# บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยการหาอิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทานต่อสมบัติงานเจาะเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 ด้วยวิธีการเจาะแบบแรงเสียดทานด้วยเครื่องกัด CNC แบบเพลาตั้ง และกำหนดอัตราส่วนพื้นที่สัมผัสดอกเจาะ โดยทำการศึกษาข้อมูลและวิธีการวิจัยจากเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดหาปัจจัยที่เหมาะสมต่อสมบัติทางกล และการทดลองในครั้งนี้ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพและมีความเที่ยงตรงสูง จึงได้รับความอนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมของภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในการดำเนินการทดลอง ดังมีอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองโดยมีขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

## 3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินการวิจัยต้องศึกษาถึงปัญหาเพื่อให้สามารถกำหนด ขอบเขตของปัญหาได้อย่างชัดเจนเพื่อก้าวไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง หลังจากนั้นทำการทบทวนวรรณกรรมว่ามีความเกี่ยวข้องหรือมีแนวทางที่จะแก้ไขปัญหา ต่อไปก็จะศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและกำหนดค่าตัวแปรต่างๆรวมไปถึงผลตอบของการทดลอง จากนั้นเข้าสู่กระบวนการแปรผลการทดลองและตีความผลการวิจัย

**3.1.1** ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับ ดอกสว่าน Thermal drill ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มม. ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งาน และกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทาน

**3.1.2** ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วยหลายส่วน เช่น เอกสารงานวิจัย ทั้งภายในภายนอกประเทศ ข้อมูลเอกสารและตำรา บทความวิชาการนอกจากนี้ยังรวมไปถึงข้อมูลจากอินเตอร์เน็ตที่ใช้ประกอบในการจำทำงานวิจัยดังกล่าว

**3.1.3** นำข้อมูลเอกสารต่างๆมาศึกษาวิเคราะห์โดยเลือกเอาเฉพาะส่วนที่สำคัญและใกล้เคียงกับงานวิจัยดังกล่าวมาใช้ประกอบในงานวิจัยฉบับนี้

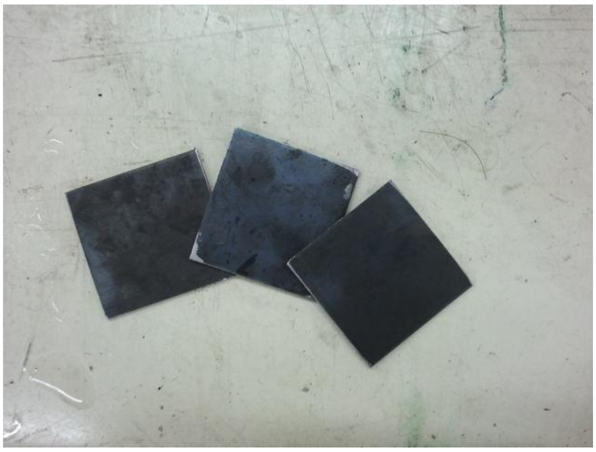
## 3.2 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบด้วย

**3.2.1** ใช้ดอก Thermal drill ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มม. จำนวน 54 ดอก

**รูปที่ 3.1** ดอก Thermal drill ขนาด 8 มม.

**3.2.2** ชิ้นงานทดลองใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 ขนาด 40 มม. x 40 มม. x 2 มม. จำนวน 54 แผ่น



**รูปที่ 3.2** เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ( AISI 1010 ) วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

**3.2.3** เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องหมายการค้า Pioneerใช้ในการวัดค่าน้ำหนักของดอก Thermal drill

**รูปที่ 3.3** เครื่องชั่งน้ำหนัก

### 3.2.4 เครื่องกัดที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC Milling Machine)

ที่ใช้ในทดลองนำมาใช้ในทดลองเจาะแบบแรงเสียดทาน ที่สามารถปรับตั้งอัตราการป้อนและความเร็วรอบได้จากพารามิเตอร์ที่กำหนด เครื่องกัด CNC (CNC Milling) ยี่ห้อ Chevalier รุ่น QP2026 – L คุณสมบัติเป็นเครื่องกัดแนวตั้ง 3 แกน ควบคุมด้วยระบบ CNC ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที

**รูปที่3.4** เครื่องกัด CNC ยี่ห้อ Chevalier รุ่น QP2026 – L

### 3.2.5 เครื่องลับดอกเจาะ Thermal drill

ใช้ในการลับอัตราส่วนสัมผัสของดอกเจาะ โดยจะทำการลับตามแบบ และจะมีขนาดมุมจิกของดอกเจาะมีค่าเท่ากับ 90 องศาเครื่องลับคมตัดมีเครื่องหมายทางการค้าว่า JACKMILL รุ่น JM-40

**รูปที่ 3.5** เครื่องลับดอกเจาะ Thermal drill

### 3.2.6 เครื่องวัดความเรียบผิวงาน (Surface Roughness Testing Machine)

ยี่ห้อ Mahr รุ่น Marsurf P51

**รูปที่ 3.6** เครื่องตรวจสอบความเรียบผิว

### 3.2.7 การทดสอบหาคุณสมบัติของชิ้นงาน

ก่อนการทดลองได้นำชิ้นงานไปทำการทดสอบวัดค่าส่วนผสมทางเคมี ดังตารางที่ 3.1 และค่าความแข็งของชิ้นงานโดยนำชิ้นงานที่เตรียมไว้ทั้งหมดมาทดสอบหาค่าความแข็ง โดยกำหนดตำแหน่งและช่วงระยะที่ทำการวัดความแข็งไว้3 ตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่งกำหนดระยะ ให้ห่างจากขอบชิ้นงาน 10 มิลลิเมตร , 20 มิลลิเมตร , 30 มิลลิเมตร หลังจากนั้นจึงนำค่าที่ได้ทั้งหมดไปหาค่าเฉลี่ยทั้ง 54ชิ้น นำผลการทดสอบความแข็งดังกล่าวบันทึกลงตารางที่ 3.2

**รูปที่ 3.7** ชิ้นงานทดสอบที่ใช้ในการทดสอบหาส่วนผสมทางเคมี

**ตารางที่ 3.1** ค่าส่วนผสมทางเคมีของชิ้นงานทดสอบ

| ส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก AISI 1010 | ค่ามาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมทางเคมี | ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมทางเคมี |
|---|---|---|
| C | 0.10 – 0.25 % | 0.177 |
| MN | 0.25 -1.5 % | 0.388 |
| P | $\geq$0.4 % | 0.010 |
| Si | $\geq$0.5 % | 0.203 |

**ตารางที่ 3.2** ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยความแข็งของชิ้นงานทดสอบ

| ชิ้นงานทดลอง | ความแข็ง HV | ชิ้นงานทดลอง | ความแข็ง HV | ชิ้นงาทดลอง | ความแข็ง HV |
|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 110.3 | J1 | 107.1 | S1 | 113.8 |
| A2 | 115.8 | J2 | 114.1 | S2 | 113.0 |
| B1 | 107.9 | K1 | 110.9 | T1 | 113.8 |
| B2 | 112.0 | K2 | 108.0 | T2 | 112.0 |
| C1 | 107.3 | L1 | 115.5 | U1 | 108.8 |
| C2 | 110.7 | L2 | 112.4 | U2 | 108.1 |
| D1 | 106.5 | M1 | 111.3 | V1 | 110.5 |
| D2 | 111.7 | M2 | 115.6 | V2 | 110.5 |

**ตารางที่ 3.2** (ต่อ) ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยความแข็งของชิ้นงานทดสอบ

| ชิ้นงานทดลอง | ความแข็ง HV | ชิ้นงานทดลอง | ความแข็ง HV | ชิ้นงาทดลอง | ความแข็ง HV |
|---|---|---|---|---|---|
| E1 | 109.3 | N1 | 113.7 | W1 | 114.8 |
| E2 | 110.8 | N2 | 110.1 | W2 | 114.4 |
| F1 | 111.1 | O1 | 112.4 | X1 | 113.1 |
| F2 | 110.3 | O2 | 110.4 | X2 | 107.7 |
| G1 | 111.0 | P1 | 110.1 | Y1 | 110.2 |
| G2 | 109.2 | P2 | 105.6 | Y2 | 106.7 |
| H1 | 109.4 | Q1 | 111.8 | Z1 | 113.5 |
| H2 | 107.7 | Q2 | 109.4 | Z2 | 110.2 |
| I1 | 109.9 | R1 | 109.7 | AA1 | 113.2 |
| I2 | 108.3 | R2 | 112.1 | AA2 | 115.5 |

## 3.3 ขั้นตอนการออกแบบการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)

การทดลองเบื้องต้นเป็นการศึกษาตัวแปรอิสระบางระดับ เพื่อจะได้ทราบแนวทางที่เหมาะสมของการทดลอง เช่น ทำให้ทราบถึงผลของตัวแปรและระดับที่นำมาศึกษา เพื่อจะได้เลือกระดับของตัวแปรอิสระที่จะทำการศึกษาวิจัยได้ถูกต้อง ไม่ทำให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น ทั้งยังป้องกันการชำรุดเสียหายของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองด้วย ซึ่งเมื่อทราบถึงแนวทางที่ถูกต้องแล้วก็ทำการทดลองกับตัวแปรที่กำหนดไว้ที่ละชุด เพื่อหาข้อสรุปถึงอิทธิพลของกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทานต่อสมบัติงานเจาะเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 โดยกำหนดตัวแปรที่ทำการทดลอง 3 ระดับคือ อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน FCAR มี 3 ระดับคือ 50 เปอร์เซ็นต์ 75 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ อัตราป้อน 3 ระดับ คือ 40 มม./นาที , 60 มม./นาที และ 80 มม./นาที ความเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 2,200 รอบ./นาที, 2,600 รอบ./นาที และ 3,000 รอบ./นาที การทดลองเบื้องต้นผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองไว้โดยกำหนดให้อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน FCAR แล้วเปลี่ยนระดับความเร็วรอบ ในการเจาะเป็น 2 ระดับ คือ 2,200 รอบ/นาที 3,000 รอบ/นาที แล้วเปลี่ยนอัตราป้อน แล้วเปลี่ยนอัตราป้อนเป็น 2 ระดับ คือ 40 มม./นาที และ 80 มม./นาที ตามลำดับ ในการเลือกระดับอัตราป้อนพิจารณาจากช่วงต่ำสุดสูงสุดของเครื่องกัดตั้ง CNC ส่วนอัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน FCAR พิจารณาเทียบเคียงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลของการทดลองเบื้องต้นแสดงตามตารางที่ 3.3 และ 3.4 ในการทดลองผู้วิจัยได้ใช้ตัวแปรอิสระคือค่าความเร็วตัด (Cutting Speed) อัตราป้อน (Feed) จากคู่มือ บริษัท SANDVIK (Thailand) จำกัด

**ตารางที่ 3.3** ตารางการทดลองก่อนการทดลองจริง

| อัตราส่วนผิวสัมผัสแรงเสียดทาน | ความเร็วรอบ ( รอบ / นาที ) | อัตราป้อน (มม./ นาที ) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 40 | | 60 | | 80 | |
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 50 % | 2,200 | A1 | | | | S1 | |
| | 2,600 | | | | | | |
| | 3,000 | C1 | | | | U1 | |
| 75 % | 2,200 | D1 | | | | V1 | |
| | 2,600 | | | | | | |
| | 3,000 | F1 | | | | X1 | |
| 100 % | 2,200 | G1 | | | | Y1 | |
| | 2,600 | | | | | | |
| | 3,000 | I1 | | | | AA1 | |

จากสมการ $$n = \frac{1000v}{\pi D}$$

กำหนดให้ $V =$ ความเร็วตัด (เมตร/วินาที)

$D =$ เส้นผ่าศูนย์กลางดอกสว่าน

$n =$ ความเร็วรอบดอกสว่าน

เตรียมชิ้นงานให้ได้ขนาดตามที่กำหนดแล้วทำการทดลอง Pilot Study

การทดลองเบื้องต้น ผู้วิจัยเลือกใช้ตัวแปรต้นในการทดลองดังนี้คือ

1. อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน FCAR มี 3 ระดับคือ 50 เปอร์เซ็นต์ 75 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์

2. อัตราป้อน 3 ระดับ คือ 40 มม./นาที ,60 มม./นาที และ 80 มม./นาที

3. ศึกษากับความเร็ว 3 ระดับ ซึ่งได้จากคู่มือ Sandvik Gun Drill คือ 2,200 รอบ./นาที, 2,600 รอบ./นาที และ 3,000รอบ./นาที นาที ซึ่งเมื่อคำนวณหาความเร็วตัดที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบต่อนาที ใช้ความเร็วตัด 55 เมตรต่อนาที ที่ความเร็วรอบ 2,600 รอบต่อนาที ใช้ความเร็วตัด 65 เมตรต่อนาที ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที ใช้ความเร็วตัด 75 เมตรต่อนาที

## 3.4 การออกแบบการทดลอง

ในการออกแบบการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ ให้ตรงกับวัตถุประสงค์และสมมุติฐาน จึงได้ มากำหนดแผนการทดลองได้ดังนี้

**ตารางที่ 3.4** แผนการทดลองแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ประสิทธิภาพในการเจาะจากการทดลองทดสอบจริง

| อัตราส่วนผิวสัมผัสแรงเสียดทาน | ความเร็วรอบ ( รอบ / นาที ) | อัตราป้อน (มม./ นาที ) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 40 | | 60 | | 80 | |
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 50 % | 2,200 | A1 | A2 | J1 | J2 | S1 | S2 |
| | 2,600 | B1 | B2 | K1 | K2 | T1 | T2 |
| | 3,000 | C1 | C2 | L1 | L2 | U1 | U2 |
| 75 % | 2,200 | D1 | D2 | M1 | M2 | V1 | V2 |
| | 2,600 | E1 | E2 | N1 | N2 | W1 | W2 |
| | 3,000 | F1 | F2 | O1 | O2 | X1 | X2 |
| 100 % | 2,200 | G1 | G2 | P1 | P2 | Y1 | Y2 |
| | 2,600 | H1 | H2 | Q1 | Q2 | Z1 | Z2 |
| | 3,000 | I1 | I2 | R1 | R2 | AA1 | AA2 |

หมายเหตุ

- A1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,200 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 40 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 50 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (A2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- B1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,600 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 40 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 50 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (B2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- C1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 40 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 50 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (C2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- D1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,200 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 40 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 75 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (D2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- E1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,600 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 40 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 75 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (E2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )

- F1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 40 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 75 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (F2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- G1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,200 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 40 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 100 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (G2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- H1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,600 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 40 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 100 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (H2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- I1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 40 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 100 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (I2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- J1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,200 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 60 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 50 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (J2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- K1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,600 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 60 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 50 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (J2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- L1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 60 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 50 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (L2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- M1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,200 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 60 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 75 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (M2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- N1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,600 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 60 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 75 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (N2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- O1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 60 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 75 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (O2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- P1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,200 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 60 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 100 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (P2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- Q1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,600 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 60 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 100 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (Q2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- R1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 60 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 100 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (R2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- S1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,200 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 80 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 50 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (S2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- T1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,600 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 80 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 50 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (T2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )
- U1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 80 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 50 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (U2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )

- V1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,200 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 80 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 75 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (V2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )

- W1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,600 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 80 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 75 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (W2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )

- X1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 80 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 75 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (X2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )

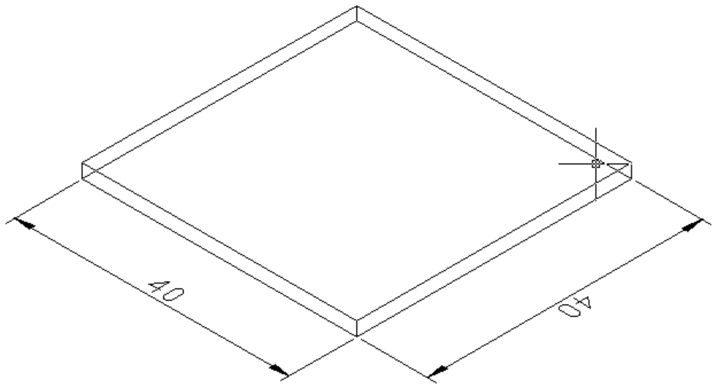
- Y1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,200 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 80 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 100 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (Y2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )

- Z1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 2,600 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 80 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 100 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (Z2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )

- AA1 หมายถึง การเจาะด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบ/นาที ใช้อัตราป้อน 80 มม./นาที อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน 100 % โดยไม่ใช้น้ำหล่อเย็น (AA2 คือ การทดลองครั้งที่ 2 )

## 3.5 ขั้นตอนในการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเตรียมชิ้นงานเพื่อนำไปทดลอง นำเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 มาตัดให้ได้ขนาด ขนาด 40 มม. x 40 มม. x 2 มม.




**รูปที่ 3.8** ชิ้นงานทดลอง

2. เตรียมดอก Thermal drill ด้วยการเจียระไนผิวเพื่อให้ได้พื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน FCAR ให้ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ 18 ดอก ,75 เปอร์เซ็นต์ 18 ดอก และ 100 เปอร์เซ็นต์ 18 ดอก

3. เตรียมเครื่องจักรด้วยการเขียนโปรแกรม ติดตั้งดอกเจาะ Thermal drill

4. นำชิ้นงานจับยึดกับปากกาเครื่องกัดทำการเจาะตามตารางแผนการทดลองที่ 3.3

5. นำชิ้นงานมาวัดค่าความเรียบผิวของรูแล้วบันทึกผล

6. นำค่าที่ได้จากการวัดค่าความเรียบผิวของรูเจาะและน้ำหนักของดอกเจาะ thermal drill ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

7. นำข้อมูลทางสถิติมาแปรผลพร้อมสรุปผลการทดลอง

**ตารางที่ 3.5** การสุ่มเลือกชิ้นงานสำหรับการทดลอง

| อัตราส่วนผิวสัมผัสแรงเสียดทาน | ความเร็วรอบ ( รอบ / นาที ) | อัตราป้อน (มม./ นาที ) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 40 | | 60 | | 80 | |
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 50 % | 2,200 | 7 | 31 | 6 | 29 | 27 | 47 |
| | 2,600 | 14 | 44 | 3 | 41 | 20 | 33 |
| | 3,000 | 10 | 48 | 15 | 52 | 19 | 50 |
| 75 % | 2,200 | 16 | 36 | 2 | 35 | 17 | 40 |
| | 2,600 | 26 | 37 | 1 | 45 | 5 | 54 |
| | 3,000 | 11 | 30 | 9 | 38 | 8 | 49 |
| 100 % | 2,200 | 18 | 51 | 13 | 42 | 21 | 28 |
| | 2,600 | 12 | 53 | 25 | 32 | 24 | 43 |
| | 3,000 | 22 | 34 | 23 | 46 | 4 | 39 |

## 3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวิจัยครั้งนี้ผู้ทำการวิจัยใช้สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

### 3.6.1 ค่าเฉลี่ย $(\bar{X})$ [29 ]

การหาค่าเฉลี่ยของความเรียบผิวของรูเจาะและการสึกหรอของดอกเจาะ Thermal drill โดยใช้สูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X}{N} \qquad (3.1)$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

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

$N$ = จำนวนของข้อมูล

### 3.6.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation)

เป็นการวัดการกระจายของข้อมูล (Measure Variability) ที่เบี่ยงเบนออกจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยใช้สูตร

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x-\bar{x})^2}{n-1}} \qquad (3.2)$$

เมื่อ S = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$x$ = ข้อมูลแต่ละจำนวน

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

n = จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

### 3.6.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่เกิดจากตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตามคือค่าความเรียบผิวของรูเจาะในการเจาะแบบแรงเสียดทานต่อสมบัติงานเจาะเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010

| Source of Variation | Sum of Squares | Degrees of Freedom | Mean Square | $F_0$ | P-Value |
|---|---|---|---|---|---|
| A | $SS_A$ | a-1 | $MS_A = \frac{SS_A}{a-1}$ | $F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$ | |
| B | $SS_B$ | b-1 | $MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$ | $F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$ | |
| AB | $SS_{AB}$ | (a-1)(b-1) | $MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$ | $F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$ | |
| Error | $SS_E$ | ab(n-1) | $MS_E = \frac{SS_E}{ab(n-1)}$ | | |
| Total | $SS_T$ | abn-1 | | | |