บทที่ 3

การออกแบบการทดลอง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบการทดลองสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งจะประกอบไปด้วย การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความเร็วของเครื่องเชื่อม แอมปลิจูดของพลังงานที่ใช้ในการเชื่อม และความดันในการจับยึดชิ้นงานของเครื่องเชื่อม สาเหตุของการเลือกปัจจัยที่นำมาศึกษา และระดับของปัจจัย แผนการทดลองซึ่งประกอบไปด้วย ปัจจัยที่ต้องการศึกษา ระดับของปัจจัย รูปแบบการทดลองซึ่งเป็นการทดลองแบบสุ่มและทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ ตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ ความแข็งแรงของรอยเชื่อม และความต้านทานแรงดันน้ำของรอยเชื่อม รวมไปถึงหลักการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สำหรับแผนการทดลองในครั้งนี้

3.1 การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

เสื้อคลุมแพทย์ผ่าตัดที่มีคุณภาพจะต้องสามารถป้องกันของเหลวที่เกิดจากการผ่าตัดไม่ให้ซึมผ่านมายังแพทย์ที่ทำการผ่าตัด ในส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเสื้อคลุมแพทย์ผ่าตัดนั้น สามารถป้องกันการซึมผ่านของของเหลวได้ในระดับหนึ่ง แต่ส่วนที่ของเหลวจะมีโอกาสซึมผ่านได้คือในส่วนของรอยต่อของวัตถุดิบเพื่อประกอบเป็นส่วนต่าง ๆ ของตัวเสื้อ อาทิเช่น รอยต่อเชื่อมของแขนเสื้อ ดังนั้นคุณสมบัติที่จะใช้ในการวัดคุณภาพของเสื้อคลุมแพทย์ผ่าตัดก็คือ ความแข็งแรงของรอยเชื่อม และความต้านทานแรงดันน้ำของรอยเชื่อม ที่จะสามารถแสดงให้เห็นว่ารอยเชื่อมต่อที่เกิดจากเครื่องเชื่อมอุลตร้าโซนิคนี้ มีการเชื่อมต่อที่สมบูรณ์ของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ และเมื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุที่จะทำให้การเชื่อมไม่สมบูรณ์ พบว่า เกิดจาก 3 ปัจจัย ดังนี้

3.1.1 ความเร็วของเครื่องเชื่อมอุลตร้าโซนิค

เป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อคุณภาพรอยเชื่อม และเวลาในการทำงาน มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร ถ้าใช้ความเร็วที่สูงเกินไปเพื่อให้ได้เวลาการทำงานที่เร็วขึ้น จะทำให้เกิดการเชื่อมที่ไม่สมบูรณ์ และพนักงานอาจจะจับชิ้นงานไม่ทัน

I23065898

3.1.2 การควบคุมแอมปลิจูดของกระแสไฟฟ้า

เป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อคุณภาพรอยเชื่อม เนื่องจากแอมปลิจูดคือแอมปลิจูดของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดความถี่ 20 กิโลเฮิร์ตแล้วเกิดเป็นคลื่นเสียงอุลตร้าโซนิคที่ใช้ในการทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแล้วเกิดการเสียดสีทำให้เกิดการหลอมละลายและเชื่อมติดกันของวัตถุดิบ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ของกระแสที่ให้เข้าไปในเครื่องจักร

เครื่องเชื่อมด้วยคลื่นเสียงอุลตร้าโซนิคในการวิจัยฉบับนี้ สามารถอธิบายหลักการทำงานเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายได้ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 แสดงหลักการทำงานอย่างง่ายของเครื่องเชื่อมอุลตร้าโซนิค

ดังนั้นแอมปลิจูดที่พบในเครื่องจักรจะพบได้ในสองส่วนคือ แอมปลิจูดของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดเป็นพลังงานในการทำให้เกิดคลื่นเสียงอุลตร้าโซนิค และแอมปลิจูดในส่วนของแอมปลิจูดของความถี่ที่ทำให้เกิดคลื่นเสียงอุลตร้าโซนิค

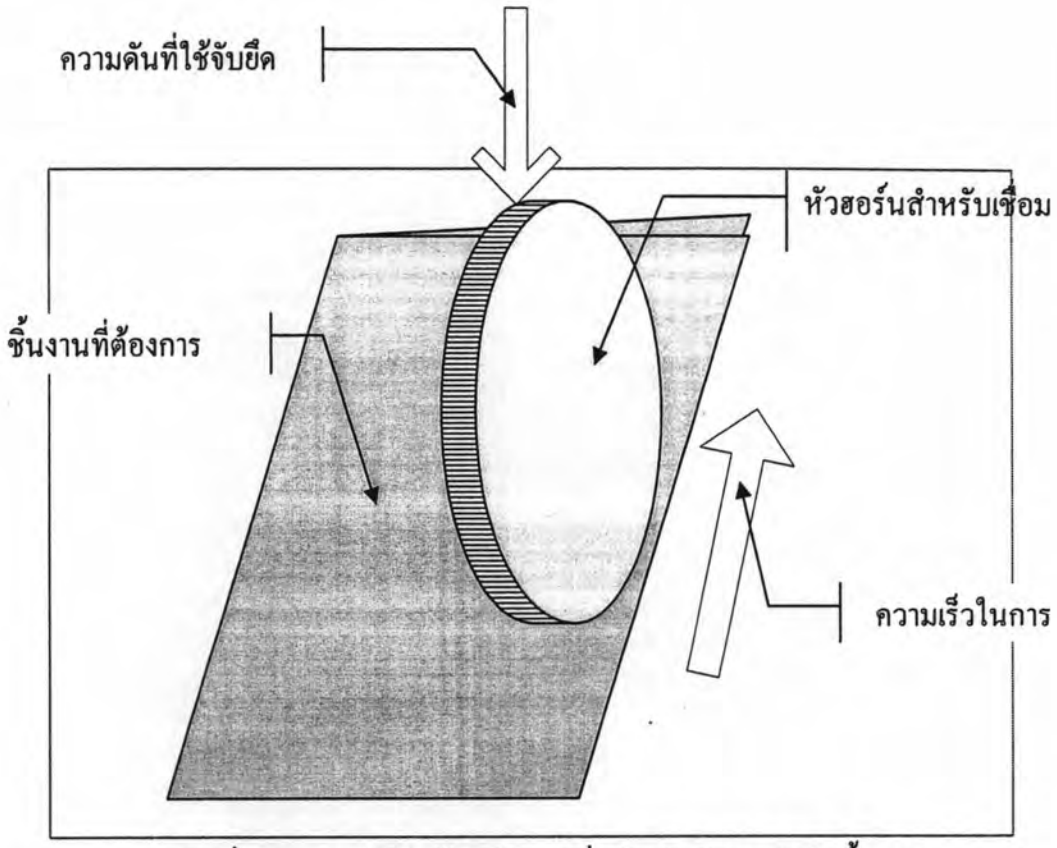
ปัจจัยที่ผู้ทำการวิจัยใช้ในการทดลองคือ การควบคุมแอมปลิจูดของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดพลังงานเพื่อสร้างคลื่นเสียงอุลตร้าโซนิค ซึ่งสามารถปรับลดได้ตั้งแต่ 100 – 10 เปอร์เซ็นต์ของขนาดแอมปลิจูด

ถ้าใช้ระดับการควบคุมแอมปลิจูดของกระแสไฟฟ้าที่สูงเกินไปจะทำให้ชิ้นงานขาดเนื่องจากใช้พลังงานในการเชื่อมสูงเกินไป แต่ถ้าใช้ระดับการควบคุมแอมปลิจูดของกระแสไฟฟ้าที่เกินไปก็จะทำให้เชื่อมชิ้นงานไม่ติด

3.1.3 ความดันในการจับยึดชิ้นงานของเครื่องเชื่อม

เป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อคุณภาพรอยเชื่อม เนื่องจากค่าความดันเป็นค่าที่ใช้ในการจับยึดชิ้นงานด้วยหัวเชื่อม ถ้าใช้ค่าความดันที่สูงเกินไปจะทำให้คุณภาพรอยเชื่อมต่ำ ทำให้ชิ้นงานขาดเนื่องจากมีแรงกดที่มากเกินไป แต่ถ้าใช้ค่าที่ต่ำเกินไปจะทำให้เชื่อมงานไม่ติด เนื่องจากมีแรงกดที่น้อยเกินไป

สามารถแสดงความสัมพันธ์และทิศทางที่แต่ละปัจจัยกระทำต่อชิ้นงานได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์และทิศทางที่แต่ละปัจจัยกระทำต่อชิ้นงาน

3.2 ระดับของปัจจัยที่ทำการศึกษา

หลังจากพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของรอยเชื่อมดังอธิบายในหัวข้อที่แล้วนั้น ได้ศึกษาระดับของปัจจัยที่จะทำการทดลอง ดังนี้

3.2.1 ความเร็วของเครื่องเชื่อมอุลตร้าโซนิค

ระดับของความเร็วที่ใช้ในปัจจุบันอยู่ที่ 25% คิดเป็นเวลาประมาณ 0.034 m/s ดังนั้นจึงทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ความเร็วในระดับต่าง ๆ ดังนี้ คือ ปรับที่ระดับความเร็ว 25% 50% และ 75% ของความเร็วของเครื่องอุลตร้าโซนิค โดยวัดความแข็งแรงของรอยเชื่อมเบื้องต้นจากลักษณะภายนอก เช่น เชื่อมติดหรือไม่, รอยไหม้ของรอยเชื่อม และความสามารถในการทำงานของพนักงาน สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับ 1 ความเร็ว 25% ของความสามารถของเครื่องอุลตร้าโซนิค

ระดับ 2 ความเร็ว 50% ของความสามารถของเครื่องอุลตร้าโซนิค

ระดับ 3 ความเร็ว 75% ของความสามารถของเครื่องอุลตร้าโซนิค

3.2.2 การควบคุมแอมปลิจูดของกระแสไฟฟ้า

ระดับของการควบคุมแอมปลิจูดของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบัน คือ 65% ของแอมปลิจูด ดังนั้นจึงทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ของแอมปลิจูดในระดับต่าง ๆ ดังนี้ คือ 50, 65, และ 80% โดยวัดความแข็งแรงของรอยเชื่อมเบื้องต้นจากลักษณะภายนอก เช่น เชื่อมติดหรือไม่ และรอยไหม้ของรอยเชื่อม สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับ 1 50 % ของแอมปลิจูด

ระดับ 2 65 % ของแอมปลิจูด

ระดับ 3 80 % ของแอมปลิจูด

3.2.3 ความดันในการจับยึดชิ้นงานของเครื่องเชื่อม

ระดับของความดันที่ใช้ในปัจจุบัน คือ 24 PSI ดังนั้นจึงทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ของความดันในระดับต่าง ๆ ดังนี้ คือ 16, 25, และ 34 PSI โดยวัดความแข็งแรงของรอยเชื่อมเบื้องต้นจากลักษณะภายนอก เช่น เชื่อมติดหรือไม่ และรอยไหม้ของรอยเชื่อม สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับ 1 ความดัน 16 PSI

ระดับ 2 ความดัน 25 PSI

ระดับ 3 ความดัน 34 PSI

สามารถสรุปปัจจัยและระดับของปัจจัยได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยและระดับของปัจจัย

ปัจจัย	หน่วย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย		
			ต่ำ (-)	กลาง (0)	สูง (+)
1. ความเร็ว	%	A	25	50	75
2. การควบคุมแอมปลิจูด	%	B	50	65	80
3. ความดัน	PSI	C	16	25	34

3.3 แผนการออกแบบการทดลอง

หลังจากได้ทำการศึกษาหาปัจจัย และคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องแล้ว จะทำการเลือกแผนการทดลองโดยอาศัยข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

3.3.1 ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่

a. ความเร็ว

b. การควบคุมแอมปลิจูด

c. ความดัน

3.3.2 การกำหนดระดับปัจจัย ได้แก่

a. ความเร็วแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 25%, 50% และ 75%

b. การควบคุมแอมปลิจูดแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 50, 65 และ 80 %

c. ความดันแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 16, 25 และ 34 PSI

3.3.3 รูปแบบการทดลอง

a. การทดลองซ้ำ เป็นการกำหนดจำนวนซ้ำในการทดลอง ซึ่งควรมีจำนวนซ้ำน้อยที่สุด 2 ซ้ำ ดังนั้นจึงทำการทดลอง 2 ซ้ำ

b. การทำแบบสุ่ม การทดลองนี้ใช้การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยทำการสุ่มลำดับการทดลองเพื่อป้องกันเรื่องความไม่สม่ำเสมอของเครื่องมือและผู้ทดลอง

3.3.4 ตัวแปรตอบสนองที่ทำการศึกษา ได้แก่

a. ความแข็งแรงของรอยเชื่อม

b. ความต้านทานแรงดันน้ำของรอยเชื่อม

จากข้อ 3.1.1 – 3.1.3 สามารถแสดงแผนการทดลอง เมตริกซ์ของการทดลอง และลำดับการทดลองแบบสุ่มในตารางที่ 3.2 – 3.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.2 แผนการทดลอง

1. วัตถุประสงค์

เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเชื่อมวัตถุดิบด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค เพื่อลดเวลาในการทำงานของเครื่องอุลตร้าโซนิค

2. ข้อมูลพื้นฐาน

เนื่องจากสภาวะการแข่งขันในตลาดที่สูงขึ้น ทำให้เราต้องพยายามลดต้นทุนเพื่อการแข่งขันที่มีประสิทธิภาพในตลาดให้ได้ ดังนั้นเราจึงควรใช้งานเครื่องจักรให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องจักร เพื่อลดต้นทุนในเครื่องจักร ในการวัดประสิทธิภาพของงานเชื่อมว่าดีหรือไม่ดูได้จากตัวแปรตอบสนอง 2 ตัว ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง และความต้านทานแรงดันน้ำ

3. ตัวแปรการทดลอง

3.1 ปัจจัย	ระดับ		
1) ความเร็ว (%)	25	50	75
2) กาควบคุมแอมปลิจูด (%)	50	65	80
3) ความดัน (PSI)	16	25	34

3.2 ตัวแปรตอบสนอง (Response Variable)	วิธีการวัดผล
1) ความแข็งแรงของรอยเชื่อม	ค่าความต้านทานแรงดึง (Newton)
2) ความต้านทานแรงดันน้ำ	ค่าความต้านทานแรงดันน้ำ ($cm.H_2O$)

4. จำนวนซ้ำ

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ดังนั้นการทดลองจะมีทั้งหมด 3x3x3x2 = 54 การทดลอง

5. วิธีการสุ่ม

ใช้วิธีการสุ่มลำดับการทดลองจากโปรแกรม MiniTab แสดงลำดับการทดลองดังตารางที่ 3.4

6. เมตริกการออกแบบ

แสดงดังตารางที่ 3.4

ตาราง 3.2 แผนการทดลอง (ต่อ)

7. ตารางบันทึกผลการทดลอง
    7.1 ตารางบันทึกผลค่าความต้านทานแรงดึง
    7.2 ตารางบันทึกผลค่าความต้านทานแรงดันน้ำ

8. การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ
    8.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)
    8.2 การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Model Adequacy Checking)
    8.3 กราฟตัวแปรตอบสนอง (Response Plot)

9. อื่น ๆ

ตารางที่ 3.3 เมตริกของแผนการทดลอง

ความเร็ว	แอมปลิจูด	ความดัน	หมายเลขสภาวะการทดลอง	
25	50	16	1	28
		25	2	29
		34	3	30
	65	16	4	31
		25	5	32
		34	6	33
	80	16	7	34
		25	8	35
		34	9	36
50	50	16	10	37
		25	11	38
		34	12	39
	65	16	13	40
		25	14	41
		34	15	42
	80	16	16	43
		25	17	44
		34	18	45
75	50	16	19	46
		25	20	47
		34	21	48
	65	16	22	49
		25	23	50
		34	24	51
	80	16	25	52
		25	26	53
		34	27	54

ตารางที่3.4 ลำดับการทดลองแบบสุ่ม

ลำดับที่	หมายเลขสภาวะการทดลอง	ลำดับที่	หมายเลขสภาวะการทดลอง	ลำดับที่	หมายเลขสภาวะการทดลอง
1	5	19	25	37	3
2	50	20	9	38	36
3	27	21	54	39	19
4	24	22	14	40	30
5	32	23	41	41	6
6	40	24	21	42	38
7	16	25	29	43	51
8	8	26	39	44	28
9	2	27	48	45	1
10	22	28	42	46	13
11	45	29	31	47	47
12	10	30	37	48	4
13	18	31	11	49	46
14	53	32	35	50	52
15	44	33	7	51	34
16	20	34	43	52	26
17	17	35	49	53	12
18	23	36	15	54	33

3.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลกำหนดรูปแบบการทดลองเป็นแบบที่เกิดจากอิทธิพลคงที่ (Fixed Effect Model) มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบหรือตัวแปรตอบสนอง แสดงได้ดังสมการ

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \delta_l + \varepsilon_{ijkl}$$

โดยที่ Y_{ijkl} คือ ค่าตัวแปรตอบสนองที่จะได้จากระดับ i ของปัจจัยระดับความเร็ว ระดับ j ของปัจจัยระดับค่าแอมปลิจูด ระดับ k ของปัจจัยความเร็ว และจำนวนซ้ำ l

μ คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมด

τ_i คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับ i ของปัจจัยความเร็ว

β_j คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับ j ของปัจจัยแอมปลิจูด

γ_k คือ อิทธิพลที่เกิดจากระดับ k ของปัจจัยความดัน

$(\tau\beta)_{ij}$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของระดับ i ของปัจจัยความเร็ว กับระดับ j ของปัจจัยแอมปลิจูด

$(\tau\gamma)_{ik}$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของระดับ i ของปัจจัยความเร็ว กับระดับ k ของปัจจัยความดัน

$(\beta\gamma)_{jk}$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของระดับ j ของปัจจัยแอมปลิจูด กับระดับ k ของปัจจัยความดัน

$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของระดับ i ของปัจจัยความเร็ว กับระดับ j ของปัจจัยแอมปลิจูด และระดับ k ของปัจจัยความดัน

δ_l คือ อิทธิพลของบล็อก

ε_{ijkl} คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

เนื่องจากในการศึกษาหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการทำงาน สามารถทำการทดลองเสร็จภายในระยะเวลาต่อเนื่อง (ไม่มีการบล็อก) จึงสามารถละเลยอิทธิพลของบล็อกได้ ดังนั้นสมการตัวแบบของแหล่งความผันแปรต่อค่าตัวแปรตอบสนองจึงมีสมมติฐาน ดังนี้

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

และสามารถตั้งสมมุติฐานในการทดสอบได้ ดังนี้

1. $H_0 : \tau_i = 0$

   $H_1 : \tau_i \neq 0$

2. $H_0 : \beta_j = 0$

   $H_1 : \beta_j \neq 0$

3. H_0 : $\gamma_k = 0$

   H_1 : $\gamma_k \neq 0$

4. H_0 : $(\tau\beta)_{ij} = 0$

   H_1 : $(\tau\beta)_{ij} \neq 0$

5. H_0 : $(\tau\gamma)_{ik} = 0$

   H_1 : $(\tau\gamma)_{ik} \neq 0$

6. H_0 : $(\beta\gamma)_{jk} = 0$

   H_1 : $(\beta\gamma)_{jk} \neq 0$

7. H_0 : $\delta_i = 0$

   H_1 : $\delta_i \neq 0$

หลังจากตั้งสมมุติฐานจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน และเพื่อทำให้การวิเคราะห์มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Model Adequacy Checking) และทำการวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ด้วยกราฟของตัวแปรตอบสนอง (Response Plot) สามารถแสดงตัวอย่างตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของความผันแปร	ผลรวมกำลังสอง	ขั้นของความอิสระ	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	ตัวทดสอบ F	ค่า F วิกฤต
ทรีทเมนต์					
ความคลาดเคลื่อน					
ทั้งหมด					

3.3.6 ข้อสรุปและเสนอแนะ

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว จะต้องทำการสรุปผลและเสนอแนะเกี่ยวกับผลที่ได้จากการทดลอง