บทที่ 3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยการหาอิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการตัดเฉือนด้วยกรรมวิธี EDM ที่ส่งผลกระทบต่อเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง AISI M2 โดยทำการศึกษาข้อมูลและวิธีการวิจัยจากเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดหาปัจจัยที่เหมาะสมต่อสมบัติทางกล และการทดลองในครั้งนี้ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพและมีความเที่ยงตรงสูง จึงได้รับความอนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมของภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธบุรีในการดำเนินการทดลอง ดังมีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทำการศึกษาเอกสาร ตำราที่เกี่ยวข้องกับงานแปรรูปโลหะด้วยเครื่องจักร Electrical Discharge Machine (EDM) ทั้งภายในและภายนอกประเทศที่ผ่านมา เกี่ยวข้องกับลักษณะของงานวิจัยหรือที่อาจจะสามารถนำมาใช้ในงานวิจัยการศึกษาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ของกระบวน การตัดเจาะด้วยไฟฟ้าต่อคุณภาพงานของโลหะเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง AISI M2 โดยใช้เครื่อง Electrical Discharge Machine (EDM)ได้

3.2 เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

3.2.1 เครื่องจักรอีดีเอม (Electrical Discharge Machine)

เครื่องจักรอีดีแอ็ม เป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการศึกษาทดลอง เครื่องหมายการค้า Trade Ard Mark Type

- M30F S/N 30636 ผลิตโดย บริษัท ART PRCISION MACHINERY CO., LTD
- Machine Unit รุ่น M30 F
- Control Unit รุ่น P 30
- Discharge Unit
- สารไดอิเล็กตริก PB EDM OIL 30

รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องกัดเจาะด้วยไฟฟ้า (EDM)

3.2.2 เครื่องเจียระไนผิวราบ (Horizontal Surface Grinding Machine)

3.2.3 เครื่องมือวัดละเอียด ที่ใช้ในการศึกษาทดลองประกอบด้วย

3.2.3.1 เครื่องวัดความหยาบผิว (Surface Roughness) เครื่องหมายการค้า Mahr รุ่น Marsurf PS1

รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องวัดความหยาบผิว (Surface Roughness

3.2.3.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องหมายการค้า Denver Instrument รุ่น T/TB Series

รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องชั่งน้ำหนัก

3.2.3.3 นาฬิกาจับเวลา CASIO ความละเอียด 0.01 วินาที

3.2.4 เครื่องมือประกอบ

3.2.4.1 Computer ACER ASPIRE 4520

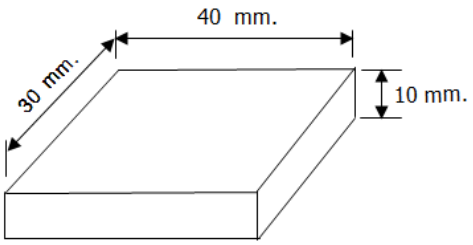
3.2.4.2 เครื่อง Ultrasonic Cleaner เครื่องหมายการค้า CTBRAND รุ่น GT-430G1

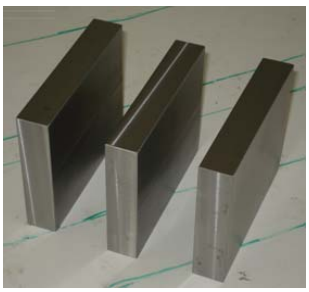
รูปที่ 3.4 แสดงเครื่อง Ultrasonic Cleaner

3.2.5 ชิ้นงานทดลอง ในการทดลองใช้ เหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง AISI M2

1. มีขนาดความกว้าง 30 mm. × ยาว 40 mm. × หนา 10 mm
2. เจียระไนเรียบได้ฉากทุกด้าน

3.2.6 ความหยาบของชิ้นงานหลังการเจียระไนแล้วต้องมีความหยาบไม่เกิน 0.10 μm Ra





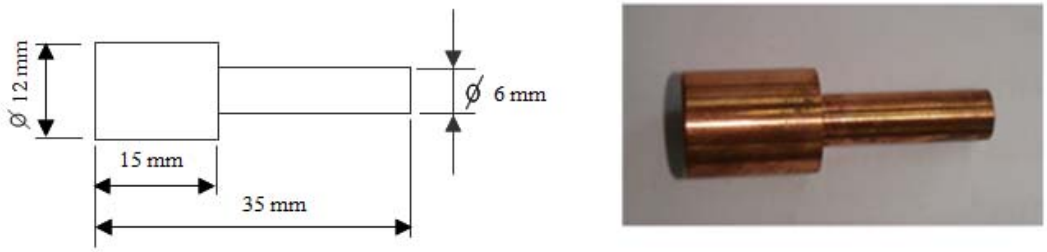
รูปที่ 3.5 แสดงชิ้นงานในการทดลอง

3.2.7 อิเล็กโทรดทองแดงที่ใช้ในการศึกษานี้มีลักษณะดังนี้

1) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 mm. และมีความยาว 35 mm.

2) หน้าของอิเล็กโทรดกลึงให้ได้ฉาก ขัดหน้าให้เรียบด้วยกระดาษทรายละเอียด

3) ความหยาบของหน้าอิเล็กโทรด ต้องมีความหยาบไม่เกิน 0.55 Ra (ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย) ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.6 แสดงอิเล็กโทรดทองแดง

3.3 ขั้นตอนการออกแบบการทดลองขั้นต้น (Pilot Study)

3.3.1 การออกแบบการทดลองขั้นต้นใช้หลักการของ Factorial Design 3^3 โดยกำหนดตัวแปรออกเป็น 3 ตัวแปร แต่ละตัวแปรถูกกำหนดออกเป็น 3 ระดับ โดยให้มีการทดลองเบื้องต้นที่ค่าตัวแปรในระดับที่ต่ำสุดและสูงสุด จำนวน 8 การทดลอง **(Pilot Study)** ดังแสดงในตารางที่ 3.1

1) พารามิเตอร์ τ แทนค่าเวลาในการสปาร์คกำหนดระดับไว้ที่

$\tau_{on\,1}$ แทนค่าเวลาในการสปาร์คที่ 300 µs

$\tau_{on\,3}$ แทนค่าเวลาในการสปาร์คที่ 900 µs

2) พารามิเตอร์ A แทนค่ากระแสดิสชาร์จกำหนดระดับไว้ที่

A_1 แทนค่ากระแสดิสชาร์จ 15 V

A_3 แทนค่ากระแสดิสชาร์จ 30 V

3) พารามิเตอร์ X แทน ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดกับชิ้นงานหรือเรียกว่าเซอร์โว โวลต์เทจ แบ่งที่ระดับ 2 และ 6 **(µm)**

ตารางที่ 3.1 ตารางการออกแบบการทดลองเบื้องต้น

A (V)	X (μm)								
	2			4			6		
	τ (μs)			τ (μs)			τ (μs)		
	300	**500**	**900**	**300**	**500**	**900**	**300**	**500**	**900**
15	A11		C11				G11		I11
21									
30	S11		U11				Y11		AA11

3.4 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง (Experimental Design)

3.4.1 การออกแบบการทดลองใช้หลักการของ Factorial Design 3^3 โดยกำหนดตัวแปรออกเป็น 3 ตัวแปร แต่ละตัวแปรถูกกำหนดออกเป็น 3 ระดับ โดยให้มีการทดลองซ้ำในแต่ละตัวแปร 2 ครั้ง รวมการทดลองทั้งหมด 54 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 3.2 โดยกำหนดค่าดังนี้

1) พารามิเตอร์ τ แทนค่าเวลาในการสปาร์คกำหนดระดับไว้ที่

$\tau_{on\,1}$ แทนค่าเวลาในการสปาร์คที่ 300 μs

$\tau_{on\,2}$ แทนค่าเวลาในการสปาร์คที่ 500 μs

$\tau_{on\,3}$ แทนค่าเวลาในการสปาร์คที่ 900 μs

2) พารามิเตอร์ A แทนค่ากระแสดิสชาร์จกำหนดระดับไว้ที่

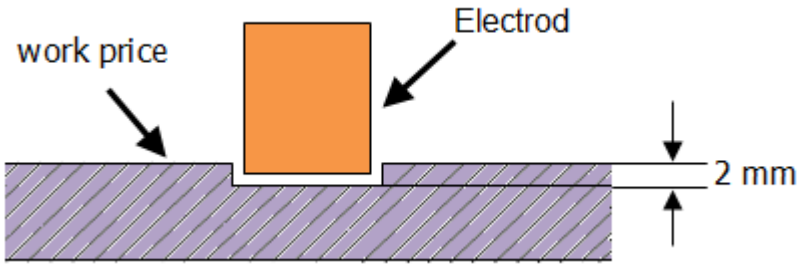
V_1 แทนค่ากระแสดิสชาร์จ 15 V

V_2 แทนค่ากระแสดิสชาร์จ 21 V

V_3 แทนค่ากระแสดิสชาร์จ 30 V

3) พารามิเตอร์ X แทน ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดกับชิ้นงาน หรือเรียกว่าเซอร์โวโวลต์เทจ แบ่งที่ระดับ 2 4 และ 6 **(**μm**)**

หน่วยการทดลอง (Experiment Unit) กำหนดทดลองขึ้นรูปโลหะสปาร์ค (Spark) อิเล็กโทรดกัดชิ้นงานตามกระแสไฟฟ้าที่กำหนดให้มีความลึก 2 mm. ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.7 แสดงการทดลองขึ้นโลหะชิ้นงานลึก 2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.2 ตารางการออกแบบการทดลอง

A (V)	X (μm)								
	2			**4**			**6**		
	τ (μs)			τ (μs)			τ (μs)		
	300	**500**	**900**	**300**	**500**	**900**	**300**	**500**	**900**
15	A11	B11	C11	D11	E11	F11	G11	H11	I11
	A12	B12	C12	D12	E12	F12	G12	H12	I12
21	J11	K11	L11	M11	N11	O11	P11	Q11	R11
	J12	K12	L12	M12	N12	O12	P12	Q12	R12
30	S11	T11	U11	V11	W11	X11	Y11	Z11	AA11
	S12	T12	U12	V12	W12	X12	Y12	Z12	AA12

ตารางที่ 3.3 แสดงการสุ่มลำดับการทดลองการแปรค่าพารามิเตอร์

A (V)	X (μm)								
	2			4			6		
	τ (μs)			τ (μs)			τ (μs)		
	300	**500**	**900**	**300**	**500**	**900**	**300**	**500**	**900**
15	4*	21	51*	39	38	45	34*	36	19*
	14	24	35	27	23	12	30	11	6
21	42	2	53	5	41	16	20	54	50
	52	13	7	48	31	10	32	26	46
30	40*	29	17*	1	25	18	37*	8	22*
	43	33	3	49	44	47	15	9	28

หมายเหตุ สัญลักษณ์ * หมายถึง Pilot study

3.4.2 พารามิเตอร์ที่กำหนดให้คงที่ตลอดการทดลอง

พารามิเตอร์ที่ไม่ได้ศึกษาในการวิจัยนี้ จะถูกปรับค่าให้คงที่ลดการทดลองเพื่อให้ผลลัพธ์จากการทดลองพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา แสดงผลออกมาอย่างดีสุด และค่าที่ปรับตั้งคงที่ของพารามิเตอร์แต่ละตัวในงานวิจัยนี้แสดงใน ตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงพารามิเตอร์ที่ปรับตั้งค่าให้คงที่

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าปรับตั้ง
K1	ช่วงพักพัลส์	100 μs
K2	ตัวคูณช่วงพักพัลส์	0
K3	จังหวะยกของอิเล็กโทรด	2
K4	จังหวะแช่ของอิเล็กโทรด	6
K5	สภาวะขั้วอิเล็กโทรด	ขั้วบวก
K6	โวลต์เทจวงจรเปิด	90 โวลต์
K7	โวลต์เทจวงจรช่วย	0 โวลต์

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) แสดงพารามิเตอร์ที่ปรับตั้งค่าให้คงที่

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าปรับตั้ง
K8	วงจรควบคุมดิสชาร์จ	0
K9	คาปาซิเตอร์	0
K10	ความเร็วของระบบเซอร์โว	2

3.5 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

3.5.1 ก่อนการทดลอง ต้องดำเนินการเก็บข้อมูลต่างๆ ของชิ้นงานและอิเล็กโทรดดังนี้

1) อิเล็กโทรดทองแดง ชั่งน้ำหนัก (กรัม) ความหยาบ (μm) เส้นผ่าศูนย์กลาง (mm.)

2) ชิ้นงานเจียระไนผิวหน้าให้เรียบ ได้ฉากทุกมุม วัดความหยาบผิว (μm)

3.5.2 การทดลองดำเนินการทดลอง ดังนี้

1) จับยึดอิเล็กโทรดเข้ากับหัวจับของเครื่องอีดีเอ็มพร้อมตรวจเช็คอิเล็กโทรดให้ได้ฉากด้วย Dial Indicator

2) จับยึดชิ้นงานบนแท่นเครื่องอีดีเอ็มตรงบริเวณกึ่งกลางแท่นเครื่อง ตั้งระนาบ X, Y ของชิ้นงาน

3) หาระนาบของผิวงานกับระนาบของหน้าอิเล็กโทรด แล้วเซตค่าเป็น 0

4) ตั้งเงื่อนไขการแปรรูปตามที่กำหนดไว้ 5) เดินเครื่องอีดีเอ็ม เพื่อทำการแปรรูปชิ้นงาน

6) จดบันทึก

7) ปลดชิ้นงานและอิเล็กโทรดออกจากเครื่องจักร

8) ทำความสะอาดชิ้นงาน อิเล็กโทรด และเครื่องจักร

9) ทำการทดลองซ้ำตามลำดับการทดลองและตามขั้นตอนการทดลอง จนครบจำนวนของการทดลอง

3.5.3 ภายหลังจากการทดลอง ดำเนินการเก็บข้อมูลที่ได้จากการทดลองดังนี้

1) ชั่งน้ำหนักอิเล็กโทรด (กรัม)

2) หาความหยาบของผิวงาน (μm)

3) ตรวจความลึกของรูชิ้นงาน (mm.)

3.6 การหาค่าผลลัพธ์จากการทดลอง

3.6.1 อัตราการแปรรูปหรืออัตราการขึ้นรูปโลหะ คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\text{อัตราการแปรรูป} = \frac{\text{ปริมาตรของรูชิ้นงาน}}{\text{เวลาในการแปรรูป}}$$

3.6.2 อัตราการสึกหรอของอิเล็กโทรดคำนวณได้จากสูตรดงนี้

$$\text{อัตราการสึกของอิเล็กโทรด} = \frac{\text{ปริมาตรของอิเล็กโทรดที่สึกไป}}{\text{ปริมาตรของรู}} \times 100\ \%$$

3.6.3 หา Over cut หรือ An gap

Over cut = เส้นผ่าศูนย์กลางรูชิ้นงาน – เส้นผ่าศูนย์กลางอิเล็กโทรด

3.6.4 หาความหยาบผิวงาน ได้จากการวัดของเครื่อง Surface Roughness ตำแหน่งต่าง ๆ 3 จุดแล้วหาค่าเฉลี่ย

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์หาค่าดังต่อไปนี้

3.7.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) ($\overline{X}$) การหาค่าเฉลี่ยของความหยาบผิวโดยใช้สูตร [5]

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

เมื่อ $\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

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

n = จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

3.7.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard error of mean) เป็นการวัดค่าการกระจายของข้อมูล (Measure Variability) ที่เบี่ยงเบนออกจากค่าเฉลี่ยของข้อมูล โดยใช้สูตร [5]

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

เมื่อ S = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x = ข้อมูลแต่ละจำนวน

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

n = จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

3.7.3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน [5] ขั้นตอนในการวิเคราะห์ความแปรปรวน มีดังนี้

1. ตั้งสมมติฐาน

H_0: $\mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_k$

H_1: มีอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่ไม่เท่ากัน

2. กำหนดระดับนัยสำคัญ (α)

3. กำหนดตัวสถิติทดสอบและคำนวณค่า(ตัวสถิติทดสอบคือเอฟ และ สร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน)

4. ดูบริเวณการทดสอบ

5. ถ้าค่าเอฟที่คำนวณน้อยกว่าค่าที่เปิดจากตาราง หมายถึง

ค่าที่คำนวณได้จากตัวอย่างตกบริเวณยอมรับ H_0 ตัดสินใจยอมรับ H_0 สรุปว่าไม่มี เหตุผลเพียงพอที่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หากค่าเอฟที่คำนวณได้มากกว่าค่าในตารางหมายถึงค่าที่คำนวณได้ จากตัวอย่างตกบริเวณปฏิเสธ H_0 ตัดสินใจปฏิเสธ H_0 และ สรุปผลว่ามีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่ไม่เท่ากัน