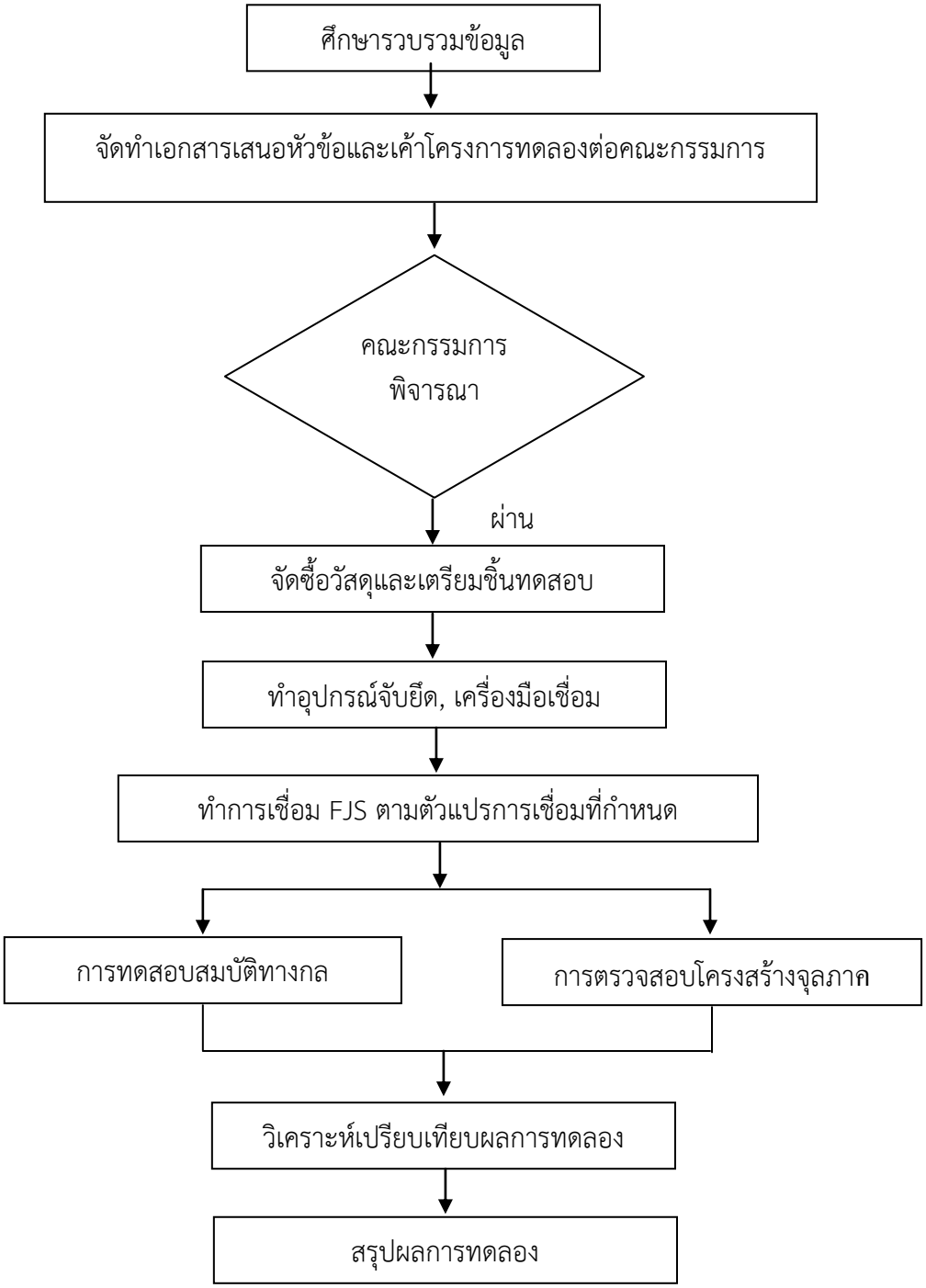
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แผนภาพการไหลกระบวนการในการทำการทดลอง

งานวิจัยเป็นการวิจัยกระบวนการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานแบบจุด เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดระหว่างอลูมิเนียม 1100 และเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD ในลักษณะต่อเกยที่จะมีผลต่อความแข็งแรงดึงเฉือน เพื่อให้การกระบวนการวิจัยนี้ใช้ระยะเวลาในการทดสอบที่เหมาะสมที่ จึงได้วางแผนงานและดำเนินงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ตามกำหนดเวลา ผู้จัดทำจึงได้วางแผนการดำเนินงานโดยมีแผนผังการไหลของกระบวนการทดลองที่แสดงดังรูปที่ 3.1

การออกแบบทดลองแบบ Full Factorial Design โดยการศึกษาความเร็วรอบตัวกวน ความเร็วในการสอดตัวกวน ระยะเวลาในการกดแช่ โดยมีแผนการทดลองดังนี้

- กำหนดแผนการทดลองด้วยโปรแกรม MINITAB 15
- ทำการทดลองการเชื่อมเสียดทานแบบจุดตามแผนการทดลอง
- ทดสอบค่าความแข็งแรงดึงเฉือน
- วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม มินิแทป 15
- นำผลที่ได้สูงสุดของแต่ละความรอบมาทำการเชื่อมซ้ำ
- ทดสอบค่าความแข็งแรงดึงเฉือนจำนวน 5 ชิ้น เพื่อยืนยันผล
- วัดขนาดพื้นที่การเชื่อมยึด
- ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค
- สรุปผล

3.2 การออกแบบการทดลอง / เครื่องมือ

เพื่อให้ปฏิบัติงานในงานวิจัยนี้ถูกต้องให้สมบูรณ์แม่นยำมากที่สุด ดังนั้นในทุก ๆ ขั้นตอนการทำงาน จึงจำเป็นจะต้องมีการออกแบบขึ้นมาให้มีความเหมาะสม เพื่อทำให้สามารถทดลองและเก็บข้อมูลในการวิจัยนี้ได้อย่างถูกต้อง เช่น อุปกรณ์ในการจับยึดชิ้นงาน เครื่องมือที่ใช้เป็นตัวกวน รวมไปถึงการเลือกวัสดุที่จะนำมาทดสอบไม่ว่าจะเป็นชนิดของวัสดุ ขนาด สมบัติหรือราคาของวัสดุก็เป็นสิ่งที่สำคัญในการทดสอบเพื่อการวิจัยด้วยกันทั้งนั้น ซึ่งหากผลที่ได้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ก็จะทำให้ผลจากการวิจัยเกิดประโยชน์มากต่องานอุตสาหกรรม หรือเพื่อการศึกษาค้นคว้าต่อในอนาคตต่อไป

3.2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

การเตรียมชิ้นงานสำหรับทำการเชื่อม ในการทดสอบในครั้งนี้ได้ทำการทดสอบตามมาตรฐานโดยการทดสอบได้อ้างอิงตามตารางที่ 3.1 โดยมีการเลือกใช้วัสดุดังนี้

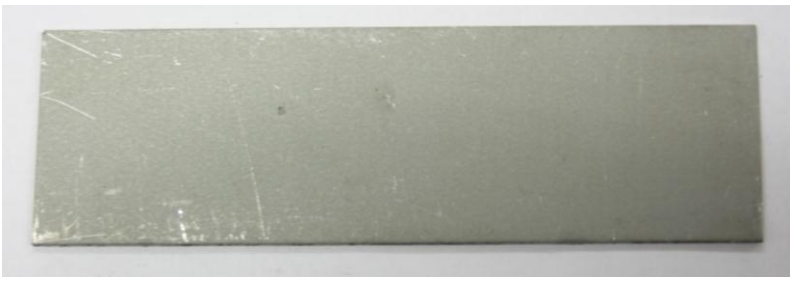
ตารางที่ 3.1 การเลือกใช้วัสดุสำหรับการเชื่อมแบบจุด [9]

ความหนาของชิ้นงาน(T)	ความกว้าง (W)	ความยาว (L)	ระยะต่อเกย (P)
ต่ำกว่า 0.8	20	75	20
0.8 ถึง 1.3	30	100	30
1.3 ถึง 2.5	40	125	40
2.5 ถึง 3.5	50	150	55
3.5 ถึง 4.4	50	150	70
4.4 ถึง 5.0	50	150	80

1) อลูมิเนียมผสม AA 1100 ขนาดที่ใช้เชื่อม ความยาว 100 มม. ความกว้าง 30 มม. และความหนา 1.2 มม. ดังรูปที่ 3.2

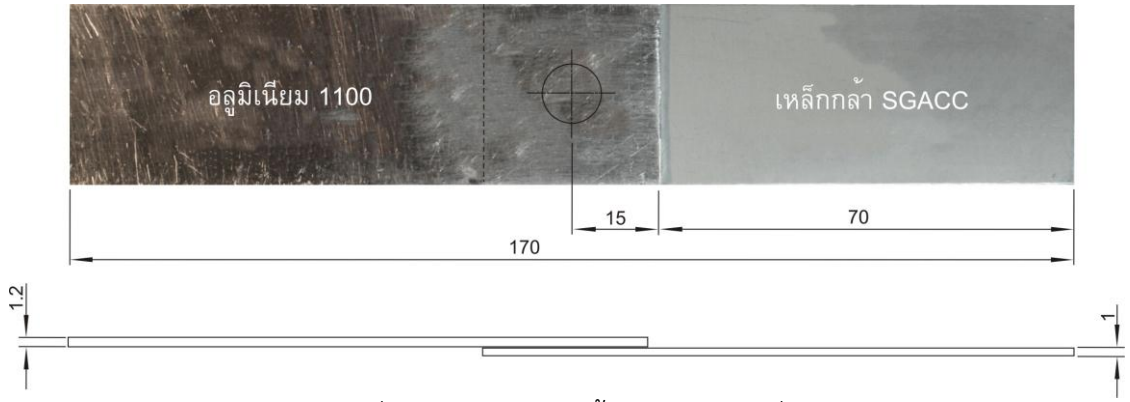
รูปที่ 3.2 อลูมิเนียมผสม AA 1100

2) เหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD ขนาดที่ใช้เชื่อมความยาว 100 มม. ความกว้าง 30 มม. และ ความหนา 1.0 มม. ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD

การทดสอบการเชื่อมในครั้งนี้ ชิ้นทดสอบจะถูกวางในลักษณะการต่อเกย ดังรูปที่ 3.4



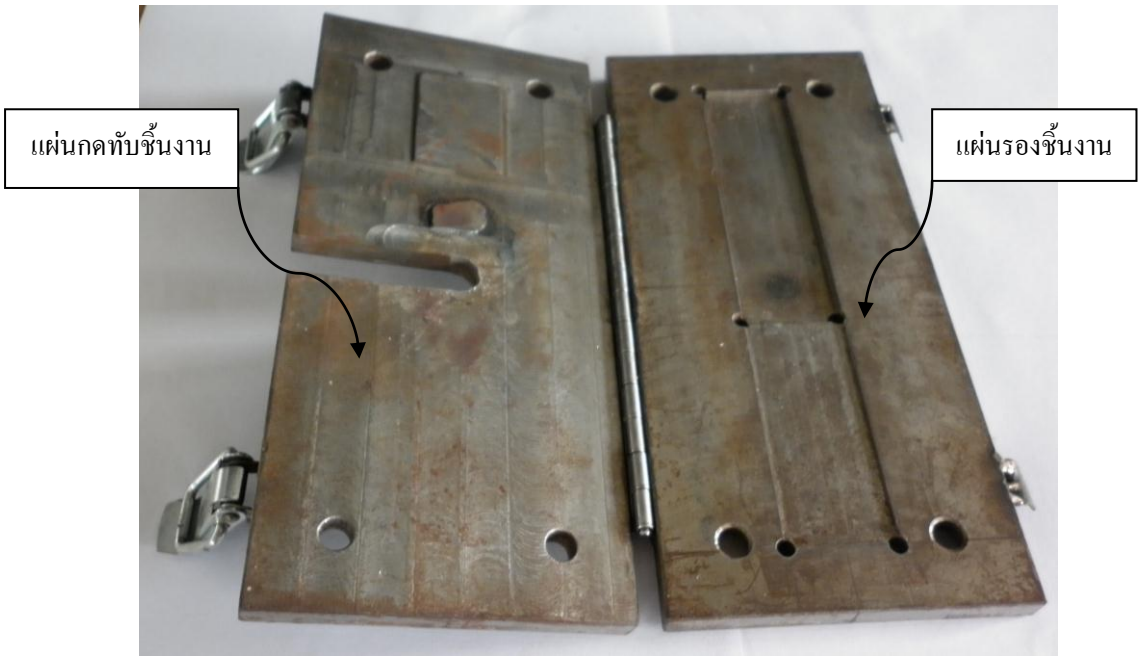
รูปที่ 3.4 แบบการวางชิ้นงานก่อนการเชื่อม

3.2.2 การออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Fixture)

เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในการทดสอบ คือ อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Fixture) การออกแบบอุปกรณ์ในการจับยึดชิ้นงานจะต้องให้มีความแข็งแรงมั่นคง เนื่องจากในขณะทำการเชื่อมด้วยแรงเสียด

ทานแบบจุด (FSJ) จะก่อให้เกิดแรงสั่นสะเทือนและอุณหภูมิที่สูงระหว่างการเชื่อม อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน จึงจำเป็นจะต้องมีความสามารถในการต้านการสั่นสะเทือนหรือลดการสั่นสะเทือนให้ได้มากที่สุด เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของชิ้นงานในระหว่างการเชื่อม ในการออกแบบอุปกณ์จับยึดในการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานแบบกวนนั้นสามารถสรุปได้ดังนี้

1) แผ่นรองชิ้นงานซึ่งจะต้องเป็นวัสดุที่สามารถรองรับแรงกดได้ดี ควรทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือสามารถทนต่อสภาวะอุณหภูมิที่สูงได้ ไม่เสียรูปทรงในระหว่างและหลังการเชื่อม แผ่นรองชิ้นงานมีหน้าที่ในการรองรับชิ้นงานในขณะทำการเชื่อม และที่สำคัญควรออกแบบให้สามารถจับยึดกับโต๊ะจับชิ้นให้มีความมั่นคงมากที่สุด โดยแผ่นรองชิ้นงานที่ใช้ในการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานแบบจุดครั้งนี้ มีขนาดความกว้าง 200 มม. ความยาว 350 มม. และความหนา 10 มม. ด้านข้างด้านหนึ่งติดบานพับเพื่อง่ายต่อการเปิด-ปิด อีกด้านติดตั้งตะขอเกี่ยวสำหรับจับยึดแผ่นกดทับชิ้นงาน ดังรูปที่ 3.5
2) แผ่นกดทับชิ้นงาน จะต้องเป็นวัสดุที่สามารถทนต่อสภาวะแรงกดและอุณหภูมิที่สูงได้ ไม่เสียรูปทรงในระหว่างและหลังการเชื่อมด้วยทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือมีหน้าที่ในการกดทับเพื่อให้สามารถจับยึดชิ้นงานได้แน่นและมั่นคงมากขึ้น เพื่อให้ง่าย และรวดเร็วในการทำงานในการประกอบชิ้นทดสอบกับอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน จึงได้ออกแบบให้ตรงกลางของแผ่นกดทับตัดเป็นช่องมีขาดความกว้าง 12 มม. เพื่อให้สะดวกในการเปิดเอาชิ้นงานที่ทำการเชื่อมออก ด้านข้างด้านหนึ่งติดบานพับเพื่อง่ายต่อการเปิด-ปิด อีกด้านติดตั้งคลิปสำหรับเกี่ยวแผ่นกดทับชิ้นงาน ดังรูปที่ 3.5



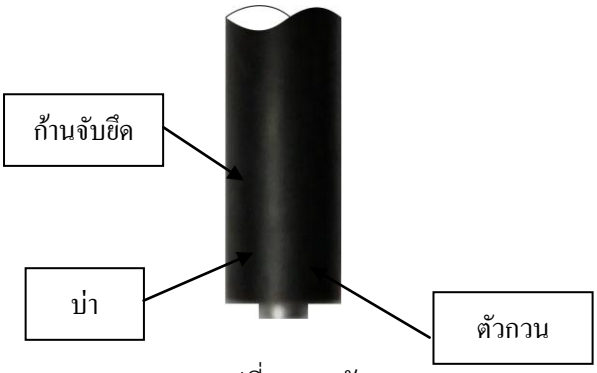
รูปที่ 3.5 อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

3.2.3 การออกแบบเครื่องมือที่ใช้เป็นตัวกวน (Tool)

สิ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานแบบจุด (FSJ) คือ ตัวกวน ซึ่งมีหน้าที่ในการให้ความร้อน และกวนเนื้อวัสดุให้ประสานติดกัน ดังนั้นตัวกวนจะต้องเป็นวัสดุที่สามารถทนต่อแรง

กด แรงสั่นสะเทือนและอุณหภูมิที่สูงได้ และที่สำคัญต้องมีความแข็งมากกว่าวัสดุที่นำมาทดสอบด้วย โดยทั่วไปตัวกวนจะมีส่วนที่ทำหน้าที่หลักอยู่ 3 ส่วน คือ

1) ก้านจับยึด (Body) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นพื้นที่ในการจับยึดของหัวจับของเครื่องกัด
2) บ่า (Shoulder) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่กดและเสียดสีเนื้อของวัสดุจนเกิดความร้อนจากการเสียดทานจึงทำให้วัสดุผสานติดกัน ซึ่งในการเชื่อมครั้งนี้บ่าตัวกวนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม.
3) สลัก (Pin) มีหน้าที่กวนเนื้อภายในของวัสดุที่เกิดการอ่อนตัว ให้เกิดความการหลอมผสานติดกันระหว่างวัสดุทดสอบทั้งสอง ในขณะเดียวกันก็สร้างความแข็งแรงของแนวการเชื่อมภายในเนื้อวัสดุไปด้วย โดยในงานวิจัยนี้ สลักมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มม. ยาว 1.00 มม. ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ตัวกวน

ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการออกแบบเพื่อศึกษาตัวแปรในการเชื่อมวัสดุ 2 ชนิด ที่มีสมบัติที่แตกต่างกัน เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่มีผลต่อความแข็งแรงดึงเฉือนของรอยต่อ ตัวกวนที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีก้านจับยึด ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. ตัวกวนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มม. ยาว 1.00 มม. ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 ขนาดและของรูปทรงตัวกวน

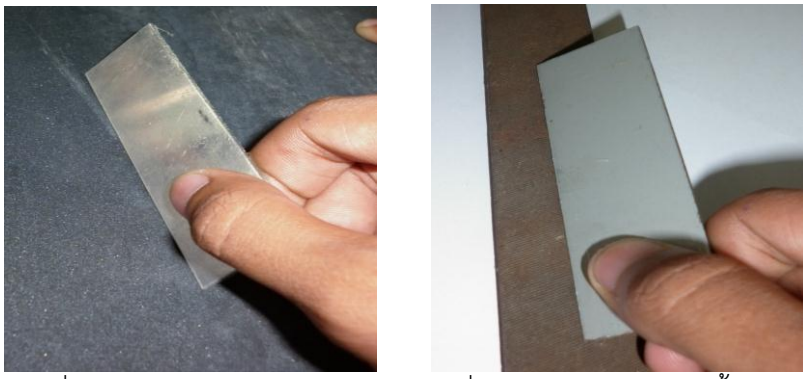
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานเชื่อม

นอกจากเครื่องมือที่ได้ออกแบบเพื่อใช้ในกระบวนการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานแบบจุดแล้ว เครื่องจักรก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการเชื่อมอย่างมากเช่นกัน ซึ่งหัวข้อนี้จะอธิบายถึงขั้นตอนของการดำเนินงานโดยมีเครื่องจักรกลต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เครื่องกัดอัตโนมัติ อุปกรณ์การหล่อเรซิ่น เครื่องทดสอบแรงดึง เครื่องขัดเพื่อส่องดูโครงสร้าง กล้องจุลทรรศน์ เป็นต้น โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.3.1 การเตรียมชิ้นงานก่อนการเชื่อม

1) นำอลูมิเนียม หนา 1.2 มม. วัดให้ได้ขนาด กว้าง 30 มม. ยาว 100 มม. และเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี หนา 1.1 มม. วัดให้ได้ขนาดกว้าง 30 มม. ยาว 100 มม. แล้วนำไปทำการตัดโดยใช้เครื่องตัดที่มีความคมของใบตัดที่สูงดังแสดงในรูปที่ 3.8 เพื่อลดขนาดของรอยครีบที่เกิดจากการตัด
2) ขัดลบคมและกำจัดครีบที่เกิดจากการตัดเตรียมชิ้นงาน ที่ขอบของอลูมิเนียม และเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ให้หมดทั้งสองด้าน ซึ่งทำการขัดโดยใช้ตะไบละเอียด และกระดาษทราย เบอร์ 320 ดังแสดงในรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.8 เครื่องตัดเหล็ก



รูปที่ 3.9 การขัดลบคม และกำจัดครีบที่เกิดจากการตัดเตรียมชิ้นงาน

3) เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบจุดในครั้ง ใช้เครื่องกัดอัตโนมัติแนวดิ่ง YMC MV106A ดังแสดงในรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 เครื่องกัดอัตโนมัติแนวดิ่ง

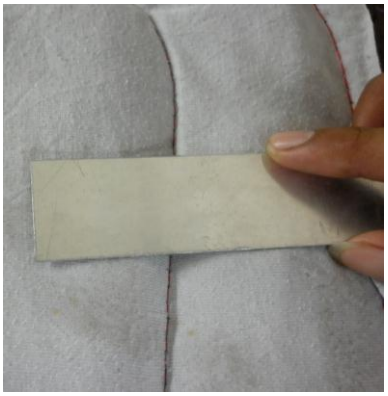
รูปที่ 3.11 การประกอบตัวกวนและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

4) ประกอบตัวกวนและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน เข้ากับเครื่องกัดแล้วทำการทดสอบการตั้งค่าจุดเริ่มต้นในการเริ่มการเชื่อม ดังแสดงในรูปที่ 3.11
5) แกะฟิล์มพลาสติกบนผิวหน้าอลูมิเนียม ที่มีไว้ป้องการการเกิดอ๊อกไซด์ออก ดังรูปที่ 3.12 ทำการขัดชิ้นงานบริเวณหน้าผิวสัมผัสของอลูมิเนียมด้านที่สัมผัสกับบ่าตัวกวน โดยขัดด้วยกระดาษทราย เบอร์ 600 เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่อยู่บนพื้นผิวของอลูมิเนียม จากนั้นทำการเช็ดด้วยอะซิโตนอีกครั้ง เพื่อทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่เกิดจากการขัดด้วยกระดาษทรายแช่แผ่นอลูมิเนียมด้วยอะซิโตน ก่อนทำการเชื่อม ดังรูปที่ 3.13

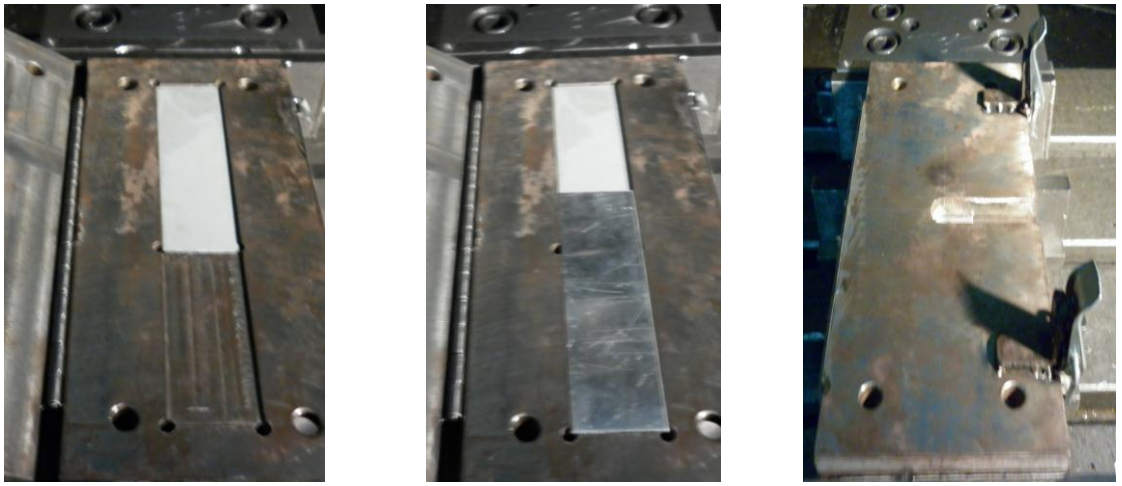
รูปที่ 3.12 แกะฟิล์มพลาสติกบนผิวหน้าอลูมิเนียม

รูปที่ 3.13 การขัดอลูมิเนียมและการแช่ด้วยอะซิโตน

6) เช็ดทำความสะอาด บริเวณหน้าผิวสัมผัสของเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD ด้านที่สัมผัสกับตัวกวน ด้วยผ้าชุบอะซิโตนเพื่อกำจัดความสกปรกที่อยู่บนพื้นผิว จากนั้นทำการแช่อะซิโตน เพื่อป้องกันการเกิดอ๊อกไซด์ที่ผิวเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD ก่อนทำการเชื่อมก็ทำการเช็ดด้วยอะซิโตนอีกรอบเพื่อทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่อาจหลงเหลืออยู่ผิวเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SGACD ดังแสดงในรูปที่ 3.14
7) ทำการจับยึดชิ้นงานบนอุปกรณ์จับยึดที่เตรียมไว้ โดยนำแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ลงในร่องล่างของแผ่นรองชิ้นงาน เช็ดชิ้นงานด้วยอะซิโตน ดังรูปที่ 3.15 (ก) และวางแผ่นอลูมิเนียมทับแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ในร่องด้านบน เช็ดด้วยอะซิโตน ดังรูปที่3.15 (ข) จากนั้นปิดแผ่นกดทับชิ้นทดสอบ ใช้คลิปล็อคชิ้นงานให้แน่น ดังรูปที่ 3.15 (ค)

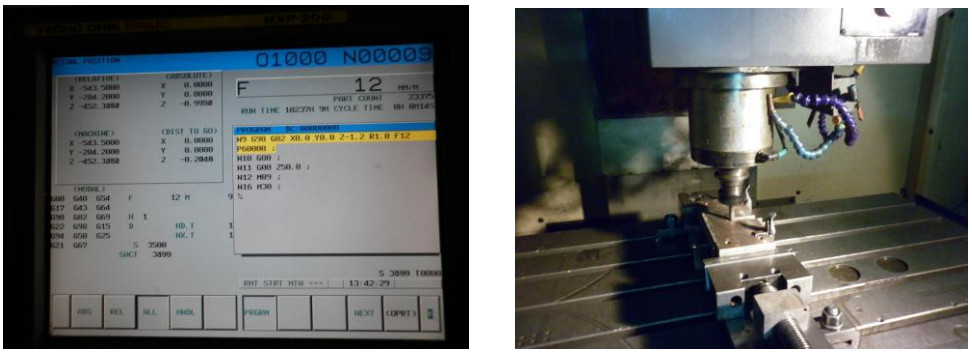


รูปที่ 3.14 การขัดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีและการแช่ด้วยอะซิโตน



รูปที่ 3.15 การวางชิ้นทดสอบลงบนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

3.3.2 ตั้งค่าโปรแกรมการเดินเครื่องกัดอัตโนมัติและกระบวนการเชื่อม



รูปที่ 3.16 การตั้งโปรแกรมการเดินเครื่องกัดอัตโนมัติ

กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติในครั้งนี้ ได้มีการนำเอาโปรแกรม MINITAB 15 มาช่วยในการวิเคราะห์ผล ปัจจัยในการทดลองมี 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ มีการทดลอง เท่ากับ 27 ครั้ง การทดลองนี้กำหนดให้มีการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ดังนั้นการทดลองทั้งหมดจึงเท่ากับ 54 ครั้ง โดยกำหนดความลึกของตัวกวนที่กดลงในอลูมิเนียม มีความลึก 1.2 มม. และ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดจากปัจจัยที่ไม่ได้ควบคุมจึงต้องทำการสุ่มการทดลอง โดยการตั้งค่าเงื่อนไขในการเดินเครื่องกัดอัตโนมัติ จะต้องทำตามลำดับดังตารางที่ 3.1 และเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ผล จึงได้กำหนดอักษรย่อ ขึ้นมาแทนปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานแรงดึงเฉือน ดังนี้ A คือ ความเร็วรอบของตัวกวน ,B คือ ระยะเวลาในการกดแช่, C คือ ความเร็วในการสอดตัวกวน โดยออกแบบการทดลอง เป็นแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน 3^3 (Full Factorial Designs) ซึ่งได้กำหนดค่าปัจจัย ต่าง ๆ ไว้ดังนี้

A = ความเร็วรอบของตัวกวน

1 = 3500, 2 = 4000, 3 = 4500 รอบ/นาที

B =ระยะเวลาการกดแช่

1 = 2 , 2 = 4, 3 = 6 มม./นาที

C = ความเร็วในการกดตัวกวน

1 = 2 , 2 = 4, 3 = 6 มม./นาที

ตารางที่ 3.2 การทดลองการตั้งค่าเงื่อนไขในการเชื่อม

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	C	ผลการทำสอบแรงดึง
54	1	1	1	2	3	3	
62	2	1	1	3	3	2	
11	3	1	1	2	1	2	
55	4	1	1	3	1	1	
44	5	1	1	1	3	2	
34	6	1	1	4	3	1	
50	7	1	1	2	2	2	
40	8	1	1	1	2	1	
14	9	1	1	2	2	2	
31	10	1	1	4	2	1	
18	11	1	1	2	3	3	
49	12	1	1	2	2	1	
72	13	1	1	4	3	3	
48	14	1	1	2	1	3	
15	15	1	1	2	2	3	
43	16	1	1	1	3	1	
12	17	1	1	2	1	3	
63	18	1	1	3	3	3	
69	19	1	1	4	2	3	
56	20	1	1	3	1	2	
13	21	1	1	2	2	1	
35	22	1	1	4	3	2	
3	23	1	1	1	1	3	
41	24	1	1	1	2	2	
66	25	1	1	4	1	3	
7	26	1	1	1	3	1	
53	27	1	1	2	3	2	
1	28	1	1	1	1	1	

ตารางที่ 3.2 การทดลองการตั้งค่าเงื่อนไขในการเชื่อม (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	C	ผลการทำสอบแรงดึง
6	29	1	1	1	2	3	
32	30	1	1	4	2	2	
2	31	1	1	1	1	2	
70	32	1	1	4	3	1	
28	33	1	1	4	1	1	
10	34	1	1	2	1	1	
46	35	1	1	2	1	1	
26	36	1	1	3	3	2	
47	37	1	1	2	1	2	
21	38	1	1	3	1	3	
52	39	1	1	2	3	1	
25	40	1	1	3	3	1	
5	41	1	1	1	2	2	
38	42	1	1	1	1	2	
51	43	1	1	2	2	3	
4	44	1	1	1	2	1	
9	45	1	1	1	3	3	
16	46	1	1	2	3	1	
27	47	1	1	3	3	3	
23	48	1	1	3	2	2	
61	49	1	1	3	3	1	
20	50	1	1	3	1	2	
8	51	1	1	1	3	2	
17	52	1	1	2	3	2	
29	53	1	1	4	1	2	
22	54	1	1	3	2	1	
37	55	1	1	1	1	1	
64	56	1	1	4	1	1	
33	57	1	1	4	2	3	
24	58	1	1	3	2	3	
60	59	1	1	3	2	3	
19	60	1	1	3	1	1	

ตารางที่ 3.2 การทดลองการตั้งค่าเงื่อนไขในการเชื่อม (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	C	ผลการทำสอบแรงดึง
42	61	1	1	1	2	3	
59	62	1	1	3	2	2	
71	63	1	1	4	3	2	
45	64	1	1	1	3	3	
65	65	1	1	4	1	2	
58	66	1	1	3	2	1	
39	67	1	1	1	1	3	
30	68	1	1	4	1	3	
36	69	1	1	4	3	3	
68	70	1	1	4	2	2	
57	71	1	1	3	1	3	
67	72	1	1	4	2	1	

นำชิ้นงานออกและตรวจสอบความเรียบร้อยของชิ้นงาน หลังจากที่ทำการเชื่อมเสร็จแล้ว ทำการตรวจสอบตัวกวนทุกครั้งหลังการเชื่อมและปล่อยให้ตัวกวนเย็นตัวในอากาศประมาณ 10 นาที ก่อนการลงมือเชื่อมชิ้นงานชิ้นต่อไป ซึ่งได้ชิ้นงานเชื่อมที่สมบูรณ์ ดังรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.17 ชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อม

3.4 วิธีการทดสอบ / วิธีการวัดผล

3.4.1. การเตรียมชิ้นงานเชื่อมทดสอบแรงดึงเฉือน

หลังจากที่ได้ทำการเชื่อมชิ้นงานที่จะทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว ให้นำชิ้นงาน ทั้งหมดไปทำการทดสอบแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงในแนวตั้ง โดยกำหนดค่าของแรงและความเร็วในการดึงที่เหมาะสมกับชิ้นงาน เพื่อดึงให้ชิ้นงานขาดออกจากกัน จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดสอบแรงดึงไปใส่ในตารางเงื่อนไขการเดินเครื่องจักร ดังรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 เครื่องทดสอบแรงดึง

3.5 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)และการทดสอบเพื่อยืนยันผล

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ออกแบบการทดลองเป็นแบบ Full Factorial design 3 ปัจจัย ซึ่งประกอบด้วย ความเร็วรอบของตัวกวน (A) ระยะเวลาการกดแช่ (B) ความเร็วในการกดตัวกวน(C) ปัจจัย A มี 3 ระดับ ปัจจัย B และ C มี 3 ระดับ และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง โดยมีสมมุติฐานการวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นได้ ดังนี้

สมมติฐานการวิจัย : ความเร็วรอบของตัวกวน มีผลต่อความต้านทานแรงดึงเฉือน

<u>สมมติฐานทางสถิติ</u>

Ho : $\alpha i = 0$; ทุก ๆ ค่า i (i = 1,2,3)

H1 : $\alpha i \neq 0$; บางค่า i

สมมติฐานการวิจัย : ระยะเวลาในการกดแช่ มีผลต่อความต้านทานแรงดึงเฉือน

<u>สมมติฐานทางสถิติ</u>

Ho : $\beta i = 0$; ทุก ๆ ค่า i (i = 1,2,3)

H1 : $\beta i \neq 0$; บางค่า i

สมมติฐานการวิจัย : ความเร็วในการสอดตัวกวน มีผลต่อความต้านทานแรงดึงเฉือน

<u>สมมติฐานทางสถิติ</u>

Ho : $\delta i = 0$; ทุก ๆ ค่า i (i = 1,2,3)

H1 : $\delta i \neq 0$; บางค่า i

สมมติฐานการวิจัย : อิทธิพลความเร็วรอบของตัวกวน และระยะเวลาในการกดแช่ มีผลทำให้ความต้านทานแรงดึงเฉือนต่างกัน

สมมติฐานทางสถิติ

Ho : $(\alpha\beta)ij = 0$; ทุก ๆ ค่า i , j (i = 1,2,3 : j = 1,2,3)

H1 : $(\alpha\beta)ij \neq 0$; บางค่า i , j)

สมมติฐานการวิจัย : อิทธิพลความเร็วรอบของตัวกวน และความเร็วในการสอดตัวกวน มีผลทำให้ความต้านทานแรงดึงเฉือนต่างกัน

สมมติฐานทางสถิติ

Ho : $(\alpha\delta)ik = 0$; ทุก ๆ ค่า i , k (i = 1,2,3 : k = 1,2,3)

H1 : $(\alpha\delta)ik \neq 0$; บางค่า i , k)

สมมติฐานการวิจัย อิทธิพลของระยะเวลาในการกดแช่ และความเร็วในการสอดตัวกวน มีผลทำให้ความต้านทานแรงดึงเฉือนต่างกัน

สมมติฐานทางสถิติ

Ho : $(\beta\delta)jk = 0$; ทุก ๆ ค่า j , k (j = 1,2,3 : k = 1,2,3)

H1 : $(\beta\delta)jk \neq 0$; บางค่า j , k)

สมมติฐานการวิจัย : อิทธิพลของความเร็วรอบตัวกวน ระยะเวลาในการกดแช่ และความเร็วในการสอดตัวกวน มีผลทำให้ความต้านทานแรงดึงเฉือนต่างกัน

สมมติฐานทางสถิติ

Ho : $(\alpha\beta\delta)ijk = 0$; ทุก ๆ ค่า i , j , k (i = 1,2,3 j = 1,2,3 k = 1,2,3)

H1 : $(\alpha\beta\delta)ijk \neq 0$; บางค่า i , j , k)

การวิเคราะห์ ตารางโดยให้โปรแกรมมินิแทป เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัย ว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่มีผลต่อความต้านทานแรงดึงเฉือน โดยการอ่านค่าจากค่า P-Value ของแต่ละปัจจัย โดยเปรียบเทียบกับค่า α (α = 0.05) โดยปัจจัยใดที่มีค่า P-Value ของแต่ละปัจจัยมากกว่าค่า α แสดงว่าปัจจัยนั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็ควรตัดออกไป โดยให้เก็บไว้เฉพาะปัจจัยที่มีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น

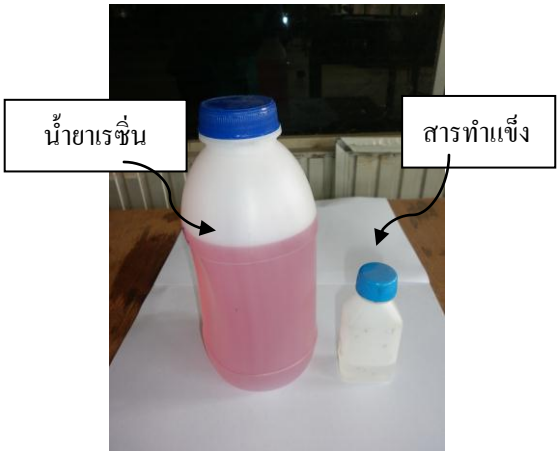
หลังจากตัดปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติออกไปแล้ว เราต้องใช้สมการถดถอย เพื่อพิจารณา ปัจจัย A B และ C ว่าควรจะกำหนดค่าไว้ที่ใด จึงจะทำให้ความแข็งแรงดึงมีค่าที่ดีที่สุด โดยการกำหนดเป้าหมาย จะใช้โปรแกรมในการช่วยแปลผล โดยทำการเลือกเป้าหมายโดยต้องการค่าที่มีผลต่อความต้านทานแรงดึงสูงสุด

3.5.2 การทดสอบเพื่อยืนยันผล

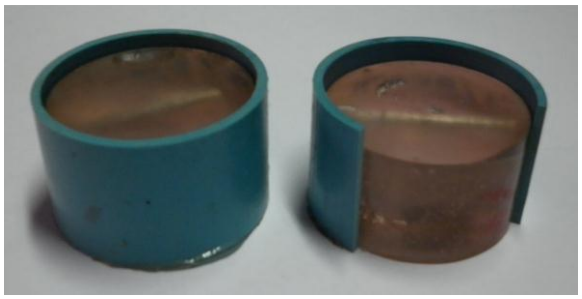
หลังจากใช้โปรแกรมในการช่วยแปลผล โดยทำการเลือกเป้าหมายค่าที่มีผลต่อความต้านทานแรงดึงสูงสุดแล้ว นำค่าเป้าหมายที่ได้สูงที่สุดในแต่ละความเร็วรอบไปทำการทดลองซ้ำ จำนวน 9 ครั้ง นำชิ้นทดสอบจำนวน 5 ชิ้นไปทดการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดึงเฉือน เพื่อยืนยันผลจากการทดลองจริงเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวน ว่ามีความสอดคล้องกับการทดลองจริงเพียงใด ส่วนชิ้นทดสอบ 1 ชิ้น นำไปตัดเพื่อส่องดูโครงสร้างจุลภาค อีก 1 ชิ้นทำการวัดขนาด และ อีก 2 ชิ้นที่เหลือเก็บไว้สำหรับสำรอง หากการเกิดการเสียหายของชิ้นทดสอบในระหว่างการเตรียมงานต่าง ๆ

3.5.2 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

1) นำชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อม มาทำการตัดให้เหลือขนาดความยาว ประมาณ 33 มม. ทำการหล่อเรซิ่นดังรูปที่ 3.19 หลังจากนั้นทำการตัดชิ้นงานให้ได้บริเวณกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยอุปกรณ์ในการหล่อเรซิ่น และ ชิ้นงานหลังจากการหล่อเรซิ่น ดังรูปที่ 3.20
2) นำชิ้นงานที่ทำการหล่อเรซิ่นเรียบร้อยมาทำการขัดบนแผ่นกระจกที่มีความเรียบ และมีน้ำไหลด้วยกระดาษทราย เบอร์ 240 320 420 540 600 800 1,000 1,200 และ 1,500 ตามลำดับ ดังรูปที่ และหลังจากนั้นก็ทำการขัดชิ้นงานด้วยเครื่องขัดโครงสร้างจุลภาค จากนั้นนำไปขัดด้วยผ้าสักหลาดอีกครั้งในขั้นสุดท้ายเพื่อให้ชิ้นงานมีความเรียบและเกิดความมันวาวยิ่งขึ้นดังแสดงในรูปที่ 3.21-3.22
3) กัดกรดเพื่อส่องดูโครงสร้างชิ้นทดสอบ โดยการเตรียมด้วยอุปกรณ์และสารเคมีดังรูปที่ 3.23-3.24 ประกอบด้วยกรดไนตริก (HNO_3) 3 มิลลิลิตร , ไฮโดรคลอริก (HCl) 10 มิลลิลิตรผสมกับเมทิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) 1 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำ 100 มิลลิลิตร โดยการตวงกรดลงในบีกเกอร์ จุ่มแช่นาน 10 วินาที
4) นำชิ้นงานที่กัดกรดแล้วไปทำการส่องโครงสร้างด้วยกล้องส่องโครงสร้างจุลภาค และทำการวิเคราะห์วัดขนาดลักษณะรอยฉีกขาดของโครงสร้าง ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.19 อุปกรณ์หล่อเรซิ่น



รูปที่ 3.20 ชิ้นงานหลังจากการหล่อเรซิ่น

รูปที่ 3.21 การขัดชิ้นงานด้วยกระทราย

รูปที่ 3.22 เครื่องขัดผิวชิ้นงานทดสอบ

รูปที่ 3.23 บีกเกอร์ตวงน้ำกรด

รูปที่ 3.24 กรดที่ใช้ในการกรดดูโครงสร้าง

รูปที่ 3.25 กล้องจุลทรรศ์เพื่อส่องดูโครงสร้างจุลภาค

รูปที่ 3.26 ลักษณะรอยฉีกขาดบนผิวของเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี

3.4.3 ตรวจสอบลักษณะรอยฉีกขาด

ทำการตรวจสอบลักษณะรอยฉีกขาดบริเวณรอยเชื่อมหลังทดสอบหาค่าความแข็งแรงดึงเฉือน โดยการวัดขนาดความโตของบริเวณรอยเชื่อมบนแผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี และทำการตรวจสอบ

ขนาดความโตของรอยเชื่อมบริเวณที่เกิดการฉีกขาดที่แผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีและอะลูมิเมียม เพื่อเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงดึงเฉือน และทำการตรวจสอบโครงสร้างบริเวณรอยฉีกขาดด้วยกล้องจุลทรรศน์ ดังรูปที่ 3.25 ในบริเวณรอยฉีกขาดบนผิวของเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ดังรูปที่ 3.26-3.27

รูปที่ 3.27 ลักษณะรอยฉีกขาดบนผิวด้านหน้าและด้านหลังของอลูมิเนียม