

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยการหาอิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทานต่อสมบัติงานเจาะอะลูมิเนียมผสม AA 2024 ด้วยวิธีการเจาะแบบแรงเสียดทาน และกำหนดอัตราพื้นที่ผิวสัมผัสดอกเจาะ โดยทำการศึกษาข้อมูลและวิธีการวิจัยจากเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดหาปัจจัยที่เหมาะสมต่อสมบัติทางกล และการทดลองในครั้งนี้ต้องใช้ อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพและมีความเที่ยงตรงสูง ในการทดลองได้รับความอนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีและวิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกสมุทรปราการ ในการดำเนินการทดลอง ดังมีอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองโดยมีขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินการวิจัยต้องศึกษาถึงปัญหาเพื่อให้สามารถกำหนด ขอบเขตของปัญหาได้อย่างชัดเจนเพื่อก้าวไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง หลังจากนั้นทำการทบทวนวรรณกรรมว่ามีความเกี่ยวข้องหรือมีแนวทางที่จะแก้ไขปัญหาคือต่อไปก็จะศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและกำหนดค่าตัวแปรต่างๆรวมไปถึงผลตอบของการทดลอง จากนั้นเข้าสู่กระบวนการแปรผลการทดลองและตีความผลการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับ High Speed Steel (HSS) แท่งกลม GRAD 1900 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร และกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทาน
2. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วยหลายส่วน เช่น เอกสารงานวิจัย ทั้งภายในภายนอกประเทศ ข้อมูลเอกสารและตำรา บทความวิชาการนอกจากนี้ยังรวมไปถึงข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตที่ใช้ประกอบในการดำเนินงานวิจัยดังกล่าว
3. นำข้อมูลเอกสารต่าง ๆ มาศึกษาวิเคราะห์โดยเลือกเอาเฉพาะส่วนที่สำคัญและใกล้เคียงกับงานวิจัยดังกล่าวมาใช้ประกอบในงานวิจัยฉบับนี้

3.2 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบด้วย

3.2.1 เครื่องกัดที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC Milling Machine)

ที่ใช้ในทดลองนำมาใช้ในทดลองเจาะแบบแรงเสียดทาน ที่สามารถปรับตั้งอัตราการป้อนและความเร็วรอบได้จากพารามิเตอร์ที่กำหนด เครื่องหมายการค้า CHEVALIER รุ่น QP2026-L คุณสมบัติเป็นเครื่องกัดแนวตั้ง 3 แกน ควบคุมด้วยระบบ CNC ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที



รูปที่ 3.1 เครื่องกัด CNC ยี่ห้อ CHEVALIER รุ่น QP2026-L

3.2.2 เครื่องลับดอกเจาะ (UNIVERSAL TOOL & DRILL GRINDERS)

ใช้ในการลับอัตราส่วนสัมผัสของดอกเจาะมีเครื่องหมายทางการค้าว่า FEIPNG ENTERPRISE CO.,LTD



รูปที่ 3.2 เครื่องลับดอกสว่าน

3.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องหมายการค้า Pioneer รุ่น OHAUS

ใช้ในการวัดค่าการสึกหรอของดอกเจาะ



รูปที่ 3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.2.4 เครื่องวัดความเรียบผิวงาน (Surface Roughness Testing Machine)

มีเครื่องหมายทางการค้าว่า Mahr รุ่น Marsurf P51 ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความเรียบผิวงาน

3.2.5 เครื่องทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ส (HV)

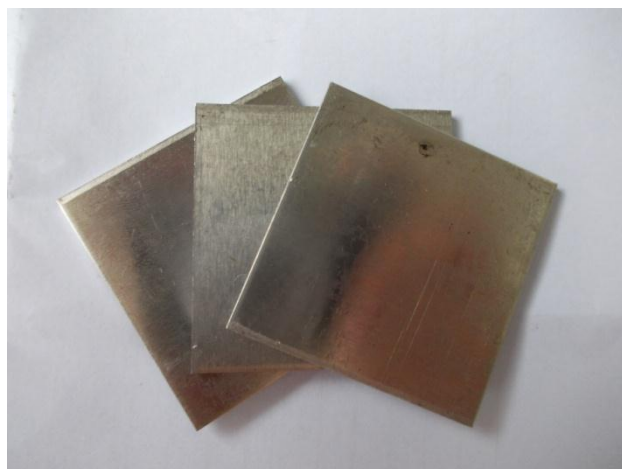
มีเครื่องหมายทางการค้าว่า MATSUZAWA รุ่น MMT-X7



รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบความแข็ง

3.2.6 ชิ้นงานและเครื่องมือตัด

3.2.6.1 วัสดุชิ้นงานอะลูมิเนียมผสม AA 2024 ขนาด 40 มิลลิเมตร x มิลลิเมตร x 3 มิลลิเมตร
จำนวน 54 แผ่น



รูปที่ 3.6 วัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง

3.2.6.2 ดอกเจาะ High Speed Steel (HSS) แท่งกลม GRAD 1900 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มม.
จำนวน 54 ดอก



รูปที่ 3.7 High Speed Steel (HSS) แท่งกลม

3.3 ขั้นตอนการออกแบบการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)

การทดลองเบื้องต้นเป็นการศึกษาตัวแปรอิสระบางระดับ เพื่อจะได้ทราบแนวทางที่เหมาะสมของการทดลอง เช่น ทำให้ทราบถึงผลของตัวแปรและระดับที่นำมาศึกษา เพื่อจะได้เลือกระดับของตัวแปรอิสระที่จะทำการศึกษาวิจัยได้ถูกต้อง ไม่ทำให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น ทั้งยังป้องกันการชำรุดเสียหายของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองด้วย ซึ่งเมื่อทราบถึงแนวทางที่ถูกต้องแล้วก็ทำการทดลองกับตัวแปรที่กำหนดไว้ทีละชุด เพื่อหาข้อสรุปถึงอิทธิพลของกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทานต่อสมบัติงานเจาะอะลูมิเนียมผสม AA 2024 โดยกำหนดตัวแปรที่ทำการทดลอง 3 ระดับคือ อัตราพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน FCAR มี 3 ระดับคือ 50 %, 75 % และ 100 % อัตราป้อน 3 ระดับ คือ 60 มม./นาท, 100 มม./นาท และ 150 มม./นาท ความเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 3,000 รอบ/นาท, 3,400 รอบ/นาท และ 3,800 รอบ/นาท การทดลองเบื้องต้นผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองไว้โดยกำหนดให้อัตราส่วนพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน FCAR แล้วเปลี่ยนระดับความเร็วรอบ ในการเจาะเป็น 2 ระดับ คือ 3,000 รอบ/นาท, 3,800 รอบ/นาท แล้วเปลี่ยนอัตราป้อนเป็น 2 ระดับ คือ 60 มม./นาท และ 150 มม./นาท ตามลำดับ ในการเลือกระดับอัตราป้อนพิจารณาจากช่วงต่ำสุดสูงสุดของเครื่องกัดตั้ง CNC ส่วนอัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน FCAR พิจารณาเทียบเคียงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลของการทดลองเบื้องต้นแสดงตามตารางที่ 3.2 และ 3.3

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลองเบื้องต้นตามเงื่อนไข

อัตราพื้นที่ผิวสัมผัส แรงเสียดทาน FCAR (%)	ความเร็วรอบ รอบ/นาที	อัตราป้อน มม./นาที					
		60		100		150	
		1	2	1	2	1	2
50	3,000	A1				S1	
	3,400						
	3,800	C1				U1	
75	3,000	D1				V1	
	3,400						
	3,800	F1				X1	
100	3,000	G1				Y1	
	3,400						
	3,800	I1				XO1	

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาความเร็วรอบและความเร็วตัด

$$\text{จากสมการ} \quad V = \frac{\pi d n}{1000}$$

กำหนดให้ V = ความเร็วตัด (เมตร/วินาที)

d = เส้นผ่าศูนย์กลางดอกเจาะ

n = ความเร็วรอบดอกเจาะ

เตรียมชิ้นงานให้ได้ขนาดตามที่กำหนดแล้วทำการทดลอง Pilot Study การทดลองเบื้องต้น ผู้วิจัยเลือกใช้ตัวแปรต้นในการทดลองดังนี้คือ

1. อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน FCAR มี 3 ระดับคือ 50 %, 75 %, และ 100 %
2. อัตราป้อน 3 ระดับ คือ 60 มม./นาที, 100 มม./นาที และ 150 มม./นาที
3. ศึกษาเกี่ยวกับความเร็ว 3 ระดับซึ่งได้จากคู่มือ Flow drill คือ 3000 รอบ/นาที, 3400 รอบ/นาที และ 3800 รอบ/นาที ซึ่งเมื่อคำนวณหาความเร็วตัดที่ความเร็วรอบ 3000 รอบ/นาที ใช้ความเร็วตัด

75 เมตร/นาทีก่อนที่ความเร็วรอบ 3400 รอบ/นาทีก่อนที่ความเร็วตัด 85 เมตร/นาทีก่อนที่ความเร็วรอบ 3800 รอบ/นาทีก่อนที่ความเร็วตัด 95 เมตร/นาทีก่อนที่ความเร็วรอบ

3.4 การออกแบบการทดลอง

ในการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ ให้ตรงกับวัตถุประสงค์และสมมติฐาน จึงได้นำข้อมูลในตารางที่ 3.1 มากำหนดแผนการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 3.2 แผนการทดลองแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ประสิทธิภาพในการเจาะจากการทดสอบจริง

อัตราพื้นที่ผิวสัมผัส แรงเสียดทาน	ความเร็วรอบ รอบ/นาทีก่อนที่	อัตราป้อน มม./นาทีก่อนที่					
		60		100		150	
		1	2	1	2	1	2
50	3,000	A1	A2	J1	J2	S1	S2
	3,400	B1	B2	K1	K2	T1	T2
	3,800	C1	C2	L1	L2	U1	U2
75	3,000	D1	D2	M1	M2	V1	V2
	3,400	E1	E2	N1	N2	W1	W2
	3,800	F1	F2	O1	O2	X1	X2
100	3,000	G1	G2	P1	P2	Y1	Y2
	3,400	H1	H2	Q1	Q2	Z1	Z2
	3,800	I1	I2	R1	R2	XO1	XO2

หมายเหตุ

A1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบ/นาทีก่อนที่อัตราป้อน 60 มม./นาทีก่อนที่อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 50 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (A2 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

B1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,400 รอบ/นาทีก่อนที่อัตราป้อน 60 มม./นาทีก่อนที่อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 50 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (B2 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

C1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,800 รอบ/นาทีก่อนที่อัตราป้อน 60 มม./นาทีก่อนที่อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 50 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (C2 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

Z1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,400 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 150 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 100 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (Z2 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

X01 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,800 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 150 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 100 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (X02 คือ การทดลองครั้งที่ 2)

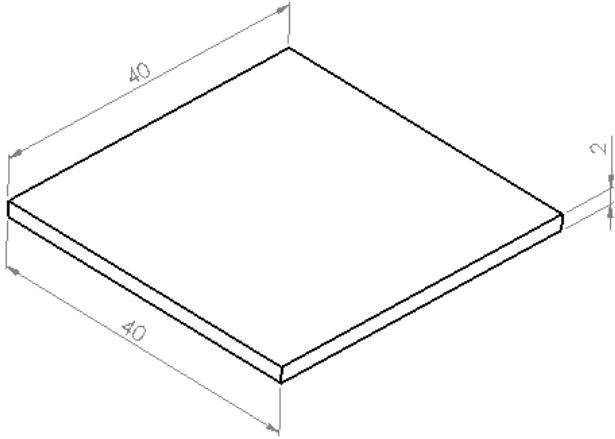
ในการทดลองชิ้นงานที่ใช้ทดลองได้ถูกนำโดยวิธีการสุ่ม

ตารางที่ 3.3 ตารางสุ่มชิ้นงานสำหรับการทดลอง

อัตราพื้นที่ ผิวสัมผัสแรงเสียด ทาน	ความเร็วรอบ รอบ/นาที	อัตราป้อน มม./นาที					
		60		100		150	
		1	2	1	2	1	2
50	3,000	29	20	1	7	5	11
	3,400	37	19	3	45	22	18
	3,800	41	23	40	24	35	53
75	3,000	49	8	46	38	6	30
	3,400	16	2	25	39	4	28
	3,800	33	21	27	13	48	15
100	3,000	12	51	10	9	47	36
	3,400	54	14	50	43	26	44
	3,800	32	17	42	52	31	34

3.5 ขั้นตอนในการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

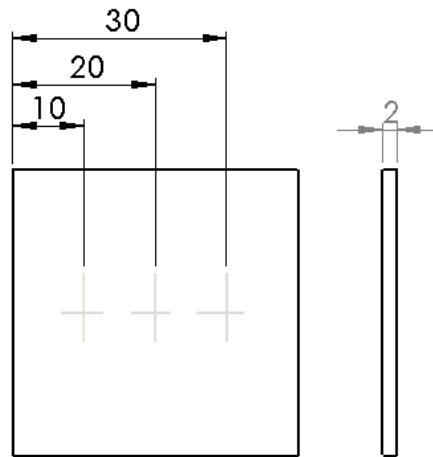
1. การเตรียมชิ้นงานเพื่อนำไปทดลอง นำอะลูมิเนียมผสม AA 2024 มาตัดให้ได้ ขนาด 40 มม. x 40 มม. x 2 มม. ทดสอบหาส่วนผสมทางเคมีและทดสอบหาค่าความแข็ง



รูปที่ 3.8 ชิ้นงานทดลอง

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงส่วนผสมทางเคมีของอะลูมิเนียมผสม AA2024 ที่ได้จากการทดสอบ

ส่วนผสมทางเคมีของ อะลูมิเนียมผสม AA2024	ค่ามาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ ส่วนผสมทางเคมี	ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ เปอร์เซ็นต์ส่วนผสมทางเคมี
Cu	2.80-4.90	5.34
Fe	0.05	0.139
Si	0.05	0.123
Mn	0.30-0.90	0.741
Mg	1.20-1.80	1.661
Zn	0.25	0.082
Ti	0.15	0.028
อื่นๆ	0.05	0.011



รูปที่ 3.9 แสดงตำแหน่งทดสอบค่าความแข็งของอะลูมิเนียมผสม AA2024

ตารางที่ 3.5 ผลการทดสอบหาค่าเฉลี่ยความแข็งของชิ้นงานทดลอง

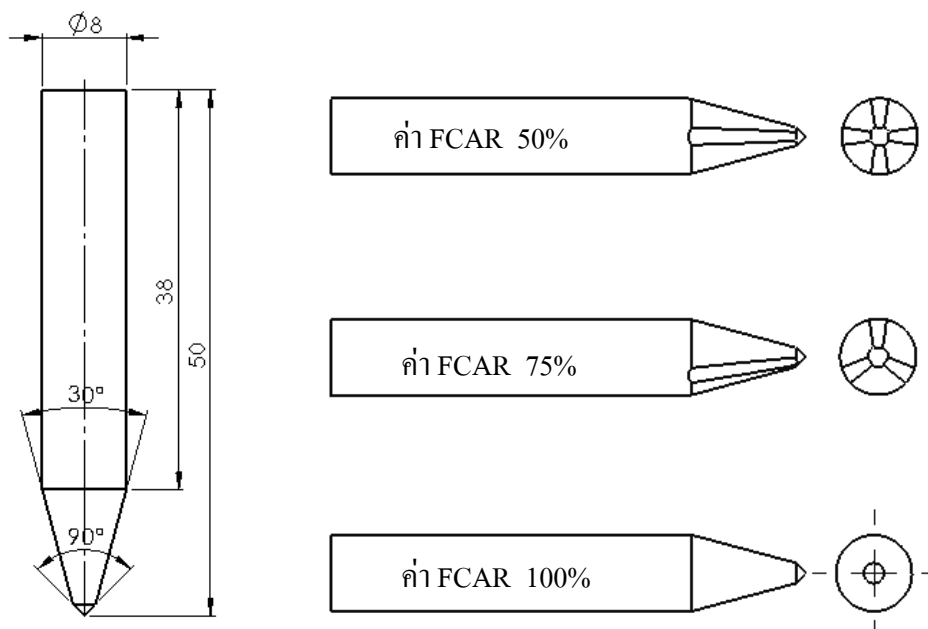
ชิ้นงาน ทดลอง	ความแข็ง HV	ชิ้นงาน ทดลอง	ความแข็งHV	ชิ้นงาน ทดลอง	ความแข็งHV
A1	146.3	J1	146.2	S1	144.7
A2	145.9	J2	145.0	S2	144.7
B1	145.4	K1	144.8	T1	145.0
B2	144.9	K2	144.9	T2	144.5
C1	145.1	L1	144.9	U1	145.1
C2	146.7	L2	144.7	U2	144.9
D1	145.3	M1	145.0	V1	145.0
D2	144.7	M2	144.6	V2	145.4
E1	147.3	N1	144.7	W1	144.7
E2	144.7	N2	146.4	W2	145.2
F1	144.6	O1	145.3	X1	144.6
F2	143.4	O2	146.0	X2	143.6

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) ผลการทดสอบหาค่าเฉลี่ยความแข็งของชิ้นงานทดลอง

ชิ้นงาน ทดลอง	ความแข็ง HV	ชิ้นงาน ทดลอง	ความแข็งHV	ชิ้นงาน ทดลอง	ความแข็งHV
G1	145.1	P1	144.9	Y1	144.5
G2	144.4	P2	145.1	Y2	145.1
H1	146.0	Q1	145.9	Z1	143.6
H2	144.9	Q2	144.8	Z2	144.9
I1	144.2	R1	145.3	X01	145.4
I2	145.3	R2	144.8	X02	145.1

หมายเหตุ การทดสอบความแข็งใช้มาตรฐานการวัดความแข็งแบบ วิคเกอร์ส (HV)

2. เตรียมดอกเจาะ ด้วยการเจียรในผิว High Speed Steel (HSS) แท่งกลม GRAD 1900 เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร เจียรในมุมเสียดทานในการเจาะ 30 องศา และอัตราพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน FCAR ให้ได้ 50 % 18 ดอก , 75 % 18 ดอก, และ 100 % 18 ดอก



รูปที่ 3.10 อัตราพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน ของดอกเจาะ High Speed Steel (HSS) แท่งกลม

3. นำดอกเจาะ ที่ผ่านการเจียรในผิวเพื่อให้ได้พื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน มาชั่งน้ำหนัก เพื่อให้ได้ข้อมูลน้ำหนักของดอกเจาะ เพื่อนำไปเปรียบเทียบภายหลังการทดลองเสร็จสิ้น
4. เตรียมเครื่องจักรด้วยการเขียนโปรแกรมงานเจาะ
5. ทำการเจาะตามตารางแผนการทดลองที่ 3.2
6. นำชิ้นงานมาวัดค่าความเรียบผิวของรูเจาะ (Ra) ด้วยเครื่องวัดความเรียบผิว ชิ้นงานแต่ละชิ้น จะถูกวัด 4 ตำแหน่ง ตำแหน่งแรกห่างจากขอบประมาณ 1 มม. ที่ 0 องศาและตำแหน่งที่ 2 ห่างจากขอบประมาณ 1 มม. ที่ 90 องศา ตำแหน่งที่ 3 ห่างจากขอบประมาณ 1 มม. ที่ 180 องศา ตำแหน่งที่ 4 สูดท้ายห่างจากขอบประมาณ 1 มม. ที่ 270 องศา จดบันทึกค่าที่วัดได้แต่ละจุดแล้ว หาค่าเฉลี่ยความเรียบผิว
7. นำดอกเจาะเอาไป ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง บันทึกผลนำไปเปรียบเทียบกับน้ำหนักก่อนการเจาะ
8. นำค่าที่ได้จากการวัดค่าความเรียบผิวของรูเจาะ และค่าน้ำหนักของดอกเจาะ ไปวิเคราะห์ ข้อมูลทางสถิติ
9. นำข้อมูลทางสถิติมาแปลผลพร้อมสรุปผลการทดลอง

3.6 การหาค่าผลลัพธ์จากการทดลอง

1. คำนวณหาผลต่างของน้ำหนักดอกเจาะก่อนการเจาะกับน้ำหนักดอกเจาะหลังการทดลองเจาะ
2. หาคความหยาบผิวรูเจาะ ได้จากการวัดของเครื่อง Surface Roughness ตำแหน่งรูเจาะต่าง ๆ 4 จุดแล้วหาค่าเฉลี่ย

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวิจัยครั้งนี้ผู้ทำการวิจัยใช้สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.7.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) [17]

การหาค่าเฉลี่ยของความเรียบผิวของรูเจาะและการสึกหรอของดอกเจาะ โดยใช้สูตร

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

เมื่อ

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

3.7.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation) [17]

เป็นการวัดการกระจายของข้อมูล (Measure Variability) ที่เบี่ยงเบนออกจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยใช้สูตร

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

เมื่อ S = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x = ข้อมูลแต่ละจำนวน

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

n = จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

3.7.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) [18]

เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่เกิดจากตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามคือค่าความเรียบผิวของรูเจาะและการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำหนักรากดอกเจาะในการเจาะแบบแรงเสียดทานต่อสมบัติงานเจาะ อะลูมิเนียมผสม AA2024