บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiments Research) เพื่อศึกษาอิทธิพลที่ส่งผลต่อความเรียบผิวงานกลึง ในการกลึงเหล็ก S 50 C ด้วยมีดเซรามิค ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการของการกลึงปอก คือ อัตราป้อน (Feed Rate) ความเร็วตัด (Cutting Speed) ระยะป้อนลึก (Depth of Cut) มีดกลึง (Cutting Tool) ชิ้นงานที่ต้องการทำการตัดเฉือน (Workpiece)

หลักเกณฑ์การเลือกใช้ปัจจัยในกระบวนการกลึง [13] มีดังนี้ คือ

1. วัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือตัด (Cutting tools) ที่ทำมาจากเหล็กรอบสูง (High Speed Steel) สามารถใช้ความเร็วตัดเป็น 2 เท่า ของความเร็วตัดของมีดที่ทำมาจากวัสดุเหล็กคาร์บอน ส่วนวัสดุคมตัดที่มีส่วนผสมพิเศษออกไปสามารถใช้ความเร็วตัดได้กว่าเหล็กรอบสูง
2. ชนิดของวัสดุ (Material) ที่จะนำมาทำการตัดเฉือน โดยทั่วๆไปวัสดุงานที่แข็งมากจะใช้ความเร็วตัดช้ากว่าวัสดุที่อ่อนกว่า
3. รูปร่างของคมตัด (Form Cutting Tool) มีผลต่อการทำงานมาก เช่น มีดตัดงานขาดจะใช้ความเร็วรอบต่ำกว่ามีดกลึงปอกผิว
4. ความลึกในการตัด (Depth of Cut) ถ้าป้อนตัดลึกจะใช้ความเร็วรอบน้อยกว่าป้อนตัดตื้น
5. อัตราป้อน (Rate of Feed) ในการป้อนตัดงานหยาบ เช่น อัตราป้อน 3 มม. ความเร็วที่ใช้ในการตัดจะต่ำกว่าการป้อนตัดขั้นสุดท้าย เช่น อัตราป้อนตัด 0.13 มม. เป็นต้น จะใช้ความเร็วรอบได้สูง
6. การระบายความร้อน (Cutting lubricant) ความเร็วตัดของวัสดุบางชนิดอาจเพิ่มให้สูงขึ้นได้เมื่อมีการระบายความร้อนที่ถูกต้อง ซึ่งสารระบายความร้อนนี้ จะช่วยรักษาอุณหภูมิของคมตัดไม่ให้ร้อนสูงเกินไปขณะทำงาน
7. การจับงานให้มั่นคงแข็งแรง (Rigidity of the Work) ในกรณีงานที่ถูกจับด้วยหัวจับ โผล่ออกมาสั้นๆจะใช้ความเร็วได้สูงกว่างานที่ถูกจับโผล่ออกมายาวๆ
8. ความสามารถของสภาพเครื่อง เครื่องที่แข็งแรงมีกำลังสูง สามารถใช้ความเร็วตัดได้สูง อย่างไรก็ตามอย่าใช้สูงจนคมตัดไหม้

ปัจจัยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้แก่ความเร็วตัด อัตราป้อน และระยะป้อนลึก เครื่องมือเครื่องจักร อุปกรณ์ประกอบด้วย เครื่องกลึง CNC ชิ้นงานในการทดลอง มีดกลึงเซรามิค เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ เครื่องตรวจสอบความเรียบผิว

3.2 เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองหลายชนิด เครื่องมือหลักที่ต้องใช้ในงานทดลองเพื่อให้ได้ผลของการทดลองที่ถูกต้องและมีความแม่นยำ ได้แก่

3.2.1 เครื่องกลึง CNC (CNC LATHE)

ยี่ห้อ MAZATROL รุ่น Hawk 150 ในการทดลอง เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องและแม่นยำ เครื่องกลึง CNC ที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ สามารถปรับความเร็วรอบได้ 5,000 รอบ/นาที ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 เครื่องกลึง CNC

3.2.2 เครื่องตรวจสอบความเรียบผิว (Surface Roughness Testing Machine)

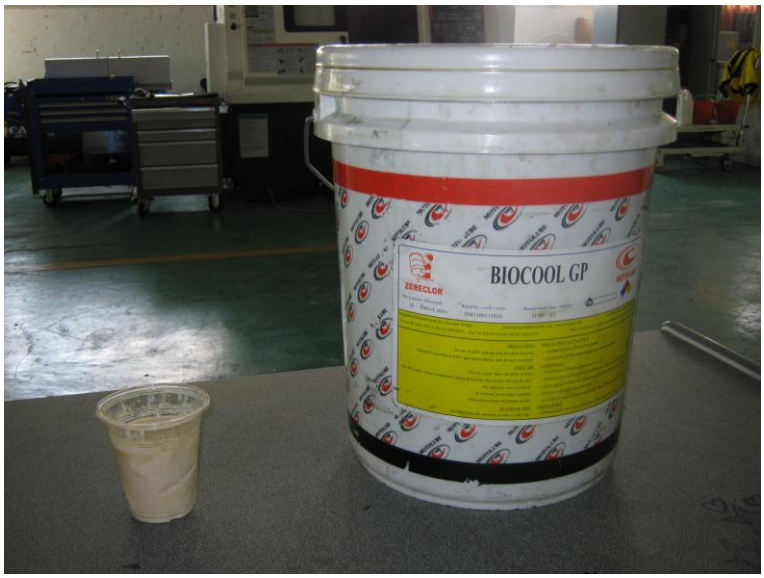
เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในการหาขนาดความเรียบของผิวงาน โดยการวัดขนาดของความเรียบผิวเฉลี่ย(Roughness Average, RA) จะแสดงผลเป็นตัวเลขดิจิตอล มีหน่วยวัดเป็นไมครอน ที่ความละเอียด 0.01ไมครอน โดยก่อนทำการวัดต้องทำการสอบเทียบ (Calibrate) เพื่อวัดค่า และปรับแต่งค่าตัวเลขการวัดให้ได้ตามผิวงานอ้างอิงมาตรฐาน (Reference Surface) การทำงานของเครื่องวัด/วิเคราะห์จะเป็นการทำงานร่วมกันของหัวอ่าน (Transducer Probe) กับชุดขยายสัญญาณและควบคุม (Amplifier) ที่จะแปลงผลการสัมผัสของปลายวัด ซึ่งเคลื่อนที่ขึ้นลงตามลักษณะพื้นผิวของชิ้นงาน เปลี่ยนไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้ารวมที่มีคลื่นของความถี่สูงและต่ำผสมกันอยู่อันมีผลมาจากลักษณะโครงสร้างรวมของพื้นผิวที่วัดได้เพื่อการจำแนกคุณสมบัติของผิวทั้งสองออกจากกันจึง

กำหนดใช้การกรองสัญญาณ(Cutoff Filter) เป็นจุดแยกกัน ของสัญญาณที่เป็นคุณลักษณะแทนของคุณ-สมบัติสองแบบ ความแตกต่างนี้กำหนดโดยการผ่านค่าที่กำหนดของสัญญาณ หากเป็นสัญญาณผ่านย่านความถี่สูง (High Pass) จะเป็นลักษณะของความหยาบผิว (Roughness) และสัญญาณผ่านย่านความถี่ต่ำ(Low Pass) จะเป็นลักษณะของความเป็นคลื่น(Waviness)

รูปที่ 3.2 เครื่องตรวจสอบความเรียบผิว

3.2.3 สารหล่อเย็นหรือน้ำมันสบู่

น้ำมันหล่อเย็นเป็นน้ำมันกึ่งสังเคราะห์มีคุณสมบัติระบายความร้อนได้อย่างรวดเร็ว มีสารต้านทานเชื้อราและแบคทีเรียป้องกันสนิม ไม่เกิดฟอง ให้การหล่อลื่นระหว่างผิวงานและคมตัดที่ดีวิธีการเตรียมสารหล่อเย็นที่ถูกต้อง จะต้องเติมน้ำมันลงไปในน้ำเพื่อให้เจือจางในอัตราส่วนประมาณ1 ต่อ 18 ส่วน สำหรับงานเจาะ งานกลึง งานเลื่อย และงานตัด สารหล่อเย็นที่เทลงไป จะแผ่กระจายบนน้ำที่เตรียมไว้จากนั้นคนให้ผสมกันให้ทั่ว จะได้สารหล่อเย็นที่มีสีขาวคล้ายนมซึ่งมีความลื่นอยู่ในตัว บางครั้งเรียกน้ำยาหล่อเย็น “ น้ำมันสบู่ “ นอกจากจะช่วยชะล้างเศษโลหะที่เกิดจากการตัดเฉือนออกจากคมตัดได้อีกด้วย



รูปที่ 3.3 สารหล่อเย็น

3.2.4 อุปกรณ์ช่วยงานอื่น ๆ (Accessories)

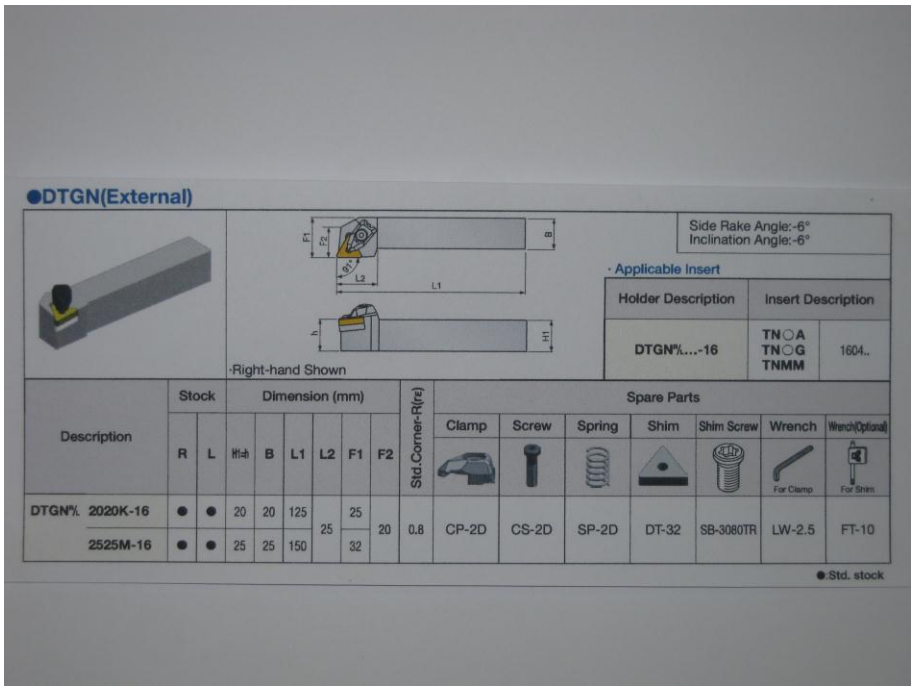
นอกจากอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทดลองโดยตรงแล้วยังมีอุปกรณ์ที่จำเป็นอื่นๆที่ต้องใช้ดังต่อไปนี้

1. เครื่องเลื่อยกล ใช้สำหรับการตัดเตรียมชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง

2. เครื่องกลึงสำหรับการจัดเตรียมวัสดุงานเบื้องต้น (Basic Lathe Machine) ใช้สำหรับการเตรียมชิ้นงานทดสอบก่อนการทดลอง

3. เครื่องมือวัดอื่นๆ ได้แก่ บรรทัดเหล็ก(Steel Rule) เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) เป็นต้น

4. ด้ามจับมีดกลึงใช้สำหรับจับยึดมีดกลึง ใช้ด้ามจับมีดกลึงของบริษัท KYOCERA รหัส DTJNR 2525 โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.4



●DTGN(External)

Side Rake Angle:-6°
Inclination Angle:-6°

·Right-hand Shown

· Applicable Insert

Holder Description	Insert Description	
DTGN%...-16	TN○A TN○G TNMM	1604..

Description	Stock		Dimension (mm)						Std.Corner-R(re)	Spare Parts						
	R	L	H=h	B	L1	L2	F1	F2		Clamp	Screw	Spring	Shim	Shim Screw	Wrench	Wrench(Optional)
DTGN% 2020K-16	●	●	20	20	125	25	25	20	0.8	CP-2D	CS-2D	SP-2D	DT-32	SB-3080TR	LW-2.5	FT-10
2525M-16	●	●	25	25	150		32									

●:Std. stock

รูปที่ 3.4 อุปกรณ์จับยึดคมตัด

3.2.5 ชิ้นงานและเครื่องมือตัดที่ใช้ในการทดลอง

1. วัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองเป็นเหล็ก S 50 C มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มม.ยาว 100 มม. เจาะรูยันศูนย์ 1 ด้าน

2. วัสดุมีดกลึง (Tool Bit Material) เป็นมีดกลึงเซรามิค ของบริษัท KYOCERA รหัสA65 r ε 4 ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 มีดกลึงเซรามิคของบริษัท KYOCERA รหัส A65 r ε 4

3.3 การทดลองเบื้องต้น

ในการทดลองผู้วิจัยได้ใช้ตัวแปรอิสระคือค่าความเร็วตัด(Cutting Speed) อัตราป้อน (Feed) และระยะป้อนลึก (Depth of Cut) จากคู่มือมีดตัดเฉือนโลหะ บริษัท KYOCERA Asia Pacific(Thailand)จำกัด และได้ทำการทดลองเบื้องต้น เพื่อเป็นการยืนยันตัวแปรอิสระที่ใช้ในการทดลองว่ามีความเหมาะสมกับการทดลองหรือไม่ เช่น ทำให้ทราบถึงผลของตัวแปรและระดับที่นำมาศึกษา เพื่อจะได้เลือกระดับของตัวแปรอิสระที่จะทำการศึกษาวิจัยได้ถูกต้อง ไม่ทำให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น ทั้งยังป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดเสียหายของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองด้วย ซึ่งเมื่อทราบถึงแนวทางที่ถูกต้องแล้วก็จะทำการทดลองกับตัวแปรที่กำหนดไว้ทีละชุด เพื่อหาข้อสรุปถึงปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิว ในการทดลองเบื้องต้นนี้ ผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองไว้โดยได้ทำการเตรียมชิ้นงานในการทดลอง จำนวน 12 ชิ้น ดังตารางที่ 3.1 โดยกำหนดให้ความยาวในการกลึง80 มม. ความเร็วตัด 3 ระดับ คือ150 , 200 และ250 ม./นาที อัตราป้อน 3 ระดับ คือ 0.06 , 0.08 , 0.10 มม./รอบ และระยะป้อนลึกในการกลึง 3 ระดับ คือ 0.3 0.4 และ 0.5 มม. ตามลำดับ ชิ้นงานทดลองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4 มม. ยาว 100 มม. ดังนั้นที่ความเร็วตัด 150 ม./นาที ความเร็วรอบ 1,875 รอบ/นาที, ที่ความเร็วตัด 200ม./นาที ความเร็วรอบ 2,500 รอบ/นาที และที่ความเร็วตัด 250 มม./นาที ความเร็วรอบ 3,125 รอบ/นาที โดยคำนวณได้จากสูตร

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

กำหนดให้ V = ความเร็วตัด (ม./นาที)

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน (มม.)

n = ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)

ตารางที่ 3.1 ตารางการทดลองเบื้องต้น

ระยะป้อนลึก (มม.)	ความเร็วตัด (ม./นาที)	อัตราป้อน (มม./รอบ)		
		0.06	0.08	0.10
0.3	150	A1		A3
	200			
	250	C1		C3
0.4	150	D1		D3
	200			
	250	F1		F3
0.5	150	G1		G3
	200			
	250	I1		I3

จากผลการทดลองเบื้องต้น ทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้ตัวแปรต้นในการทดลองดังนี้คือ

1. ความเร็วตัด(เมตร/นาที) 3 ระดับคือ 150 200 250
2. อัตราการป้อน(มม./รอบ) 3 ระดับคือ 0.06 0.08 0.10
3. ระยะป้อนลึก(มม.) 3 ระดับคือ 0.3 0.4 0.5

3.4 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองในการวิจัยผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 3.2 ตารางแผนการทดลอง

ระยะป้อนลึก (มม.)	ความเร็วตัด (ม./นาที)	อัตราป้อน (มม./รอบ)		
		0.06	0.08	0.10
0.3	150	A1	A2	A3
		A11	A22	A33
	200	B1	B2	B3
		B11	B22	B33
	250	C1	C2	C3
		C11	C22	C33
0.3	150	A1	A2	A3
		A11	A22	A33
	200	B1	B2	B3
		B11	B22	B33
	250	C1	C2	C3
		C11	C22	C33
0.4	150	D1	D2	D3
		D11	D22	D33
	200	E1	E2	E3
		E11	E22	E33
	250	F1	F2	F3
		F11	F22	F33
0.5	150	G1	G2	G3
		G11	G22	G33
	200	H1	H2	H3
		H11	H22	H33
	250	I1	I2	I3
		I11	I22	I33

หมายเหตุ

A1 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 150 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.06 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.3 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (A11 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

B1 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 200 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.06มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.3 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (B11 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

C1 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 250 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.06 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.3 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (C11 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

D1 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 150 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.06 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.4 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (D11คือ การทดลองครั้งที่ 2)

E1 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 200 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.06 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.4 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (E11 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

F1 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 250 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.06 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.4 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (F11 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

G1 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 150 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.06 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.5 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (G11 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

H1 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 200 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.06 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.5 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (H11 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

I1 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 250 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.06 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.5 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (I1 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

A2 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 150 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.08 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.3 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (A22 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

B2 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 200 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.08มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.3 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (B22 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

C2 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 250 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.08 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.3 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (C22 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

D2 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 150 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.08 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.4 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (D22 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

E2 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 200 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.08 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.4 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (E22 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

F2 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 250 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.08 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.4 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (F22 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

G2 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 150 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.08 มม./รอบ และระยะ

ป้อนลึก 0.5 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (G22 คือ การทดลองครั้งที่ 2)
H2 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 200 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.08 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.5 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (H22 คือ การทดลองครั้งที่ 2)
I2 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 250 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.08 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.5 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (I22 คือ การทดลองครั้งที่ 2)
A3 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 150 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.10 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.3 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (A33 คือ การทดลองครั้งที่ 2)
B3 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 200 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.10มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.3 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (B33 คือ การทดลองครั้งที่ 2)
C3 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 250 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.10 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.3 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (C33 คือ การทดลองครั้งที่ 2)
D3 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 150 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.10 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.4 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (D33 คือ การทดลองครั้งที่ 2)
E3 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 200 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.10 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.4 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (E33 คือ การทดลองครั้งที่ 2)
F3 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 250 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.10 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.4 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (F33 คือ การทดลองครั้งที่ 2)
G3 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 150 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.10 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.5 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (G33 คือ การทดลองครั้งที่ 2)
H3 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 200 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.10 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.5 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (H33 คือ การทดลองครั้งที่ 2)
I3 หมายถึงการกลึงด้วยความเร็วตัด 250 ม./นาที ใช้อัตราป้อนในการกลึง 0.10 มม./รอบ และระยะป้อนลึก 0.5 มม. โดยใช้น้ำหล่อเย็น (I33 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

3.5 ขั้นตอนดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5.1 ขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงาน

การทดลองผู้วิจัยได้ทำการเตรียมชิ้นงานทดลอง จำนวน 54 ชิ้น โดยทำการตัดเหล็ก S 50 C ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4 มม. ด้วยเครื่องเลื่อยกล กลึงปาดหน้าทั้ง 2 ด้านให้ได้ความยาว 100 มม. และทำการเจาะรูยันศูนย์ด้วยเครื่องกลึงยันศูนย์ ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 ชิ้นงานที่เตรียมไว้สำหรับการทดลอง

3.5.2 ขั้นตอนการทดลอง

ทำการเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์ เริ่มจากการเขียนโปรแกรม ติดตั้งมีดกลึงและอุปกรณ์ในการกลึง เซตอุปกรณ์ในการกลึงเพื่อให้ได้ระยะความยาวในการกลึง 80 มม. และทำการกลึงชิ้นงานทดลองโดยใช้สารหล่อเย็นช่วยระบายความร้อน ในการกลึงจะลำดับการทดลองด้วยวิธีการสุ่มเลือกชิ้นงานแล้วบันทึกลำดับการทดลองลงในตารางที่ 3.3 ทดลอง ภายใต้เงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้จนครบ 54 ชิ้น

ตารางที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการทดลอง

ระยะป้อนลึก (มม.)	ความเร็วตัด (ม./นาที)	อัตราป้อน (มม./รอบ)		
		0.06	0.08	0.10
0.3	150	8	19	36
		31	25	3
	200	13	7	15
		1	9	21
	250	2	27	47
		33	17	5
0.4	150	35	14	26
		23	20	10
	200	11	41	43
		49	52	39
	250	38	50	51
		48	46	44

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) แสดงขั้นตอนการทดลอง

ระยะป้อนลึก (มม.)	ความเร็วตัด (ม./นาที)	อัตราป้อน (มม./รอบ)		
		0.06	0.08	0.10
0.5	150	29	42	4
		37	54	53
	200	18	24	34
		12	28	40
	250	45	30	32
		6	22	16
		0.06	0.08	0.10

3.5.3 ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. นำชิ้นงานทดลองที่จะกลึงมาทีละ 1 ชิ้น โดยวิธีการสุ่ม ตามตารางที่ 3.2 มาทำการกลึงภายใต้เงื่อนไขที่ได้ออกแบบการทดลองไว้จนครบ 54 ชิ้น เมื่อสุ่มได้ตัวใดก็ปรับเซ็ตค่าที่เครื่องกลึงตามระดับตัวแปรตามที่กำหนดในตารางที่ 3.3

2. ทำการกลึงปอกชิ้นทดลองยาว 80 มม.

3. เปลี่ยนเม็ดมีดใหม่สำหรับการกลึงชิ้นต่อไป

4. ถอดชิ้นงานออกจากเครื่องกลึง ดำเนินการตามข้อ 1 - 5 จนครบ 54 ชิ้น

5. นำชิ้นงานทดลองไปวัดหาค่าความเรียบผิวงานกลึง (Ra) ด้วยเครื่องวัดความเรียบผิว ชิ้นงานแต่ละชิ้นจะถูกวัด 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งแรกห่างจากปลายประมาณ 10 มม. ตำแหน่งที่ 2 อยู่ตรงกลางชิ้นงาน และตำแหน่งสุดท้ายห่างจากขอบประมาณ 10 มม. จดบันทึกค่าที่วัดได้แต่ละชิ้นแล้วหาค่าเฉลี่ยความเรียบผิว

6. นำชิ้นทดลอง จำนวน 1 ชิ้น แล้วนำมาขัดผิวหน้าตัดให้เรียบ แล้วนำมาตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่อง Specto ทดสอบ 3 จุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นส่วนผสมทางเคมีของชิ้นทดลอง แล้วปริ้นค่าที่ได้ออกมาดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นส่วนผสมทางเคมีของชิ้นทดลอง

ส่วนผสมทางเคมี ของเหล็ก S 50 C	ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบหา เปอร์เซ็นส่วนผสมทางเคมี	ค่ามาตรฐานของเปอร์เซ็น ส่วนผสมทางเคมี
C	0.481	0.47-0.53
Si	0.239	0.15-0.35
Mn	0.602	0.60-0.90
p	0.006	0.030 max
S	0.009	0.035 max
Ni	0.026	
Co	$<$ 0.001	
Sn	0.009	
Cr	0.102	
Mo	0.007	
Al	0.012	
W	0.001	
As	0.002	
Cu	0.016	
B	$<$ 0.00010	
V	0.003	
Nb	$<$ 0.001	
Ti	0.002	

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ [17]

3.6.1 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) การหาค่าเฉลี่ยของความเรียบผิวของชิ้นทดลอง โดยใช้สูตร

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X}{N}$$

เมื่อ X = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

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

N = จำนวนของข้อมูล

3.6.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

เป็นการวัดการกระจายของข้อมูล (MeasureVariability) ที่เบี่ยงเบนออกจากค่าเฉลี่ยของข้อมูล โดยใช้สูตร

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

เมื่อ S = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X = ข้อมูลแต่ละจำนวน

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

n = จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

3.6.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่เกิดจากตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม คือค่าความเรียบผิวในการกลึงเหล็ก S 50 C

3.6.4 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

เป็นการวิเคราะห์โดยใช้สมการ Response Surface Regression