บทที่ 3
วิธีดำเนินการ

3.1 การออกแบบและวางแผนดำเนินการ

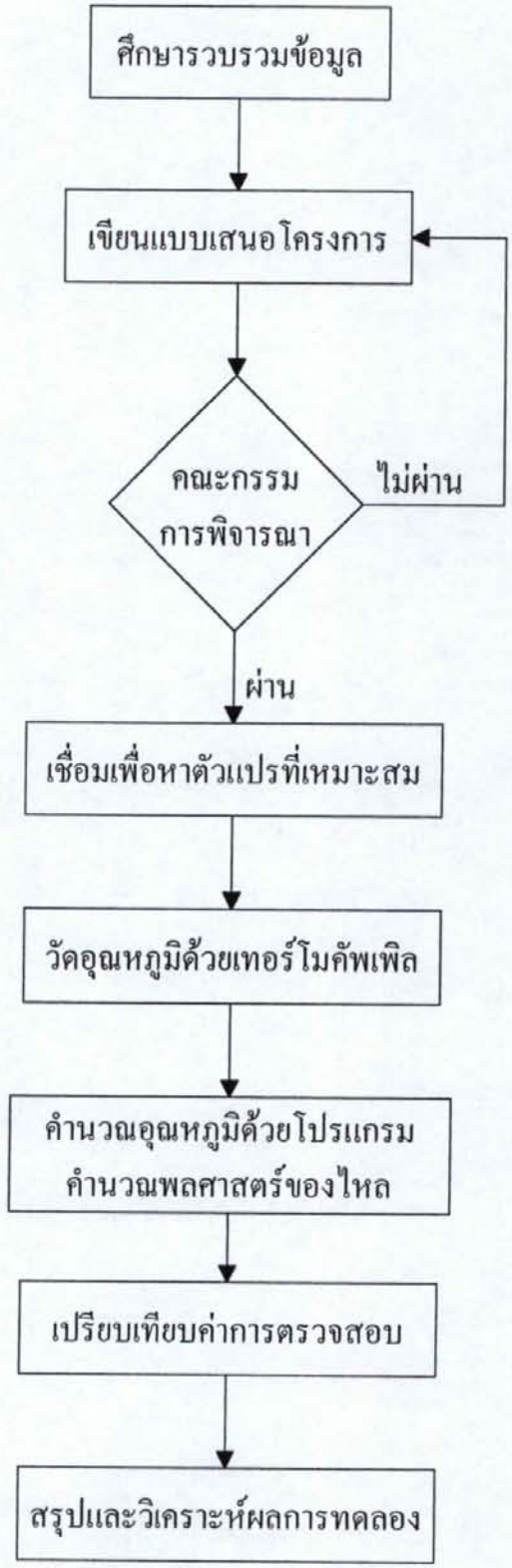
โครงการวิจัยนี้วางแผนการดำเนินงานตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2550 ถึง 2551 โดยเป็นปีที่ 1 ของโครงการ วิจัยนี้ โดยมีภาพรวมระยะเวลาในการดำเนินโครงการดังแสดงในตารางที่ 3.1 อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการทำงาน แผนที่วางไว้และการดำเนินการจริงนั้นไม่ได้เป็นไปตามกำหนด เนื่องจากปัญหาต่างๆ คือ

- การเชื่อมรอยต่อเพื่อหาตัวแปรที่ให้ค่าเหมาะสมที่สุด เพื่อทำการเชื่อมชิ้นงานและวิเคราะห์อุณหภูมินั้นล่าช้า เพราะขณะที่ทำการเชื่อมนั้น ชิ้นงานเกิดการแยกตัวออกจากกันเนื่องจากแรงยึดกดแผ่นชิ้นงานนั้นน้อยเกินไป
- ในการออกแบบตัวกวนเพื่อทำการเชื่อมนั้น ผู้ทำการวิจัยได้เลือกเอาตัวกวนเพื่อใช้ในการเชื่อมรวม 4 แบบ แต่แนวเชื่อมที่ได้ 3 แบบแรกนั้นไม่สามารถทำให้เกิดแนวเชื่อมที่มีความสมบูรณ์ได้ ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนตัวกวนเพื่อให้ได้แนวเชื่อมที่มีความสมบูรณ์ที่สุดดังแสดงในผลการทดลองบทที่ 3
- การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัพเพิลมีปัญหา เนื่องจากการไม่กำจัดอลูมิเนียมออกไซด์ที่อยู่บนผิวของอลูมิเนียมออกก่อนการติดตั้งเทอร์โมคัพเพิล ทำให้ออกไซด์นั้นทำหน้าที่เป็นฉนวนและลดอุณหภูมิที่เกิดบนแผ่นอลูมิเนียมลง
- การคำนวณด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล เนื่องจากต้องมีการเปรียบเทียบค่าเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องแม่นยำ ผู้วิจัยจึงต้องคำนวณหลายๆครั้งเพื่อให้เกิดความแน่นอนของข้อมูล

นอกจากแผนการดำเนินการที่วางไว้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบภาพรวมการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3.1 เพื่อใช้ในการทดลองวัดและเปรียบเทียบอุณหภูมิของรอยต่อที่เกิดขึ้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการนำเอาโปรแกรมการคำนวณด้วยพลศาสตร์ของไหลไปประยุกต์ใช้กับแนวเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนต่อไป

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงาน

รายการดำเนินการ	2551												2552																							
	ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.				เม.ย.				พ.ค.				มิ.ย.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. การออกแบบอุปกรณ์ช่วยจับยึดชิ้นงาน																																				
2. สร้างอุปกรณ์ช่วยจับยึดชิ้นงาน																																				
3. จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ																																				
4. เชื่อมรอยต่อด้วยตัวแปรด้วยตัวแปรที่กำหนด																																				
5. ทดสอบความแข็งแรงรอยต่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่สุด																																				
6. ทำการติดตั้งเทอร์โมคัพเพิลเพื่อทำการวัดอุณหภูมิ																																				
7. เชื่อมรอยต่อด้วยตัวแปรที่ดีที่สุดและวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัพเพิล																																				
8. คำนวณด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล																																				
9. เปรียบเทียบอุณหภูมิที่ได้จากทั้งสองวิธี																																				
10. วิเคราะห์ผลการทดลอง																																				
11. สรุปผลการทดลอง																																				
12. จัดทำรายงานผลการทดลอง																																				



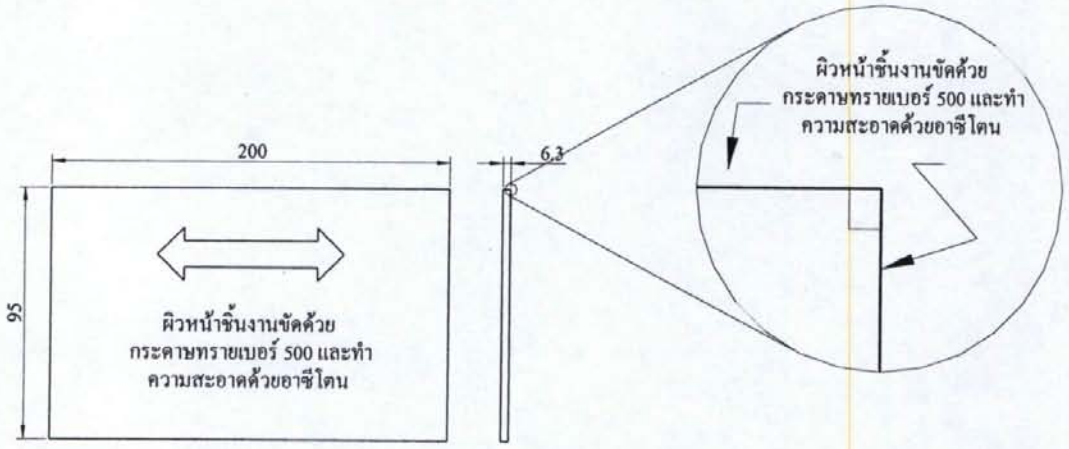
รูปที่ 3.1 ภาพรวมการทดลอง

3.2 วัสดุ

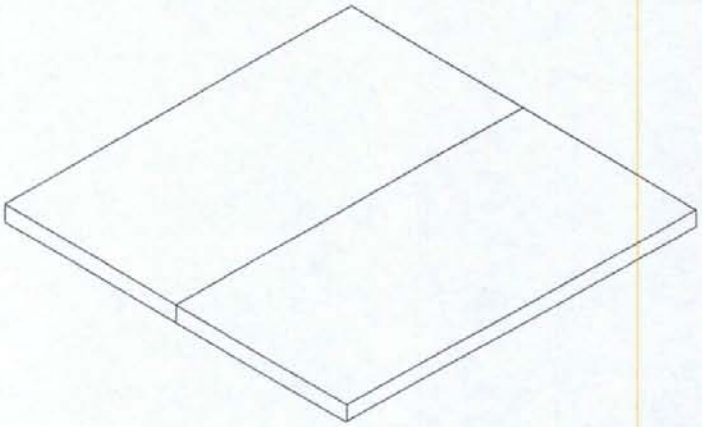
วัสดุที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ คือ อลูมิเนียมผสมเกรด 6063 ซึ่งเป็นอลูมิเนียมที่มีขายทั่วไปในท้องตลาด ส่วนผสมทางเคมีและสมบัติของอลูมิเนียมแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมทางเคมีของอลูมิเนียมผสมเกรด 6063 (% โดยน้ำหนัก)

ธาตุ	Al	Si	Mg	Fe	Zn	Ti	Mn	Cu
6063	สมดุล	0.2	0.45	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1
ความแข็งแรงดึง								



(ก) ขนาดแผ่นวัสดุ



(ข) การวางรอยต่อชน

รูปที่ 3.2 มิติของชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ (หน่วย: มม.)

- อลูมิเนียมแผ่นรีดขนาดความหนา 6.3 มม. ถูกนำมาตัดด้วยใบตัดไมโครไฟเบอร์ ให้มีขนาดกว้าง 75 มม. ยาว 200 มม. ดังแสดงในรูปที่ 3.2 (ก) โดยอลูมิเนียมที่จัดซื้อมานั้นสามารถตัดแบ่งชิ้นงานโดยรวมแล้วมีปริมาณ 540 ชิ้น ในการเชื่อมเพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดซึ่งมีสภาวะการเชื่อมรวม 28 สภาวะ นั้นใช้ชิ้นงานรวม 210 ชิ้น และการวัดอุณหภูมินั้นใช้ชิ้นงานรวม 330 ชิ้น

- ขัดผิวของแผ่นอลูมิเนียมทั้ง 6 ด้านด้วยกระดาษทรายหยาบเบอร์ 150 240 320 และ 500 เพื่อทำการกำจัดผิวดิบของขั้นตอนการรีด และเป็นการกำจัดฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์ที่ก่อตัวบนผิวของอลูมิเนียม เหตุผลในการกำจัดนี้เพื่อที่จะป้องกันไม่ให้อลูมิเนียมออกไซด์ซึ่งมีสมบัติในการเป็นฉนวนนั้น ต้านทานการส่งถ่ายความร้อนออกสู่หน้าตัดของเทอร์โมคัพเพิลและทำให้ได้ค่าอุณหภูมิการเชื่อมที่แท้จริง

- ในขั้นตอนการเตรียมแผ่นอลูมิเนียม ผิวรอยต่อบริเวณด้านความหนาดังแสดงในรูปที่ 3.2 (ก) ที่ต้องนำมาทำการต่อเป็นรอยต่อชนดังแสดงในรูปที่ 3.2 (ข) นั้น ต้องทำการขัดและเตรียมให้มีมุมที่เป็นมุมฉากเสมอ เนื่องจากหากการเตรียมชิ้นงานที่ไม่เป็นมุมฉากและจะทำให้ผิวการประกบรอยต่อนั้นไม่แนบชิดสมบรูณ์และทำให้ชิ้นงานเกิดการเชื่อมได้ยาก

- ผิวของอลูมิเนียมที่ผ่านการขัดในขั้นตอนตอนต้นนั้น ไม่ใช่ผิวที่ใช้ในการเชื่อมโดยตรง ก่อนทำการเชื่อม ผิวทุกด้านต้องถูกขัดอีกครั้งด้วยกระดาษทรายเบอร์ 500 และทำความสะอาดด้วยอะซีโตนอีกครั้ง เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความสะอาดมากยิ่งขึ้น

3.3 กระบวนการเชื่อม

การเชื่อมฟริกชั่นสเตอร์ที่เลือกใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริงและการคำนวณด้วยโปรแกรมคำนวณด้วยพลศาสตร์ของไหลนี้ ประกอบไปด้วยสิ่งสำคัญ คือ ตัวแปรการเชื่อม เครื่องมือเชื่อม อุปกรณ์การจับยึด และเครื่องเชื่อม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 ตัวแปรการเชื่อม

การเชื่อมรอยต่อของอลูมิเนียมผสมเกรด 6063 เพื่อให้ได้ตัวแปรการเชื่อมที่เหมาะสมและให้ค่าความแข็งแรงสูงสุดนั้น จำเป็นต้องทำการศึกษาเปลี่ยนแปลงตัวแปรการเชื่อมซึ่งตัวแปรต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

ก. ชนิดของรอยต่อ ในการศึกษาครั้งนี้ คือ รอยต่อชน ซึ่งเป็นรอยต่อที่มีการศึกษาตรวจวัดอุณหภูมิด้วยโปรแกรมคำนวณทางคอมพิวเตอร์ทั่วไป [3-7]

ข. ชนิดของวัสดุ คือ อลูมิเนียมผสมเกรด 6063 ซึ่งเป็นอลูมิเนียมผสมเกรดที่มีการศึกษาการวัดอุณหภูมิค่อนข้างน้อย และเมื่อทำการศึกษาการวัดอุณหภูมิด้วยการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล

ค. ความหนาของวัสดุ มีค่าเท่ากับ 6.3 มม. ซึ่งเป็นความหนาของอลูมิเนียมที่มีจำหน่ายในตลาดวัสดุเมืองไทย

ง. รูปร่างของตัวกวน มีการออกแบบรูปร่างตัวกวนเพื่อทำการศึกษาตัวแปรที่ดีที่สุด 4 ตัว คือ ตัวกวนรูปทรงกระบอก ทรงกรวย ทรงกระบอกเกลียว และทรงกรวย เพื่อหาค่ารูปร่างตัวกวนที่เหมาะสมซึ่งแสดงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

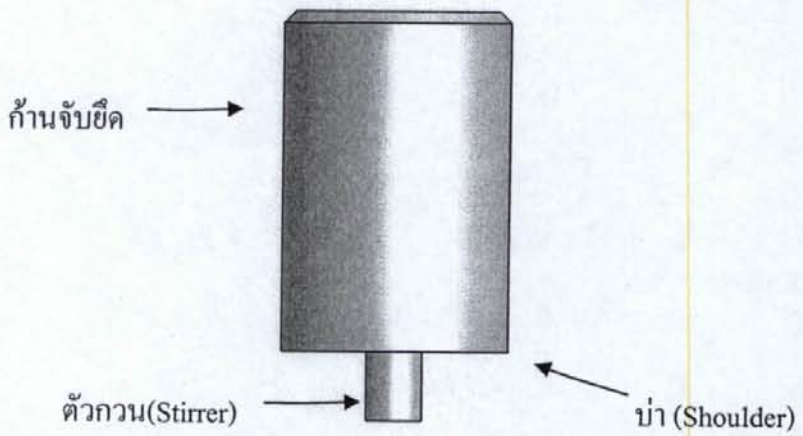
จ. ความเร็วรอบของตัวกวน กำหนดไว้ที่ค่าความเร็วรอบตัวกวนเท่ากับ 2000 rpm ซึ่งเป็นตัวแปรการเชื่อมที่มีความเหมาะสมในการเชื่อมอลูมิเนียมเกรด 6063-T1 [27] และเกรด 6063-T6 [28]

ฉ. ความเร็วในการเดินแนวเชื่อม 50-200 mm/min

ช. ความเอียงของตัวกวน 2°

3.3.2 เครื่องมือเชื่อม

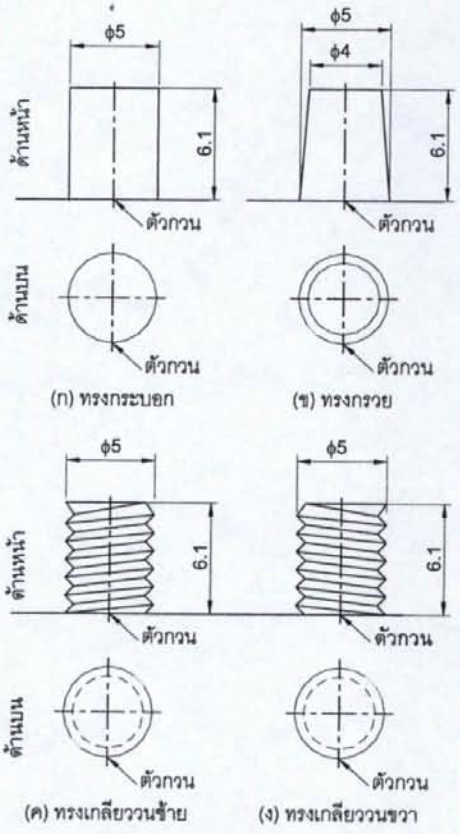
ในการทดลองนี้จำเป็นต้องมีตัวกวน (Tool) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการทดลองซึ่งจะเป็นตัวที่ให้ความร้อนแก่ชิ้นงานขณะเชื่อมโดยมีส่วนประกอบหลักอยู่ 3 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 3.3 คือ



รูปที่ 3.3 ส่วนต่างๆของตัวกวน

- ก้านจับยึด เป็นที่ส่วนที่สวมเข้าไปในแกนหมุน (Spindle) ของเครื่องกัดเพื่อส่งแรงหมุนไปยังตัวกวน

- บ่า (Shoulder) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดแรงเสียดทานจนเกิดความร้อนที่ชิ้นงานจนเนื้อของวัสดุเกิดการเปลี่ยนสภาพเป็นพลาสติก
- ตัวกวน (Stirrer) เป็นส่วนที่หมุนอยู่ในเนื้อของวัสดุและทำการกวนเนื้อของวัสดุที่อยู่ในสภาพพลาสติกให้เคลื่อนที่มารวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน ในการทดลองเชื่อมนีรูปร่างของตัวกวนแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบดังแสดงในรูปที่ 3.4 คือ ตัวกวนทรงกระบอก ทรงกรวย ทรงเกลียวขวา และทรงเกลียวซ้าย



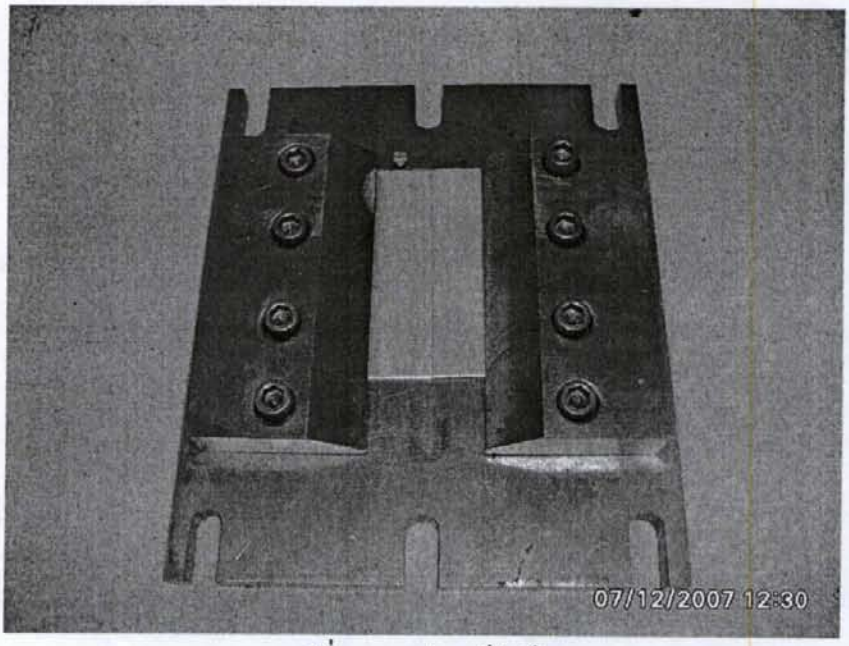
รูปที่ 3.4 มิติของตัวกวนเครื่องมือเชื่อม (หน่วย: มม.)

3.3.3 อุปกรณ์จับยึด

อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ เนื่องจากในกระบวนการเชื่อมโดยใช้แรงเสียดทานนั้น ชิ้นงานที่ถูกจับยึดจะต้องแน่นหนาไม่เคลื่อนที่ขณะที่ทำการเชื่อม และที่สำคัญในขณะที่ทำการเชื่อมจำเป็นจะต้องมีแผ่นรองรับแนวแรงที่การกดของแกนหมุนที่ทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน ดังนั้นจึงจะต้องออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถรองรับแรงกดจากตัวกวน และต้องออกแบบให้อุปกรณ์สามารถจับยึดชิ้นงานอย่างมั่นคง โดยใช้หลักการการดังนี้คือ

- แผ่นรองรับจะต้องรองรับแรงกดได้โดยไม่มีการเสียรูปขณะที่ทำการเชื่อม

- ทนอุณหภูมิได้สูงโดยไม่มีการเสียรูป
- อุปกรณ์จับยึดจะต้องแข็งแรงและให้แรงในการจับยึดมากพอที่ไม่ทำให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ขณะทำการเชื่อมและที่สำคัญสามารถถอดประกอบได้ง่ายหากเกิดการชำรุดอีกด้วย

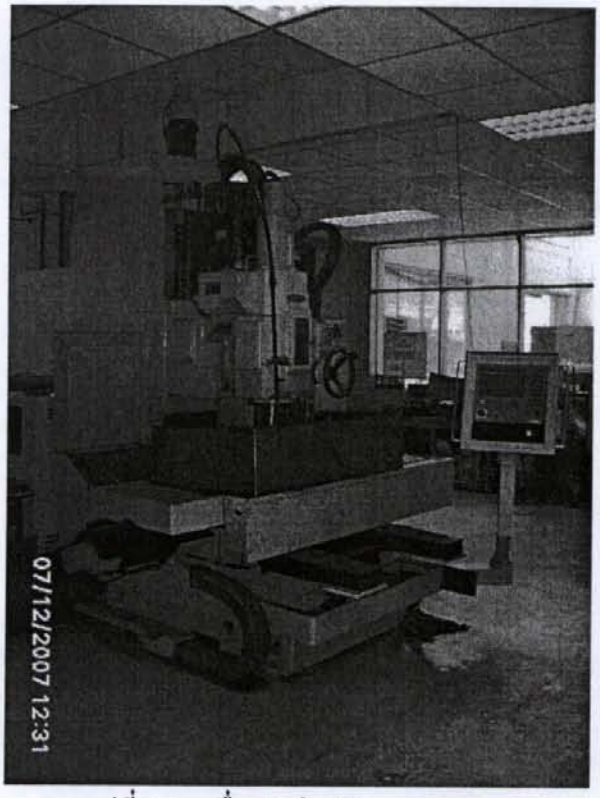


รูปที่ 3.5 อุปกรณ์จับยึด

3.3.4 เครื่องเชื่อม

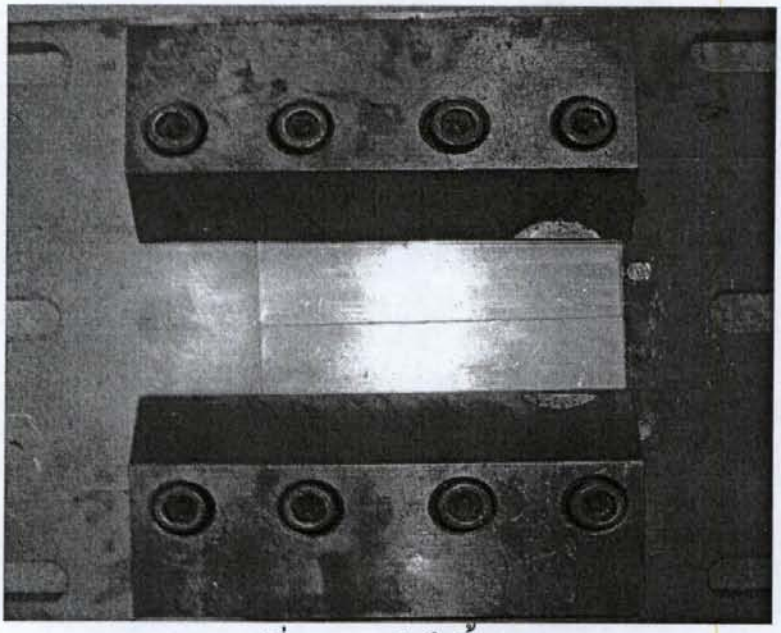
ในการทดลองเชื่อมจะใช้เครื่องกัดอัตโนมัติ (NC Milling) ในการทดลองโดยการเขียนชุดคำสั่งให้เครื่องทำงานในการทดลองจะใช้เครื่องกัดแนวตั้ง (Vertical milling machine) รุ่น (MAKINO typeA06B-1008-B100) ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ซึ่งมีวิธีการปรับตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ดังนี้

- ทำการปรับตั้งอุปกรณ์จับยึดให้ขนานกับแกน X ของโต๊ะวางงานของเครื่องกัด (Table) โดยใช้ (Dial gauge)
- ป้อนชุดคำสั่งโดยใช้มือผ่านทางแผงควบคุมของเครื่องดังแสดงในรูปที่ 3.6
- ปรับตำแหน่งศูนย์ให้กับเครื่องโดยใช้หัวเซตตำแหน่งศูนย์
- ทดลองเดินเครื่องโดยไม่มีชิ้นงาน (Dry run) เพื่อดูความถูกต้องของโปรแกรม
- จับยึดชิ้นงานในอุปกรณ์การจับยึดดังแสดงในรูปที่ 3.7 เพื่อเตรียมทดลองเชื่อม
- กดปุ่ม (Start) เพื่อเดินเชื่อมตามคำสั่งที่ป้อนไว้
- นำชิ้นงานออกตรวจสอบความเรียบร้อย



รูปที่ 3.6 เครื่องอัตโนมัติ NC Milling

รูปที่ 3.7 แผงควบคุมของเครื่อง NC Milling

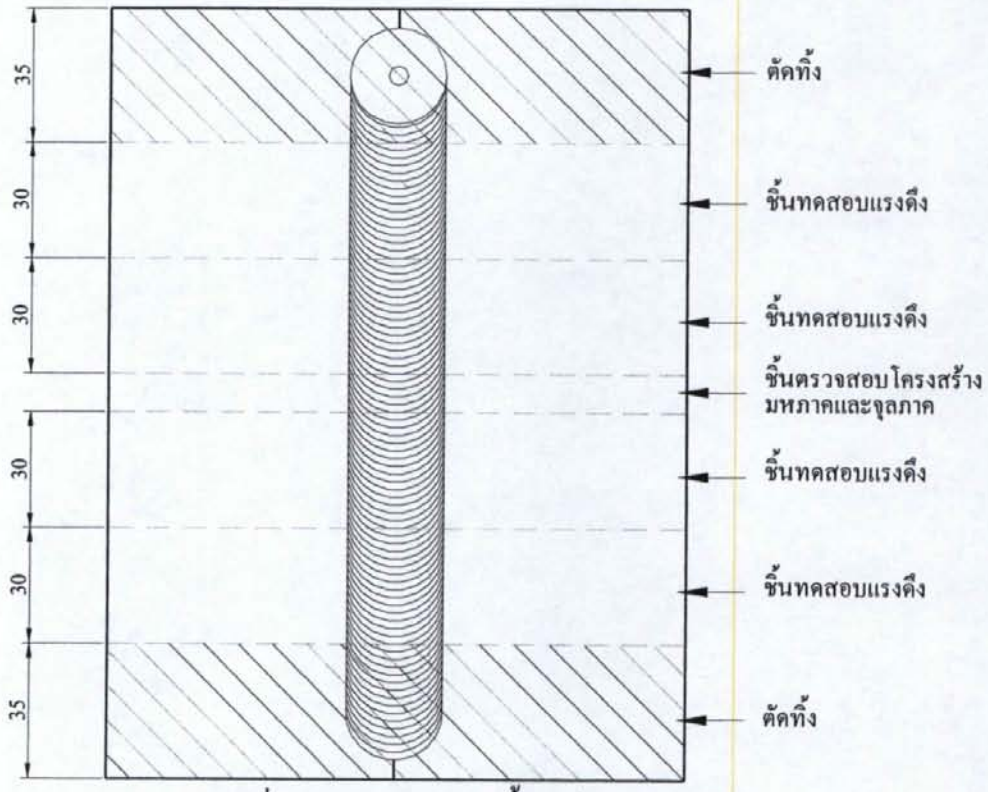


รูปที่ 3.8 การจับยึดชิ้นงาน

3.4 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค มหภาคและการทดสอบสมบัติทางกล

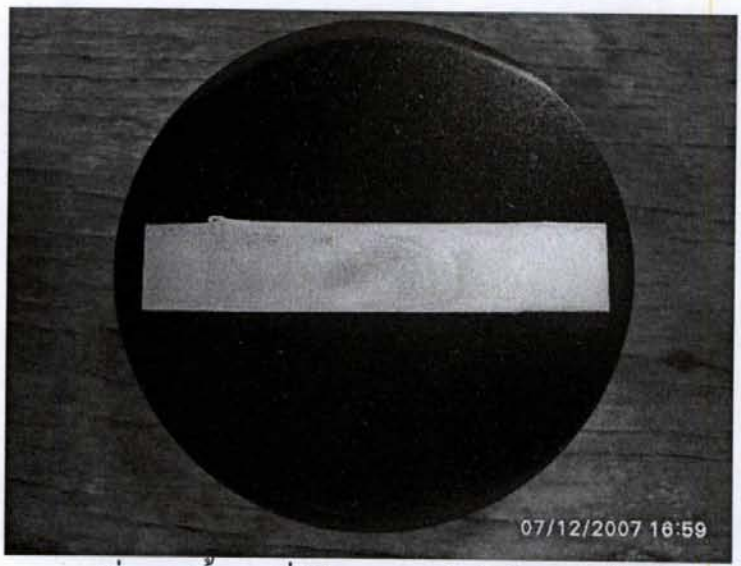
3.4.1 การทดสอบโครงสร้างจุลภาค การทดสอบนี้เริ่มจากการนำชิ้นงานที่ได้ทำการเชื่อมไว้แล้วไปตัดเพื่อแบ่งชิ้นงานออกเป็นส่วนๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.9 โดยการตัดด้วยเครื่องตัดพร้อมหล่อเย็นตลอดเวลาเพื่อไม่ให้โครงสร้างของชิ้นทดสอบเปลี่ยนแปลง หลังจากนั้นจึงนำชิ้นทดสอบที่ได้นั้นไปอัดเบกาไลท์ (Code RESRU 40100025/5139-4755) ดังแสดงในรูปที่ 3.10 เพื่อที่จะนำงานที่หล่อแล้วไปขัดมันและกัดโครงสร้างเพื่อให้ได้ชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 3.11 โดยจะมีขั้นตอนดังนี้

- ตัดชิ้นงานด้วยเครื่องเลื่อยพร้อมทั้งหล่อเย็นชิ้นงานตลอดเวลาเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระหว่างการเลื่อย ดังรูป 3.9
- นำชิ้นงานไปอัดเบกาไลท์ ด้วยเครื่องหล่อ ดังรูปที่ 3.10 ได้ชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 3.11
- นำชิ้นงานไปขัดกระดาษทรายตั้งแต่เบอร์ 120 320 400 600 1000 1200 ตามลำดับโดยการขัดผ่านน้ำเพื่อให้น้ำเป็นตัวช่วยในการคายเศษที่ขัดแล้ว หลังจากนั้นนำงานที่ขัดแล้วไปขัดด้วยผงอลูมินา (Alumina oxide) บนผ้าสักลาดบนเครื่องขัด
- หลังจากนั้นนำงานไปกัดผิวหน้าโดยสารละลายที่ประกอบไปด้วยกรดไฮโดรฟลูริก (HF) 30% โดยผสมกรดไฮโดรครอริก 10% น้ำกลั่น 60% ทำการกัดนาน 1 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำและเอทานอลเพื่อไล่น้ำออกจากผิวหน้าผิวงาน



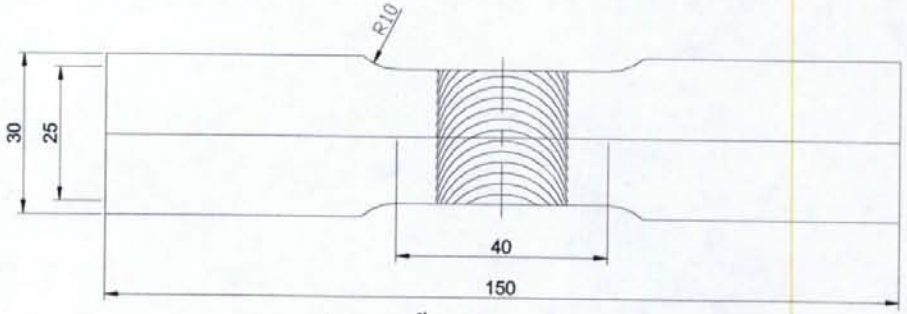
รูปที่ 3.9 ตำแหน่งการตัดชิ้นงาน

รูปที่ 3.10 เครื่องหล่อตัวเรือนเบกาไลท์



รูปที่ 3.11 ชิ้นงานที่ได้จากการหล่อตัวเรือนเบกาไลท์

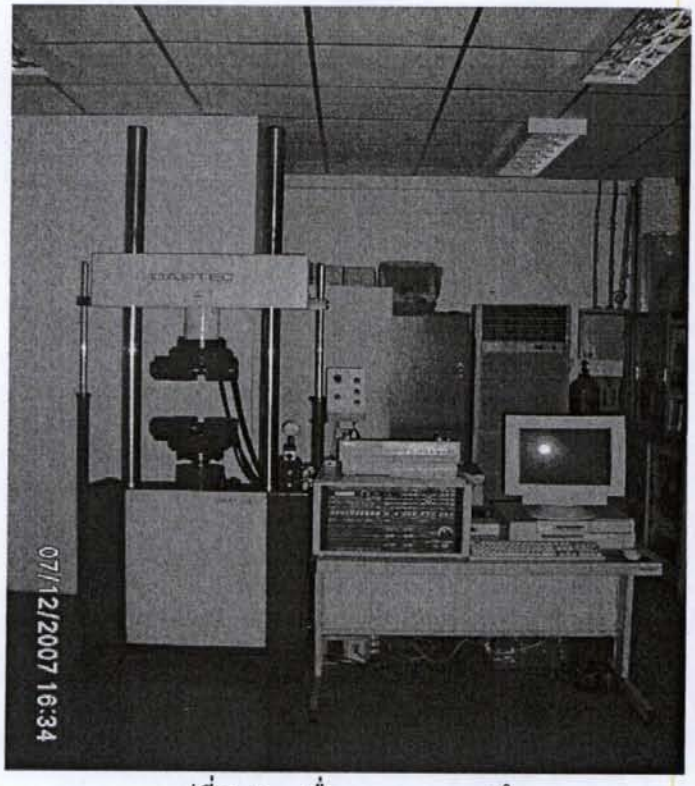
3.4.2 การทดสอบสมบัติทางกลโดยการทดสอบแรงดึง เพื่อหาค่าความแข็งแรงสูงสุด อัตราการยืดตัว และตำแหน่งการพังทลายของชิ้นงานเชื่อม โดยชิ้นงานทดสอบมีขนาดเป็นไปตามมาตรฐาน AWS D1.2 ดังแสดงในรูปที่ 3.12 โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงดังแสดงในรูปที่ 3.13



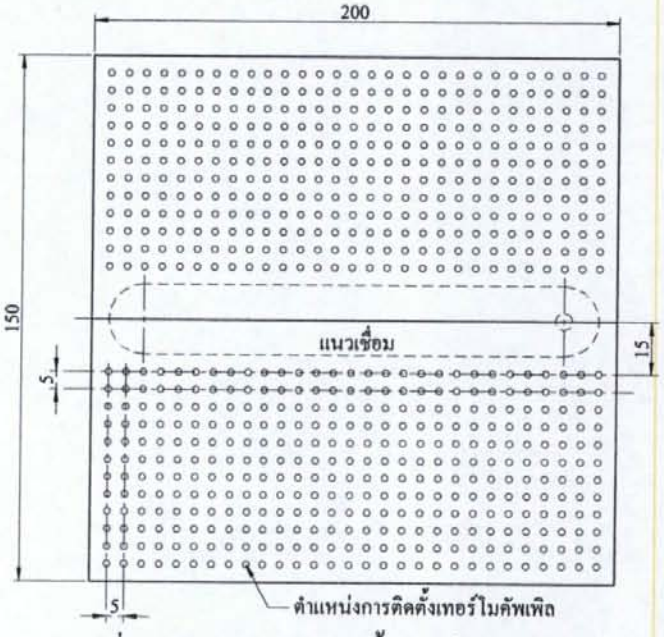
รูปที่ 3.12 ชิ้นทดสอบแรงดึง

3.5 การตรวจสอบอุณหภูมิ

หลังจากได้ทดลองทำการเชื่อมด้วยตัวแปรการเชื่อมต่างๆ ดังแสดงในหัวที่ผ่านมา และได้ตัวแปรที่เหมาะสมที่ให้ค่าความแข็งแรงสูงสุดตามที่ออกแบบแล้ว ได้ทำการกำหนดตัวแปรเหล่านั้นเพื่อใช้ในการเชื่อมชิ้นงานเพื่อทำการวัดอุณหภูมิ โดยกำหนดการวัดอุณหภูมิครั้งละ 20 จุด โดยการติดตั้งเทอร์โมคัพเพิลรวม 20 ตัว ตามตำแหน่งที่กำหนดบนผิวด้านบนของรอยต่อดังแสดงในรูปที่ 3.13 และแสดงการต่อเทอร์โมคัพเพิลดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.13 เครื่องทดสอบแรงดึง



รูปที่ 3.14 ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัพเพิล

การวัดอุณหภูมิในแต่ละจุดนั้น เริ่มทำการวัดตั้งแต่ก่อนการเริ่มกดตัวกวนลงสู่รอยต่อ 10 วินาที และสิ้นสุดการวัดเมื่อถอนตัวกวนออกจากแนวเชื่อมแล้วเป็นเวลา 10 วินาที โดยมีจุดที่ต้องทำการ

วัดอุณหภูมิรวมทั้งหมด 696 จุดดังแสดงในรูปที่ 3.13 รวมต้องทำการเชื่อมสำหรับการวัดอุณหภูมิ 1 รอยต่อเท่ากับ 140 ครั้ง โดยเหตุผลในการเชื่อมหลายครั้งนั้นเนื่องจากอุปกรณ์การแปลงสัญญาณอุณหภูมินั้นสามารถทำการบันทึกสัญญาณได้เพียงครั้งละ 5 จุด เท่านั้น

การเก็บข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากการเชื่อมในแต่ละจุดนั้นทำการจัดเก็บที่ระยะเวลาทุก 2 วินาที และนำข้อมูลที่ได้ไปทพการพล็อตกราฟโดยใช้โปรแกรมแมทแลป

3.6 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบอุณหภูมิด้วยการคำนวณพลศาสตร์ของไหล

การสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลขนั้นมีขั้นตอนหลักๆอยู่ทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนก่อนการประมวลผล (pre-processing) ขั้นตอนการประมวลผล (processing) และขั้นตอนหลังการประมวลผล (post-processing)

ในส่วนของขั้นตอนก่อนการประมวลผล จะเป็นการสร้างแบบจำลองทางกายภาพของปัญหา โดยทำการกำหนดค่า กำหนดเงื่อนไขขอบเขต เงื่อนไขเริ่มต้นคุณสมบัติของระบบกายภาพรวมไปถึงสมมติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ ขั้นตอนของการประมวลผล จะเป็นขั้นตอนที่ทำการคำนวณจากสมการควบคุมเพื่อหาคำตอบ ผลของการคำนวณที่ได้จะถูกนำมาแสดงและวิเคราะห์เพิ่มเติมในขั้นตอนหลังการประมวลผล