

### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินการวิจัย

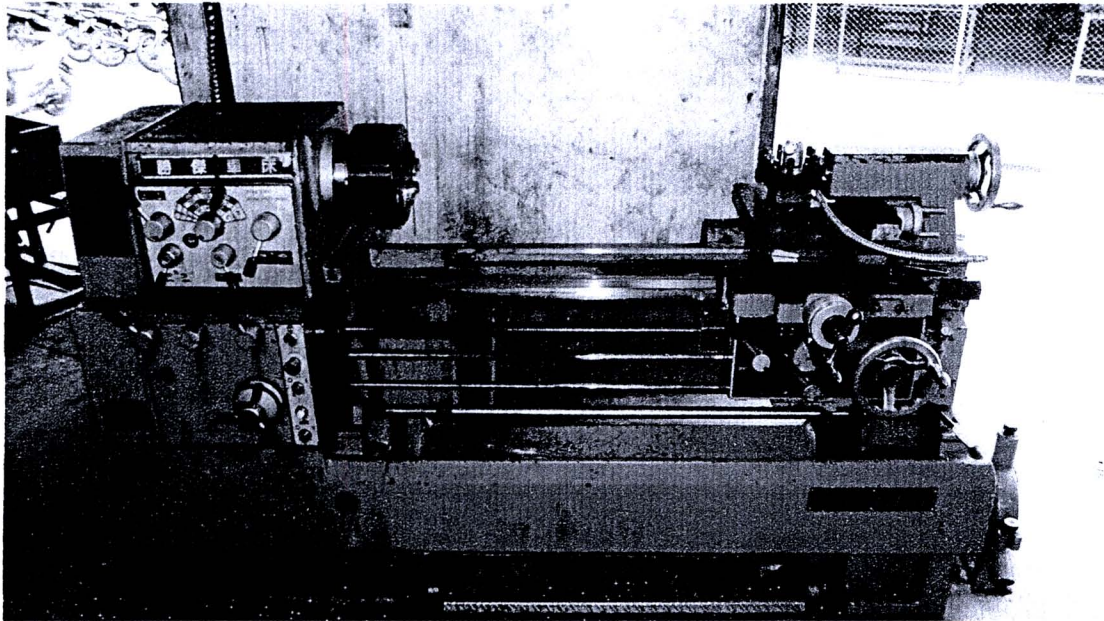
##### 3.1 ศึกษาข้อมูลงานวิจัย

ในการกลึงปอกเพลาลูกกลิ้ง 37 ปีจ้ยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความเร็วตัด (Cutting Speed) อัตราป้อน (Feed Rate) ความลึกในการป้อน (Depth of Cut) น้ำมันหล่อเย็น (Coolant) และเครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้ประกอบด้วย เครื่องกลึง (Lathe) มีดกลึง (Cutting Tool) เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (Vernier Caliper) เครื่องทดสอบความเรียบผิวชนิดเข็มลาก และอุปกรณ์หาขนาดการสึกหรอของคมตัดมีดกลึง เป็นต้น ในการทดลองได้ใช้เครื่องกลึงกึ่งอัตโนมัติชนิดธรรมดา สามารถปรับความเร็วรอบตั้งแต่ 20 – 2,000 รอบต่อนาที มีขนาดความยาวระหว่างศูนย์ 1.5 เมตร และอัตราป้อนที่ 0.05 – 0.8 มิลลิเมตรต่อรอบ การกำหนดตัวแปรในการทดลองได้แก่ ตัวแปรอิสระประกอบไปด้วย อัตราป้อนที่ 0.05 และ 0.10 มิลลิเมตรต่อรอบ ความเร็วตัดที่ 28 และ 70 เมตรต่อนาที ระยะป้อนลึกที่ 0.1 และ 0.5 มิลลิเมตร และมุมมีดกลึงที่มุม  $\alpha = 5$  องศา ถึง 8 องศา มุม  $\beta = 68$  องศา ถึง 75 องศา และ มุม  $\gamma = 10$  องศา ถึง 14 องศา ส่วนตัวแปรตามคือคุณภาพของผิวงาน (ทำการวัดค่าความเรียบของพื้นผิวโดยเครื่องทดสอบความเรียบผิวชนิดเข็มลาก) เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีผลต่อคุณภาพของผิวงานกลึงปอก

##### 3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

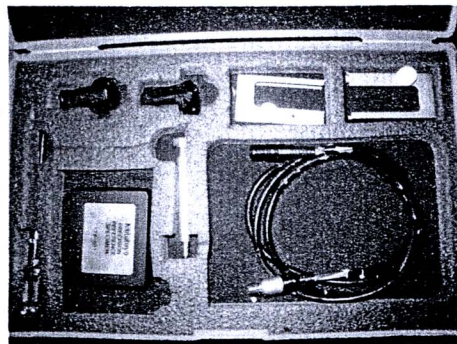
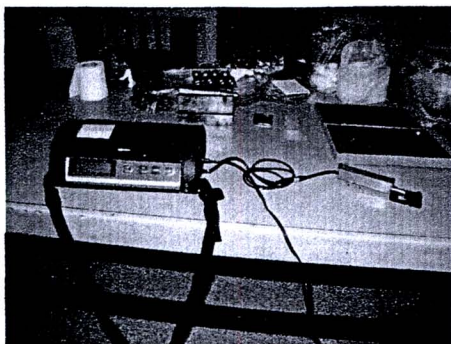
3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ในการศึกษาวิจัยนี้เพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองหลายชนิด เครื่องมือหลักที่ต้องใช้ในงานทดลองเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำจนเสร็จสิ้นกระบวนการ ได้แก่

3.2.2 เครื่องกลึงขั้นสูงสำหรับการทดลอง (Center Lathe for Experimental) ใช้เครื่องมือกลึงขั้นสูง ศูนย์รวมค่าที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติได้ สามารถปรับความเร็วรอบตั้งแต่ 20 - 2,000 รอบ/นาที มีขนาดความยาวระหว่างศูนย์เท่ากับ 1,500 มม.



รูปที่ 3.1 เครื่องกลึงยืนศูนย์

3.2.3 อุปกรณ์สำหรับการวัดขนาดความเรียบผิวงาน (Surface Roughness Testing Machine) เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในการหาขนาดความเรียบของผิวงาน โดยการวัดขนาดของความเรียบ ผิวเฉลี่ย (Roughness Average, RA) จะแสดงผลเป็นตัวเลขดิจิทัล มีหน่วยวัดเป็นไมครอน ที่ความละเอียด 0.01 ไมครอน โดยก่อนทำการวัดต้องทำการสอบเทียบ (Calibrate) เพื่อวัดค่า และปรับแต่งค่าตัวเลขการวัดให้ได้ตามผิวงานอ้างอิงมาตรฐาน (Reference Surface)



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์สำหรับการวัดขนาดความเรียบผิวงาน

3.2.4 อุปกรณ์ช่วยงาน (Accessories) นอกจากอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทดลองโดยตรงแล้ว ยังมีอุปกรณ์ที่จำเป็นอื่นๆ ที่ต้องใช้ ดังต่อไปนี้

1) เครื่องมือวัดอื่นๆ ได้แก่

1.1) เวอร์เนียคาร์ลิเปอร์ (Vernier Caliper)

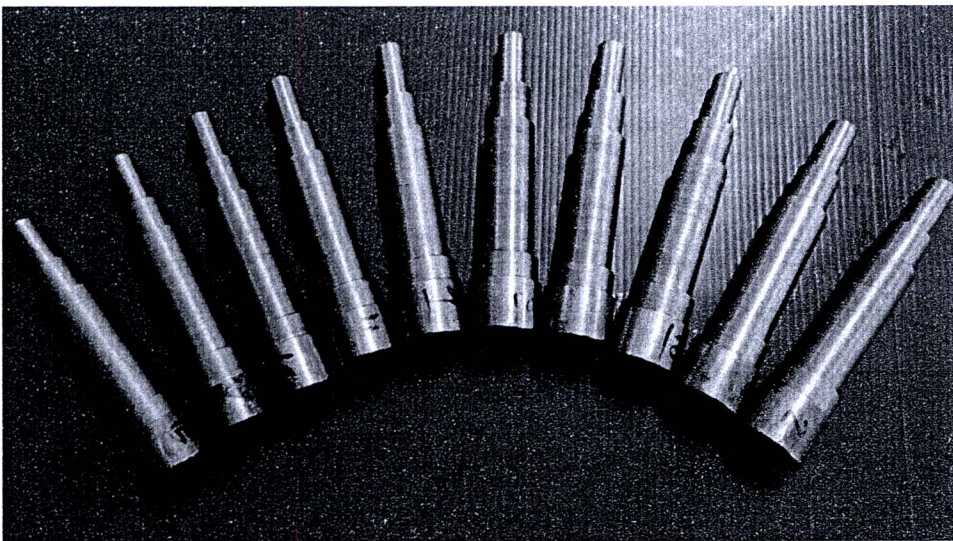
1.2) เวอร์เนียไฮเกจ (Vernier Height Gauge)

1.3) ฟิลเลอร์เกจ (Filler Gauge)

2) ชิ้นงานและเครื่องมือตัด

2.1) วัสดุชิ้นงาน วัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองเป็นเหล็กกล้า St 37 ผ่านการเตรียมงานแล้ว

2.2) วัสดุมีดกลึง (Tool Bit Material) ทำจากเหล็ก High Speed Steel ขนาดพื้นที่หน้าตัด 6.4 X 6.4 มิลลิเมตร

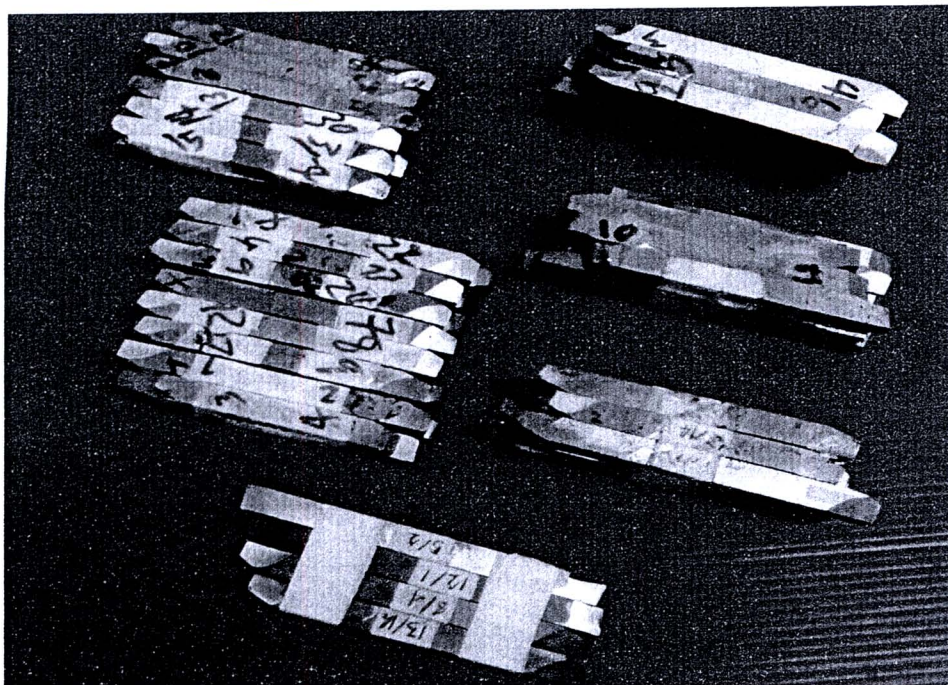


รูปที่ 3.3 การเตรียมชิ้นงานทดลอง

### 3.3 ขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงาน

1) การเตรียมชิ้นงานเบื้องต้น นำเหล็กที่ใช้ในการทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 32 มม. ยาว 135 มม. กลึงให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 29 มม. และยาว 200 มม.

2) วัสดุมีดกลึง นำมีดกลึง HSS ขนาดความโต 3/8 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว มาลับมุมต่างๆ ในขนาดต่อไปนี้ ปลายแบบขอดแหลมอยู่ในช่วงมุม  $\alpha = 5$  องศา ถึง 8 องศา มุม  $\beta = 68$  องศา ถึง 75 องศา และ มุม  $\gamma = 10$  องศา ถึง 14 องศา



รูปที่ 3.4 มีดกลึงสำหรับการทดลอง

### 3.4 ขั้นตอนการดำเนินการก่อนการทดลอง

การทดลองเบื้องต้นเป็นการศึกษาตัวแปรอิสระบางระดับเพื่อจะได้ทราบความเหมาะสมของการกำหนดตัวแปรอิสระที่ใช้ในการทดลอง เช่นทำให้ทราบถึงผลของตัวแปรและระดับที่นำมาศึกษาว่ามีความเหมาะสมหรือมีความสัมพันธ์กันแบบใดกับตัวแปรหลักที่ต้องการศึกษา เพื่อจะได้เลือกระดับของตัวแปรอิสระที่จะทำการศึกษาวิจัยได้ถูกต้อง ไม่ทำให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็นทั้งยังป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดเสียหายของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองด้วย ซึ่งเมื่อทราบถึงแนวทางที่ถูกต้องแล้ว จะได้ทำการทดลองกับตัวแปรที่กำหนดไว้ทีละชุด เพื่อหาข้อสรุปถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผิวงานกลึง

ในการทดลองเพื่อคัดกรองปัจจัย ผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองดังนี้ คือ

- 1) ระยะป้อนลึกที่ 0.1 มิลลิเมตร และ 0.5 มิลลิเมตร
- 2) ความเร็วตัดที่ 28 เมตรต่อนาที และ 70 เมตรต่อนาที
- 3) อัตราป้อนที่ 0.5 มิลลิเมตรต่อรอบ และ 0.1 มิลลิเมตรต่อรอบ
- 4) ความเร็วรอบที่เครื่องกลึงสามารถปรับได้มีดังนี้ คือ 20, 30, 45, 75, 120, 170, 235,

355, 530, 880, 1350 และ 2000 รอบต่อนาที

- 5) อัตราป้อนที่เครื่องกลึงสามารถปรับได้มีดังนี้ คือ 0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.13, 0.16, 0.20, 0.23, 0.26, 0.29, 0.32, 0.35, 0.40, 0.45, 0.52, 0.58, 0.70 และ 0.80 มิลลิเมตรต่อรอบ
- 6) ชิ้นงานที่ใช้ทดลองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 29 มม. ยาว 120 มม. (ตามรูปที่ 2-จ)
- 7) มีดกลึงที่ใช้ในการทดลองแบบ High Speed Steel จากตารางในรูปที่ 3-ช ค่าความเร็วตัดที่แนะนำให้ใช้อยู่ในช่วงระหว่าง 30-70 เมตรต่อนาที
- 8) ความเร็วตัดที่ใช้สามารถหาได้จากสมการ

$$V = \frac{\pi dn}{1000} \quad (3.1)$$

โดย  $V$  = ความเร็วตัด (เมตรต่อนาที)

$d$  = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน (มิลลิเมตร)

$n$  = ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)

จากความเร็วรอบที่เครื่องกลึงสามารถปรับได้ และค่าความเร็วตัดที่แนะนำเพื่อนำมาปรับความเร็วรอบที่เครื่องกลึง

โดยกำหนดให้  $d$  = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานเฉลี่ยที่ 27 มิลลิเมตร

$n$  = ความเร็วรอบที่เครื่องกลึงสามารถปรับได้

แทนค่าในสูตรจะได้ว่า

1) ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที  $V = \frac{\pi \times 27 \times 20}{1000}$

จะได้ความเร็วตัด  $V = 2$  เมตรต่อนาที

2) ที่ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที  $V = \frac{\pi \times 27 \times 30}{1000}$

จะได้ความเร็วตัด  $V = 3$  เมตรต่อนาที

- 3) ที่ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที  $V = \frac{\pi \times 27 \times 45}{1000}$
- จะได้ความเร็วตัด  $V = 4$  เมตรต่อนาที
- 4) ที่ความเร็วรอบ 75 รอบต่อนาที  $V = \frac{\pi \times 27 \times 75}{1000}$
- จะได้ความเร็วตัด  $V = 6$  เมตรต่อนาที
- 5) ที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที  $V = \frac{\pi \times 27 \times 120}{1000}$
- จะได้ความเร็วตัด  $V = 10$  เมตรต่อนาที
- 6) ที่ความเร็วรอบ 170 รอบต่อนาที  $V = \frac{\pi \times 27 \times 170}{1000}$
- จะได้ความเร็วตัด  $V = 14$  เมตรต่อนาที
- 7) ที่ความเร็วรอบ 235 รอบต่อนาที  $V = \frac{\pi \times 27 \times 235}{1000}$
- จะได้ความเร็วตัด  $V = 20$  เมตรต่อนาที
- 8) ที่ความเร็วรอบ 355 รอบต่อนาที  $V = \frac{\pi \times 27 \times 355}{1000}$
- จะได้ความเร็วตัด  $V = 30$  เมตรต่อนาที
- 9) ที่ความเร็วรอบ 530 รอบต่อนาที  $V = \frac{\pi \times 27 \times 530}{1000}$
- จะได้ความเร็วตัด  $V = 45$  เมตรต่อนาที

10) ที่ความเร็วรอบ 880 รอบต่อนาที

$$V = \frac{\pi \times 27 \times 880}{1000}$$

จะได้ความเร็วตัด

$$V = 75 \text{ เมตรต่อนาที}$$

11) ที่ความเร็วรอบ 1350 รอบต่อนาที

$$V = \frac{\pi \times 27 \times 1350}{1000}$$

จะได้ความเร็วตัด

$$V = 115 \text{ เมตรต่อนาที}$$

12) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที

$$V = \frac{\pi \times 27 \times 2000}{1000}$$

จะได้ความเร็วตัด

$$V = 170 \text{ เมตรต่อนาที}$$

จากการแทนค่าในสมการที่ (3.1) สามารถสรุปการเลือกใช้ความเร็วรอบที่เครื่องกลึงสามารถปรับได้ และค่าความเร็วตัดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์การปรับความเร็วรอบที่เครื่องกลึงกับความเร็วตัด

|                |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
|----------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| ที่ความเร็วรอบ | 20 | 30 | 45 | 75 | 120 | 170 | 235 | 355 | 530 | 880 | 1350 | 2000 |
| ค่าความเร็วตัด | 2  | 3  | 4  | 6  | 10  | 14  | 20  | 30  | 45  | 75  | 115  | 170  |

จากตารางที่ 3.1 ค่าความเร็วตัดที่แนะนำให้ใช้อยู่ในช่วงระหว่าง 30-70 เมตรต่อนาที ผู้วิจัยได้เลือกใช้ความเร็วตัดที่ 30 เมตรต่อนาที และ 75 เมตรต่อนาที และจะต้องตั้งค่าความเร็วรอบที่เครื่องกลึงที่ 355 รอบต่อนาที และ 880 รอบต่อนาที ตามลำดับ

3.3 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

ในการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ ให้ตรงกับวัตถุประสงค์และสมมุติฐาน จึงได้นำข้อมูลในตารางมากำหนดแผนการทดลอง

ตารางที่ 3.2 แผนการทดลองกำหนดให้เงื่อนไขละ 2 ระดับ

| บล็อก                |                                                  | ปัจจัย      | ระดับ                  |                        |
|----------------------|--------------------------------------------------|-------------|------------------------|------------------------|
|                      |                                                  |             | -1 (ระดับต่ำ)          | +1 (ระดับสูง)          |
| เครื่องกลึง<br>ECOGA | น้ำมันหล่อเย็น<br>ประเภทน้ำมันสนู่               | อัตราป้อน   | 0.05 มิลลิเมตรต่อรอบ   | 0.10 มิลลิเมตรต่อรอบ   |
|                      |                                                  | ความเร็วตัด | 28 เมตรต่อนาที         | 70 เมตรต่อนาที         |
|                      |                                                  | ระยะป้อนลึก | 0.1 มิลลิเมตร          | 0.5 มิลลิเมตร          |
|                      |                                                  | มุมมีดกลึง  | มุม $\alpha$ = 5 องศา  | มุม $\alpha$ = 8 องศา, |
|                      |                                                  |             | มุม $\beta$ = 68 องศา  | มุม $\beta$ = 75 องศา  |
|                      |                                                  |             | มุม $\gamma$ = 10 องศา | มุม $\gamma$ = 14 องศา |
| เครื่องกลึง<br>ECOGA | น้ำมันหล่อเย็น<br>ประเภทน้ำมัน<br>กึ่งสังเคราะห์ | อัตราป้อน   | 0.05 มิลลิเมตรต่อรอบ   | 0.10 มิลลิเมตรต่อรอบ   |
|                      |                                                  | ความเร็วตัด | 28 เมตรต่อนาที         | 70 เมตรต่อนาที         |
|                      |                                                  | ระยะป้อนลึก | 0.1 มิลลิเมตร          | 0.5 มิลลิเมตร          |
|                      |                                                  | มุมมีดกลึง  | มุม $\alpha$ = 5 องศา  | มุม $\alpha$ = 8 องศา, |
|                      |                                                  |             | มุม $\beta$ = 68 องศา  | มุม $\beta$ = 75 องศา  |
|                      |                                                  |             | มุม $\gamma$ = 10 องศา | มุม $\gamma$ = 14 องศา |
| เครื่องกลึง<br>YAM   | น้ำมันหล่อเย็น<br>ประเภทน้ำมันสนู่               | อัตราป้อน   | 0.05 มิลลิเมตรต่อรอบ   | 0.10 มิลลิเมตรต่อรอบ   |
|                      |                                                  | ความเร็วตัด | 28 เมตรต่อนาที         | 70 เมตรต่อนาที         |
|                      |                                                  | ระยะป้อนลึก | 0.1 มิลลิเมตร          | 0.5 มิลลิเมตร          |
|                      |                                                  | มุมมีดกลึง  | มุม $\alpha$ = 5 องศา  | มุม $\alpha$ = 8 องศา, |
|                      |                                                  |             | มุม $\beta$ = 68 องศา  | มุม $\beta$ = 75 องศา  |
|                      |                                                  |             | มุม $\gamma$ = 10 องศา | มุม $\gamma$ = 14 องศา |
|                      | น้ำมันหล่อเย็น<br>ประเภทน้ำมัน<br>กึ่งสังเคราะห์ | อัตราป้อน   | 0.05 มิลลิเมตรต่อรอบ   | 0.10 มิลลิเมตรต่อรอบ   |
|                      |                                                  | ความเร็วตัด | 28 เมตรต่อนาที         | 70 เมตรต่อนาที         |
|                      |                                                  | ระยะป้อนลึก | 0.1 มิลลิเมตร          | 0.5 มิลลิเมตร          |
|                      |                                                  | มุมมีดกลึง  | มุม $\alpha$ = 5 องศา  | มุม $\alpha$ = 8 องศา, |
|                      |                                                  |             | มุม $\beta$ = 68 องศา  | มุม $\beta$ = 75 องศา  |
|                      |                                                  |             | มุม $\gamma$ = 10 องศา | มุม $\gamma$ = 14 องศา |

ตารางที่ 3.3 ตารางการออกแบบการทดลอง

| เครื่องกลึง ECOGA   |                      |                      | ระดับ         |               |
|---------------------|----------------------|----------------------|---------------|---------------|
|                     |                      |                      | -1 (ระดับต่ำ) | +1 (ระดับสูง) |
| น้ำมันหล่อเย็น      | น้ำมันสน             | น้ำมันก๊ิงสังเคราะห์ | - 1           | + 1           |
| อัตราป้อน           | 0.05 มิลลิเมตรต่อรอบ | 0.10 มิลลิเมตรต่อรอบ | - 1           | + 1           |
| ความเร็วตัด         | 28 เมตรต่อนาที       | 70 เมตรต่อนาที       | - 1           | + 1           |
| ระยะป้อนลึก         | 0.1 มิลลิเมตร        | 0.5 มิลลิเมตร        | - 1           | + 1           |
| มุมมีดกลึง $\alpha$ | 5 องศา               | 8 องศา               | - 1           | + 1           |
| มุมมีดกลึง $\beta$  | 68 องศา              | 75 องศา              | - 1           | + 1           |
| มุมมีดกลึง $\gamma$ | 10 องศา              | 14 องศา              | - 1           | + 1           |

| เครื่องกลึง YAM     |                      |                      | ระดับ         |               |
|---------------------|----------------------|----------------------|---------------|---------------|
|                     |                      |                      | -1 (ระดับต่ำ) | +1 (ระดับสูง) |
| น้ำมันหล่อเย็น      | น้ำมันสน             | น้ำมันก๊ิงสังเคราะห์ | - 1           | + 1           |
| อัตราป้อน           | 0.05 มิลลิเมตรต่อรอบ | 0.10 มิลลิเมตรต่อรอบ | - 1           | + 1           |
| ความเร็วตัด         | 28 เมตรต่อนาที       | 70 เมตรต่อนาที       | - 1           | + 1           |
| ระยะป้อนลึก         | 0.1 มิลลิเมตร        | 0.5 มิลลิเมตร        | - 1           | + 1           |
| มุมมีดกลึง $\alpha$ | 5 องศา               | 8 องศา               | - 1           | + 1           |
| มุมมีดกลึง $\beta$  | 68 องศา              | 75 องศา              | - 1           | + 1           |
| มุมมีดกลึง $\gamma$ | 10 องศา              | 14 องศา              | - 1           | + 1           |

### 3.4 ขั้นตอนการทดลอง

ลำดับการทดลอง จะสุ่มเลือกชิ้นงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แล้วบันทึกลำดับการทดลองลงในตารางที่ 3.3 ทดลองภายใต้เงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้จนครบ 32 ชิ้น และทำการทดลองซ้ำจำนวน 1 ครั้ง

ตารางที่ 3.4 การสุ่มเลือกชิ้นงานสำหรับการทดลอง

| StdOrder | RunOrder | CenterPt | Blocks | A  | B  | C  | D  | E  | F  | G  |
|----------|----------|----------|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| 1        | 5        | 1        | 1      | -1 | -1 | 1  | -1 | 1  | 1  | 1  |
| 2        | 1        | 1        | 1      | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 3        | 3        | 1        | 1      | -1 | 1  | -1 | -1 | 1  | 1  | -1 |
| 4        | 7        | 1        | 1      | -1 | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 | 1  |
| 5        | 22       | 1        | 1      | 1  | -1 | 1  | -1 | -1 | 1  | -1 |
| 6        | 6        | 1        | 1      | 1  | -1 | 1  | -1 | -1 | 1  | -1 |
| 7        | 16       | 1        | 1      | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 8        | 29       | 1        | 1      | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 |
| 9        | 25       | 1        | 1      | -1 | -1 | -1 | 1  | -1 | 1  | 1  |
| 10       | 32       | 1        | 1      | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 11       | 19       | 1        | 1      | -1 | 1  | -1 | -1 | 1  | 1  | -1 |
| 12       | 28       | 1        | 1      | 1  | 1  | -1 | 1  | -1 | -1 | -1 |
| 13       | 12       | 1        | 1      | 1  | 1  | -1 | 1  | -1 | -1 | -1 |
| 14       | 18       | 1        | 1      | 1  | -1 | -1 | -1 | 1  | -1 | 1  |
| 15       | 15       | 1        | 1      | -1 | 1  | 1  | 1  | -1 | 1  | -1 |
| 16       | 13       | 1        | 1      | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | -1 | -1 |
| 17       | 2        | 1        | 1      | 1  | -1 | -1 | -1 | 1  | -1 | 1  |
| 18       | 21       | 1        | 1      | -1 | -1 | 1  | -1 | 1  | 1  | 1  |
| 19       | 17       | 1        | 1      | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 20       | 24       | 1        | 1      | 1  | 1  | 1  | -1 | 1  | -1 | -1 |
| 21       | 27       | 1        | 1      | -1 | 1  | -1 | 1  | 1  | -1 | 1  |
| 22       | 14       | 1        | 1      | 1  | -1 | 1  | 1  | -1 | -1 | 1  |
| 23       | 20       | 1        | 1      | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  |
| 24       | 8        | 1        | 1      | 1  | 1  | 1  | -1 | 1  | -1 | -1 |
| 25       | 30       | 1        | 1      | 1  | -1 | 1  | 1  | -1 | -1 | 1  |

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) การสุ่มเลือกชิ้นงานสำหรับการทดลอง

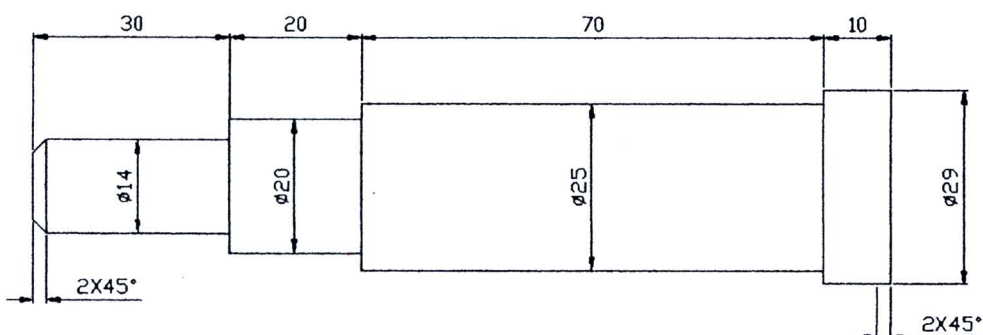
|    |    |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 26 | 11 | 1 | 1 | -1 | 1  | -1 | 1  | 1  | -1 | 1  |
| 27 | 31 | 1 | 1 | -1 | 1  | 1  | 1  | -1 | 1  | -1 |
| 28 | 4  | 1 | 1 | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 | 1  | 1  |
| 29 | 10 | 1 | 1 | 1  | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | -1 |
| 30 | 9  | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1  | -1 | 1  | 1  |
| 31 | 26 | 1 | 1 | 1  | -1 | -1 | 1  | 1  | 1  | -1 |
| 32 | 23 | 1 | 1 | -1 | 1  | 1  | -1 | -1 | -1 | 1  |

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองคือ ค่าความเรียบผิว ( $R_a$ )

### 3.5 ขั้นตอนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนในการกลึงในการกลึงงานทดลองจากการสุ่มเลือกชิ้นงาน จากตารางที่ 3.3 มาทำการกลึงภายใต้เงื่อนไขที่ได้ออกแบบการทดลองไว้จนครบ 64 ชิ้น โดยชิ้นงานทดลองถูกกำหนดเงื่อนไขและเตรียมไว้แล้วตามรายละเอียดในตารางขั้นตอน ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองมีลำดับขั้นตอนดังนี้

- 1) นำชิ้นงานทดลองที่จะกลึงมาทีละ 1 ชิ้น ตามตารางที่ 3.3 โดยวิธีการสุ่ม เมื่อสุ่มได้ตัวใดก็ปรับค่าที่เครื่องกลึง ตามระดับตัวแปรตามที่กำหนดในตาราง
- 2) ทำการกลึงปอกชิ้นงานตามแบบที่กำหนด



รูปที่ 3.5 แบบชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง

- 3) ถอดชิ้นงานออกจากเครื่องกลึง เปลี่ยนชิ้นงานและมีดกลึงใหม่สำหรับงานต่อไป
- 4) ดำเนินการตามข้อ 1 ถึง 3 จนครบทุกชิ้น
- 5) นำเพลาลูกกลิ้ง St.37 มาวัดความเรียบผิวโดยใช้เครื่องวัดความเรียบผิว โดยในการหาค่าความเรียบผิวแต่ละชิ้นจะถูกวัด 6 ตำแหน่งที่ความโตชิ้นงาน 25 มิลลิเมตรเนื่องจากค่าความเร็วตัดที่คำนวณกำหนดไว้ที่  $D = 25$  มิลลิเมตร และทำการวัดตำแหน่งแรกที่ระยะห่างจากจุดปลาย 50 มิลลิเมตรตำแหน่งที่สองอยู่จุดกึ่งกลาง และตำแหน่งสุดท้ายห่างจากขอบด้านที่สอง 50 มิลลิเมตร โดยทำการวัดที่ตำแหน่ง 0 องศา และที่ตำแหน่ง 90 องศา รวมการวัดความเรียบผิวทั้งสิ้น 6 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย นำผลการวัดที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยแล้วบันทึกผลการทดลองลงในตาราง

ตารางที่ 3.5 ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

| ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน                                                                                        | อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ตัดวัสดุขนาดความโต $\varnothing$ 35 ม.ม. ยาว 85 ม.ม. 1 ชิ้น                                                | 1. เครื่องกลึงพร้อมอุปกรณ์ประจำเครื่องกลึง<br>2. มีดกลึง<br>3. เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ |
| 2. จับยึดชิ้นงานด้วย 3 จับพันพร้อม เพื่อปฏิบัติการกลึงปากหน้า และกลึงปอกให้ได้ขนาดความโต 29 ม.ม. ยาว 130 ม.ม. |                                                                                      |
| 3. Chamfer ขนาด $2 \times 45^\circ$ ที่ขอบชิ้นงาน                                                             |                                                                                      |
| 4. กลึงปอกให้ได้ขนาดความโต 25 ม.ม. ยาว 120 ม.ม.                                                               |                                                                                      |
| 5. กลึงปอกให้ได้ขนาดความโต 20 ม.ม. ยาว 50 ม.ม.                                                                |                                                                                      |
| 6. กลึงปอกให้ได้ขนาดความโต 14 ม.ม. ยาว 30 ม.ม.                                                                |                                                                                      |
| 7. Chamfer $2 \times 45^\circ$ รอบขอบชิ้นงานด้านโต 14 ม.ม.                                                    |                                                                                      |
| 8.ถอดชิ้นงานออก ทำความสะอาดและเช็ดน้ำมัน                                                                      |                                                                                      |
| 9.นำชิ้นงานมาวัดหาความเรียบผิว                                                                                |                                                                                      |

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองโดยสถิติดังนี้

3.6.1 การหาค่าเฉลี่ยของความแข็งและค่าความเรียบของพื้นผิวใช้สูตรคือ

สูตร

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

เมื่อ

 $\bar{X}$  = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

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

 $N$  = จำนวนข้อมูล

3.6.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นการวัดการกระจายของข้อมูล (Measure Of Variability) ที่เบี่ยงเบนออกจากค่าเฉลี่ยของข้อมูล

สูตร

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

เมื่อ

 $S$  = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

 $X$  = ข้อมูลแต่ละจำนวน

 $\bar{X}$  = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

 $n$  = จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

### 3.6.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA)

เทคนิคในการจัดสรรความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในกลุ่มของข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยต่าง ๆ ตามแหล่งที่ทำให้เกิดความแปรปรวน สมการเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน คือ

ความแปรผันทั้งหมด = ความแปรผันจากปัจจัย + ความแปรผัน โดยธรรมชาติของข้อมูล

สมการดังกล่าว ได้จากข้อคิดที่ว่าความแตกต่างกันของข้อมูลอาจมีมาจากสาเหตุของความแปรผันโดยธรรมชาติของข้อมูล (หรือความผิดพลาดแบบสุ่ม) เพียงอย่างเดียว หรืออาจจะมาจากการที่ปัจจัยหนึ่งปัจจัยใดหรือหลาย ๆ ปัจจัยทำให้เกิดความแปรผัน ทำให้สามารถสร้างสมการได้ 4 ลักษณะ

- 1) ถ้าความแปรผันในข้อมูลนั้นเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ จะได้สมการ

$$Y_i = \mu + \varepsilon_i$$

ค่า  $Y_i$  จะแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของประชากร  $\mu$  ด้วยค่าความผิดพลาดแบบสุ่ม  $\varepsilon_i$

- 2) ถ้าจากการทดลองหรือการเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่าความแปรผันของข้อมูลมาจากปัจจัยตัวหนึ่ง จะได้สมการ

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

ค่า  $Y_{ij}$  จะแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของประชากร  $\mu$  ด้วยความแปรผันจากปัจจัย  $\tau_i$  และค่าความผิดพลาดแบบสุ่ม  $\varepsilon_{ij}$

- 9) ถ้าจากการทดลองพบว่า ความแปรผันของข้อมูลเกิดจากปัจจัย  $n$  ตัวที่ทำให้เกิดความแปรผันในข้อมูลจะได้สมการ

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + N_k + \dots + \varepsilon_{ijk}$$

- 10) ถ้าความแปรผันของข้อมูล เนื่องมาจากปัจจัย 2 ปัจจัยและอิทธิพลร่วมกันของปัจจัย จะได้สมการ

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + N_k + \tau N_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

สมการ  $Y$  เป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของการทดลองซึ่งได้จากการจัดสรรความแปรผันออกเป็นส่วนๆ ตามที่มาของแหล่งที่ทำให้เกิดความแปรผัน

- 11) ความแปรผันในข้อมูลจริง ๆ โดยใช้สถิติในการทดสอบคือ ตัวสถิติ  $F$  โดยที่

$$F = \frac{\text{ผลบวกกำลังสองของปัจจัย} / \text{องศาความอิสระของปัจจัย}}{\text{ผลบวกกำลังสองของความผิดพลาดแบบสุ่ม} / \text{องศาความอิสระของความผิดพลาดแบบสุ่ม}}$$

เปรียบเทียบค่า  $F$  ที่คำนวณได้กับค่า  $F_{\alpha,a,b}$  จากตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ  $F$  โดยที่  $\alpha$  = ระดับนัยสำคัญ,  $a$  = องศาความอิสระของปัจจัย,  $b$  = องศาความอิสระของความผิดพลาดแบบสุ่ม

ถ้า  $F > F_{\alpha,a,b}$  ยอมรับอิทธิพลของปัจจัย และถ้า  $F \leq F_{\alpha,a,b}$  ปฏิเสธอิทธิพลของปัจจัย

### 3.7 Randomized Block Design

ในงานที่ใช้การจำลอง ในบางครั้งอาจจะมีปัจจัยบางตัวที่ไม่อาจควบคุมได้หรือไม่อยู่ในความสนใจของผู้วิเคราะห์ และถ้าคิดว่าอิทธิพลของปัจจัยตัวที่ไม่สนใจนั้นไม่ใช่ค่าคงที่และน่าจะมีขนาดมากพอที่จะทำให้เกิดความผันแปรของข้อมูล สามารถใช้วิธีของ RBD ในการจัดอิทธิพลของปัจจัยที่ไม่ต้องการซึ่งเรียกว่า Block ออกไปก่อนที่จะวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยที่ต้องการ การทดลองต้องกระทำที่ทุกระดับของปัจจัยที่ต้องการและทุกระดับของปัจจัยที่ไม่ต้องการ การทดลองแต่ละครั้งจะทำการเลือกระดับสำหรับการทดลองแบบสุ่ม

รูปแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับ RBD ที่มีปัจจัยที่ไม่ต้องการ 1 ตัวซึ่งมี  $n$  ระดับ และปัจจัยที่ต้องการ 1 ตัวซึ่งมี  $k$  ระดับ คือ

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + N_k + \dots + \varepsilon_{ijk} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, k$$

การคำนวณหาค่าสถิติสำหรับการทดสอบ  $F$  ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน

1) คำนวณหาค่า  $T$  โดยที่

$$T = \sum_j \sum_i Y_{ij}$$

2) คำนวณผลบวกกำลังสองทั้งหมด (Sum of Squares Total, )

$$SS_T = \sum_j \sum_i Y_{ij}^2 - \frac{T^2}{nk}$$

องศาความอิสระทั้งหมด

$$V_T = nk - 1$$

## 3) จำนวนผลบวกกำลังสองของปัจจัย

$$SS_{Tr} = \sum_j \frac{Y_j^2}{n} - \frac{T^2}{nk} \qquad Y_j = \sum_i Y_{ij}$$

องศาความอิสระ

$$V_{Tr} = k - 1$$

## 4) จำนวนผลบวกกำลังสองของ Block

$$SS_{B1} = \sum_i \frac{Y_i^2}{k} - \frac{T^2}{nk} \qquad Y_i = \sum_j Y_{ij}$$

องศาความอิสระ

$$V_{B1} = n - 1$$

## 5) จำนวนผลบวกกำลังสองของความผิดพลาดแบบสุ่ม

$$SS_E = SS_T - SS_{Tr} - SS_{B1}$$

องศาความอิสระ

$$V_E = V_T - V_{Tr} - V_{B1}$$

## 6) หาค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสอง (Mean Square)

$$MS_{Tr} = \frac{SS_{Tr}}{V_{Tr}}$$

$$MS_{B1} = \frac{SS_{B1}}{V_{B1}}$$

$$MS_E = \frac{SS_E}{V_E}$$

7) คำนวณค่าสถิติสำหรับทดสอบ F

$$F_{Tr} = \frac{MS_{Tr}}{MS_E}$$

$$F_{Bl} = \frac{MS_{Bl}}{MS_E}$$

ถ้า  $F_{Tr} > F_{\alpha, a, b}$  ขอมรับอิทธิพลของปัจจัย และถ้า  $F_{Tr} \leq F_{\alpha, a, b}$  ปฏิเสธอิทธิพลของปัจจัย

ถ้า  $F_{Bl} > F_{\alpha, a, b}$  ขอมรับอิทธิพลของ Block และถ้า  $F_{Bl} \leq F_{\alpha, a, b}$  ปฏิเสธอิทธิพลของ Block

### 3.8 Factorial Design

เมื่อตัวแปรตามที่ค่าแปรผันเนื่องมาจากอิทธิพลของปัจจัยตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป การออกแบบการทดลองจะต้องทำการเก็บข้อมูลที่ทุกระดับของปัจจัยและยอมรับว่าการอยู่ร่วมกันของปัจจัยอาจมีอิทธิพลต่อความผันแปรของข้อมูลเช่นเดียวกับปัจจัยตัวใดตัวหนึ่ง การเก็บข้อมูลใช้วิธีการแบบสุ่ม

รูปแบบทางคณิตศาสตร์กรณีที่มี 2 ปัจจัยคือ ปัจจัย A มี a ระดับ และปัจจัย B มี b ระดับ และทดลอง n ครั้ง คือ

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$\text{เมื่อ} \quad i = 1, 2, \dots, a \quad j = 1, 2, \dots, b \quad k = 1, 2, \dots, n$$

การคำนวณค่าสถิติสำหรับการทดสอบ F ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน

1) คำนวณค่า T โดยที่

$$T = \sum_i \sum_j \sum_k Y_{ijk}$$

2) คำนวณผลบวกกำลังสองทั้งหมด (Sum of Squares Total)

$$SS_T = \sum_i \sum_j \sum_k Y_{ijk}^2 - \frac{T^2}{nab}$$

องศาความอิสระทั้งหมด

$$V_T = abn - 1$$

3) คำนวณผลบวกกำลังสองของปัจจัย A

$$SS_A = \sum_i \frac{Y_i^2}{nb} - \frac{T^2}{nab} \quad Y_i = \sum_j \sum_k Y_{ijk}$$

องศาความอิสระ

$$V_A = a - 1$$

4) คำนวณผลบวกกำลังสองของปัจจัย B

$$SS_B = \sum_j \frac{Y_j^2}{na} - \frac{T^2}{nab} \quad Y_j = \sum_i \sum_k Y_{ijk}$$

องศาความอิสระ

$$V_B = b - 1$$

5) คำนวณผลบวกกำลังสองของอิทธิพลร่วมของปัจจัย A และปัจจัย B

$$SS_{Tr} = \sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \frac{T^2}{nab}$$

$$SS_{AB} = SS_{Tr} - SS_A - SS_B$$

องศาความอิสระ

$$V_{AB} = (a-1)(b-1)$$

6) คำนวณผลบวกกำลังสองของความผิดพลาดแบบสุ่ม

$$SS_E = SS_T - SS_{Tr}$$

องศาความอิสระ

$$V_E = ab(b-1)$$

7) หาค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสอง (Mean Square)

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A}$$

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B}$$

$$T = \frac{\sum_i \sum_j \sum_k Y_{ijk}}{\sum_i \sum_j \sum_k Y_{ijk}}$$

$$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{V_{AB}}$$

$$MS_E = \frac{SS_E}{V_E}$$

8) คำนวณค่าสถิติสำหรับทดสอบ F

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_B = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_{AB} = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$$

ถ้า  $F_A > F_\alpha, V_A, V_E$  ขอมรับอิทธิพลของปัจจัย A และถ้า  $F_A \leq F_\alpha, V_A, V_E$  ปฏิเสธอิทธิพลของปัจจัย A

ถ้า  $F_A > F_\alpha, V_B, V_E$  ขอมรับอิทธิพลของปัจจัย B และถ้า  $F_A \leq F_\alpha, V_B, V_E$  ปฏิเสธอิทธิพลของปัจจัย B

ถ้า  $F_A > F_\alpha, V_{AB}, V_E$  ขอมรับอิทธิพลของปัจจัย AB และถ้า  $F_A \leq F_\alpha, V_{AB}, V_E$  ปฏิเสธอิทธิพลของปัจจัย AB