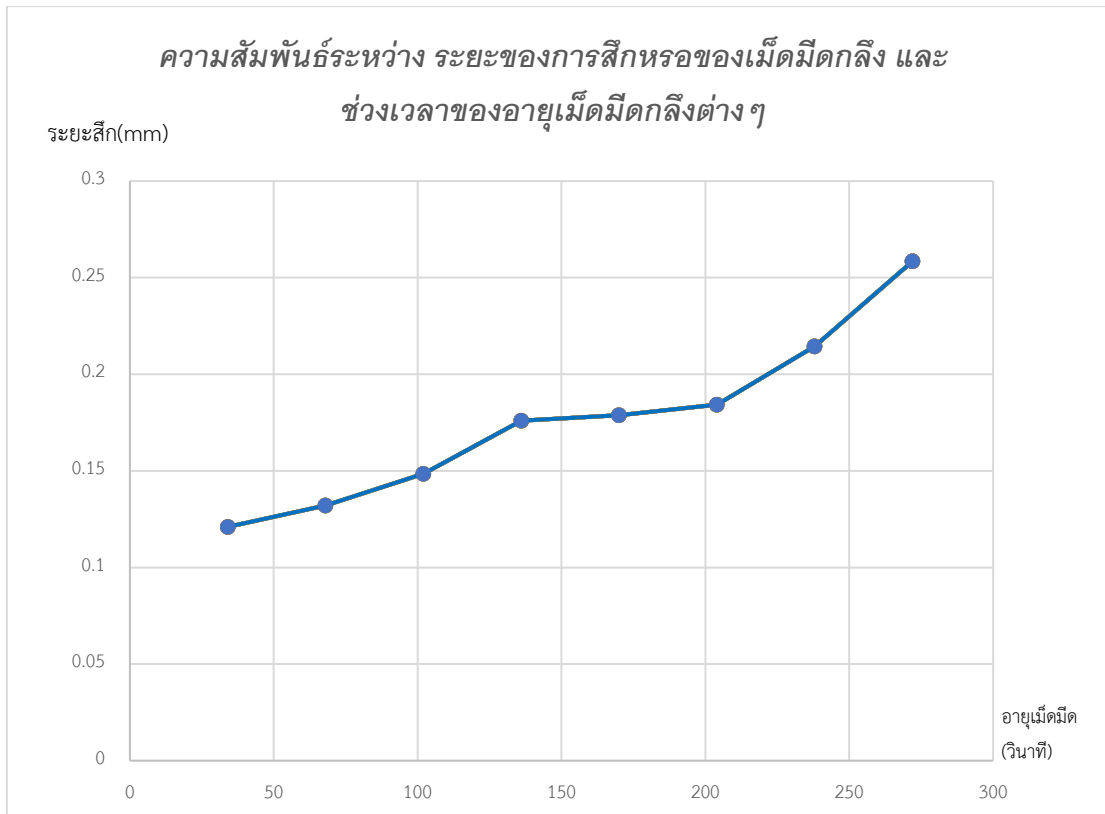
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าระยะสีกของเม็ดมีดกึ่งในช่วงอายุของเม็ดมีดกึ่งต่างๆ (ต่อ)

เม็ดมีดกึ่ง ตัวที่	คมตัดด้านที่	อายุเม็ดมีดกึ่ง (วินาที)	ระยะสีก (mm)	ค่าเฉลี่ย
5	1	102	0.143	0.1485
	2	102	0.154	
6	1	102	0.154	
	2	102	0.143	
7	1	136	0.187	0.176
	2	136	0.165	
8	1	136	0.176	
	2	136	0.176	
9	1	170	0.176	0.17875
	2	170	0.176	
10	1	170	0.187	
	2	170	0.176	
11	1	204	0.176	0.18425
	2	204	0.187	
12	1	204	0.176	
	2	204	0.198	
13	1	238	0.264	0.2145
	2	238	0.198	
14	1	238	0.209	
	2	238	0.187	

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าระยะสีกของเม็ดมีดกลึงในช่วงอายุของเม็ดมีดกลึงต่างๆ (ต่อ)

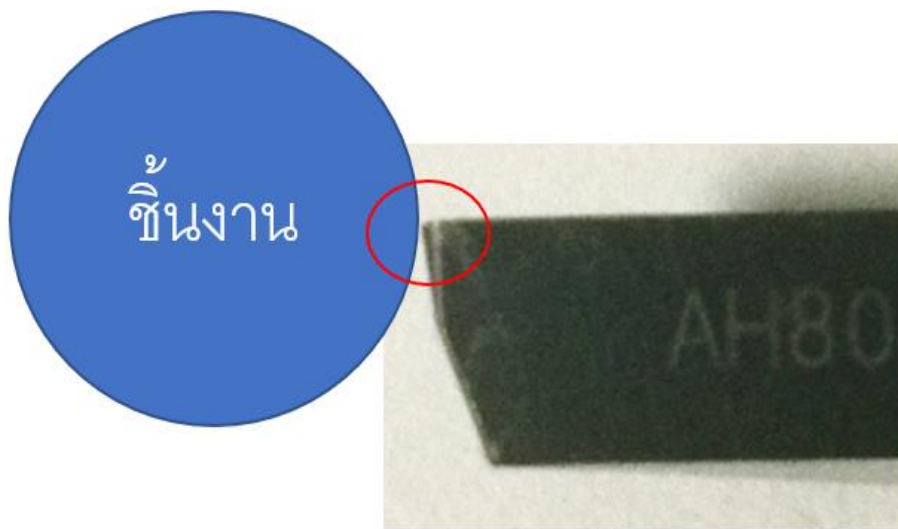
เม็ดมีดกลึง ตัวที่	คมตัดด้านที่	อายุเม็ดมีดกลึง (วินาที)	ระยะสีก (mm)	ค่าเฉลี่ย
15	1	272	0.264	0.2585
	2	272	0.253	
16	1	272	0.242	
	2	272	0.275	

จาก ตารางที่ 4.1 จะพบว่าค่าที่เก็บมาได้นั้นมีทั้งหมด 32 ค่า โดยเป็นค่าของแต่ละอายุเม็ดมีดมีทั้งหมดช่วงละ 4 ค่า และได้มีการนำทั้ง 4 ค่ามาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำค่าเฉลี่ยมาสร้างเป็นกราฟระหว่าง ระยะของการสึกหรอของเม็ดมีดกลึง และ ช่วงเวลาของอายุเม็ดมีดกลึงต่างๆ ได้แก่ 34, 68, 102, 136, 170, 204, 238 และ 272 ตามรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะของการสึกหรอของเม็ดมีดกลึง และ ช่วงเวลาของอายุเม็ดมีดกลึงต่างๆ

เนื่องจากค่าระยะสึกเม็ดมีดกลึงที่วัดได้นั้น ยังไม่ใช่ระยะที่ใช้สำหรับการปรับความลึกการตัดของเม็ดมีดกลึง ซึ่งจากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่า ด้านที่ควรใช้เป็นระยะการปรับความลึกมีดกลึง คือ ด้านที่เม็ดมีดกลึงสัมผัสกับชิ้นงานเป็นส่วนแรก เนื่องจากเราทราบว่ามุมตัดของเม็ดมีดกลึงนั้นคือ 7 องศา ดังนั้นเราจะสามารถหาค่าการปรับด้วยการคำนวณจากระยะสึกเม็ดมีด และมุมตัดตามรูปที่ 3.19 และสามารถคำนวณได้ตามสมการ (3-2)



รูปที่ 4.2 จุดสัมผัสระหว่างเม็ดมีดกลึงกับชิ้นงาน

และเมื่อคำนวณค่าระยะปรับความลึก จากสมการ(3-2) ในแต่ละช่วงเวลา จะได้ผลตามตารางที่ 4.2 และเมื่อนำค่ามาสร้างกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะปรับของเม็ดมีดกลึง และ ช่วงเวลาของอายุเม็ดมีดกลึงต่างๆก็จะได้ ตามรูปที่ 4.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าระยะปรับความลึกเม็ดมีดกลึงในช่วงอายุของเม็ดมีดกลึงต่างๆ

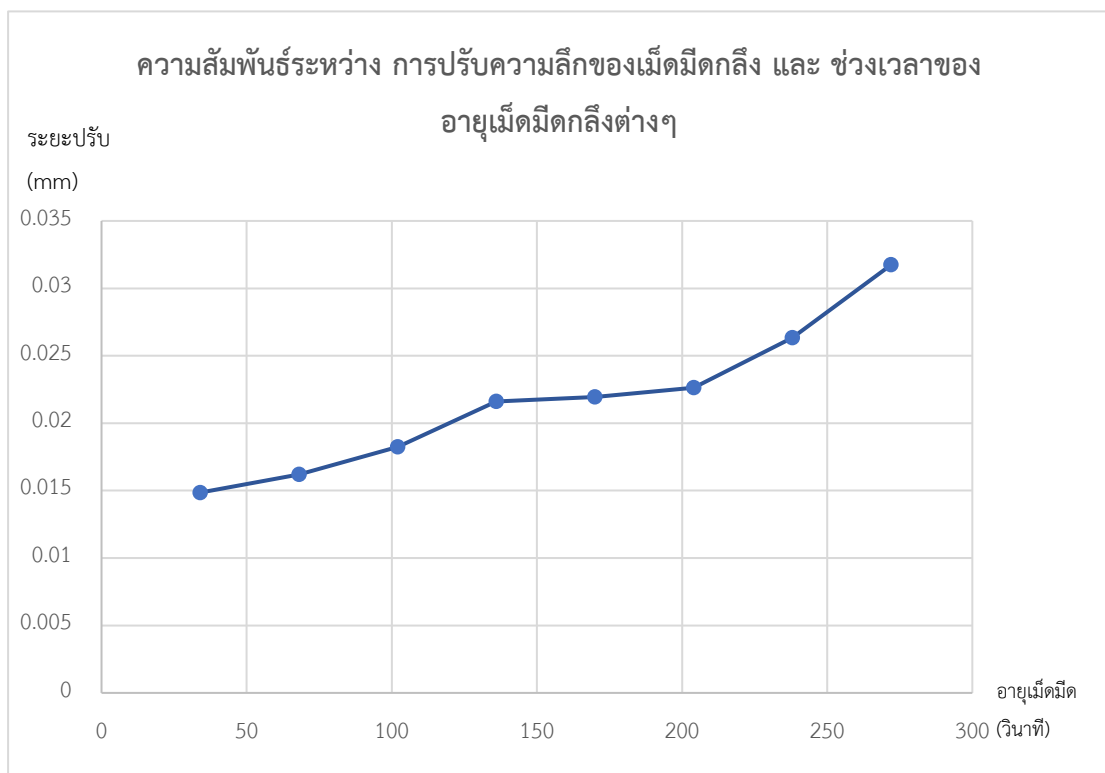
เม็ดมีดกลึง ตัว ที่	คมตัดด้าน ที่	อายุเม็ดมีด กลึง(วินาที)	ระยะลึก (mm)	ค่าเฉลี่ย	ระยะปรับ(mm) = $\tan 7^\circ * \text{ระยะ}$ ลึก
1	1	34	0.121	0.121	0.0149
	2	34	0.11		
2	1	34	0.121		
	2	34	0.132		

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าระยะปรับความลึกเม็ดมีดกลึงในช่วงอายุของเม็ดมีดกลึงต่างๆ(ต่อ)

เม็ดมีดกลึง ตัว ที่	คมตัดด้าน ที่	อายุเม็ดมีด กลึง(วินาที)	ระยะลึก (mm)	ค่าเฉลี่ย	ระยะปรับ(mm) = $\tan 7^\circ$ * ระยะ ลึก
3	1	68	0.132	0.132	0.0162
	2	68	0.132		
4	1	68	0.143		
	2	68	0.121		
5	1	102	0.143	0.1485	0.0182
	2	102	0.154		
6	1	102	0.154		
	2	102	0.143		
7	1	136	0.187	0.176	0.0216
	2	136	0.165		
8	1	136	0.176		
	2	136	0.176		
9	1	170	0.176	0.17875	0.0219
	2	170	0.176		
10	1	170	0.187		
	2	170	0.176		
11	1	204	0.176	0.18425	0.0226
	2	204	0.187		
12	1	204	0.176		
	2	204	0.198		

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าระยะปรับความลึกเม็ดมีดกลึงในช่วงอายุของเม็ดมีดกลึงต่างๆ(ต่อ)

เม็ดมีดกลึง ตัว ที่	คมตัดด้าน ที่	อายุเม็ดมีด กลึง(วินาที)	ระยะลึก (mm)	ค่าเฉลี่ย	ระยะปรับ(mm) = $\tan 7^\circ * \text{ระยะ}$ ลึก
13	1	238	0.264	0.2145	0.0263
	2	238	0.198		
14	1	238	0.209		
	2	238	0.187		
15	1	272	0.264	0.2585	0.0317
	2	272	0.253		
16	1	272	0.242		
	2	272	0.275		

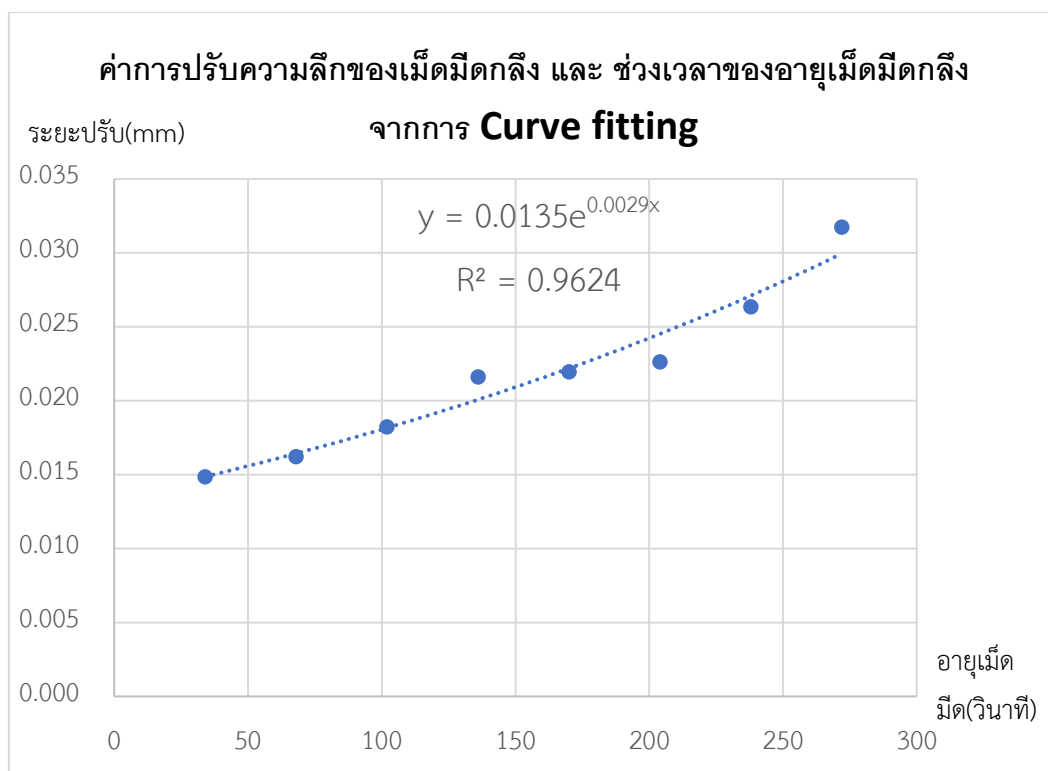


รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง การปรับความลึกของเม็ตมีดกลึง และ ช่วงเวลาของอายุเม็ตมีดกลึงต่างๆ

จากรูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะของการสึกหรอของเม็ตมีดกลึง และ ช่วงเวลาของอายุเม็ตมีดกลึงต่างๆ และรูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง การปรับความลึกของเม็ตมีดกลึง และ ช่วงเวลาของอายุเม็ตมีดกลึงต่างๆ จะพบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อายุเม็ตมีดกลึงกับการสึก และ ระยะปรับ มีลักษณะเป็น เอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งมีลักษณะเป็นไปตามทฤษฎีตามรูปที่ 2.3

4.2 การสร้างสมการระยะปรับความลึก

เมื่อนำข้อมูลของค่าระยะการปรับ และ อายุเม็ดมีดกลึง ตามตารางที่ 4.3 มาทำการ Curve fitting เพื่อสร้างสมการทำให้สามารถสร้างกราฟ และสมการเพื่อหาค่าการปรับความลึกทำได้กราฟ ตามรูปที่ 4.4 และ ได้สมการตามสมการที่ (4-1) ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.9624$



รูปที่ 4.4 ค่าการปรับความลึกและช่วงเวลาของอายุเม็ดมีดกลึงต่างๆ จากการ Curve fitting

$$y = 0.0135e^{0.0029x} \quad (4-1)$$

y = ระยะปรับความลึก(mm)

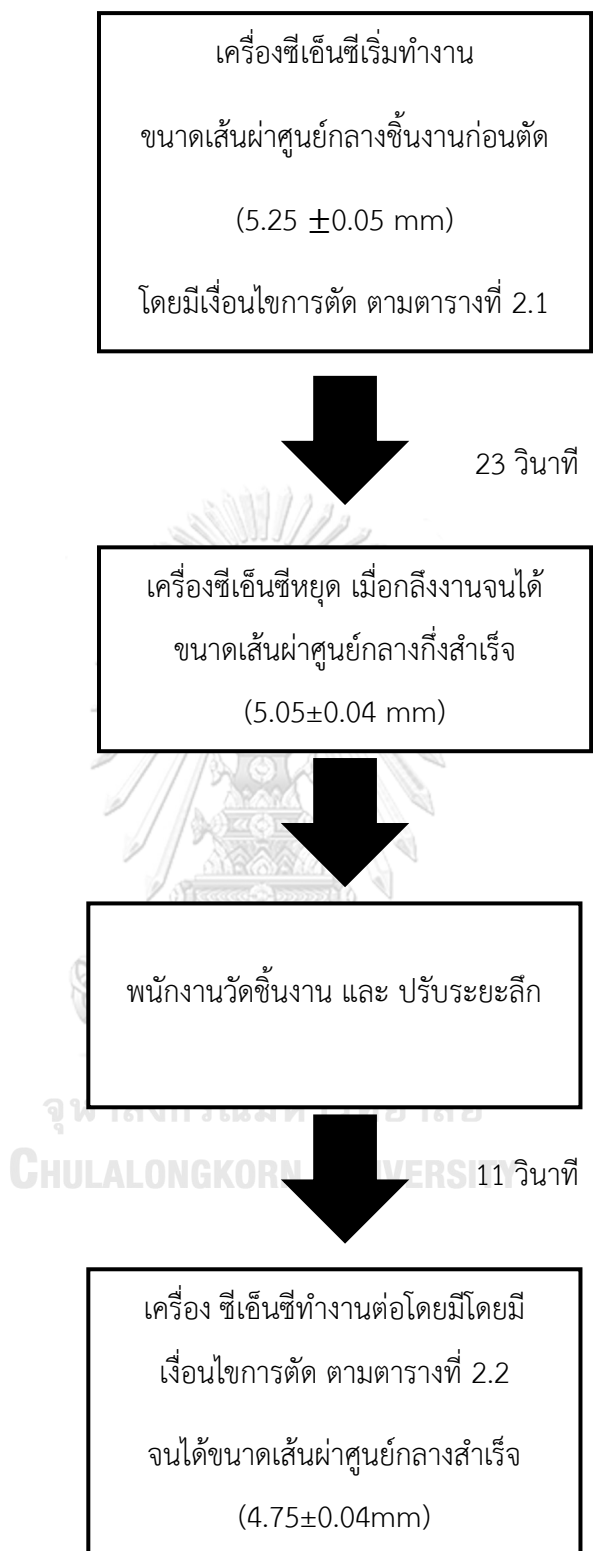
x = ช่วงเวลาของอายุเม็ดมีดกลึง(วินาที)

4.3 การทดลองผลิตงานด้วยค่าการปรับความลึกจากสมการ

เพื่อเป็นการทดสอบว่าสมการที่ได้มาจากการCurve fitting นั้น ถูกต้องหรือไม่ จึงต้องนำค่าอายุเม็ดมิดที่ต้องการปรับ มาใส่ตามสมการ (4-1) เพื่อให้ได้ค่าการปรับลึก

เนื่องจากการปรับระยะลึก ทำในขั้นตอนหลังจากที่เครื่องซีเอ็นซี เริ่มทำงานจนได้ขนาดกึ่งสำเร็จ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.05 mm ซึ่งใช้เวลาทั้งหมด 23วินาที ตามขั้นตอนในรูปที่ 4.5 ดังนั้น การปรับจึงเกิดขึ้นในวินาทีที่ 23, 57, 91, 125, 159, 193, 227 และ261



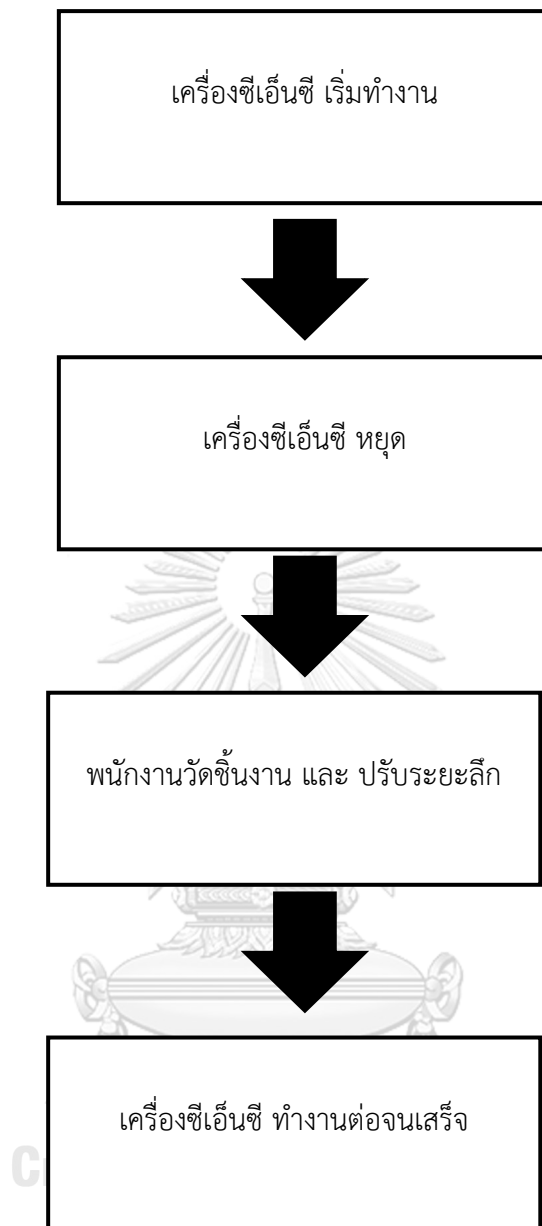


รูปที่ 4.5 ขั้นตอนการปรับระยะเยลิกในระหว่างเครื่องซีเอ็นซี ทำงาน

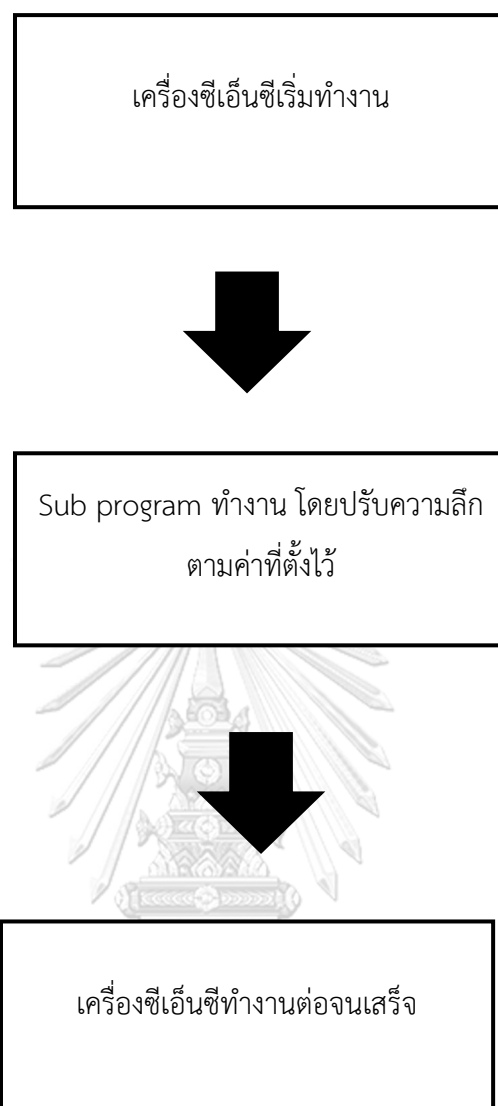
เมื่อนำค่าอายุเม็ดมีดมาใส่สมการ(4-1) จะได้ค่าระยะปรับความลึกการตัด ตามตารางที่ 4.3 ซึ่งการใส่ค่าการปรับลึกนั้นจะใส่ค่าโดยการสร้าง Sub program ของซีเอ็นซี โปรแกรม ซึ่งใน Sub program นั้นจะใส่ค่าการปรับลึกที่ได้จากสมการ เพื่อให้เครื่องซีเอ็นซี สามารถตัดชิ้นงานได้จนเสร็จตามรูปที่ 4.7 โดยไม่ต้องหยุดเพื่อวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานเพื่อใส่ค่าการปรับตามรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.3 ระยะการปรับที่ได้จากการแทนค่าสมการ

อายุเม็ดมีดกลึง (วินาที)	ระยะปรับ (mm)
23	0.014
57	0.016
91	0.018
125	0.019
159	0.021
193	0.024
227	0.026
261	0.029



รูปที่ 4.6 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี แบบเดิม



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.7 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี แบบใหม่

และเมื่อนำค่าการปรับที่คำนวณมาได้ตามตารางที่ 4.3 มาใช้ในการปรับความลึกในการผลิตชิ้นงาน โดยการนำสมการไปใส่ใน Sub program เป็นจำนวน 8 ชั้น จะได้ค่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานสำเร็จ ตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานที่ผลิตตามการปรับจากสมการ

อายุเม็ดมีดกลึง (วินาที)	ระยะปรับ (mm)	ค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ของชิ้นงานที่ผลิตตามการ ปรับ(mm)
23	0.014	4.758
57	0.016	4.744
91	0.018	4.742
125	0.019	4.749
159	0.021	4.746
193	0.024	4.753
227	0.026	4.758
261	0.029	4.754

เพื่อเป็นการเปรียบเทียบค่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน ที่ได้ทำการปรับความลึกด้วยพนักงานและการปรับระยะลึกด้วยสมการที่ได้ จึงได้เก็บข้อมูลค่าปรับความลึกจากการปรับของพนักงาน รวมถึงค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานถึงสำเร็จ และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานที่ได้หลังจากการปรับตามจึงทำให้ได้ค่าตาม ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ระยะปรับความลึกที่ได้จากการปรับของพนักงานและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานสำเร็จหลังการปรับ

อายุเม็ดมีดกลึง (วินาที)	ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางถึง สำเร็จ(mm)	ระยะปรับความลึก (mm)	ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง สำเร็จ(mm)
23	5.055	0.000	4.764
57	5.065	0.0075	4.769
91	5.075	0.0125	4.775
125	5.082	0.02	4.730
159	5.070	0.025	4.705
193	5.048	0.000	4.757
227	5.056	0.000	4.760
261	5.060	0.005	4.765

เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำระหว่างค่าที่ได้จากการปรับของพนักงานกับค่าที่ได้จากสมการ จึงได้นำค่าขนาดชิ้นงานปกติที่ได้จากการปรับของพนักงานและที่ได้จากสมการ มาคำนวณเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน ตามสมการที่(5-1)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน} = \frac{X_{\text{mea}} - X_t}{X_t} \times 100 \quad (5-1)$$

X_{mea} คือ ค่าขนาดชิ้นงานที่วัดได้(mm)

X_t คือ ค่าปกติของชิ้นงาน(mm)

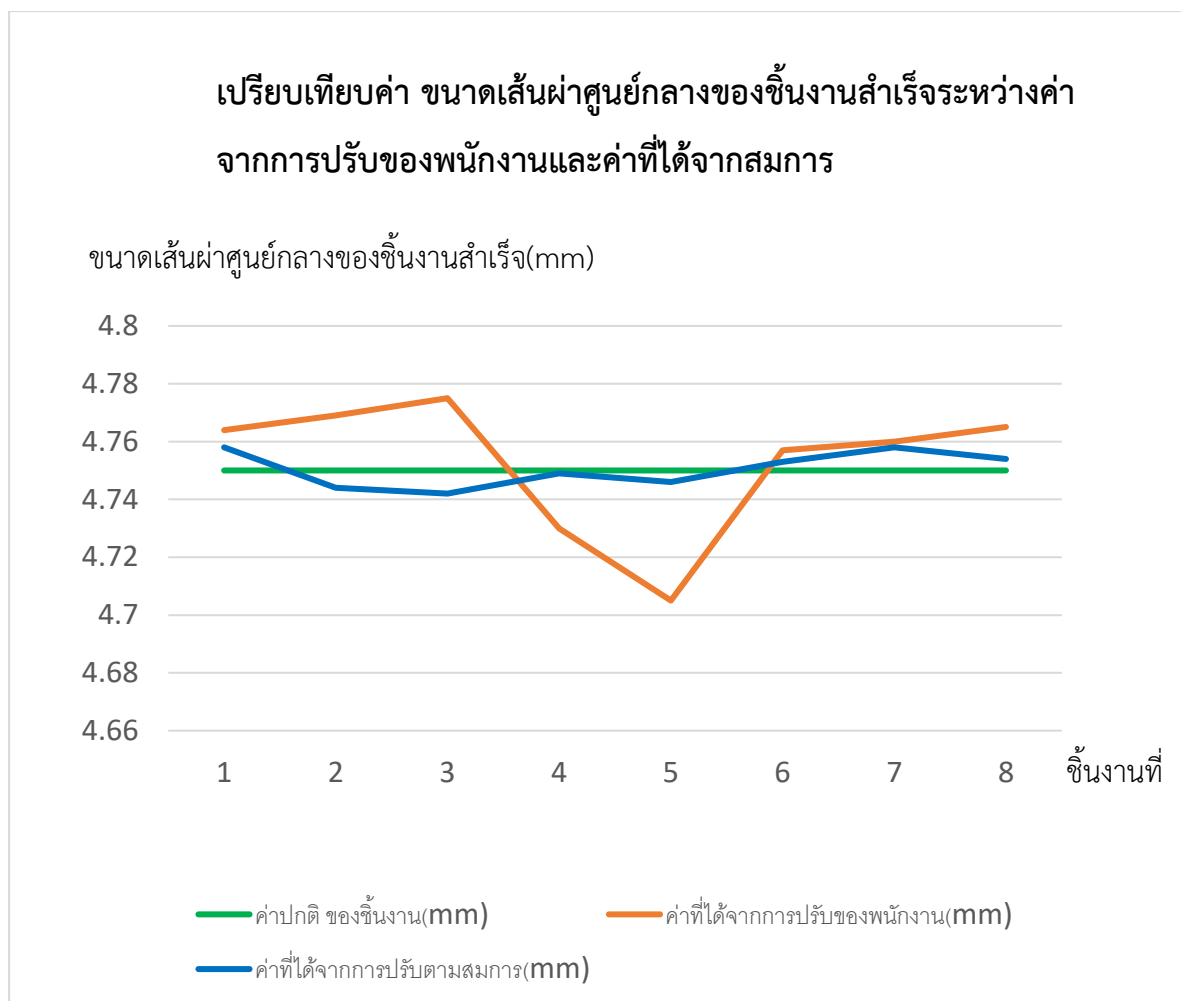
เมื่อแทนค่าขนาดชิ้นงานที่ได้จากการปรับค่าโดยพนักงาน และขนาดของชิ้นงานที่ได้จากสมการ เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจะทำให้ได้ค่าของข้อมูลทั้งหมดตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

อายุเม็ดมีด กลึง(วินาที)	ค่าปกติ ของ ชิ้นงาน (mm)	ค่าที่ได้จากการปรับของพนักงาน			ค่าที่ได้จากการปรับตามสมการ	
		ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ชิ้นงานที่สำเร็จ (mm)	ค่าการวัด ชิ้นงานหลัง การปรับ (mm)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อนจากค่า ปกติ	ค่าการวัดชิ้นงาน หลังการปรับ (mm)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อนจากค่า ปกติ
23	4.75	5.055	4.764	0.295	4.758	0.168
57	4.75	5.065	4.769	0.4	4.744	0.126
91	4.75	5.075	4.775	0.526	4.742	0.168
125	4.75	5.082	4.73	0.421	4.749	0.021
159	4.75	5.07	4.705	0.947	4.746	0.084
193	4.75	5.048	4.757	0.147	4.753	0.063
227	4.75	5.056	4.76	0.211	4.758	0.168
261	4.75	5.06	4.765	0.316	4.754	0.084

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.6 จะพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของการปรับตามสมการ นั้นมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการปรับของพนักงาน ซึ่งเป็นข้อสรุปได้ว่าการปรับค่าความลึก การตัดในการผลิตงานโดยใช้สมการเพื่อปรับค่าอัตโนมัติในซีเอ็นซีโปรแกรมนี้ทำให้ได้ ค่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานที่ดีกว่า ซึ่งเมื่อสร้างกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน จะได้ตามรูปที่ 4.8 รูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบค่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานสำเร็จระหว่างค่าจากการปรับของพนักงานและค่าที่ได้จากสมการ

จากรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่ากราฟของค่าการปรับตามสมการนั้น มีค่าที่ใกล้เคียงกราฟของค่าปกติ มากกว่ากราฟของค่าที่ได้จากการปรับของพนักงาน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสึกของเม็ดมีด และ เวลาที่ใช้เม็ดมีด เพื่อการหาค่าการปรับในการผลิต ในช่วงอายุการใช้เม็ดมีดในช่วงเวลา ต่างๆ โดยการศึกษาจากค่าการสึกของเม็ดมีด

5.1 สรุปผลการวิจัย

สมการการทำนายการปรับความลึกของเม็ดมีดได้ถูกทำขึ้น ซึ่งได้ผลตามสมการ ที่(4-1) และเป็นไปตามวัตถุประสงค์

ในการดำเนินการหาค่าที่มีผลกระทบต่อการปรับความลึกนั้น พบว่าค่าที่มีผลได้แก่ ความสึกหรอของเม็ดมีด ซึ่งการสึกหรอนี้มีความสัมพันธ์กับอายุของเม็ดมีด ซึ่งในการ ดำเนินการเก็บข้อมูลนั้นได้มีการเก็บเม็ดมีดในช่วงอายุต่างๆ และทำการวัดด้วยไมโครสโคป โดยนำค่าความสึกหรอของเม็ดมีดมาคำนวณหาค่าการปรับความลึก

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการปรับความลึกและอายุการใช้งานของเม็ดมีด ถูกนำมา วิเคราะห์การใช้สมการแบบฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งข้อมูลมีลักษณะคล้ายกับกราฟตาม ทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างการสึกหรอบนผิวหลบหรือด้านข้างคมตัดกับเวลาในการตัด

เมื่อนำสมการไปใช้ในการคำนวณปรับความลึกการตัดของเม็ดมีดในการผลิตชิ้นงาน ก็ยังสามารถทำให้ผลิตชิ้นงานที่มีค่าที่ดีที่สุด และเมื่อนำค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานที่ผลิต ด้วยการปรับลึกจากสมการมาหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนและเปรียบเทียบกับค่าขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานที่ผลิตด้วยการปรับลึกการตัดโดยพนักงาน พบว่าค่าความ คลาดเคลื่อนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานที่ผลิตจากการปรับค่าความลึกจากสมการมีค่า น้อยกว่า

ในการประยุกต์การใช้งาน สามารถนำค่าการปรับใส่ในโปรแกรมซีเอ็นซี เพื่อให้ โปรแกรมทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยที่ไม่ต้องหยุดเครื่องเพื่อให้พนักงานวัดและปรับระยะ ซึ่งค่าการปรับที่ได้จากสมการนั้น ทำให้เกิดความแม่นยำ และ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ ชิ้นงานมีค่าที่ใกล้เคียงค่ากลางมากขึ้นอีกด้วย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

1. สามารถใช้ค่าระยะการสึกของเม็ดมิตในช่วงอายุเม็ดมิตต่างๆ มาหาค่าการปรับ
 ลีการตัดได้

2. จากผลการวิจัยพบว่า เมื่อนำค่าขนาดของการสึกกับอายุเม็ดมิต และ ค่าการ
 ปรับความลึกลับอายุเม็ดมิต มาสร้างกราฟ พบว่า ลักษณะของกราฟทั้งสองจะเป็นกราฟที่มี
 ลักษณะแบบเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งมีความสอดคล้องตามทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างการสึกหรอ
 บนผิวลอบหรือด้านข้างคมตัดกับเวลาในการตัดตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.1 ซึ่งมี
 กราฟในลักษณะเอกซ์โพเนนเชียลเช่นกันตามรูปที่ 2.3

5.3 ข้อจำกัดและอุปสรรคในงานวิจัย

1. เนื่องจากเม็ดมิตกลิ้งเมื่อทำการติดตั้งบนเครื่องและเริ่มตัดชิ้นงานแล้วจะ
 สามารถถอดออกมาวัดได้ ดังนั้นในการวัดความสึกเม็ดมิตกลิ้งแต่ละช่วงอายุการใช้งานจึง
 ไม่สามารถทำได้ กับเม็ดมิตกลิ้ง 1 ตัว แต่ต้องใช้วิธีเมื่อเม็ดมิตกลิ้งตัดจนครบอายุงานที่
 ต้องการวัดก็ต้องถอดเม็ดมิตกลิ้งออกมา โดยที่ไม่สามารถนำเม็ดมิตกลิ้งที่ถอดออกมาแล้ว
 กลับไปใช้งานได้

2. ในการวัดเม็ดมิตกลิ้ง เมื่อลือกเม็ดมิตกลิ้งในแต่ละครั้งอาจจะได้ระนาบที่ไม่
 ถูกต้องและแตกต่างกันในแต่ละเม็ดมิต อาจจะทำให้ค่าการวัดคลาดเคลื่อนได้ จึงได้ทำการ
 ผลิตบล็อกพลาสติก เพื่อมาลือกเม็ดมิตให้อยู่ในระนาบที่ถูกต้อง และเหมือนกันในทุกๆตัว

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้พนักงานที่มีความเชี่ยวชาญคนเดียวในการตัดชิ้นงาน เพื่อเก็บค่าเม็ดมิต
 กลิ้งในแต่ละช่วงอายุของมิตกลิ้ง เพื่อควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทดลองออกไป
 เช่น ทักษะของพนักงาน

2. เนื่องจากการเก็บข้อมูลการทดลองในงานวิจัยนี้ เก็บค่ามาได้ไม่มากนัก เพราะในการเก็บข้อมูลแต่ละตัวมีค่าใช้จ่ายที่ต้องเสีย ดังนั้นหากเก็บข้อมูลได้มากขึ้นจะทำให้การทดลองน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้นด้วย



บรรณานุกรม

1. ตั้งจิตสิตเจริญ, ศ., วิศวกรรมการผลิตขั้นสูง. 2561, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย: กรุงเทพมหานคร.
2. Toshimichi MORIWAKI, T.S.a.S.T., *Development of in-Process Tool Wear Monitoring System for CNC Turning*. JSME International Journal, 2004 47.
3. J.L. Cantero, J.D.-Á., M.H. Miguélez, N.C. Marín, *Analysis of tool wear patterns in finishing turning of Inconel 718*. *Wear* 2013.
4. M.Z.A. Yazid , C.H.C.H., J.A. Ghani , G.A. Ibrahim, M.S.A. Yasir, *Tool Wear when Finish Turning Inconel 718 under Dry Conditions*. International Journal of Science Engineering and Technology, 2009.
5. S.A. Khana, b., S.L. Sooa,* , D.K. Aspinwalla, C. Sagec, P. Hardend, M. Fleminge, A. Whitef, R. M'Saoubig, *Tool wear/life evaluation when finish turning Inconel 718 using PCBN tooling*. *Procedia CIRP*, 2012: p. 283 – 288.
6. Ramesh kannan.C, P.J., Pamanabhan.P, *EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TOOL WEAR IN TURNING OF INCONEL718 MATERIAL-REVIEW*. International Journal of Advance Engineering and Research Development, 2015. 2(9).
7. D.M. D'Addonaa, S.J.R., M M Narkec, *High speed machining of Inconel 718: tool wear and surface roughness analysis*. *Procedia CIRP* 2017: p. 269-274.
8. Pravin P. Pande, D.R.u.U.S., *MACHINABILITY ASSESSMENT IN TURNING OF INCONEL 718 NICKEL-BASE SUPER ALLOYS : A REVIEW*. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), 2014. 5(10): p. 94-105.
9. Rajkumar.G, D.R.B., N.Ganesh, S.Rajaram, *Investigation of Turning Parameters of Machining INCONEL 718 using Titanium and Carbide Inserts*. *Materials Today: Proceedings* 5 2018: p. 11283-11294.
10. เฉลิมพล คล้ายนิล, พ.ห., พงษ์พันธ์ ราชภักดี, การประมาณการสึกหรอของเม็ดมีดกลึงด้วยโครงข่ายประสาทเทียม. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555, 2555.
11. Kittichai Lowboonsom, S.T., *Wear Behavior of Cutting Tool Material During the Turning of a Cast Iron FCD 400 in Cutting Lubricants Conditions*. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 6, 2551.

12. Gurley, *Numerical Method Lecture 5 – Curve Fitting Techniques*,. p. pp 89 – 102.

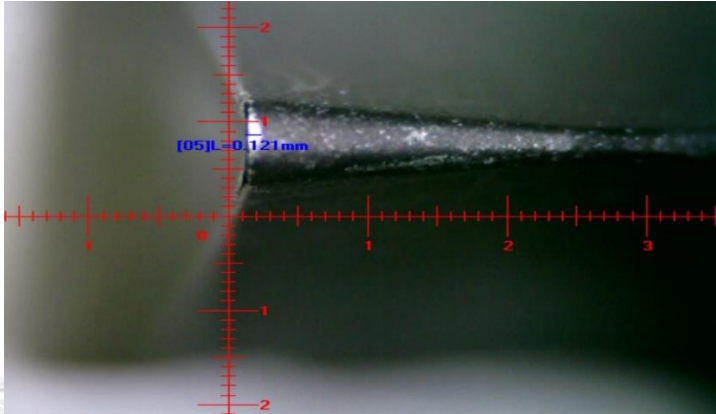
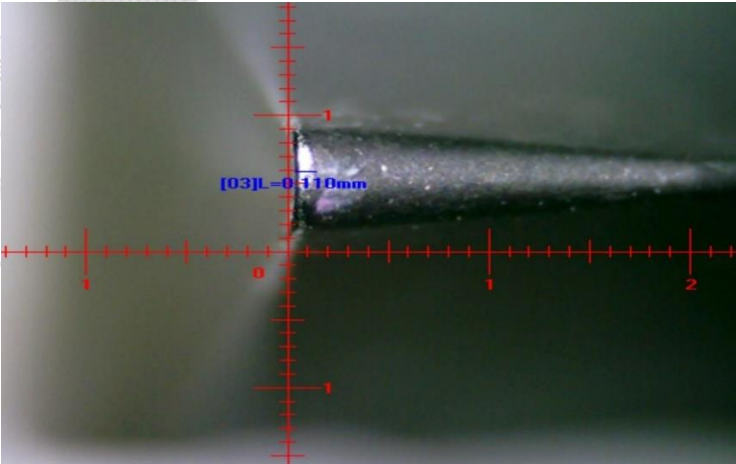


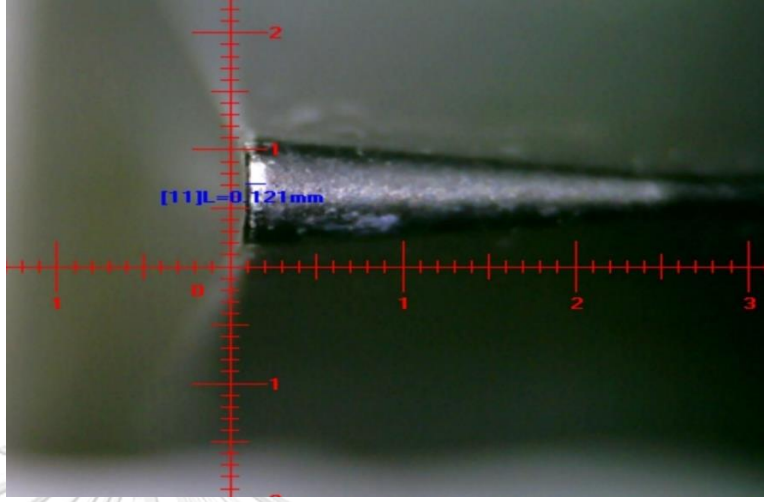
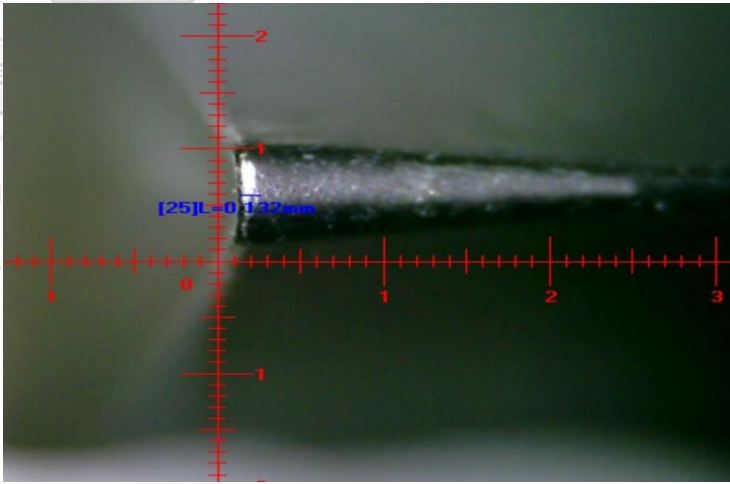


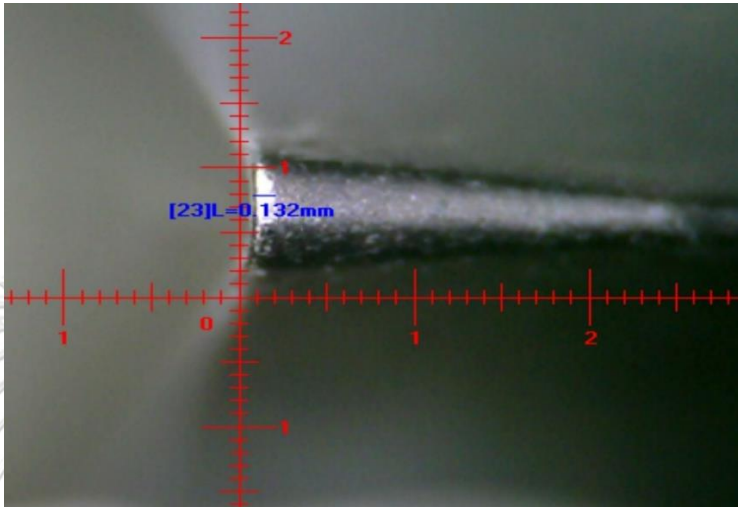
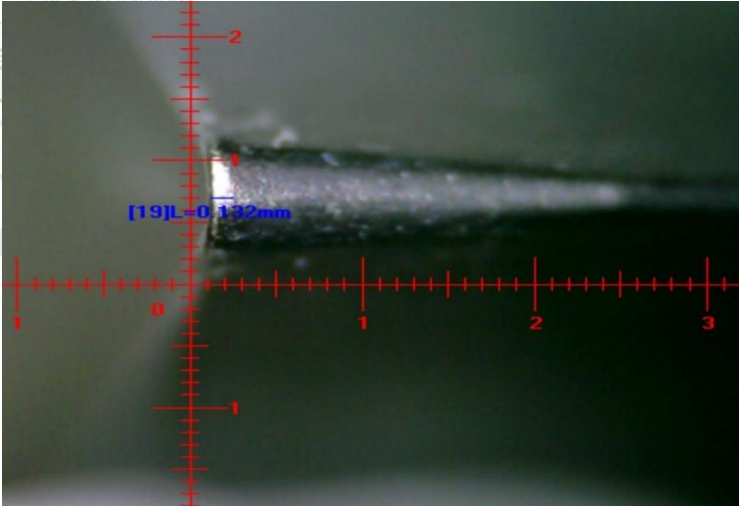
ภาคผนวก

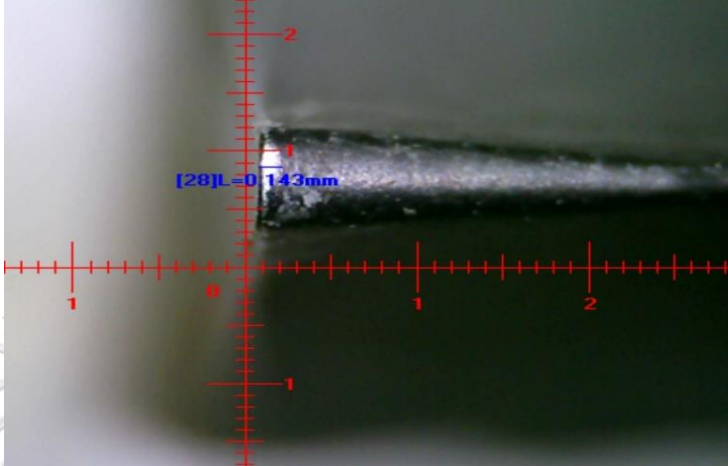
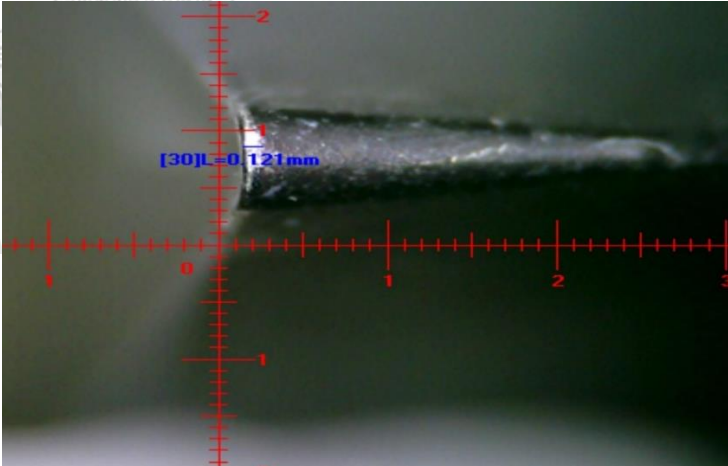
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

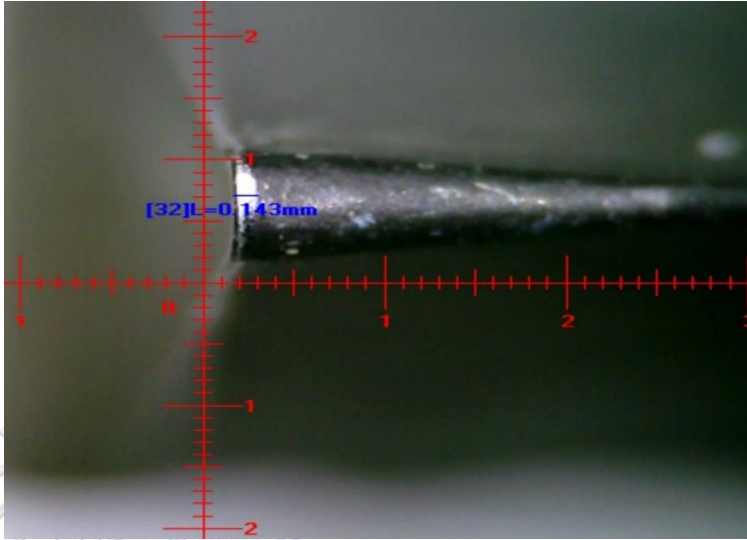
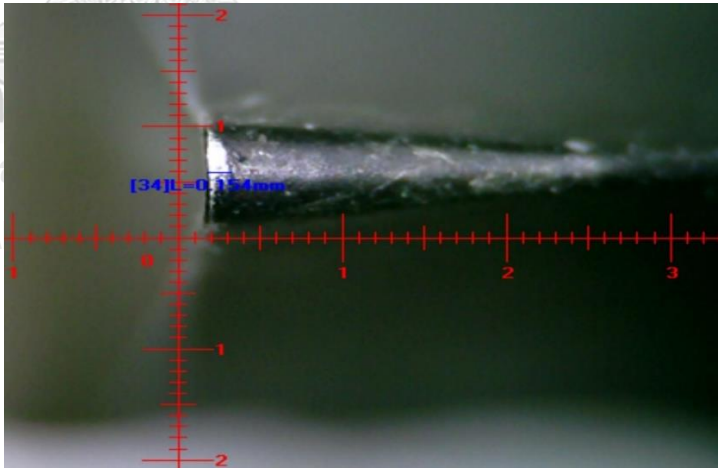


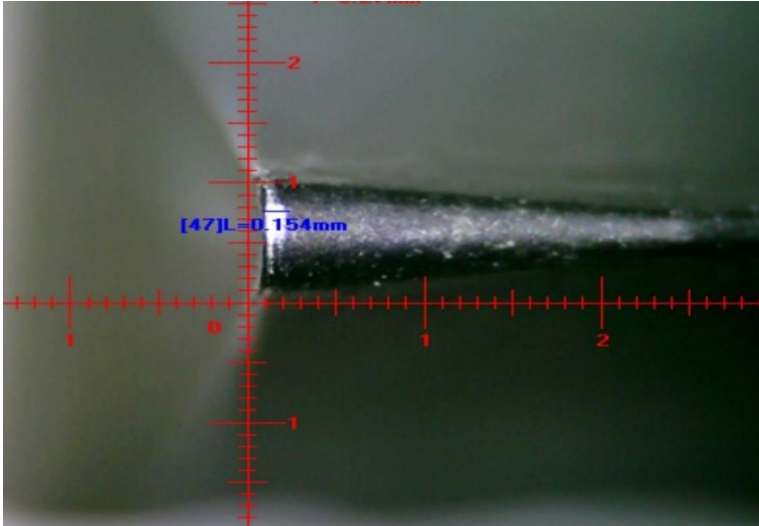
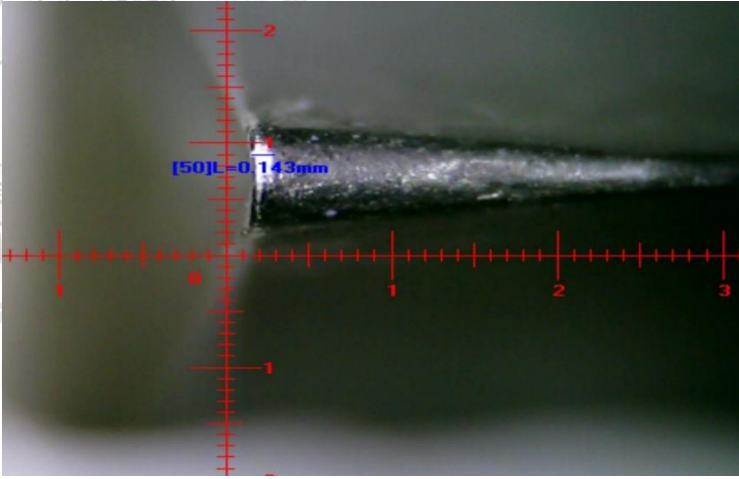
เม็ดมีดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
1	1	 <p>A micrograph showing a cutting edge of a tool. A red crosshair is overlaid on the image. A blue label indicates a measurement of [05]L=0.121mm. The background is dark, and the cutting edge is bright.</p>
1	2	 <p>A micrograph showing a cutting edge of a tool. A red crosshair is overlaid on the image. A blue label indicates a measurement of [03]L=0.118mm. The background is dark, and the cutting edge is bright.</p>

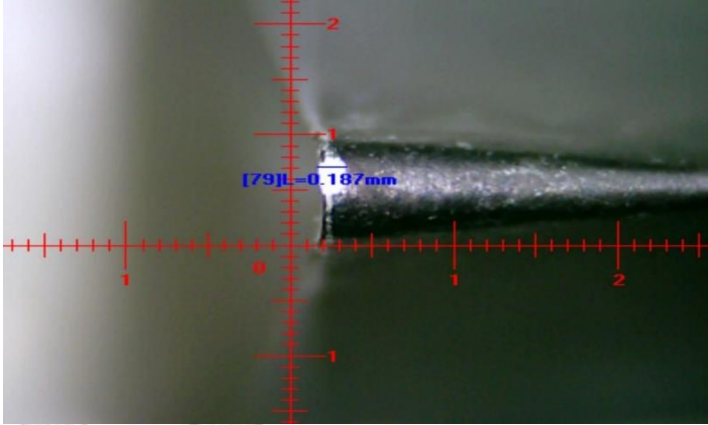
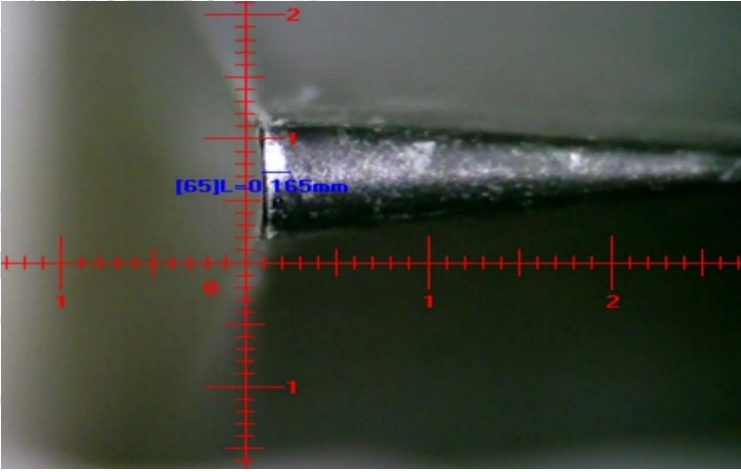
เม็ตมีดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
2	1	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair grid. The label [11]L-0121mm is visible in blue text. The grid has a vertical axis with markings at 1 and 2, and a horizontal axis with markings at 1, 2, and 3.</p>
2	2	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair grid. The label [25]L-0132mm is visible in blue text. The grid has a vertical axis with markings at 1 and 2, and a horizontal axis with markings at 1, 2, and 3.</p>

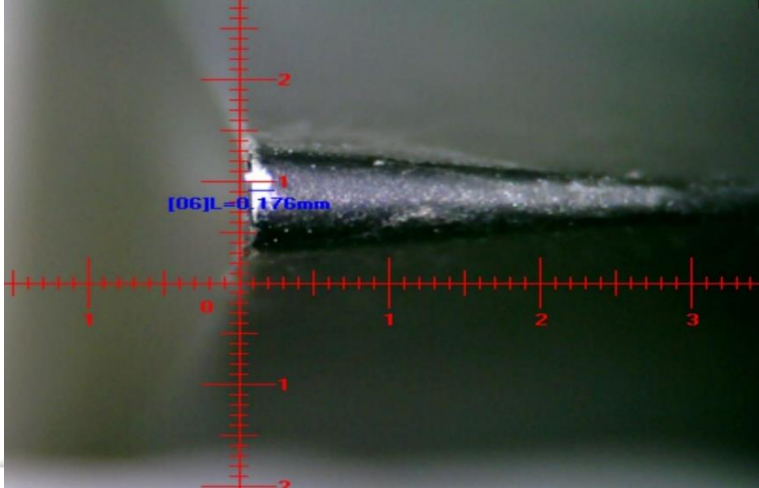
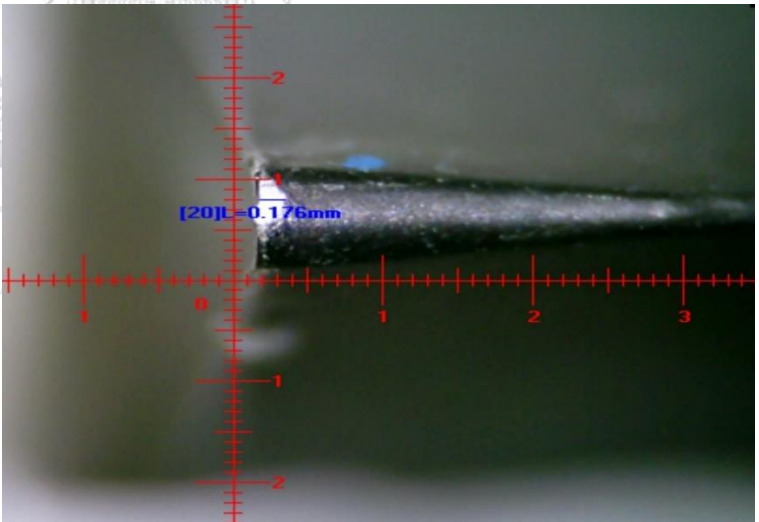
เมื่อดัดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
3	1	
3	2	

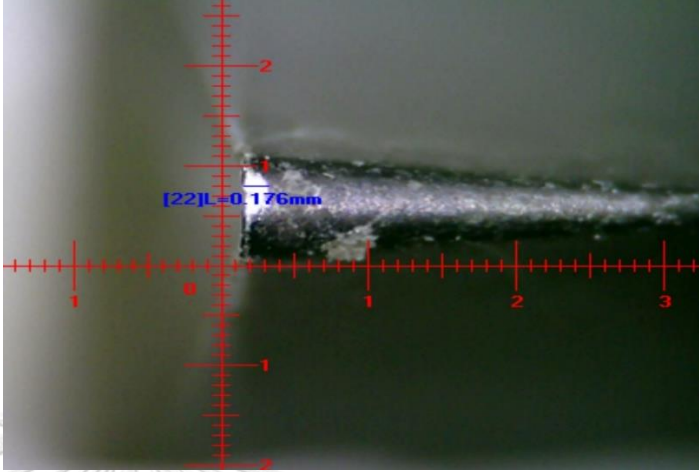
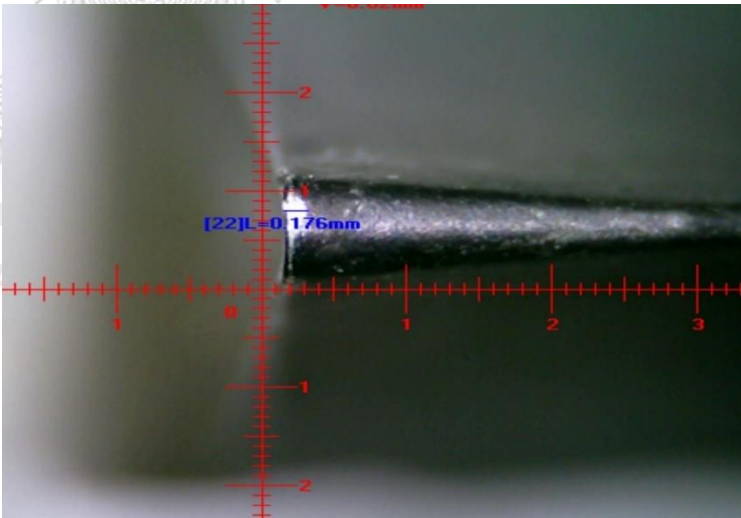
เมตวัดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
4	1	 <p>A micrograph showing a cutting edge. A red crosshair is overlaid on the image. The vertical axis is labeled with '2' at the top and '1' at the bottom. The horizontal axis is labeled with '1' on the left and '2' on the right. A blue label indicates a measurement: [28]L=0.143mm. The cutting edge is visible on the right side of the image.</p>
4	2	 <p>A micrograph showing a cutting edge. A red crosshair is overlaid on the image. The vertical axis is labeled with '2' at the top and '1' at the bottom. The horizontal axis is labeled with '1' on the left, '2' in the middle, and '3' on the right. A blue label indicates a measurement: [30]L=0.121mm. The cutting edge is visible on the right side of the image.</p>

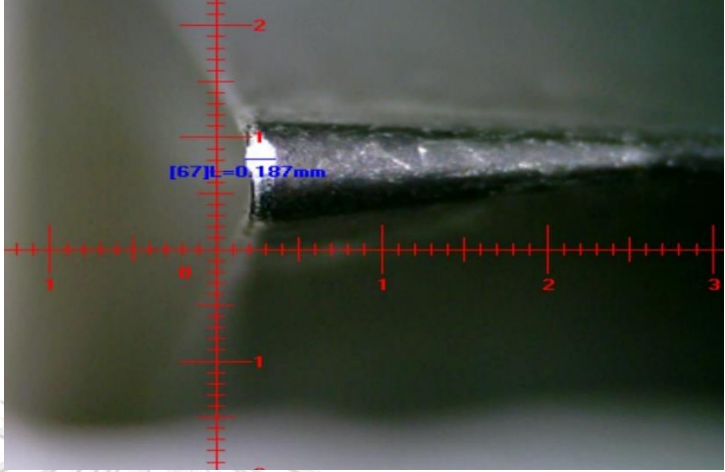
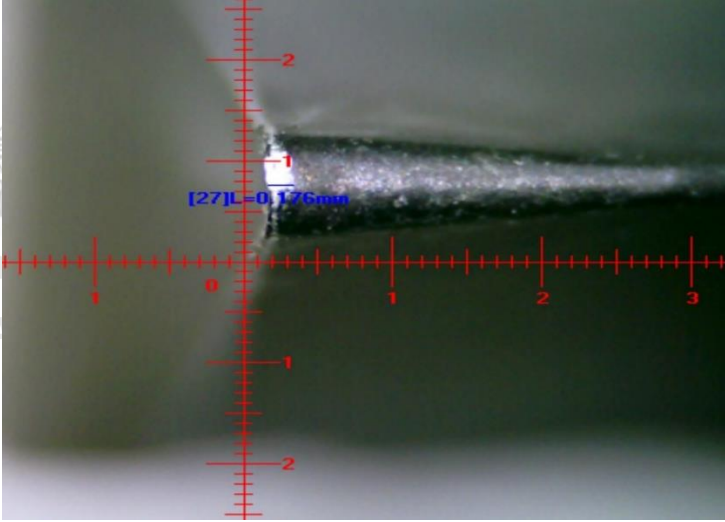
เมื่อดัดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
5	1	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair. A blue label indicates a measurement of 0.143 mm. The label is [32]L=0.143mm. The background is dark, and the cutting edge is bright.</p>
5	2	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair. A blue label indicates a measurement of 0.154 mm. The label is [34]L=0.154mm. The background is dark, and the cutting edge is bright.</p>

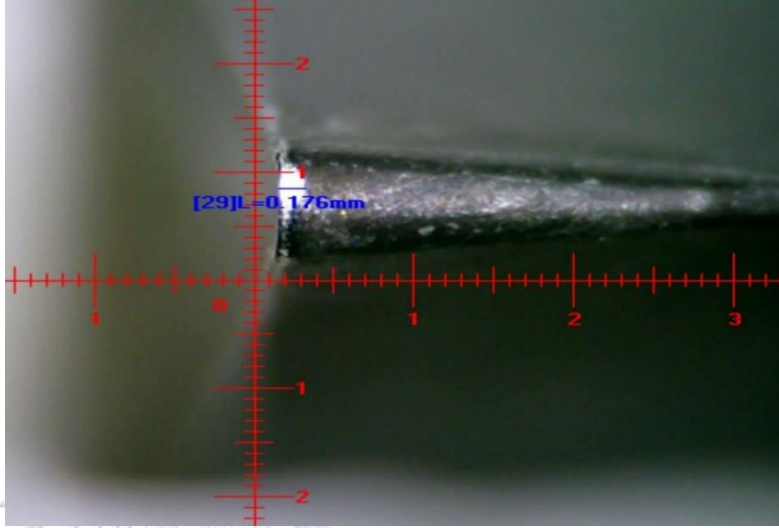
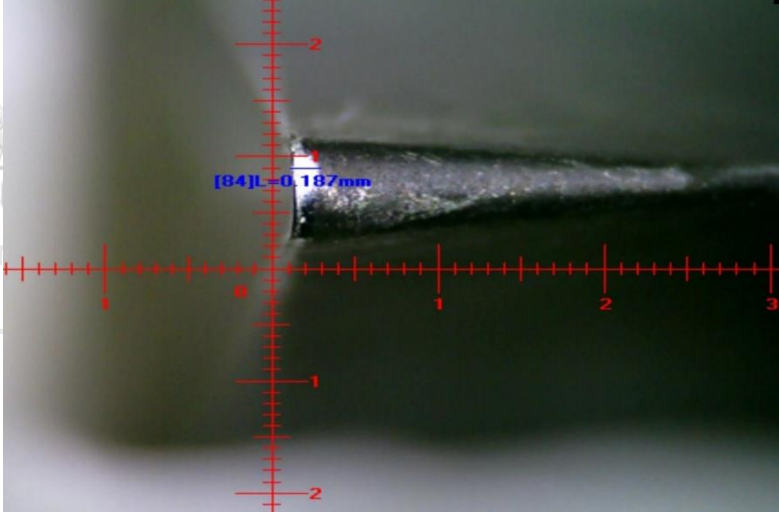
เมื่อดีดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
6	1	
6	2	

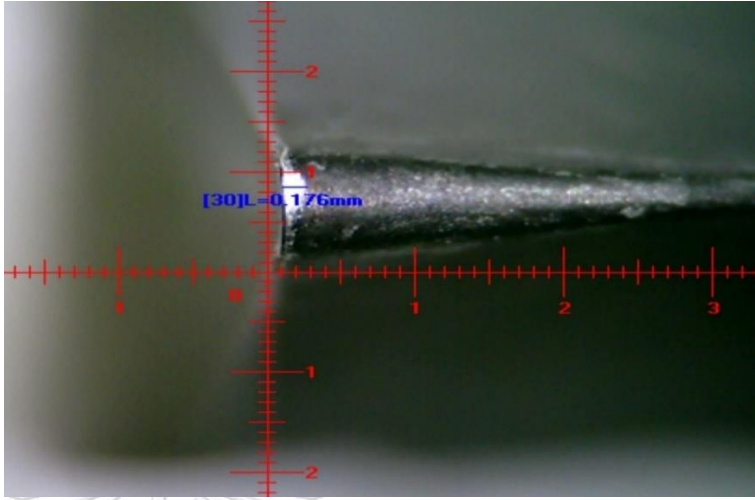
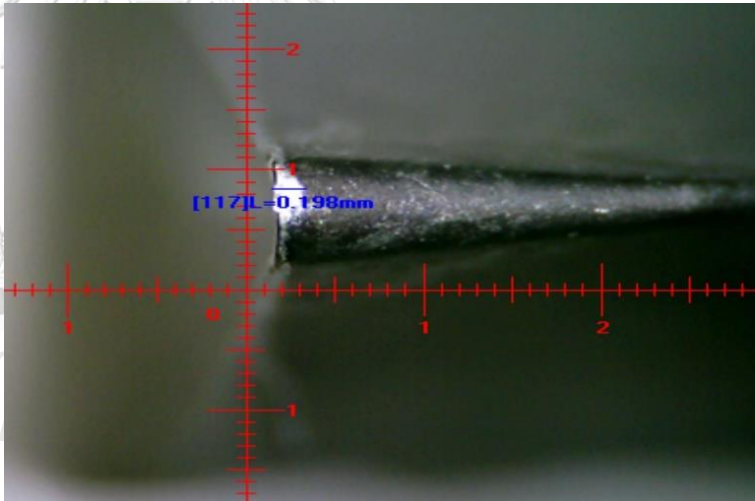
เมื่อดีดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
7	1	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair. A blue text label indicates a measurement of [79]L=0.187mm. The background is dark, and the cutting edge is bright and reflective.</p>
7	2	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair. A blue text label indicates a measurement of [65]L=0.165mm. The background is dark, and the cutting edge is bright and reflective.</p>

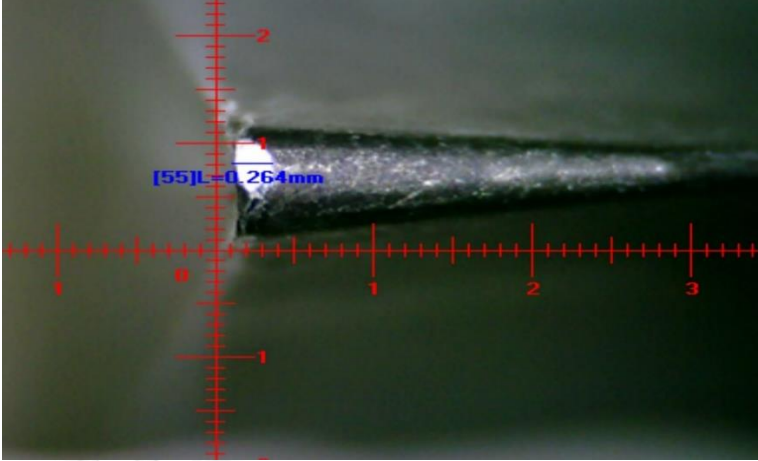
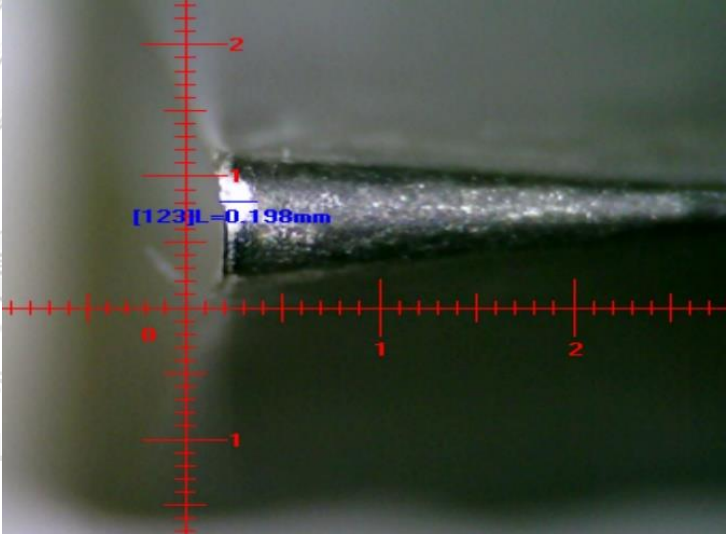
เมื่อดีดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
8	1	 <p>A micrograph showing a metal specimen with a red crosshair grid. The text "[06]L=0.176mm" is overlaid in blue. The grid has markings for 0, 1, 2, and 3 on both the horizontal and vertical axes.</p>
8	2	 <p>A micrograph showing a metal specimen with a red crosshair grid. The text "[20]L=0.176mm" is overlaid in blue. The grid has markings for 0, 1, 2, and 3 on both the horizontal and vertical axes.</p>

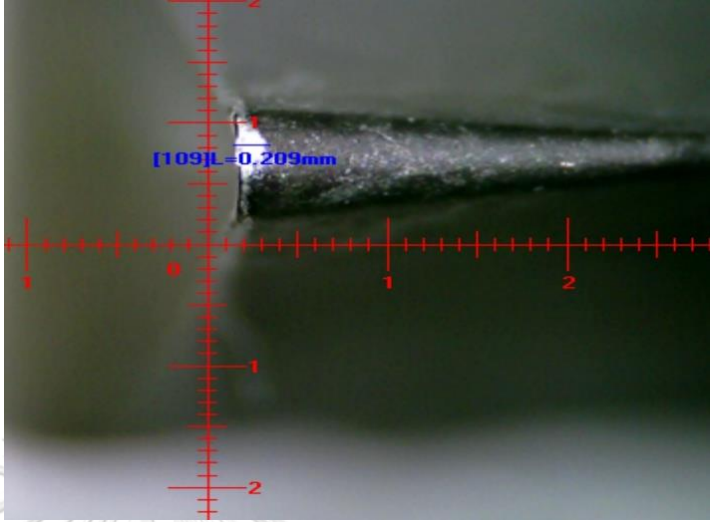
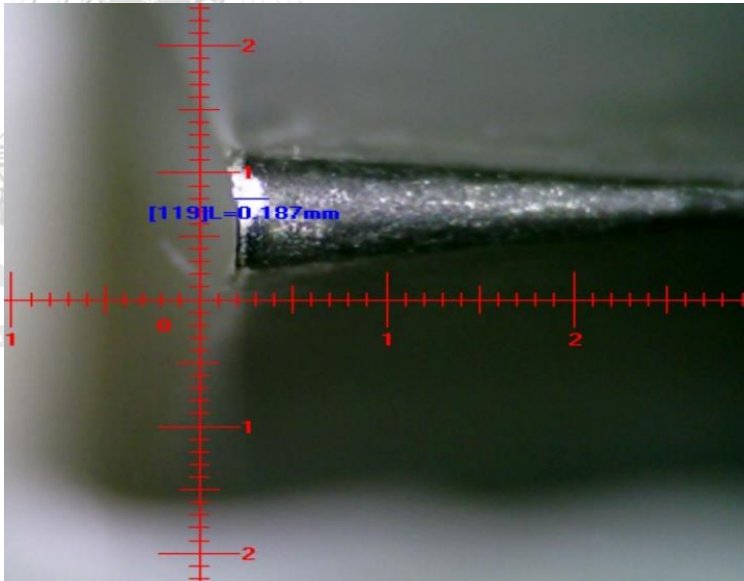
เมื่อดีดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
9	1	 A micrograph showing a cutting edge. A red crosshair is overlaid on the image. The horizontal axis is labeled with 1, 0, 1, 2, 3. The vertical axis is labeled with 2, 1, 1, 2. A blue label in the center reads [22]L=0.176mm. The background is dark, and the cutting edge is bright and textured.
9	2	 A micrograph showing a cutting edge, similar to the one above. A red crosshair is overlaid on the image. The horizontal axis is labeled with 1, 0, 1, 2, 3. The vertical axis is labeled with 2, 1, 1, 2. A blue label in the center reads [22]L=0.176mm. The background is dark, and the cutting edge is bright and textured.

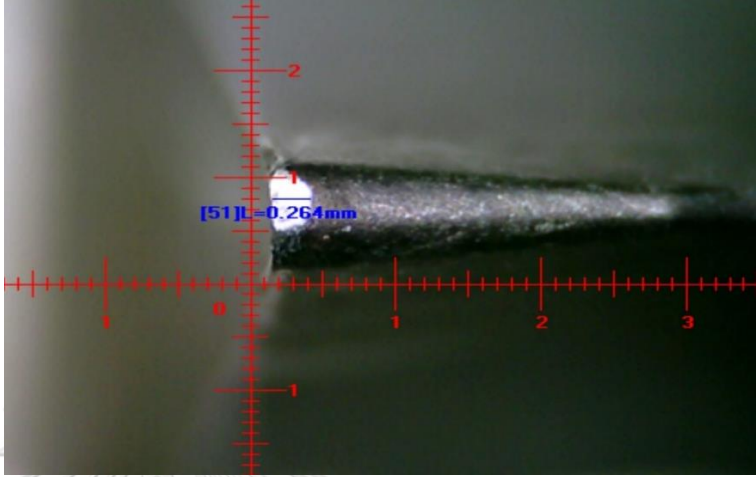
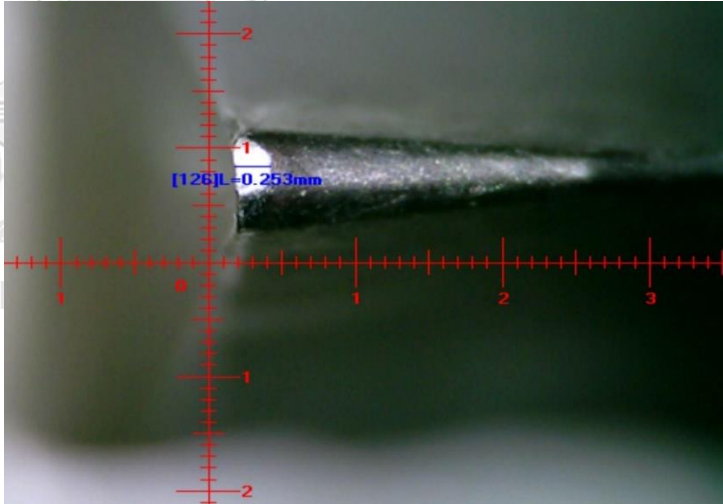
เม็ดมีดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
10	1	 <p>A micrograph showing a cutting edge of a tool. A red crosshair is overlaid on the image. The vertical axis is labeled with 1 and 2, and the horizontal axis is labeled with 1, 2, and 3. A blue text label in the center reads "[67]L=0.187mm".</p>
10	2	 <p>A micrograph showing a cutting edge of a tool. A red crosshair is overlaid on the image. The vertical axis is labeled with 1 and 2, and the horizontal axis is labeled with 1, 2, and 3. A blue text label in the center reads "[27]L=0.176mm".</p>

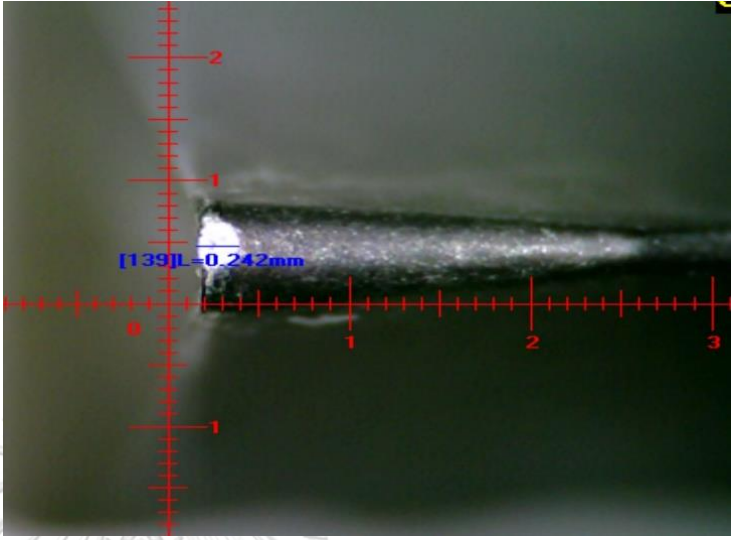
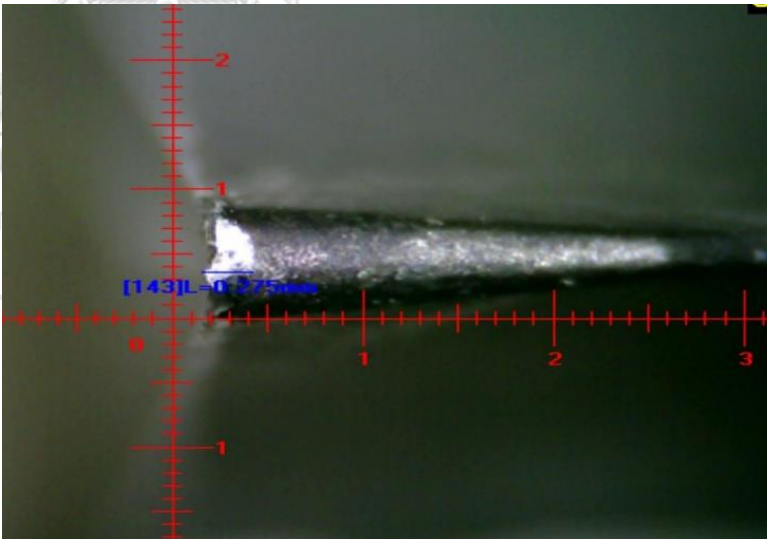
เม็ดยัดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
11	1	 <p>A microscopic image showing a cutting edge. A red crosshair is centered on the edge. A blue label indicates a measurement of [29]L=0.176mm. The background is dark, and the edge is bright and reflective.</p>
11	2	 <p>A microscopic image showing a cutting edge. A red crosshair is centered on the edge. A blue label indicates a measurement of [84]L=0.187mm. The background is dark, and the edge is bright and reflective.</p>

เมื่อดมิตตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
12	1	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair. A blue label indicates a length of $[30]L=0.176\text{mm}$. The background is dark, and the cutting edge is bright and textured.</p>
12	2	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair. A blue label indicates a length of $[117]L=0.198\text{mm}$. The background is dark, and the cutting edge is bright and textured.</p>

เมื่อดีดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
13	1	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair. The vertical axis is labeled with 2 at the top and 1 at the bottom. The horizontal axis is labeled with 1, 2, and 3. A blue label indicates a length of [55]L=0.264mm.</p>
13	2	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair. The vertical axis is labeled with 2 at the top and 1 at the bottom. The horizontal axis is labeled with 1 and 2. A blue label indicates a length of [123]L=0.198mm.</p>

เม็ดยัดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
14	1	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair. A blue label indicates a length of $[109]L=0.209\text{mm}$. The background is dark, and the cutting edge is bright and textured.</p>
14	2	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair. A blue label indicates a length of $[119]L=0.187\text{mm}$. The background is dark, and the cutting edge is bright and textured.</p>

เมื่อดีดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
15	1	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair. A blue label indicates a length of $[51]L=0.264\text{mm}$. The background is dark, and the cutting edge is bright and textured.</p>
15	2	 <p>A micrograph showing a cutting edge with a red crosshair. A blue label indicates a length of $[126]L=0.253\text{mm}$. The background is dark, and the cutting edge is bright and textured.</p>

เม็ดมีดตัวที่	คมตัดด้านที่	รูปภาพ
16	1	 <p>A microscopic image of a cutting edge. A red crosshair is overlaid on the image. A blue label indicates a measurement of [139]L=0.242mm. The image shows a dark, textured surface with a bright, reflective edge. The crosshair has vertical and horizontal lines with tick marks. The vertical line has '2' at the top and '1' below it. The horizontal line has '0' at the left, '1' at the first tick, '2' at the second tick, and '3' at the third tick.</p>
16	2	 <p>A microscopic image of a cutting edge, similar to the one above. A red crosshair is overlaid. A blue label indicates a measurement of [143]L=0.275mm. The image shows a dark, textured surface with a bright, reflective edge. The crosshair has vertical and horizontal lines with tick marks. The vertical line has '2' at the top and '1' below it. The horizontal line has '0' at the left, '1' at the first tick, '2' at the second tick, and '3' at the third tick.</p>

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ชัชชนก ขำแพลง
วัน เดือน ปี เกิด	5 มกราคม 2533
สถานที่เกิด	สุพรรณบุรี
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY