

## บทที่ 6

### การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

#### 6.1 บทนำ

ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหานี้เป็นขั้นตอนที่ 3 ในวิธีการทางซิกซ์ ซิกมา โดยจะเป็นการทดลองและวินิจฉัยเพื่อหาผลสรุปในปัจจัยต่างๆ ที่ได้เรียงเรียงลำดับความสำคัญที่มีต่อค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานจากการระดมความคิด โดยใช้ Cause and Effect Matrix และ FMEA เป็นเครื่องมือในการถ่วงน้ำหนักตามลำดับ ซึ่งวัตถุประสงค์ของขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหามีดังนี้คือ

6.1.1 เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่พิจารณากับลักษณะทางคุณภาพที่เป็นเป้าหมายของการวิจัย ในที่นี้ค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานนั่นเอง

6.1.2 เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มอิทธิพลของปัจจัยนำเข้าที่พิจารณา ที่มีผลกระทบต่อค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงาน

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ จะทำให้ทราบถึงแหล่งที่มาของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและสามารถที่จะคัดเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่จะศึกษาต่อไป ซึ่งเป็นประโยชน์ในการกำหนดแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามเป้าหมายที่ได้วางไว้

#### 6.2 การทดสอบสมมติฐาน

6.2.1 วัตถุประสงค์ เพื่อเป็นการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยต่างๆ ว่ามีผลกระทบต่อความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

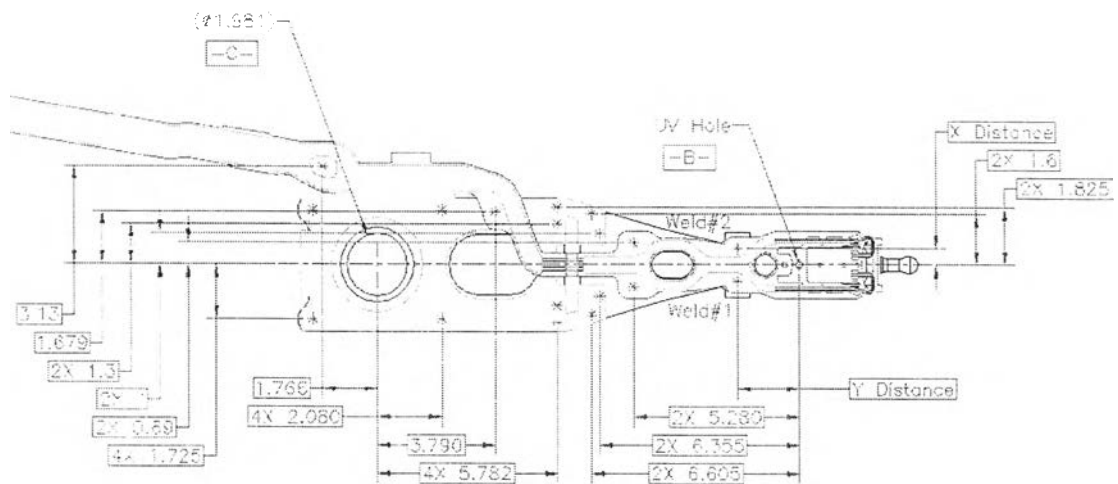
6.2.2 ปัจจัยนำเข้าที่ทดสอบ จะพิจารณาปัจจัยทั้ง 8 ปัจจัย ที่ได้เลือกมาจากขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ได้แก่ ระยะเวลา Y ของจุดเชื่อม, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อม, ความเรียบของ TG, ระยะเวลา X ของจุดเชื่อม, ระยะเวลาในการประจุพลังงาน, ระยะเวลาในการคายพลังงาน และแรงดันไฟฟ้า ซึ่งแต่ละปัจจัยมีรายละเอียดดังนี้

### 6.2.2.1 ระยะ Y ของจุดเชื่อม

เป็นการวัดระยะความยาวบนตัวงานเชื่อมระหว่างจุดเชื่อมจุดที่ 1 กับยูวีโฮล (UV-Hole) และระหว่างจุดเชื่อมที่ 2 กับยูวีโฮล มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ในปัจจุบันค่าการใช้งานอยู่ระหว่าง  $2.010 \pm 0.025$  มิลลิเมตรทั้งจุดเชื่อมจุดที่ 1 และ 2 ตำแหน่งการวัดระยะ Y ของจุดเชื่อมที่ 1 และ 2 แสดงดังรูปที่ 6.1

### 6.2.2.2 ระยะ X ของจุดเชื่อม

เป็นการวัดระยะความยาวบนตัวงานเชื่อมระหว่างจุดเชื่อมจุดที่ 1 ที่ตั้งฉากกับเส้นอ้างอิงที่ลากผ่านตามความยาวของตัวงาน และระหว่างจุดเชื่อมที่ 2 กับเส้นอ้างอิงดังกล่าว มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ในปัจจุบันค่าการใช้งานอยู่ระหว่าง  $0.530 \pm 0.025$  มิลลิเมตร สำหรับจุดเชื่อมจุดที่ 1 และ  $-0.530 \pm 0.025$  มิลลิเมตร สำหรับจุดเชื่อมจุดที่ 2 ตำแหน่งการวัดระยะ X ของจุดเชื่อมที่ 1 และ 2 แสดงดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงตำแหน่งการวัดของระยะ X และ Y ของจุดเชื่อม

### 6.2.2.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อม

เป็นขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อม ซึ่งมีทั้งหมด 18 จุดบนตัวงาน แต่จุดเชื่อมที่นำมาพิจารณาในขั้นตอนนี้ จะเป็นจุดเชื่อมจุดที่ 1 และ 2 ซึ่งจะมีแนวโน้มของอิทธิพลต่อค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานมากที่สุด ในปัจจุบันค่าการใช้งานอยู่ระหว่าง  $0.250 \pm 0.030$  มิลลิเมตร ทั้งจุดเชื่อมจุดที่ 1 และ 2 ลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อมแสดงดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 ลักษณะของเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อม

### 6.2.2.4 ความเรียบของ TG

ความเรียบของ TG หมายถึงระดับความโค้งงอของชิ้นงาน TG ก่อนเข้ากระบวนการเชื่อมประกอบชิ้นส่วน ซึ่ง TG ที่มีลักษณะดีจะต้องแบนราบกับพื้นผิวตลอดทั้งชิ้น แต่เนื่องจาก TG ที่ส่งมาจากผู้ส่งมอบสินค้าจะมีลักษณะที่ไม่แบนราบตลอดทั้งชิ้นงาน โดยจะสังเกตเห็นได้หลังจากการตัดที่กระบวนการ final-singulation แล้ว

### 6.2.2.5 ระยะเวลาในการประจุพลังงาน (T-Off)

เป็นระยะเวลาในการเก็บพลังงานของหน่วยเก็บพลังงานในชุดกำเนิดแสงเลเซอร์ สามารถปรับตั้งค่าได้ในย่าน 50 ถึง 100000  $\mu\text{sec}$ . (micro second)

### 6.2.2.6 ระยะเวลาในการคายพลังงาน (T-On)

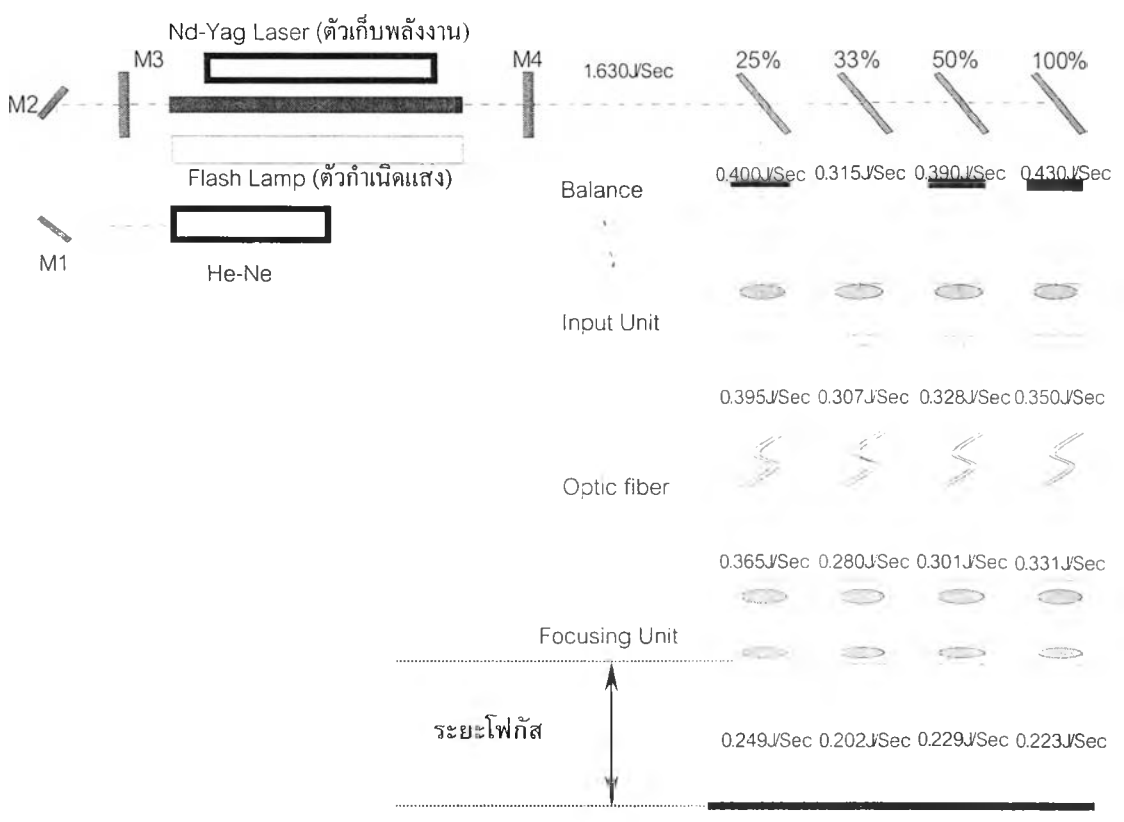
เป็นระยะเวลาในการคายหรือยิงพลังงานของหน่วยเก็บพลังงานในชุดกำเนิดแสงเลเซอร์ สามารถปรับตั้งค่าได้ในย่าน 50 ถึง 200000  $\mu\text{sec}$ . (micro second)

### 6.2.2.7 แรงดันไฟฟ้า

เป็นค่าการปรับตั้งแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ให้กับหน่วยกำเนิดพลังงานแสง (Flash Lamp) ในชุดกำเนิดแสงเลเซอร์ โดยทั่วไปย่านการปรับตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 500 โวลต์

### 6.2.2.8 ระยะโฟกัสของการเชื่อม

ระยะโฟกัสของการเชื่อม หมายถึงระยะทางระหว่างชุดเลนส์ปรับโฟกัส (Focusing Unit) กับพื้นผิวของชิ้นงาน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 ระยะโฟกัสของการเชื่อม

6.2.3 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญในการทดสอบสมมติฐาน ในการทดสอบสมมติฐานนี้ จะกำหนดค่าของระดับในแต่ละปัจจัย โดยอ้างอิงกับค่าขอบบนและขอบล่างของข้อกำหนดในการปรับตั้งและค่าการใช้งานในปัจจุบัน มีรายละเอียดในแต่ละปัจจัยตามตารางที่ 6.1 ดังนี้คือ

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าการปรับในแต่ละระดับของปัจจัย

ปัจจัย	ระดับ		หน่วย
	1	2	
ระยะ Y ของจุดเชื่อมที่ 1 และ 2	1.985	2.035	มิลลิเมตร
ระยะ X ของจุดเชื่อมที่ 1	0.505	0.555	มิลลิเมตร
ระยะ X ของจุดเชื่อมที่ 2	-0.505	-0.555	มิลลิเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจุดเชื่อมที่ 1 และ 2	0.220	0.280	มิลลิเมตร
ความเรียบของ TG	เรียบ	โก่ง	-
ระยะเวลาในการประจุพลังงาน(T-Off)	800	1000	$\mu$ sec
ระยะเวลาในการคายพลังงาน(T-On)	700	1300	$\mu$ sec
แรงดันไฟฟ้า	280	320	โวลท์
ระยะโฟกัสของการเชื่อม	47	53	มิลลิเมตร

6.2.4 สมมติฐานที่ต้องการทดสอบ เนื่องจากต้องการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่กำหนด ที่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงาน ดังนั้นสมมติฐานหลักและสมมติฐานทางเลือกจึงกำหนดได้ดังนี้คือ

6.2.4.1 ระยะ Y ของจุดเชื่อม สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0: \sigma_{y1}^2 = \sigma_{y2}^2$$

$$H_a: \sigma_{y1}^2 \neq \sigma_{y2}^2$$

โดยกำหนดให้  $\sigma_{y1}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานที่ระยะ Y ของจุดเชื่อมเท่ากับ 1.985 มิลลิเมตรทั้งจุดเชื่อมที่ 1 และ 2 และกำหนด  $\sigma_{y2}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานที่ระยะ Y ของจุดเชื่อมเท่ากับ 2.035 มิลลิเมตรทั้งจุดเชื่อมที่ 1 และ 2

6.2.4.2 ระยะ X ของจุดเชื่อม สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0: \sigma_{x1}^2 = \sigma_{x2}^2$$

$$H_a: \sigma_{x1}^2 \neq \sigma_{x2}^2$$

โดยกำหนดให้  $\sigma_{x1}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานที่ระยะ X ของจุดเชื่อมเท่ากับ 0.505 มิลลิเมตรสำหรับจุดเชื่อมจุดที่ 1 และ -0.505 สำหรับจุดเชื่อมจุดที่ 2 และกำหนด  $\sigma_{x2}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานที่ระยะ X ของจุดเชื่อมเท่ากับ 0.555 มิลลิเมตรสำหรับจุดเชื่อมจุดที่ 1 และ -0.555 สำหรับจุดเชื่อมจุดที่ 2

6.2.4.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อม สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0: \sigma_{\text{dia1}}^2 = \sigma_{\text{dia2}}^2$$

$$H_a: \sigma_{\text{dia1}}^2 \neq \sigma_{\text{dia2}}^2$$

โดยกำหนดให้  $\sigma_{\text{dia1}}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อมเท่ากับ 0.220 มิลลิเมตรทั้งจุดเชื่อมจุดที่ 1 และ 2 และกำหนด  $\sigma_{\text{dia2}}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อมเท่ากับ 0.280 มิลลิเมตรทั้งจุดเชื่อมจุดที่ 1 และ 2

6.2.4.4 ความเรียบของ TG สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0: \sigma_{\text{flat}}^2 = \sigma_{\text{bend}}^2$$

$$H_a: \sigma_{\text{flat}}^2 \neq \sigma_{\text{bend}}^2$$

โดยกำหนดให้  $\sigma_{\text{flat}}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานที่เชื่อมประกอบด้วย TG เรียบ และกำหนด  $\sigma_{\text{bend}}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานที่เชื่อมประกอบด้วย TG โกง

6.2.4.5 ระยะเวลาในการประจุพลังงาน (T-Off) สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0: \sigma_{\text{T-off1}}^2 = \sigma_{\text{T-off2}}^2$$

$$H_a: \sigma_{\text{T-off1}}^2 \neq \sigma_{\text{T-off2}}^2$$

โดยกำหนดให้  $\sigma_{\text{T-off1}}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานที่ปรับค่าระยะเวลาในการประจุพลังงานของเครื่องเชื่อมเท่ากับ 800  $\mu\text{sec}$ . และกำหนด  $\sigma_{\text{T-off2}}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานที่ปรับค่าระยะเวลาในการประจุพลังงานของเครื่องเชื่อมเท่ากับ 1000  $\mu\text{sec}$ .

6.2.4.6 ระยะเวลาในการคายพลังงาน (T-On) สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0: \sigma_{\text{T-on1}}^2 = \sigma_{\text{T-on2}}^2$$

$$H_a: \sigma_{\text{T-on1}}^2 \neq \sigma_{\text{T-on2}}^2$$

โดยกำหนดให้  $\sigma_{\text{T-on1}}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานที่ปรับค่าระยะเวลาในการคายพลังงานของเครื่องเชื่อมเท่ากับ 700  $\mu\text{sec}$ . และกำหนด  $\sigma_{\text{T-on2}}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมของตัวงานที่ปรับค่าระยะเวลาในการคายพลังงานของเครื่องเชื่อมเท่ากับ 1300  $\mu\text{sec}$ .

## 6.2.4.7 แรงดันไฟฟ้า สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0: \sigma_{V1}^2 = \sigma_{V2}^2$$

$$H_a: \sigma_{V1}^2 \neq \sigma_{V2}^2$$

โดยกำหนดให้  $\sigma_{V1}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุลหลังเชื่อมของตัวงานที่ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมเท่ากับ 280 โวลต์ และกำหนด  $\sigma_{V2}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุลหลังเชื่อมของตัวงานที่ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมเท่ากับ 320 โวลต์

## 6.2.4.8 ระยะโพกัสของการเชื่อม สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0: \sigma_{F1}^2 = \sigma_{F2}^2$$

$$H_a: \sigma_{F1}^2 \neq \sigma_{F2}^2$$

โดยกำหนดให้  $\sigma_{F1}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุลหลังเชื่อมของตัวงานที่ปรับค่าระยะโพกัสของการเชื่อมเท่ากับ 47 มิลลิเมตร และกำหนด  $\sigma_{F2}^2$  แทนค่าความแปรปรวนของค่ามุลหลังเชื่อมของตัวงานที่ปรับค่าระยะโพกัสของการเชื่อมเท่ากับ 53 มิลลิเมตร

6.2.5 วิธีการตัดสินใจ กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบอยู่ที่ค่า 0.05 และใช้การทดสอบแบบ F สำหรับข้อมูลที่มีการกระจายเป็นแบบปกติ และการทดสอบแบบ Levene's test สำหรับข้อมูลที่มีการกระจายไม่เป็นแบบปกติ

## 6.2.6 การคำนวณจำนวนสิ่งตัวอย่าง

วิธีการคำนวณจำนวนสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการทดลองนี้ จะกำหนดค่าต่างๆ ดังนี้คือ

- ระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) เท่ากับ 0.05

- ความน่าจะเป็นในการยอมรับสมมติฐาน ( $\beta$ ) เท่ากับ 0.10

- กำหนดให้พารามิเตอร์ของเส้นโค้งไอซี  $\lambda$  ซึ่งเท่ากับ  $\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$  มีค่า 1.4 จะพบว่ามี

ความน่าจะเป็นในการยอมรับสมมติฐานประมาณ 0.10 ดังนั้นจะกำหนดสำหรับเป็นหลักในการตัดสินใจไว้ว่า การยอมรับสมมติฐานจะเกิดขึ้นต่อเมื่อ  $\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$  มีค่าไม่เกิน 1.4 (ซึ่งจะให้

ความเสี่ยงไม่เกิน 0.10) และอ้างอิงจำนวนสิ่งตัวอย่างได้จากเส้นโค้งไอซีสำหรับการทดสอบสองด้านของตัวสถิติทดสอบแบบ F (แสดงในภาคผนวก ฉ) ที่  $\alpha$  เท่ากับ 0.05 ได้จำนวนสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการทดสอบความมีนัยสำคัญคือ  $n_1 = n_2 = 100$  สิ่งตัวอย่าง

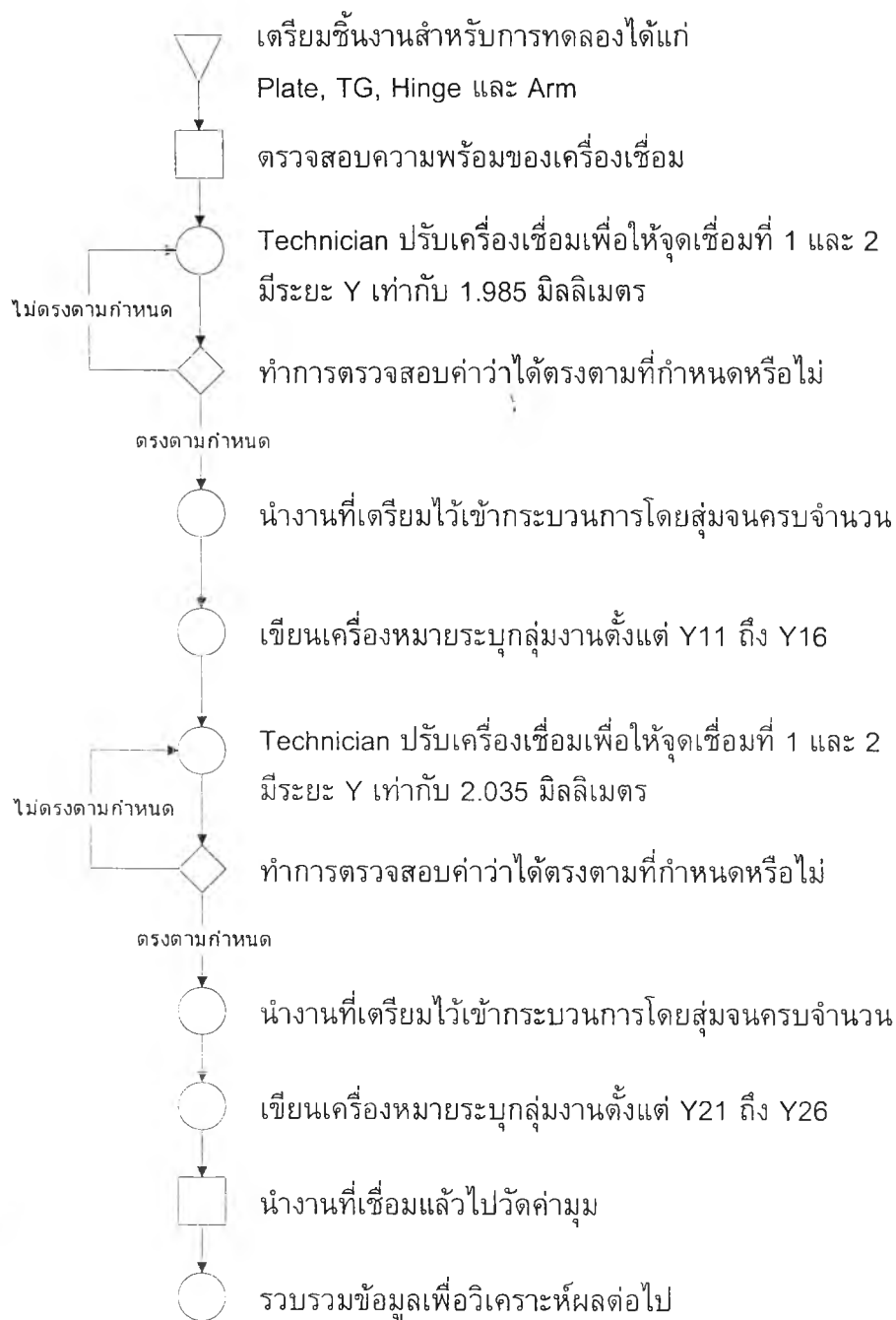
### 6.2.7 การเตรียมการทดลอง

- จัดเตรียมชิ้นส่วนที่จะใช้ในการทดลอง ได้แก่ Formed arm sheet, Hinge sheet, Base plate และ TG
- จัดเตรียมความพร้อมของเครื่องเชื่อมที่จะใช้ในการทดลอง
- ตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ ได้แก่
  - สำหรับการทดสอบในแต่ละปัจจัย จะใช้ชิ้นส่วนที่มาจากล็อตเดียวกันทั้งหมด หรือผ่านกระบวนการก่อนหน้ามาอย่างต่อเนื่องเป็นกลุ่มเดียวกัน
  - ใช้เครื่องจักรเครื่องเดียวกันในการทดลอง
  - ใช้ carrier ตัวเดียวกัน
  - ใช้เครื่องวัดเครื่องเดียวกัน
  - ใช้พนักงานคนเดียวกันในการปฏิบัติงาน
- ตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ

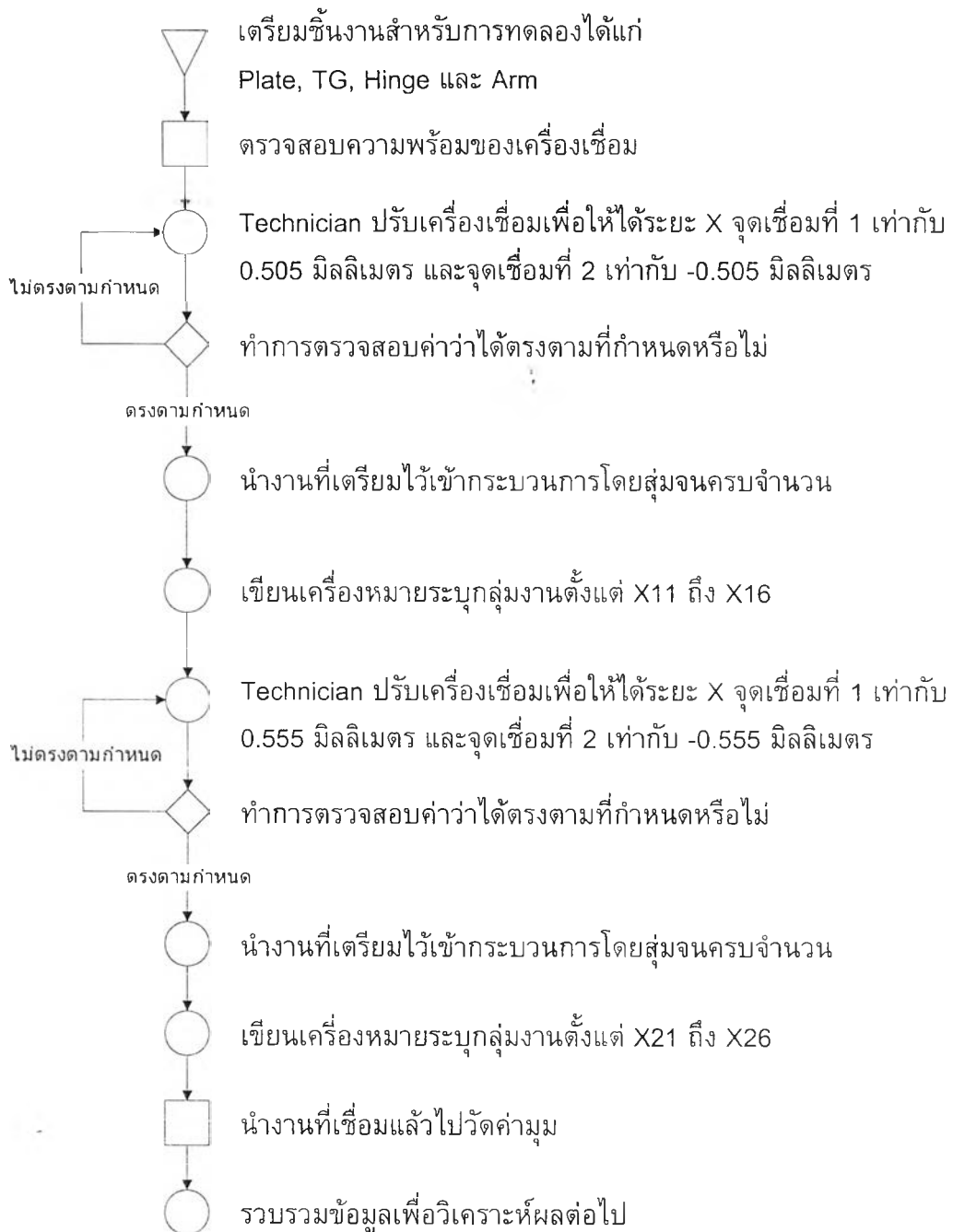
6.2.8 ขั้นตอนในการทดลอง : จะทำการทดลองให้เสร็จสมบูรณ์ที่ละปัจจัย โดยให้ช่างผู้ดูแลกระบวนการเชื่อมประกอบเป็นผู้ปรับให้สภาวะของปัจจัยเป็นไปตามที่กำหนด เมื่อได้ค่าของปัจจัยตามที่ต้องการแล้ว จะนำงานที่เตรียมไว้เข้ากระบวนการอย่างต่อเนื่องจนครบจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ได้คำนวณไว้ หลังจากนั้นจึงทำการปรับค่าระดับที่เหลือของปัจจัยจนครบ และนำงานเข้ากระบวนการ เมื่อทำการทดลองจนครบทุกระดับของปัจจัยนั้นๆ แล้ว จึงนำสิ่งตัวอย่างทดลองทั้งหมดนี้ไปวัดค่ามุมหลังเชื่อมเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป จากนั้นให้ทำการทดลองปัจจัยอื่นๆ ต่อไปจนครบทุกระดับของทุกปัจจัยที่ได้เลือกไว้ แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลองในแต่ละปัจจัยแสดงดังรูปที่ 6.4 ถึง 6.11

6.2.9 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการทดลองและนำข้อมูลการทดลองดังกล่าว (แสดงในภาคผนวก ข) มาใส่ในโปรแกรม MINITAB เพื่อทำการคำนวณทางสถิติ

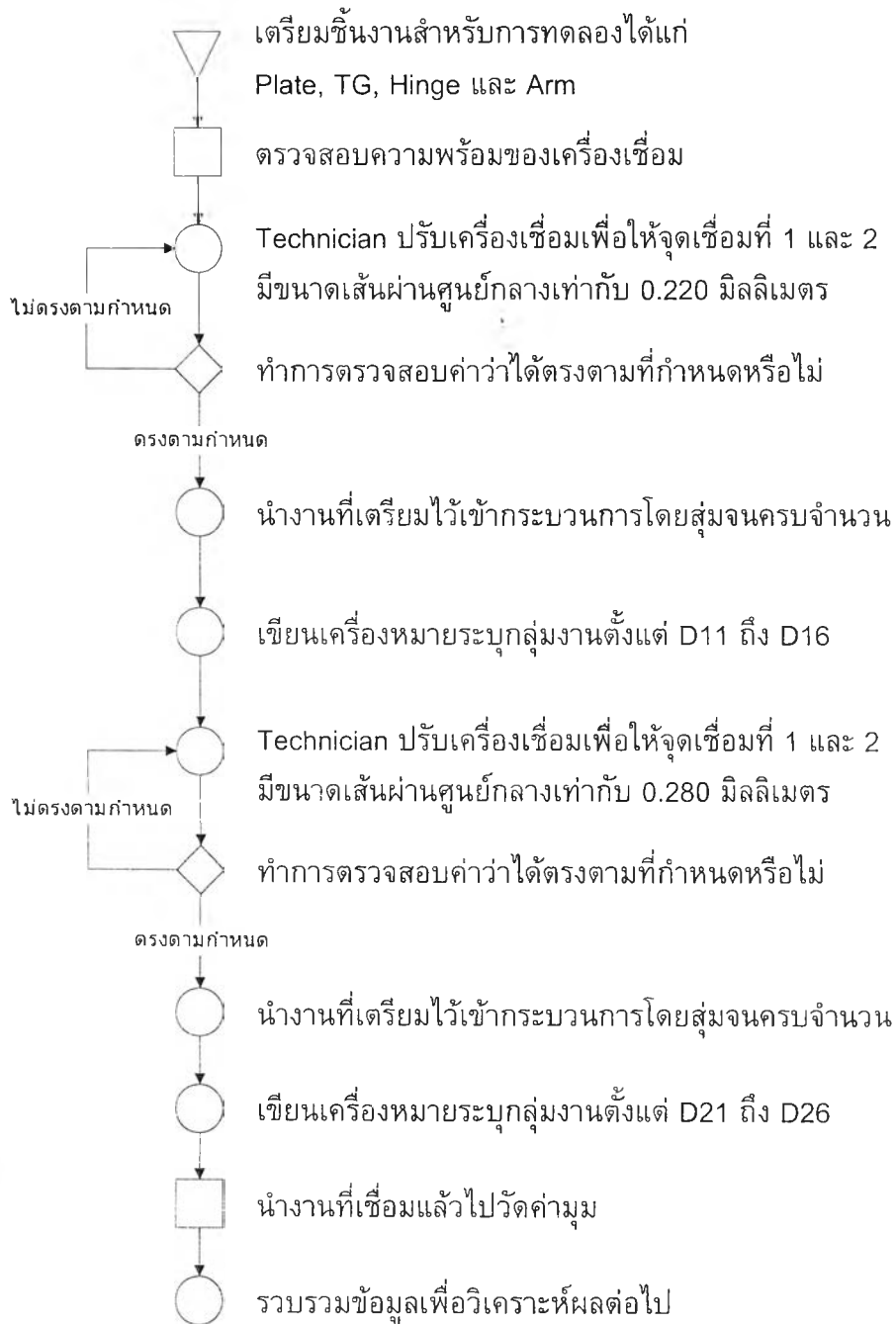




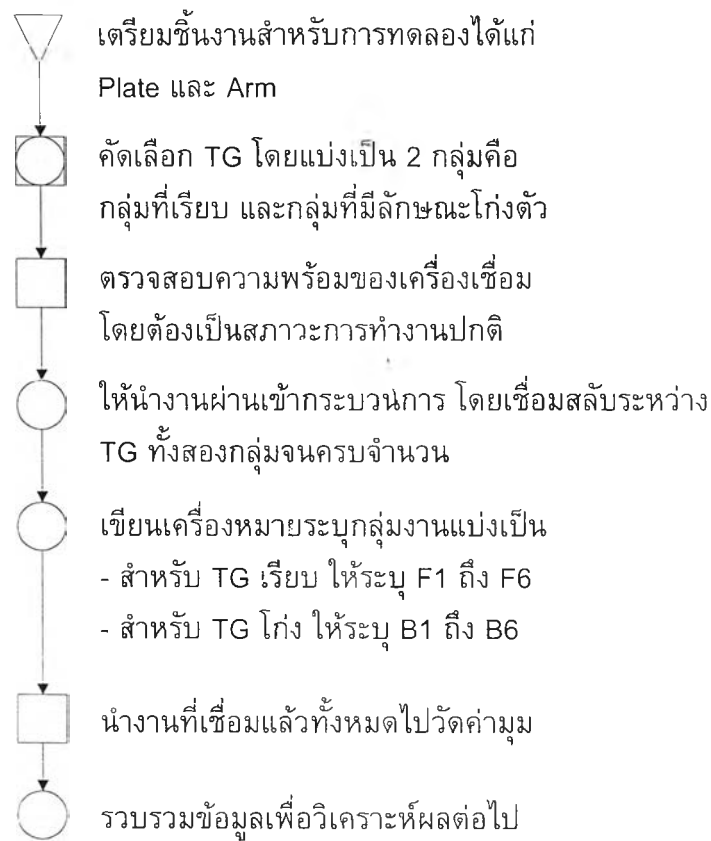
รูปที่ 6.4 ขั้นตอนการทดลองสำหรับระยะ Y ของจุดเชื่อม



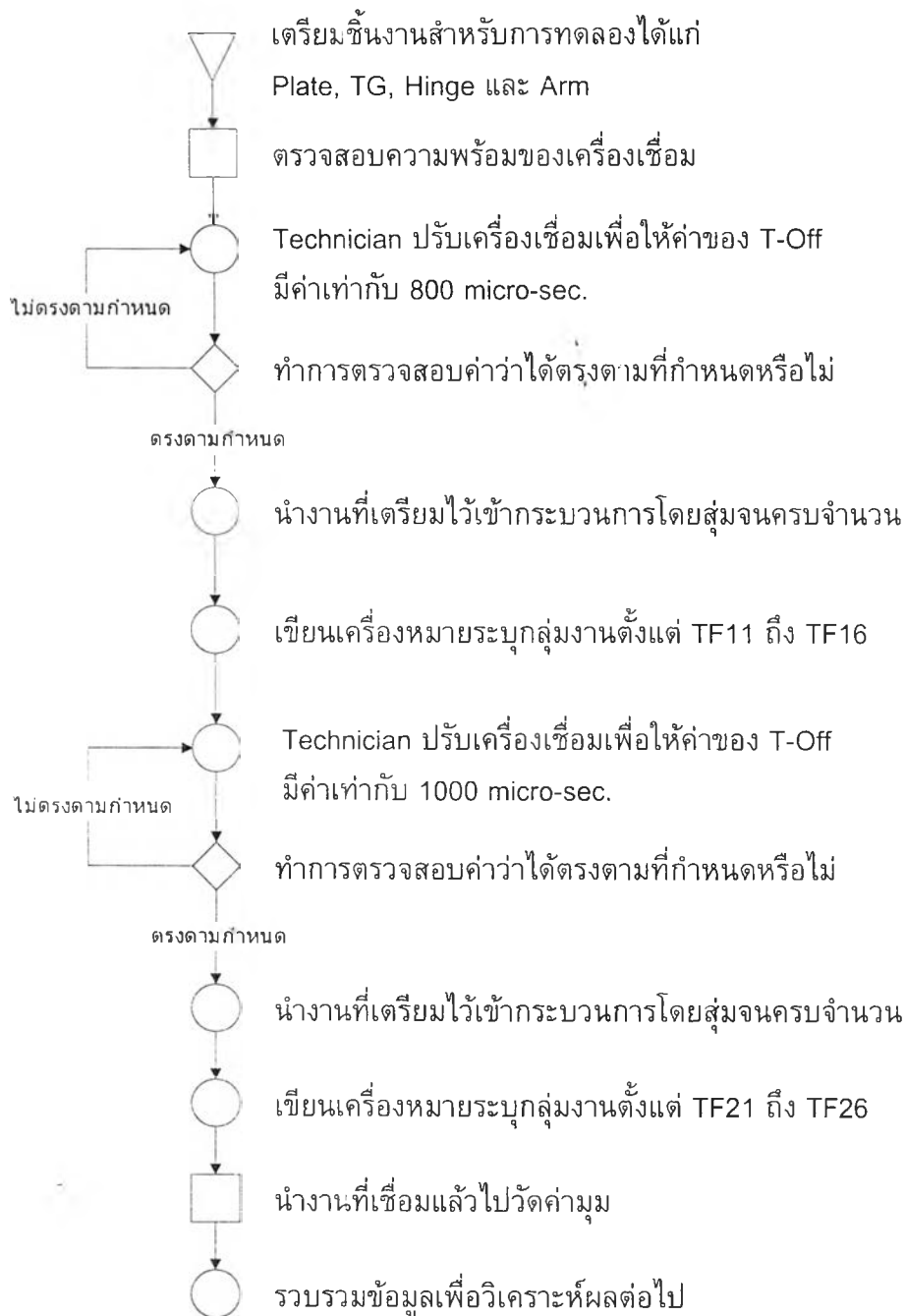
รูปที่ 6.5 ขั้นตอนการทดลองสำหรับระยะ X ของจุดเชื่อม



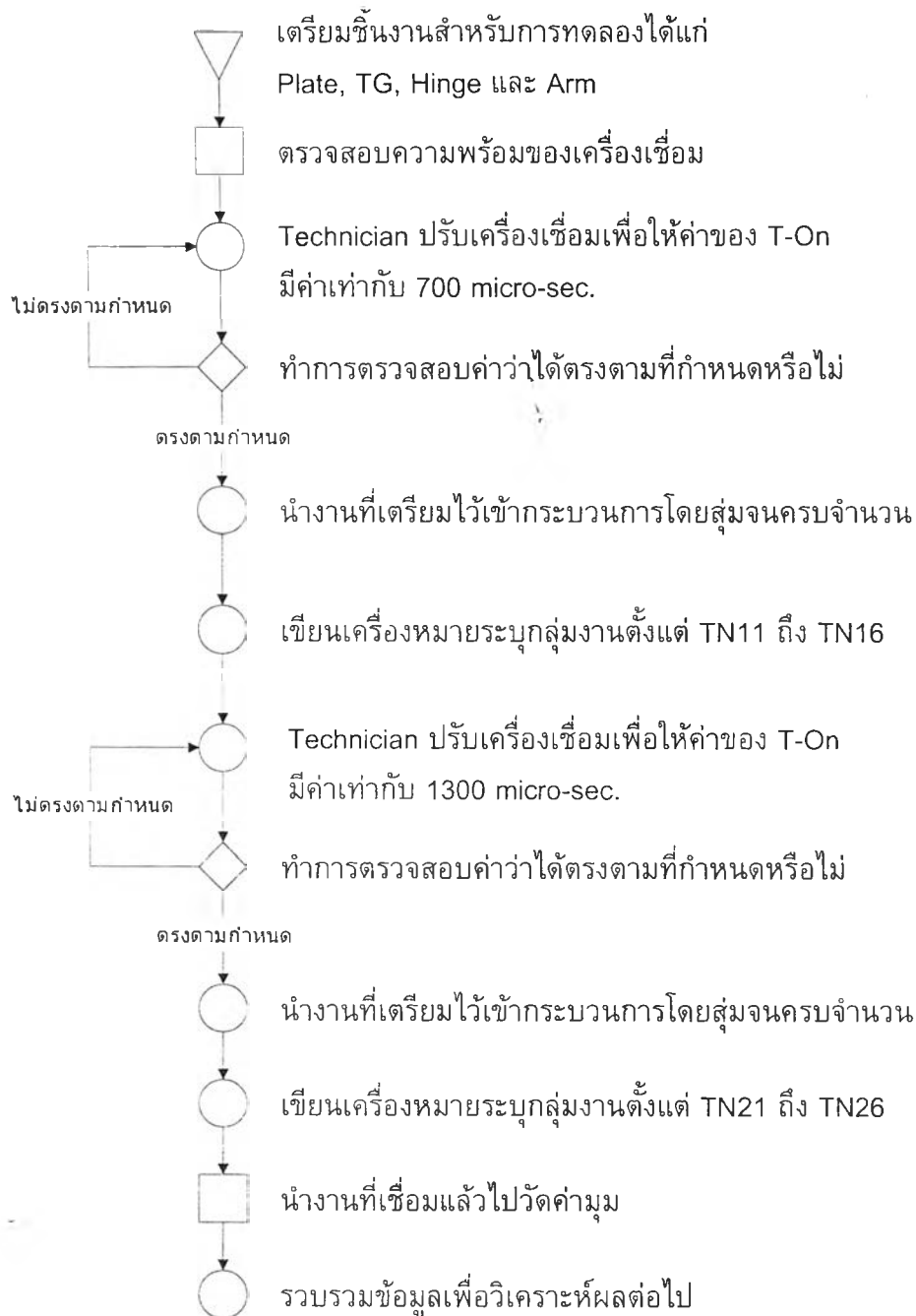
รูปที่ 6.6 ขั้นตอนการทดลองสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อม



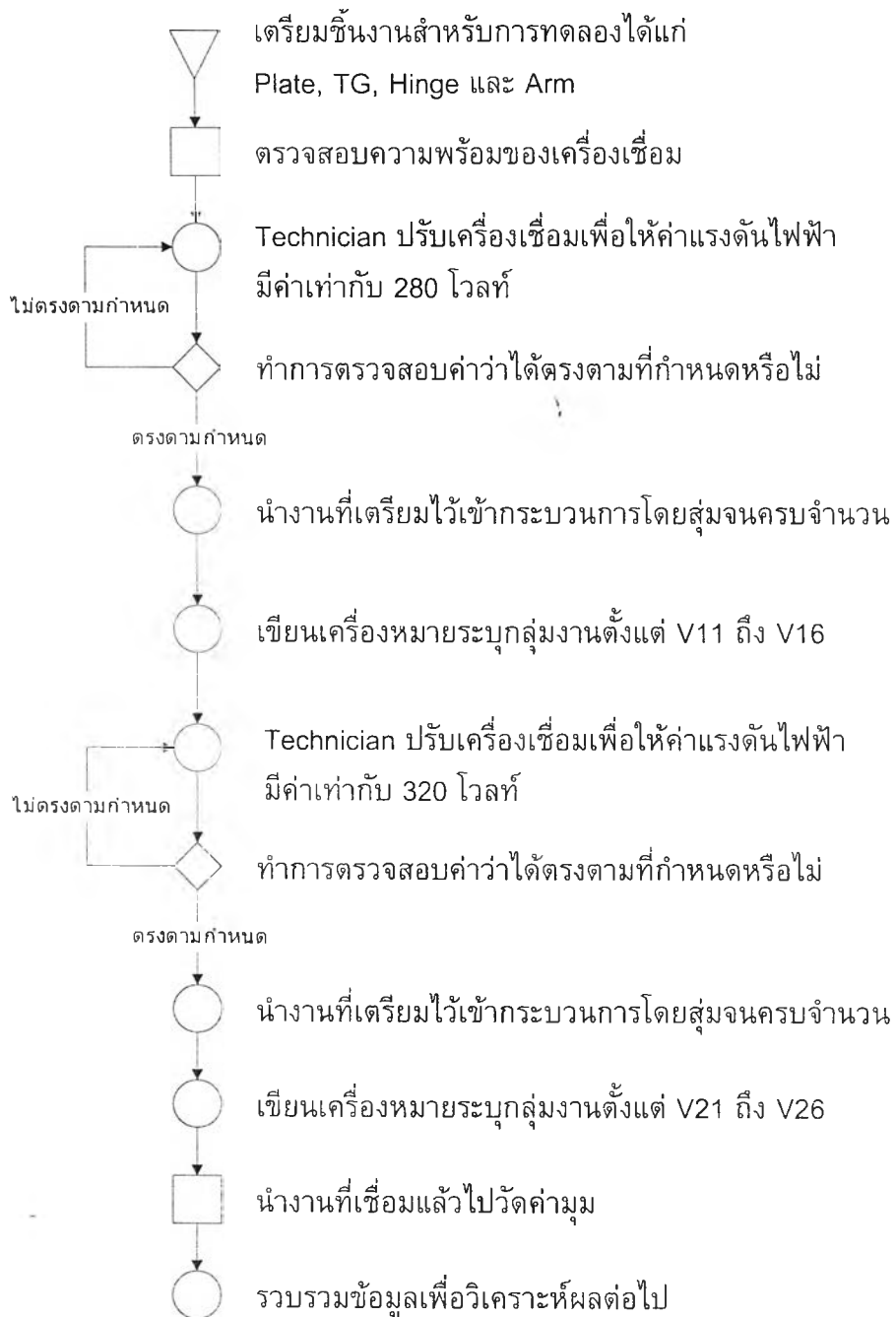
**รูปที่ 6.7** ขั้นตอนการทดลองสำหรับความเรียบของ TG



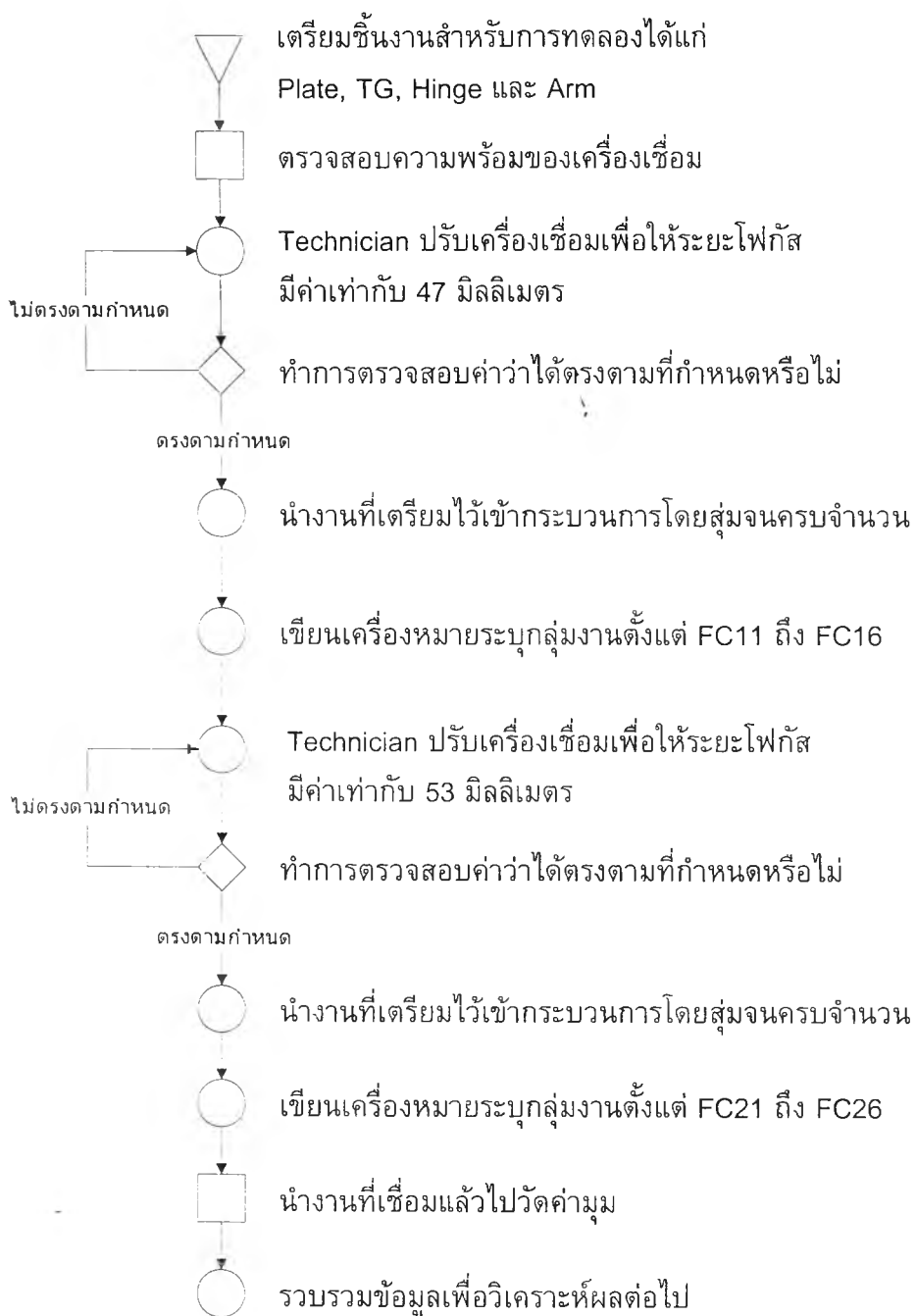
**รูปที่ 6.8** ขั้นตอนการทดลองสำหรับระยะเวลาในการประจุพลังงาน



รูปที่ 6.9 ขั้นตอนการทดลองสำหรับระยะเวลาในการคายพลังงาน



รูปที่ 6.10 ขั้นตอนการทดลองสำหรับแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 6.11 ขั้นตอนการทดลองสำหรับระยะไฟกัสของการเชื่อม

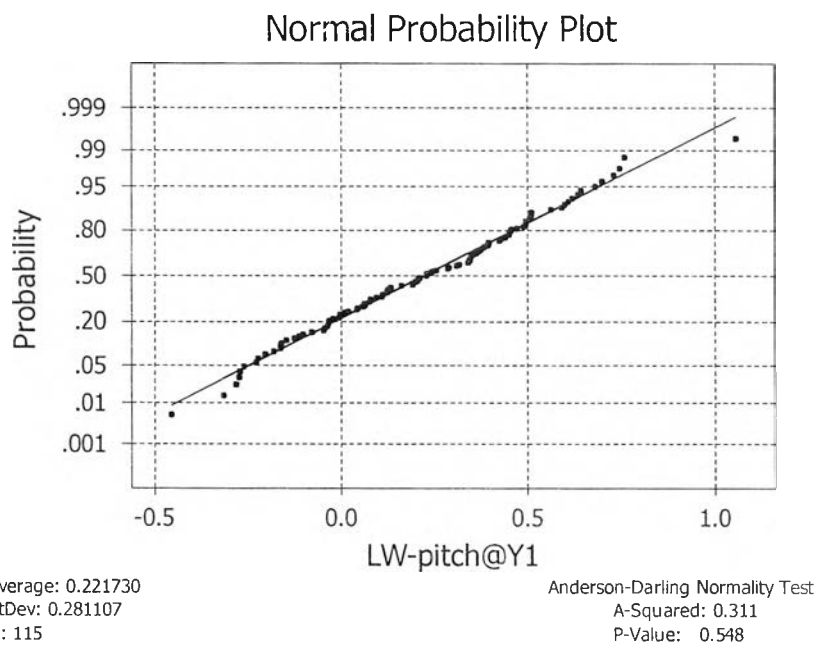


### 6.2.10 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

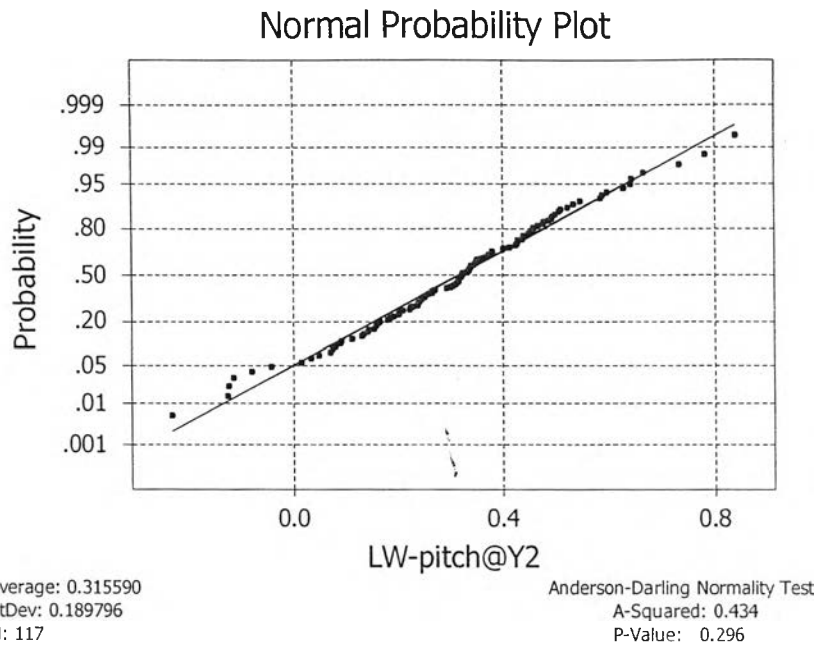
การคำนวณผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยต่างๆ จะใช้ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ตลอดการวิเคราะห์ในทุกปัจจัย โดยแยกการวิเคราะห์ออกจากแต่ละปัจจัยที่ทำการทดลองดังนี้

#### 6.2.10.1 ระยะ Y ของจุดเชื่อม

- ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด LW-pitch@Y1 คือ ค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่าระยะ Y ของจุดเชื่อมอยู่ที่ระดับ 1 และ LW-pitch@Y2 คือ ค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่าระยะ Y ของจุดเชื่อมอยู่ที่ระดับ 2 ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติดังกราฟที่ 6.12 ก และ ข



(ก) ค่าระยะ Y ระดับที่ 1



(ข) ค่าระยะ Y ระดับที่ 2

รูปที่ 6.12 กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อม ก) ระยะ Y ระดับที่ 1 ข) ระยะ Y ระดับที่ 2

จากการทดสอบการกระจายของข้อมูลทั้งสองกลุ่ม พบว่าข้อมูลทั้งสองกลุ่มนี้ มีการกระจายที่เป็นแบบปกติ โดยสังเกตจากค่า P-value ที่มีค่ามากกว่า 0.05

ผลการทดสอบสมมติฐาน เนื่องจากข้อมูลที่น่ามาทดสอบทั้งสองกลุ่มนี้ มีการกระจายเป็นแบบปกติ ดังนั้นจะทำการทดสอบสมมติฐานแบบ F เพื่อการตัดสินใจ ซึ่ง ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม MINITAB ได้ผลดังตารางที่ 6.2

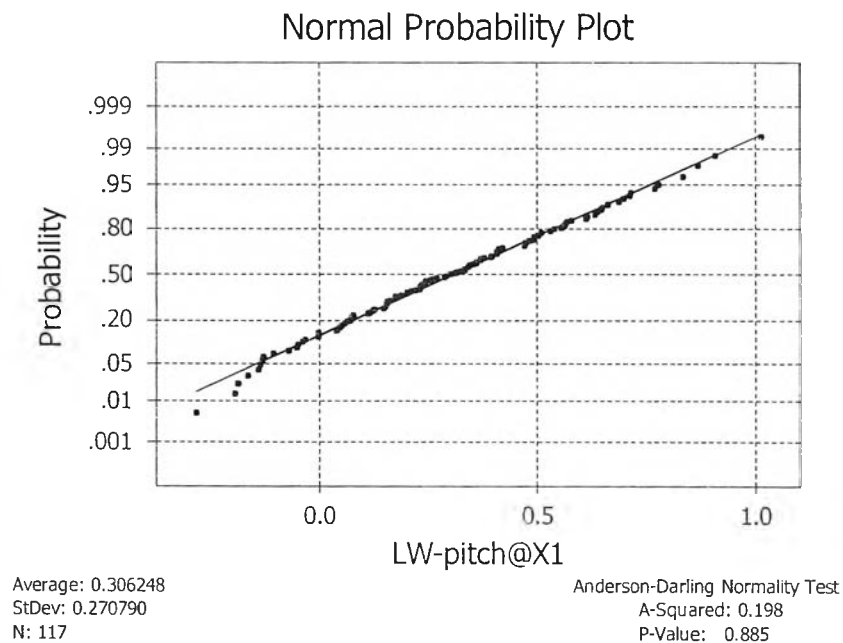
ตารางที่ 6.3 แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากค่าระยะ Y

Test for Equal Variances				
Response	LW-pitch			
Factors	Y Distance			
ConfLvl	95.0000			
Bonferroni confidence intervals for standard deviations				
Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.244663	0.281107	0.329712	115	1
0.165377	0.189796	0.222284	117	2
F-Test (normal distribution)				
Test Statistic: 2.194				
P-Value : 0.000				

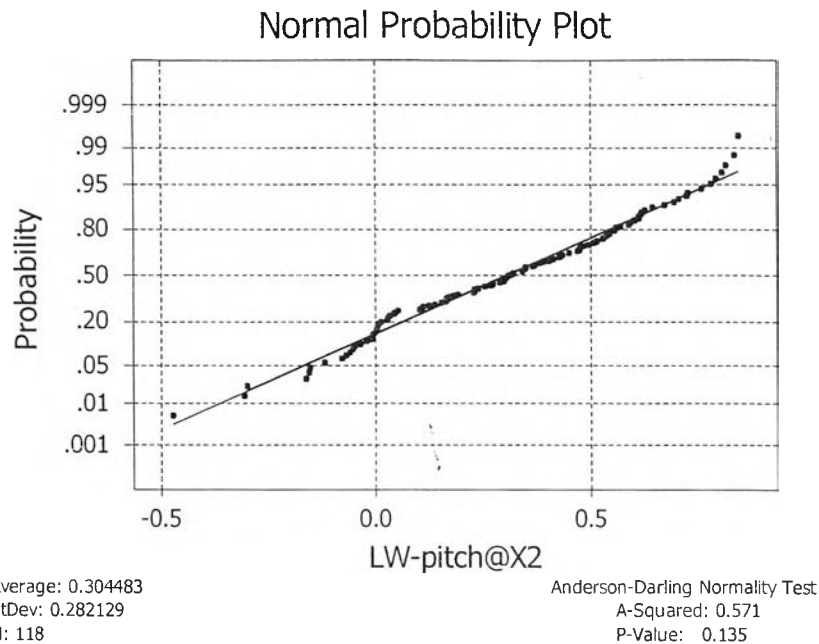
จากผลการคำนวณพบว่าค่า P-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 นั่นคือจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก และสรุปได้ว่าระยะ Y ของจุดเชื่อมมีผลกระทบต่อค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% และมีช่วงความเชื่อมั่นของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.245 ถึง 0.329 ที่ระยะ Y เท่ากับ 1.985 มิลลิเมตร และความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.165 ถึง 0.222 ที่ระยะ Y เท่ากับ 2.035 มิลลิเมตร

#### 6.2.10.2 ระยะ X ของจุดเชื่อม

- ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด LW-pitch@X1 คือ ค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่าระยะ X ของจุดเชื่อมอยู่ที่ระดับ 1 และ LW-pitch@X2 คือ ค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่าระยะ X ของจุดเชื่อมอยู่ที่ระดับ 2 ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติดังกราฟที่ 6.13 ก และ ข



(ก) ค่าระยะ X ระดับที่ 1



(ข) ค่าระยะ X ระดับที่ 2

รูปที่ 6.13 กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อม ก) ระยะ X ระดับที่ 1 ข) ระยะ X ระดับที่ 2

จากการทดสอบการกระจายของข้อมูลทั้งสองกลุ่ม พบว่าข้อมูลทั้งสองกลุ่มนี้มีการกระจายที่เป็นแบบปกติ โดยสังเกตจากค่า P-value ที่มีค่ามากกว่า 0.05

ผลการทดสอบสมมติฐาน เนื่องจากข้อมูลที่น่ามาทดสอบทั้งสองกลุ่มนี้มีการกระจายเป็นแบบปกติ ดังนั้นจะทำการทดสอบสมมติฐานแบบ F เพื่อการตัดสินใจ ซึ่งผลการคำนวณด้วยโปรแกรม MINITAB ได้ผลดังตารางที่ 6.3

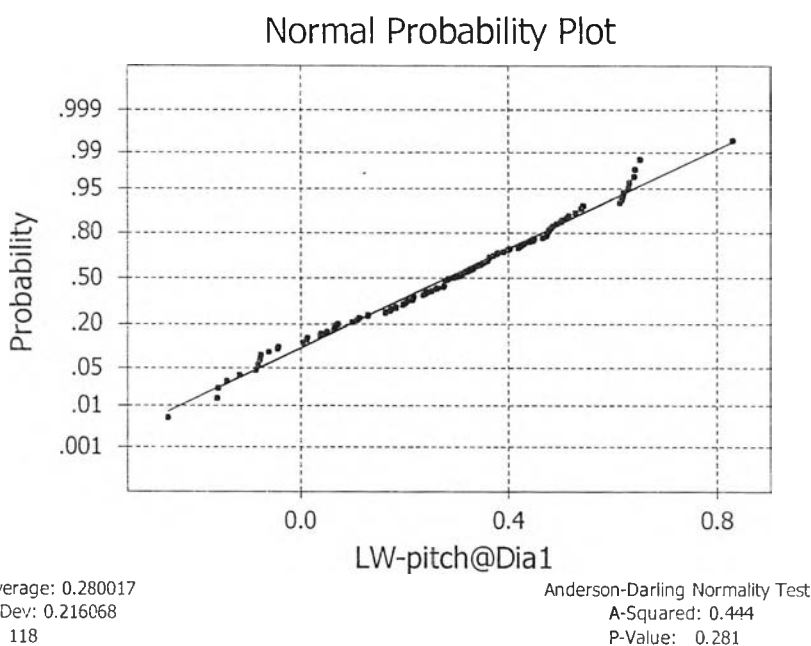
ตารางที่ 6.3 แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากค่าระยะ X

Test for Equal Variances				
Response	LW-Pitch			
Factors	X Distance			
ConfLvl	95.0000			
Bonferroni confidence intervals for standard deviations				
Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.235949	0.270790	0.317141	117	1
0.245966	0.282129	0.330181	118	2
F-Test (normal distribution)				
Test Statistic:	0.921			
P-Value	: 0.659			

จากผลการคำนวณพบว่าค่า P-value มีค่ามากกว่า 0.05 นั่นคือจะยอมรับสมมติฐานหลัก และสรุปได้ว่าระยะ X ของจุดเชื่อมไม่มีผลกระทบต่อค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมที่ความเชื่อมั่น 95% และมีช่วงความเชื่อมั่นของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.236 ถึง 0.317 ที่ระยะ X ของจุดเชื่อมที่ 1 และ 2 เท่ากับ 0.505 และ -0.505 มิลลิเมตร ตามลำดับ และความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.246 ถึง 0.330 ที่ระยะ X ของจุดเชื่อมที่ 1 และ 2 เท่ากับ 0.555 และ -0.555 มิลลิเมตรตามลำดับ

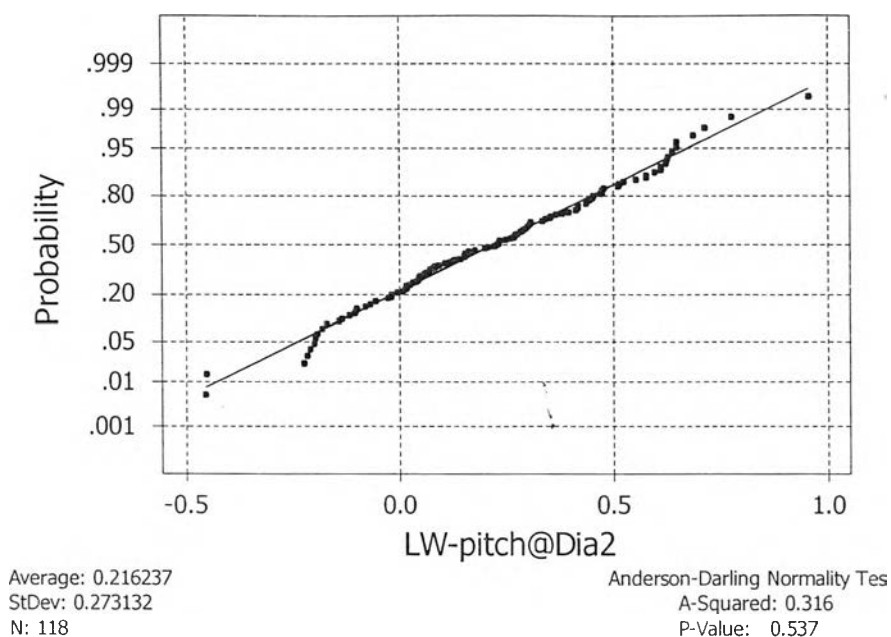
### 6.2.10.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อม

- ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด LW-pitch@Dia1 คือค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อมอยู่ที่ระดับ 1 และ LW-pitch@Dia2 คือค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อมอยู่ที่ระดับ 2 ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติดังกราฟที่ 6.14 ก และ ข



(ก) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับที่ 1

Normal Probability Plot



(ข) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับที่ 2

รูปที่ 6.14 กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อม ก) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับที่ 1

ข) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับที่ 2

จากการทดสอบการกระจายของข้อมูลทั้งสองกลุ่ม พบว่าข้อมูลทั้งสองกลุ่มนี้มีการกระจายที่เป็นแบบปกติ โดยสังเกตจากค่า P-value ที่มีค่ามากกว่า 0.05

- ผลการทดสอบสมมติฐาน เนื่องจากข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองกลุ่มนี้มีการกระจายที่เป็นแบบปกติ ดังนั้นจะทำการทดสอบสมมติฐานแบบ F เพื่อการตัดสินใจ ซึ่งผลการคำนวณด้วยโปรแกรม MINITAB ได้ผลดังตารางที่ 6.4

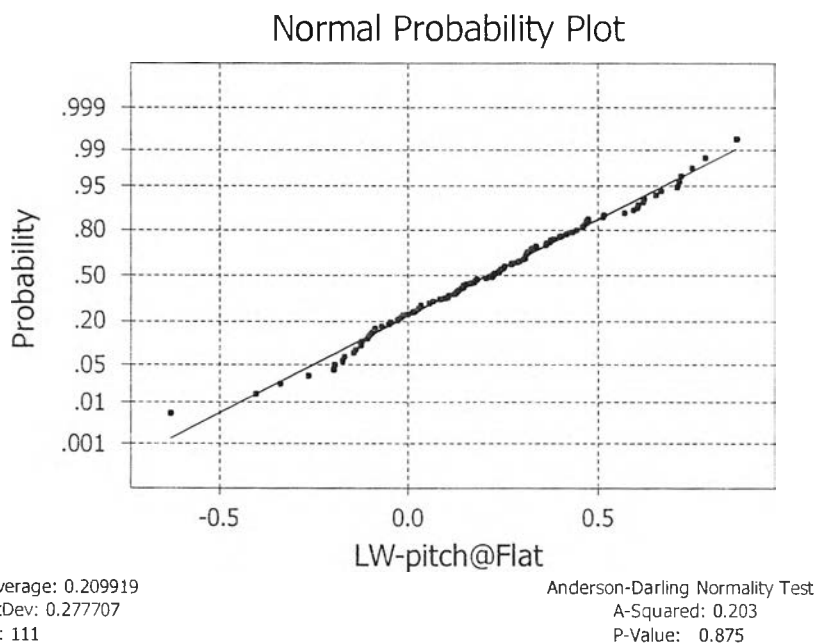
ตารางที่ 6.4 แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

Test for Equal Variances				
Response	LW-Pitch			
Factors	Diameter			
ConfLvl	95.0000			
Bonferroni confidence intervals for standard deviations				
Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.188372	0.216068	0.252869	118	1
0.238122	0.273132	0.319652	118	2
F-Test (normal distribution)				
Test Statistic: 0.626				
P-Value : 0.012				

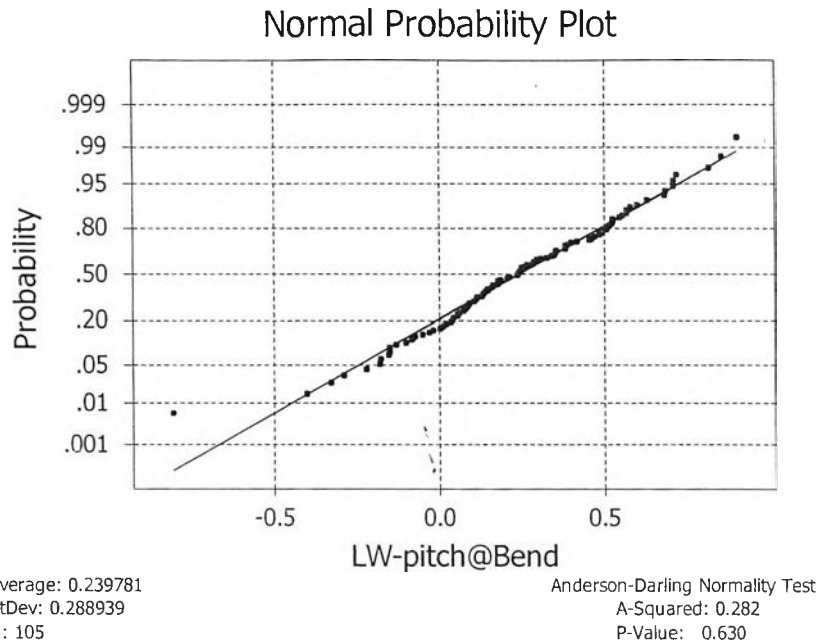
จากผลการคำนวณพบว่าค่า P-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 นั่นคือจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก และสรุปได้ว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อมมีผลกระทบต่อค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% และมีช่วงความเชื่อมั่นของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.188 ถึง 0.253 ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.220 มิลลิเมตร และความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.238 ถึง 0.319 ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.280 มิลลิเมตร

#### 6.2.10.4 ความเรียบของ TG

- ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด LW-pitch@Flat คือ ค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่เชื่อมงานด้วยกลุ่ม TG ที่มีลักษณะเรียบ และ LW-pitch@Bend คือ ค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่เชื่อมงานด้วยกลุ่ม TG ที่มีลักษณะโค้ง ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติดังกราฟที่ 6.15 ก และ ข



(ก) TG เรียบ



(ข) TG โกง

รูปที่ 6.15 กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อม ก) TG เรียบ ข) TG โกง

จากการทดสอบการกระจายของข้อมูลทั้งสองกลุ่ม พบว่าข้อมูลทั้งสองกลุ่มนี้มีการกระจายที่เป็นแบบปกติ โดยสังเกตจากค่า P-value ที่มีค่ามากกว่า 0.05

- ผลการทดสอบสมมติฐาน เนื่องจากข้อมูลที่น่ามาทดสอบทั้งสองกลุ่มนี้มีการกระจายเป็นแบบปกติ ดังนั้นจะทำการทดสอบสมมติฐานแบบ F เพื่อการตัดสินใจ ซึ่งผลการคำนวณด้วยโปรแกรม MINITAB ได้ผลดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากความเรียบของ TG

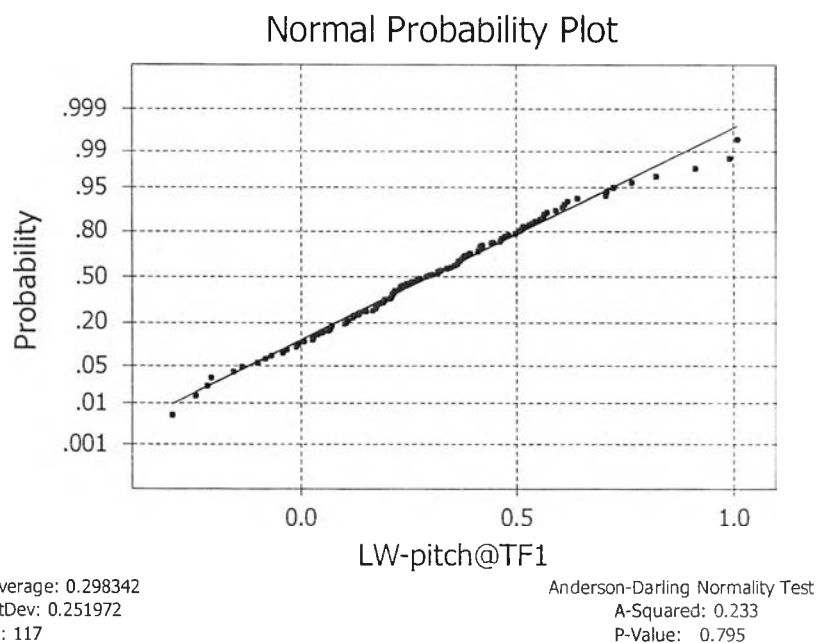
Test for Equal Variances				
Response	LW-Pitch			
Factors	TG Flatness			
ConfLvl	95.0000			
Bonferroni confidence intervals for standard deviations				
Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.241140	0.277707	0.326733	111	1
0.249955	0.288939	0.341647	105	2
F-Test (normal distribution)				
Test Statistic:	0.924			
P-Value	: 0.681			



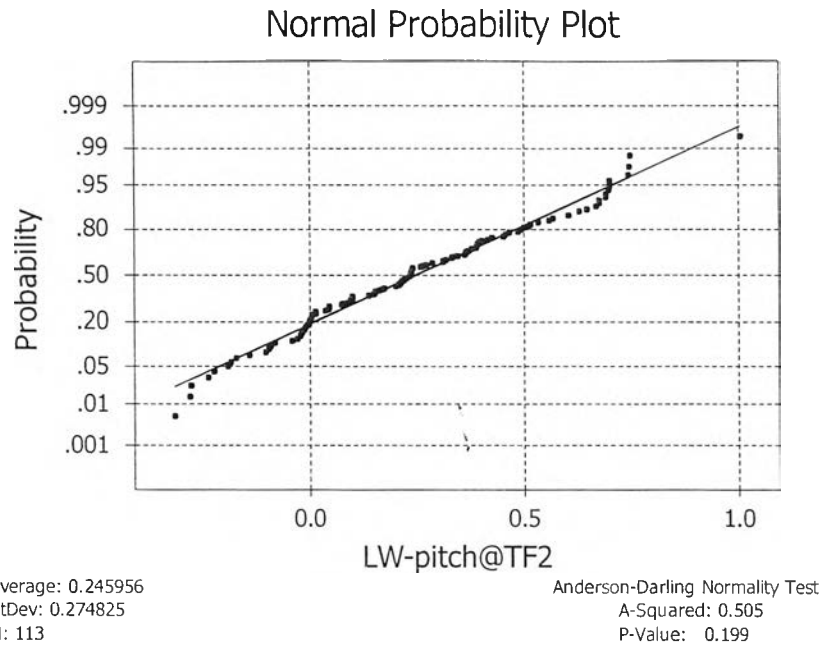
จากผลการคำนวณพบว่าค่า P-value มีค่ามากกว่า 0.05 นั่นคือจะยอมรับสมมติฐานหลัก และสรุปได้ว่าความเรียบของ TG ไม่มีผลกระทบต่อค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมที่ความเชื่อมั่น 95% และมีช่วงความเชื่อมั่นของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.241 ถึง 0.327 ของงานที่เชื่อมด้วย TG เรียบ และความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.249 ถึง 0.342 ของงานที่เชื่อมด้วย TG โกง

#### 6.2.10.5 ระยะเวลาในการประจุพลังงาน (T-Off)

- ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด LW-pitch@TF1 คือค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่า T-Off อยู่ที่ระดับ 1 และ LW-pitch@TF2 คือค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่า T-Off อยู่ที่ระดับ 2 ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติ ดังกราฟที่ 6.16 ก และ ข



(ก) T-Off ระดับที่ 1



## (ข) T-Off ระดับที่ 2

รูปที่ 6.16 กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อม ก) T-Off ระดับที่ 1 ข) T-Off ระดับที่ 2

จากการทดสอบการกระจายของข้อมูลทั้งสองกลุ่ม พบว่าข้อมูลทั้งสองกลุ่มนี้มีการกระจายที่เป็นแบบปกติ โดยสังเกตจากค่า P-value ที่มีค่ามากกว่า 0.05

- ผลการทดสอบสมมติฐาน เนื่องจากข้อมูลที่น่ามาทดสอบทั้งสองกลุ่มนี้มีการกระจายเป็นแบบปกติ ดังนั้นจะทำการทดสอบสมมติฐานแบบ F เพื่อการตัดสินใจ ซึ่งผลการคำนวณด้วยโปรแกรม MINITAB ได้ผลดังตารางที่ 6.6

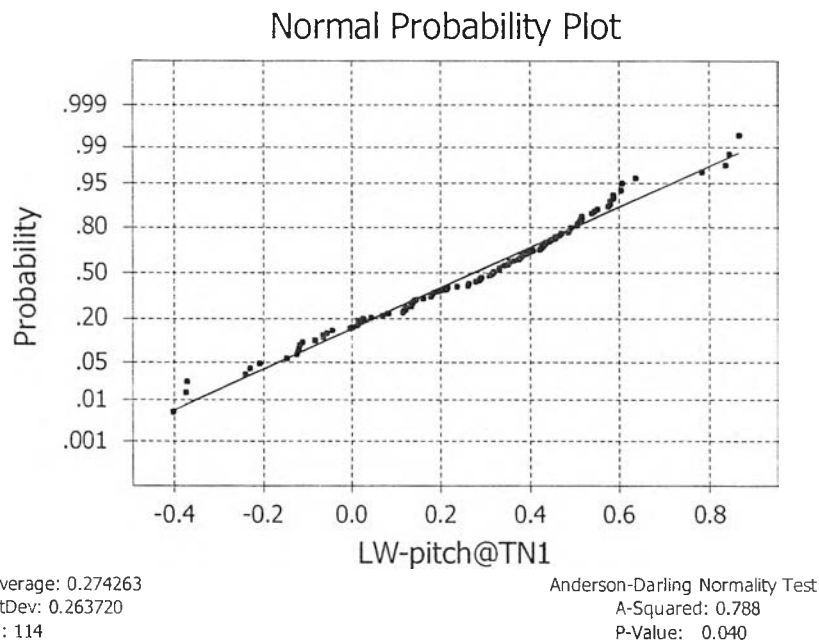
ตารางที่ 6.6 แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากการระยะเวลาในการประจุพลังงาน

Test for Equal Variances				
Response	LW-Pitch			
Factors	T-off			
ConfLvl	95.0000			
Bonferroni confidence intervals for standard deviations				
Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.219553	0.251972	0.295102	117	1
0.238920	0.274825	0.322836	113	2
F-Test (normal distribution)				
Test Statistic:	0.841			
P-Value	: 0.355			

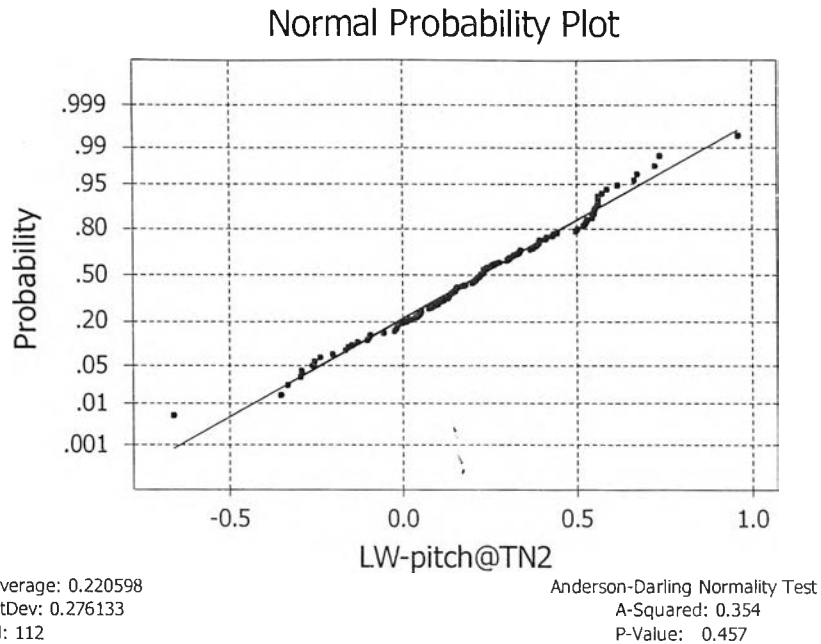
จากผลการคำนวณพบว่าค่า P-value มีค่ามากกว่า 0.05 นั่นคือจะยอมรับสมมติฐานหลัก และสรุปได้ว่าค่าระยะเวลาในการประจุพลังงานไม่มีผลกระทบต่อค่าความแปรปรวนของค่ามุ่มหลังเชื่อมที่ความเชื่อมั่น 95% และมีช่วงความเชื่อมั่นของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.219 ถึง 0.295 ที่ค่า T-Off เท่ากับ 800  $\mu\text{sec}$ . และความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.239 ถึง 0.323 ที่ค่า T-Off เท่ากับ 1000  $\mu\text{sec}$ .

#### 6.2.10.6 ระยะเวลาในการคายพลังงาน (T-On)

- ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด LW-pitch@TN1 คือค่ามุ่มตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่า T-On อยู่ที่ระดับ 1 และ LW-pitch@TN2 คือค่ามุ่มตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่า T-On อยู่ที่ระดับ 2 ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติดังกราฟที่ 6.17 ก และ ข



(ก) T-On ระดับที่ 1



(ข) T-On ระดับที่ 2

รูปที่ 6.17 กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อม ก) T-On ระดับที่ 1 ข) T-On ระดับที่ 2

จากการทดสอบการกระจายของข้อมูลทั้งสองกลุ่ม พบว่าข้อมูลที่ T-On ระดับที่ 1 มีการกระจายไม่เป็นแบบปกติ เนื่องจากค่า P-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 และข้อมูลที่ T-On ระดับที่ 2 มีการกระจายที่เป็นแบบปกติ โดยสังเกตจากค่า P-value ที่มีค่ามากกว่า 0.05

- ผลการทดสอบสมมติฐาน เนื่องจากข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองกลุ่มนี้ มีอยู่กลุ่มหนึ่งที่มีการกระจายไม่เป็นแบบปกติ ดังนั้นจะทำการทดสอบสมมติฐานแบบ Levene's test เพื่อการตัดสินใจ ซึ่งผลการคำนวณด้วยโปรแกรม MINITAB ได้ผลดังตารางที่ 6.7

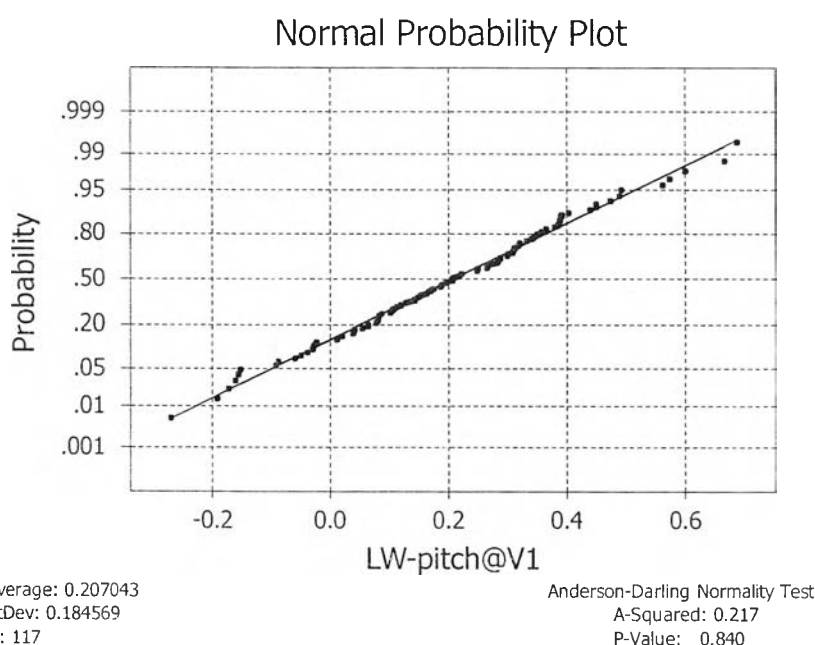
ตารางที่ 6.7 แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากการระยะเวลาในการคายพลังงาน

Test for Equal Variances				
Response	LW-Pitch			
Factors	T-on			
ConfLvl	95.0000			
Bonferroni confidence intervals for standard deviations				
Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.229399	0.263720	0.309553	114	1
0.239916	0.276133	0.324624	112	2
Levene's Test (any continuous distribution)				
Test Statistic:	0.119			
P-Value	: 0.731			

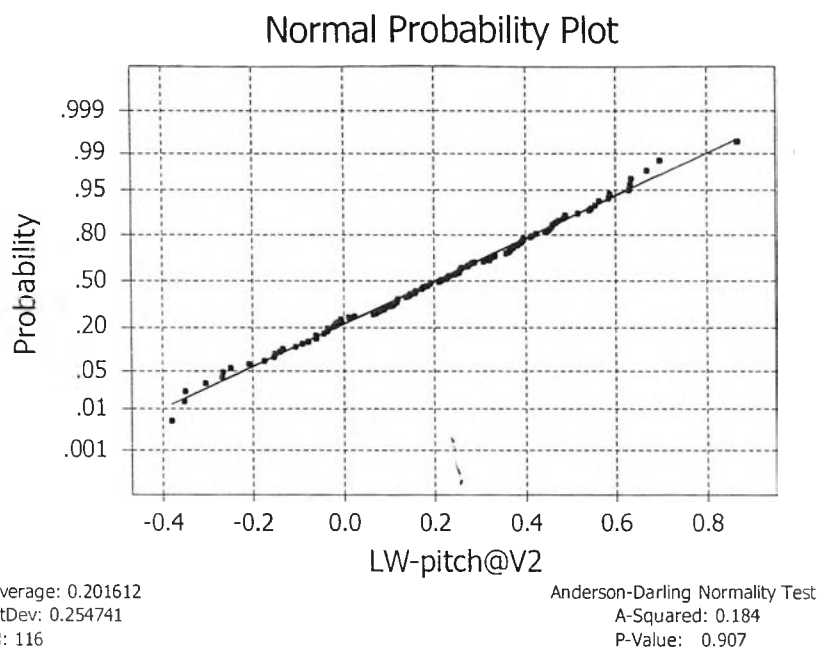
จากผลการคำนวณพบว่าค่า P-value มีค่ามากกว่า 0.05 นั่นคือจะยอมรับสมมติฐานหลัก และสรุปได้ว่าค่าระยะเวลาในการคายพลังงานไม่มีผลกระทบต่อค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมที่ความเชื่อมั่น 95% และมีช่วงความเชื่อมั่นของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.229 ถึง 0.309 ที่ค่า T-On เท่ากับ 700  $\mu\text{sec}$ . และความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.239 ถึง 0.325 ที่ค่า T-On เท่ากับ 1300  $\mu\text{sec}$ .

#### 6.2.10.7 แรงดันไฟฟ้า

- ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด LW-pitch@V1 คือค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ระดับ 1 และ LW-pitch@V2 คือค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ระดับ 2 ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติดังกราฟที่ 6.18 ก และ ข



(ก) ค่าแรงดันไฟฟ้าระดับที่ 1



(ข) ค่าแรงดันไฟฟ้าระดับที่ 2

รูปที่ 6.18 กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อม

ก) ค่าแรงดันไฟฟ้าระดับที่ 1 ข) ค่าแรงดันไฟฟ้าระดับที่ 2

จากการทดสอบการกระจายของข้อมูลทั้งสองกลุ่ม พบว่าข้อมูลทั้งสองกลุ่มนี้มีการกระจายที่เป็นแบบปกติ โดยสังเกตจากค่า P-value ที่มีค่ามากกว่า 0.05

ผลการทดสอบสมมติฐาน เนื่องจากข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองกลุ่มนี้มีการกระจายเป็นแบบปกติ ดังนั้นจะทำการทดสอบสมมติฐานแบบ F เพื่อการตัดสินใจ ซึ่งผลการคำนวณด้วยโปรแกรม MINITAB ได้ผลดังตารางที่ 6.8

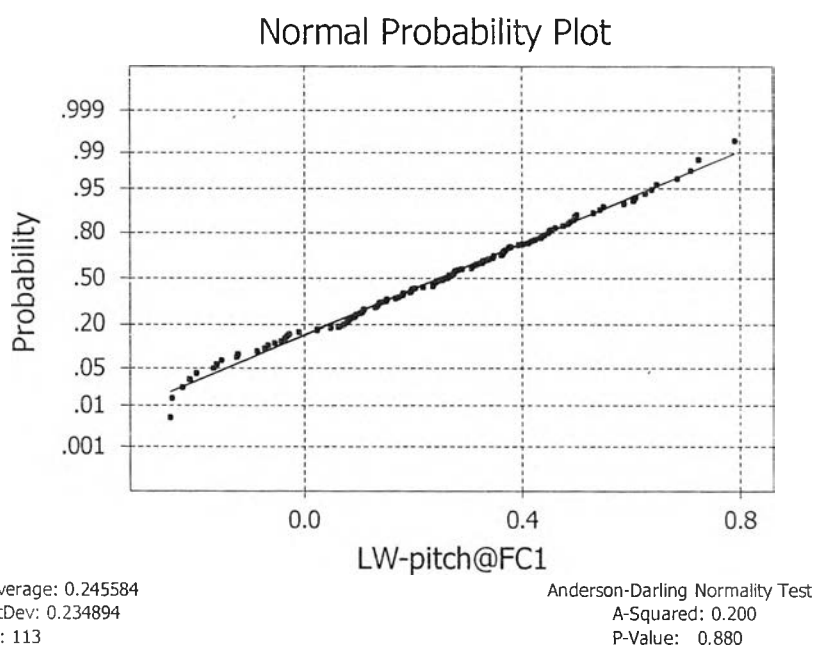
ตารางที่ 6.8 แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากค่าแรงดันไฟฟ้า

Test for Equal Variances				
Response	LW-Pitch			
Factors	Voltage			
ConfLvl	95.0000			
Bonferroni confidence intervals for standard deviations				
Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.160822	0.184569	0.216161	117	1
0.221841	0.254741	0.298564	116	2
F-Test (normal distribution)				
Test Statistic: 0.525				
P-Value : 0.001				

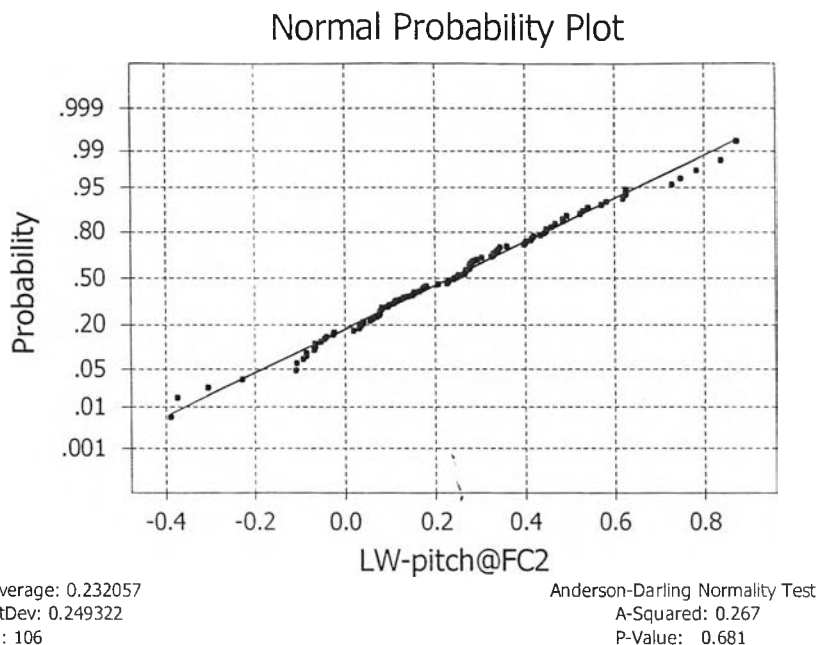
จากผลการคำนวณพบว่าค่า P-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 นั่นคือจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก และสรุปได้ว่าค่าแรงดันไฟฟ้ามีผลกระทบต่อค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% และมีช่วงความเชื่อมั่นของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.161 ถึง 0.216 ที่ค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 280 โวลต์ และความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.222 ถึง 0.299 ที่ค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 320 โวลต์

#### 6.2.10.8 ระยะไฟก๊สของการเชื่อม

- ผลการทดสอบความถูกต้องของรูปแบบ เพื่อทดสอบข้อกำหนดที่ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองระดับมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยกำหนด LW-pitch@FC1 คือค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่าระยะไฟก๊สอยู่ที่ระดับ 1 และ LW-pitch@FC2 คือค่ามุมตัวงานหลังการเชื่อมที่ปรับค่าระยะไฟก๊สอยู่ที่ระดับ 2 ได้ผลการทดสอบการกระจายเป็นแบบปกติดังกราฟที่ 6.19 ก และ ข



(ก) ระยะไฟก๊สของการเชื่อมระดับที่ 1



(ข) ระยะโฟกัสของการเชื่อมระดับที่ 2

รูปที่ 6.19 กราฟแสดงการกระจายของค่ามุมหลังเชื่อม ก) ระยะโฟกัสของการเชื่อมระดับที่ 1  
ข) ระยะโฟกัสของการเชื่อมระดับที่ 2

จากการทดสอบการกระจายของข้อมูลทั้งสองกลุ่ม พบว่าข้อมูลทั้งสองกลุ่มนี้มีการกระจายที่เป็นแบบปกติ โดยสังเกตจากค่า P-value ที่มีค่ามากกว่า 0.05

ผลการทดสอบสมมติฐาน เนื่องจากข้อมูลที่นำมาทดสอบทั้งสองกลุ่มนี้มีการกระจายเป็นแบบปกติ ดังนั้นจะทำการทดสอบสมมติฐานแบบ F เพื่อการตัดสินใจ ซึ่งผลการคำนวณด้วยโปรแกรม MINITAB ได้ผลดังตารางที่ 6.9

ตารางที่ 6.9 แสดงผลการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแปรปรวนที่เกิดจากระยะโฟกัสของการเชื่อม

Test for Equal Variances				
Response	LW-Pitch			
Factors	Focus			
ConfLvl	95.0000			
Bonferroni confidence intervals for standard deviations				
Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0.204206	0.234894	0.275929	113	1
0.215823	0.249322	0.294549	106	2
F-Test (normal distribution)				
Test Statistic: 0.888				
P-Value : 0.534				



จากผลการคำนวณพบว่าค่า P-value มีค่ามากกว่า 0.05 นั่นคือจะยอมรับสมมติฐานหลัก และสรุปได้ว่าระยะโพกัสในการเชื่อมไม่มีผลกระทบต่อค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมที่ความเชื่อมั่น 95% และมีช่วงความเชื่อมั่นของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.204 ถึง 0.276 ที่ระยะโพกัสเท่ากับ 47 มิลลิเมตร และความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.216 ถึง 0.295 ที่ระยะโพกัสเท่ากับ 53 มิลลิเมตร

### 6.3 สรุปผลขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากผลการทดลองเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 8 ปัจจัยที่ได้คัดเลือกมาจากขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา พบว่ามีอยู่เพียง 3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือ

- ระยะ Y ของจุดเชื่อม
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดเชื่อม และ
- ค่าแรงดันไฟฟ้า

ส่วนปัจจัยอื่นๆ อีก 5 ปัจจัยได้แก่ ระยะ X ของการเชื่อม, ความเร็วของ TG, ระยะเวลาในการประจุพลังงาน, ระยะเวลาในการคายพลังงาน และระยะโพกัสของการเชื่อม ไม่มีผลกระทบต่อค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อมที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นขั้นตอนต่อไปคือการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ จึงพิจารณานำปัจจัยนำเข้าทั้งสามปัจจัยดังกล่าวที่มีอิทธิพลต่อค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อม ไปทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงผกผันระหว่างปัจจัยนำเข้าที่สำคัญนี้และค่าความแปรปรวนของค่ามุมหลังเชื่อม และกำหนดสถานะของปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ค่ามุมหลังเชื่อมมีความแปรปรวนที่ลดลงจากเดิม