บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อ ศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์การเชื่อมต่อโครงสร้าง และสมบัติทางกล ของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติค เกรด 304 และเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เกรด 2205 โดยมีขั้นตอน และวิธีในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

ได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพื่อใช้เป็นพื้นฐาน และเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย จากเอกสาร ตำรา วารสาร งานวิจัย วิทยานิพนธ์ และ งานวิจัยต่างประเทศ ที่มีเนื้อหาลักษณะของการวิจัยเดียวกัน หรือใกล้เคียง จากแหล่งค้นคว้าต่าง ๆ เช่น ห้องสมุดของสถาบันอุดมศึกษา Internet หรือ จากการสนทนากับผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน อาจารย์ที่ปรึกษา ฯลฯ เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยของตนเอง

3.2 กำหนดพารามิเตอร์การทดลอง

เมื่อได้แนวทางในการดำเนินการวิจัยแล้ว จึงได้กำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิจัยเพื่อให้เกิดความแตกต่างจากงานวิจัยอื่น ๆ ซึ่งสามารถที่จะสร้างองค์ความรู้ใหม่จากงานวิจัยนี้ได้ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง จึงได้กำหนดพารามิเตอร์ในการวิจัย ได้แก่ กระแสไฟเชื่อม ความเร็วเดินลวดเชื่อม

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย

เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

1. เครื่องเชื่อมแบบ GTAW 1 เครื่อง

รูปที่ 3.1 เครื่องเชื่อมทิก Long Well Tig 215 P

2. เครื่องตัดแก๊สแบบเส้นตรงขับด้วยมอเตอร์ 1 เครื่อง

รูปที่ 3.2 เครื่องตัดแก๊สแบบเส้นตรงขับด้วยมอเตอร์TANAKA รุ่น KT 5 NX

3. แก๊สอาร์กอน 1 ถัง

รูปที่ 3.3 แก๊สอาร์กอน 99.99 %

4. เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ 1 เครื่อง

รูปที่ 3.4 เครื่องขัดชิ้นงาน

5. เครื่องเลื่อยกล 1 เครื่อง

รูปที่ 3.5 เครื่องเลื่อยกล รุ่น CREAT CAPTAIN

6. เครื่องทดสอบแรงดึง 1 เครื่อง

รูปที่ 3.6 เครื่องทดสอบแรงดึง AG – 25 TB

7. กล้องจุลทรรศน์ 1 เครื่อง

รูปที่ 3.7 กล้องจุลทรรศน์

8. เครื่อง Wire Cut 1 เครื่อง

รูปที่ 3.8 เครื่อง Wire Cut

9. เครื่องกัด 1 เครื่อง

รูปที่ 3.9 เครื่องกัดบากหน้างาน

10. เครื่องทดสอบความแข็ง ใช้เป็นเครื่องทดสอบสำหรับการทดสอบหาคุณสมบัติทางกล แบบการทดสอบความแข็ง สเกลที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบ Rockwell Testing Scale A Preload 60 kp Penetrator Dismal Cone 120 °เครื่องหมายการค้า Universal Hardness Tester รุ่น 206 RT ดังแสดงในรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบความแข็ง

11. อุปกรณ์รองหลังงานเชื่อม และอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน 1 ชุด
12. เหล็กกล้าไร้สนิม 304 ขนาด 6. 00 x 50.00 x 70.00 มม.
13. เหล็กกล้าไร้สนิม 2205

3.4 การทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)

งานศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำหาค่าตัวแปรที่เหมาะสม เพื่อเป็นบรรทัดฐานสำหรับการทดลองจึงได้ทำการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study) หาระดับของความเร็วในการเดินแนวเชื่อม กระแสไฟเชื่อม ระยะอาร์คในการเชื่อม ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการศึกษาให้มีความเที่ยงตรงน่าเชื่อถือ ส่วนตัวแปรอื่นๆ เช่น ลวดเชื่อม มุมของหัวเชื่อม แก๊สที่ใช้ในการเชื่อม ระยะอาร์คในการเชื่อม เทคนิคการเชื่อม กำหนดให้เป็นตัวแปรค่าคงที่ ค่าตัวแปรค่าคงที่สำหรับใช้ในการเชื่อม ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ทดสอบหาประสิทธิภาพในการเชื่อม

ความเร็ว ในการเชื่อม mm/min	กระแสไฟฟ้า Amp.					
	180 Amp.		185 Amp.		190 Amp.	
95	2					6
100	11			5		3
105	7			17	18	9

3.5 การออกแบบการทดลอง (Design of Experimental)

หลังจากที่ทดลองเพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมเบื้องต้นที่เหมาะสม ทำให้ได้ตัวแปรที่เหมาะสมเพื่อออกแบบการทดลองอย่างมีระเบียบแบบแผน ภายใต้การควบคุมสภาพการณ์ ตัวแปรหรืออิทธิพลที่เกี่ยวข้องสามารถสังเกตได้และมีความเที่ยงตรง สามารถจัดกระทำซ้ำหรือทดสอบได้ผลการออกแบบการทดลองเป็นการศึกษาปัจจัยพารามิเตอร์การเชื่อม ซึ่งประกอบด้วยปัจจัย 2 ตัว คือ กระแสไฟที่ใช้ทำการเชื่อม (Current) และความเร็วในการเชื่อม (Speed) (มม./นาที) การทดลองจะทำการเชื่อมชิ้นงานซ้ำจำนวน 2 ครั้งต่อระดับปัจจัยรวม 18 ชิ้นงาน

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการเชื่อมจากการทดลองทดสอบ (Pilot Study)

ความเร็วในการเชื่อม mm/min	กระแสไฟฟ้า Amp.					
	180 Amp.		185 Amp.		190 Amp.	
95	2	12	4	15	8	6
100	11	10	16	5	14	3
105	7	1	13	17	18	9

3.6 การเตรียมชิ้นงานทดลอง

การเตรียมชิ้นงานเชื่อมเพื่อทำการทดสอบแรงดึง การทดสอบความแข็งและการศึกษาโครงสร้างจุลภาค ทำตามมาตรฐาน American Society of Mechanical Engineers (ASME) 2001 Edition 2 มีขั้นตอน ดังนี้

1. ตัดเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ด้วยเครื่องเลื่อยกลโดยหล่อเย็นด้วยน้ำ ขนาด 6 X 50 X 70 mm. จำนวน 36 ชิ้น

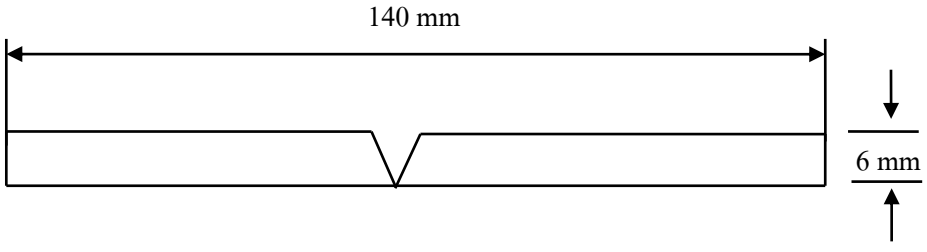
รูปที่ 3.11 แสดงการตัดชิ้นงาน

2. บากหน้างานด้วย มุมเอียง (Bevel angle) 15˚

รูปที่ 3.12 แสดงการบากหน้างานมุม 15˚

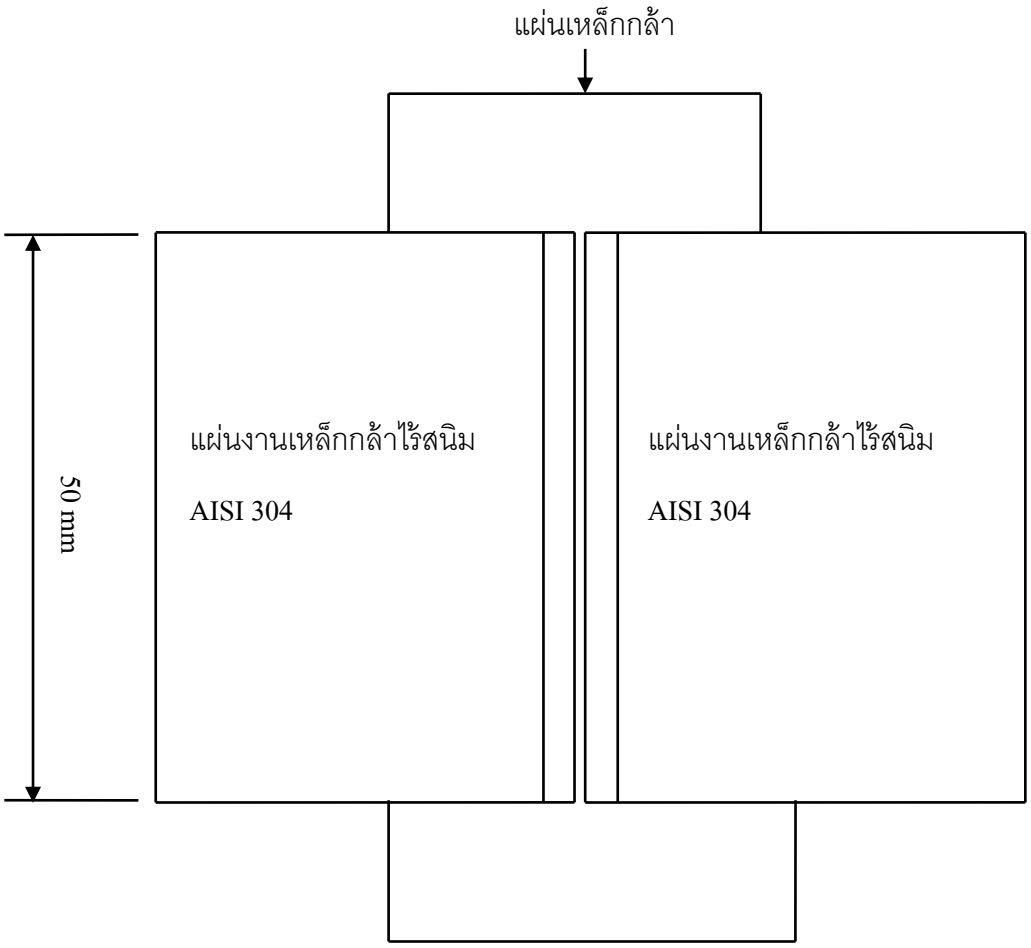
3. ลบคมและตกแต่งชิ้นงานด้วยตะไบ

4. เชื่อมประกอบชิ้นงานแบบต่อชน (Butt Joint)

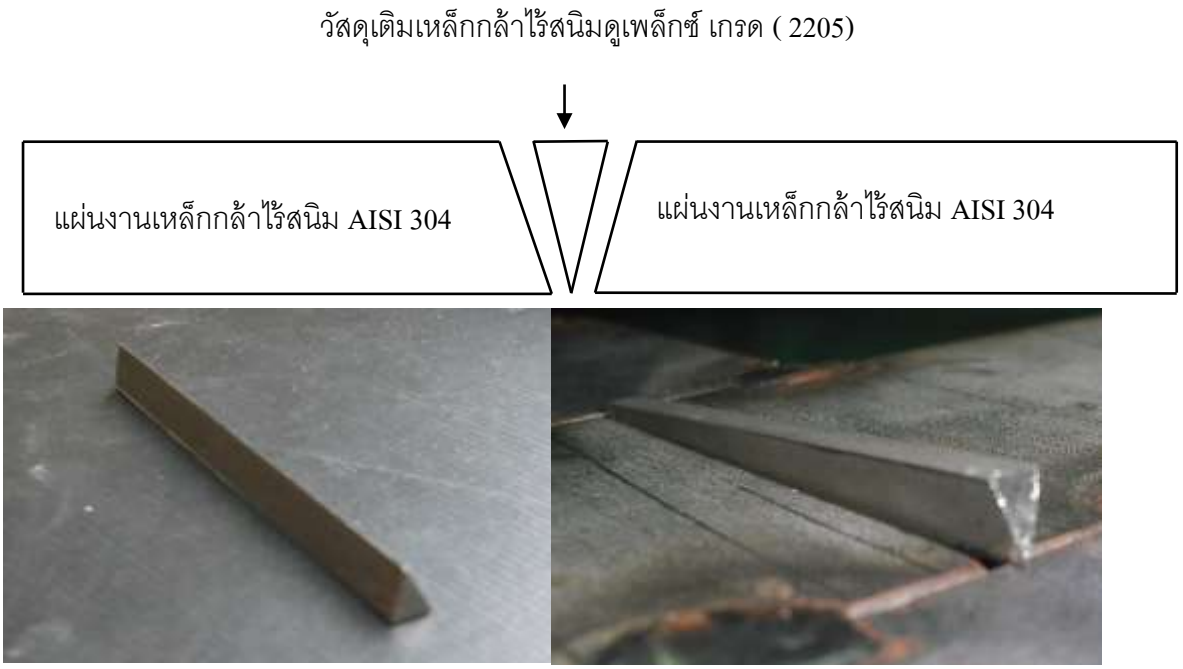


รูปที่ 3.13 แสดงวิธีการต่อชิ้นงานแบบต่อชนบากหน้างานมุมรวม 30 องศา

5. ทำการการเชื่อมยึดบริเวณหัว-ท้ายด้วยแผ่นเหล็กกล้า ขนาดกว้าง 5 cm. ยาว 6 cm. หนา 6 mm.



รูปที่ 3.14 แสดงวิธีการเชื่อมยึดหัว-ท้ายชิ้นงานด้วยแผ่นเหล็กกล้า



รูปที่ 3.15 แสดงวิธีการเชื่อมต่อระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304และวัสดุเติมเหล็กกล้าไร้สนิม ดูเพล็กซ์ เกรด (2205)

3.7 การดำเนินการทดลอง

1. ทำความสะอาดชิ้นงานบริเวณรอยบาก เพื่อกำจัดสิ่งสกปรก เช่น คาบน้ำมัน ไขมัน และ สิ่งสกปรก ด้วยแอลกอฮอล์

2. ปรับตัวแปรการเชื่อม (Set Up) เช่น กระแสไฟเชื่อม ความเร็วในการเชื่อม มุมหัวเชื่อม ระยะอาร์ค และอัตราการไหลของแก๊สปกคลุม ที่ 20 ลิตร/นาที

รูปที่ 3.16 แสดงการปรับอัตราการไหลของแก๊สในการเชื่อม

3. วางชิ้นงานเชื่อมในตำแหน่ง 1 G (ท่าราบ) จับยึดชิ้นงานด้วยอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

รูปที่3.17 ลักษณะการวางลิ้มและชิ้นงาน

4. เริ่มต้นเชื่อมจากแผนยึดชิ้นงาน จนไปสิ้นสุดที่แผ่นยึดชิ้นงานอีกด้านหนึ่ง โดยใช้เทคนิคการเชื่อมแบบเดินไปข้างหน้า (Pushing)

รูปที่ 3.18 แสดงลักษณ์การเชื่อมและทิศทางในการเชื่อม

5. เชื่อมเสร็จปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวในอากาศ จึงถอดชิ้นงานเชื่อมออกจากแผ่นยึดชิ้นงาน

6. เชื่อมงานชิ้นต่อไป เมื่อเชื่อมเสร็จก็ปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวในอากาศ การเชื่อมเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนเชื่อมเสร็จทั้ง 18 ชิ้น

รูปที่ 3.19 ลักษณ์งานที่เชื่อมเสร็จและปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ

8. เมื่อเปลี่ยนตัวแปรการเชื่อม ก็เริ่มปฏิบัติการปรับตัวแปรการเชื่อม (Set Up) ใหม่
9. การปฏิบัติการเชื่อมเพื่อเก็บข้อมูลเป็นการทดลองโดยการสุ่ม

3.8 ก ารตรวจสอบและเก็บข้อมูล

ลำดับขั้นตอนในการตรวจสอบ และการเก็บข้อมูลจากการทดลอง สามารถลำดับขั้นตอนได้ ดังนี้

3.8.1 การตรวจสอบด้วยสายตา

1. การตรวจสอบก่อนการเชื่อม ทำการตรวจสอบสภาพความพร้อมของเครื่องเชื่อม การจับยึดของสายดิน (Ground Clamp) มุมของหัวเชื่อม ระยะอาร์ค การจับยึดชิ้นงาน ตลอดจนตำแหน่งการวางของชิ้นทดลอง

2. การตรวจสอบระหว่างการเชื่อมทำการตรวจสอบตั้งแต่การเริ่มต้นอาร์ค ในระหว่างการอาร์คและสิ้นสุดการอาร์ค โดยสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเชื่อม เช่น เสียงอาร์ค ความรุนแรงของการอาร์ค

3. การตรวจสอบหลังการเชื่อมทำการตรวจสอบดูบริเวณรอยเชื่อม ผิวของรอยเชื่อม คาบเขม่าและสิ่งสกปรกต่าง ๆ บริเวณรอยเชื่อมและผิวหน้าของงาน ตรวจสอบความสูง ความกว้าง ความสมบรูณ์ จุดบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ความสม่ำเสมอของรอยเชื่อมตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดรอยเชื่อมทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

3.8.2 การทดสอบแรงดึง

ลำดับขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงานในการทดสอบแรงดึง มีขั้นตอน ดังนี้

1. นำชิ้นงานทดลองที่เชื่อมเสร็จแล้วมาวางแผนการทดสอบแรงดึง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ASME

2. ตัดซอยชิ้นงานตามที่ได้วางแผนไว้ ด้วยเครื่อง Wire Cut

รูปที่ 3.20 การเตรียมชิ้นงานทดสอบแรงดึงด้วยเครื่อง Wire Cut

3. นำชิ้นงานที่จะนำไปทดสอบแรงดึง ไปเข้าเครื่องกัด (Milling) แนวเชื่อมทั้งด้านหน้า ด้านหลัง (Root) และกัดด้านข้างทั้งสองของชิ้นทดสอบ ให้ได้ตามข้อกำหนดของมาตรฐานในการทดสอบแรงดึง

รูปที่ 3.21 รูปชิ้นงานเตรียมทดสอบแรงดึง

4. นำชิ้นงานทดสอบ (Specimen) ไปเข้าเครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Test) จนชิ้นงานทดสอบขาดแยกออกจากกัน

รูปที่ 3.22 รูปชิ้นงานทดสอบแรงดึงที่ขาดจากกัน

รูปที่ 3.23 ลักษณะภาคตัดของชิ้นงานที่ขาดจากกัน

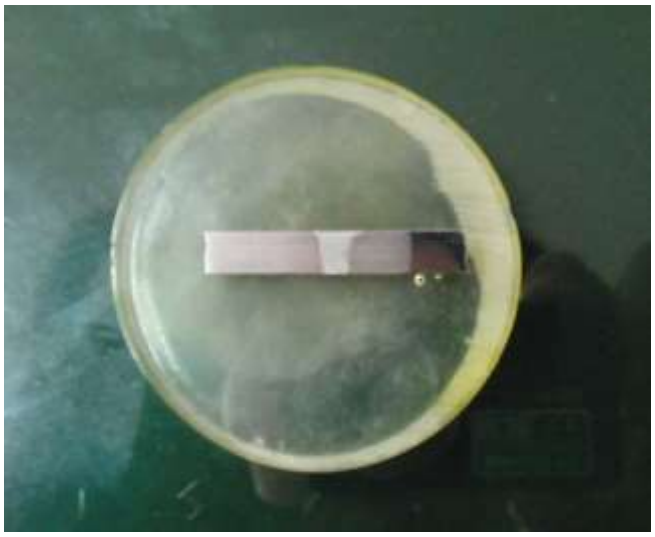
5. เก็บและบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ กระทำเช่นนี้จนครบทั้ง 18 ชิ้น

3.8.4 การทดสอบโครงสร้างจุลภาค

1. การเตรียมชิ้นงานทดสอบ(Specimen)
2. การปรับระดับผิวหน้าของชิ้นงานทดสอบ ด้วยตะใบ
3. การขัดด้วยกระดาษทราย (Grinding) ด้วยเบอร์ 150 – 1,200

รูปที่ 3.24 แสดงการขัดชิ้นงานด้วยการดาษทราย

4. การขัดมัน (Polishing)
5. การกัดด้วยสารละลาย (กรด) (Etching)

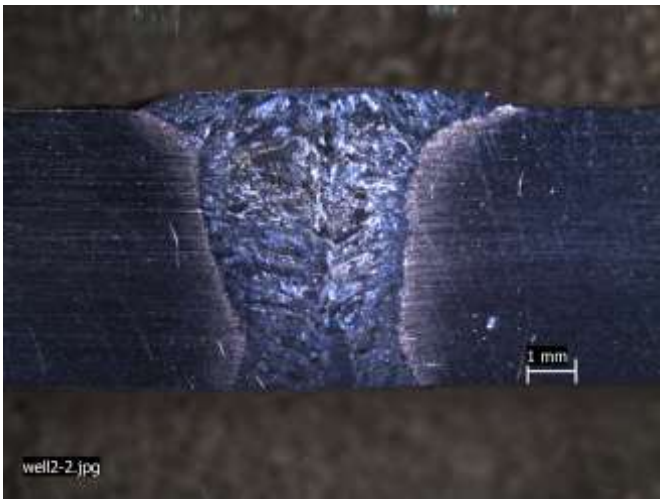


รูปที่ 3.25 ลักษณ์ชิ้นงานเมื่อกัดด้วยกรด

6. การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopy)

รูปที่ 3.26 แสดงกล้องจุลทรรศน์(Microscopy)

7. การถ่ายภาพโครงสร้าง

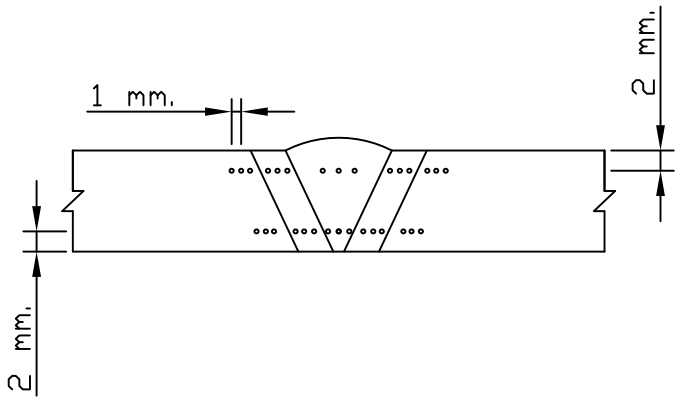


รูปที่ 3.27 ชิ้นงานที่ถ่ายจากกล้องด้วยกำลังขยาย 8 เท่า

3.8.5 การทดสอบค่าความแข็ง

เครื่องทดสอบ Hardness Tester สำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกลแบบการทดสอบความแข็ง สเกลที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบ Rockwell Testing Scale A Preload 60 kp Penetrator Dismal Cone 120 ° เครื่องหมายการค้า Universal Hardness Tester รุ่น 206 RT Vickers Testing โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำชิ้นงานที่เตรียมไว้ ซึ่งทำการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำไปทดสอบค่าความแข็งด้วยเครื่องทดสอบความแข็งจุลภาค (Hardness Tester) ด้วยสเกล Rockwell Testing ได้แก่ บริเวณเนื้องาน (Base Metal), เขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) และแนวเชื่อม (Welded) จำนวน 18 ตำแหน่งต่อชิ้น ระยะห่างตำแหน่งทดสอบ เท่ากับ 1 มิลลิเมตร ห่างจากขอบชิ้นงาน 2 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ใช้ตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค



รูปที่ 3.28 แสดงตำแหน่งบริเวณที่ตรวจสอบค่าความแข็ง

2. บันทึกผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบค่าความแข็ง โดยวัดค่าความแข็งจำนวน 18 ตำแหน่ง แล้วทำการเฉลี่ยค่าที่ได้จากการทดสอบหาค่าความแข็ง

3.9 สถิติที่ใช้ในการทดลอง

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวอย่างงานทดลอง ของการศึกษาผลกระทบทางกระบวนการความร้อนต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เกรด AISI 2205 และเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนิติก เกรด AISI 304 โดยใช้ สถิติ ดังนี้

3.9.1 การวิเคราะห์

3.9.1.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. ค่าเฉลี่ย (Mean) [27]

จากสูตร

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} xi}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum xi$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n คือ จำนวนข้อมูล

2. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) [27]

จากสูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x-x)^{-2}}{n-1}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน คะแนนแต่ละตัวในกลุ่มตัวอย่าง

$\overline{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ยในกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$\sum$ แทน ผลรวม

3. การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) [27]