## 2. ส่วนประกอบเนื้อเรื่อง

### 2.1. การดำเนินการทดสอบสมบัติของรอยต่อที่ขึ้นกับกระบวนการต่อโลหะ

#### 2.1.1. เครื่องมือและวัสดุ

2.1.1.1. แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI 304 หนา 0.67 มิลลิเมตร กว้าง 6 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว

2.1.1.2. โลหะป้อนเติมเหล็กกล้าไร้สนิม ER 308L ของเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.6 มิลลิเมตร

2.1.1.3. โลหะบัดกรีชนิด Eutectic 157 PA

2.1.1.4. แผ่นทองแดงประกบหลังแนวเชื่อม

2.1.1.5. แก๊สอาร์กอน

2.1.1.6. เครื่องเชื่อมทิก (TIG, GTAW)

2.1.1.7. อุปกรณ์เชื่อมแก๊ส

2.1.1.8. กรดล้างผิวเหล็กกล้าไร้สนิม

2.1.1.9. เครื่องทดสอบแรงดึง

#### 2.1.2. การประกอบรอยต่อ

รอยต่อประสานที่ใช้ในการทดลองประกอบขึ้นจากกระบวนการผลิตสองกระบวนการ

2.1.2.1. การประกอบรอยต่อด้วยการบวนการเชื่อมทิกเป็นรอยต่อชนประกบหลังแนวเชื่อมด้วยแผ่นทองแดง หลังการเชื่อมทำความสะอาดแนวเชื่อมโดยกรดล้างตามด้วยน้ำยาล้างจาน และน้ำสะอาด ส่วนตัวแปรในการเชื่อมแสดงในตารางที่ 1

**ตาราง 1** ระดับพารามิเตอร์กำหนดคงที่และตัวแปรในการเชื่อม TIG Process

| **ข้อกำหนดในการเชื่อม** | | | |
|---|---|---|---|
| **กระบวนการเชื่อมทิก** (GTAW) **อิเล็กโทรด :** EWTH-2 **ขนาดอิเล็กโทรด :** เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.4 มิลลิเมตร<br>**แก๊สปกคลุม :** แก๊สอาร์กอน **อัตราการไหลแก๊ส :** 15 ลิตรต่อนาที **โลหะฐาน :** AISI 304<br>**ความหนาโลหะฐาน :** 0.67 มิลลิเมตร **ท่าเชื่อม :** ท่าราบ **ชนิดรอยต่อ :** ต่อชน | | | |
| **กลุ่มชิ้นงานเชื่อม** | **จำนวนชิ้นงาน** | **กระแสเชื่อม (Amp)** | **ชนิดโลหะเติม** |
| 304 | 3 | 40 | Autogeneous |
| 308L | 3 | 40 | 308L |

2.1.2.2. การประกอยรอยต่อด้วยกระบวนการบัดกรีอ่อน รอยเข้าตะเข็บสองชั้น ใช้กระบวนการเชื่อมแก๊สเป็นแหล่งความร้อนในการบัดกรี เปลวไฟคาร์บูไรซิ่ง หลอมโลหะบัดกรีที่อุณหะภูมิ 225 องศาเซลเซียส หลังการบัดกรีทำความสะอาดรอยต่อ ด้วยน้ำอุ่น ผงซักฟอกและน้ำสะอาด

**2.1.3. การเตรียมชิ้นงานทดสอบแรงดึง**

ตัดชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมประสานรอยต่อทั้งสองกระบวนการจำนวน 1 ชิ้น ตัดเป็นรูปโครงกระดูกตามมาตรฐาน ASME Section IX [11] เพื่อทดสอบแรงดึงอย่างละ 2 ชิ้นในรอยต่อ 1 ชนิด

**2.2. การดำเนินการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องใช้เหล็กกล้าไร้สนิม: ภาชนะหุงต้มที่มีรอยต่อประสาน (มอก. 2440-2552) [12]**

**2.2.1. เครื่องมือและวัสดุ**

2.2.1.1. เครื่องโพเทนชิออสแตน

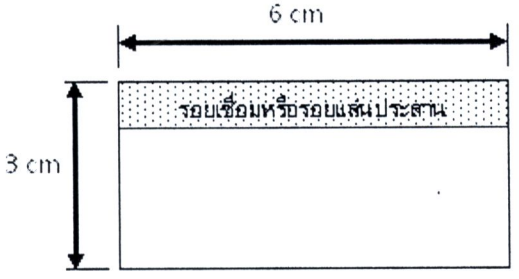
2.2.1.2. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

2.2.1.3. แท่นให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า

2.2.1.4. เรซินเคลือบผิว

**2.2.2. การเตรียมชิ้นงานทดสอบ**

2.2.2.1. จากรอยต่อนำมาตัดเป็นตัวอย่างชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 3 เซนติเมตรยาว 6 เซนติเมตรจำนวน 3 ชิ้น ดังรูปที่ 1 โดยที่ชิ้นงานตัวอย่างทดสอบจะต้องมีเนื้อโลหะเชื่อมหรือโลหะบัดกรี




**รูป 1** ตัวอย่างชิ้นทดสอบด้วยเทคนิควิธีโพเทนชิออไดนามิกโพลาไรเซชัน

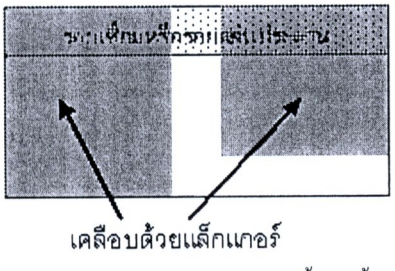
2.2.2.2. ติดตัวนำไฟฟ้าบนตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ

2.2.2.3. ล้างชิ้นทดสอบด้วยน้ำกลั่น และตามด้วยเอทานอล

2.2.2.4. เป่าชิ้นทดสอบด้วยลมร้อน

2.2.2.5. ปล่อยชิ้นทดสอบในบรรยากาศสะอาดเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

2.2.2.6. เคลือบผิวชิ้นทดสอบให้เหลือพื้นที่รอยต่อ 1 ส่วนต่อโลหะฐาน 5 ส่วน ดังรูปที่ 1




**รูป 2** แสดงลักษณะของการเคลือบพื้นผิวชิ้นงาน

**2.2.3. การทดสอบการกัดกร่อนทำโดยวิธีโพเทนชิออไดนามิกโพลาไรเซชัน**

2.2.3.1. จัดวางอิเล็กโทรดในตำแหน่งที่เหมาะสม เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ลงในภาชนะใช้ทดสอบ และปิดฝาให้สนิท

2.2.3.2. พ่นก๊าซไนโตรเจนในสารละลายด้วยอัตรา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาทีสำหรับสารละลาย 6 มิลลิลิตรเป็นเวลา 45 นาที และพ่นอย่างต่อเนื่องตลอดการทดสอบ

2.2.3.3. เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที(ในช่วงเริ่มพ่นก๊าซไนโตรเจน) เริ่มสั่งการเครื่องโพเทนชิออแตนตามตัวแปรต่อไปนี้

- วัดค่าศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิด เป็นเวลา 45 นาที
- เริ่มป้อนศักย์ไฟฟ้าที่

  อัตราการป้อนศักย์ไฟฟ้าที่ 0.5 มิลลิโวลต์ต่อวินาที

  ศักย์ไฟฟ้าตั้งต้นที่ -250 มิลลิโวลต์ จากค่าศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิด

  ศักย์ไฟฟ้าตั้งสุดท้ายที่ +250 มิลลิโวลต์ จากค่าศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิด
- แสดงผลเป็นเส้นโค้งโพลาไรท์เซชัน

**2.3. การดำเนินการสืบค้นการกัดกร่อนโลหะเชื่อมระดับจุลภาค**

2.3.1. **เครื่องมือและวัสดุ**

2.3.1.1. แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI 304 หนา 0.67 มิลลิเมตร

2.3.1.2. โลหะป้อนเติมเหล็กกล้าไร้สนิม ER 308L ของเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.6 มิลลิเมตร

2.3.1.3. แม่พิมพ์ทองแดง

2.3.1.4. เครื่องเชื่อมทิก

2.3.1.5. เครื่องกลึง

2.3.1.6. เครื่องขัดกระดาษทราย

2.3.1.7. เครื่องตัดชิ้นทดสอบ

2.3.1.8. คอมพิวเตอร์ซอฟแวร์

2.3.1.9. กล้องจุลทรรศน์

2.3.1.10.ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ความจุ 1 ลิตร

2.3.1.11.เตาไฟฟ้า 220 V / 1000 W

2.3.1.12.Soxhlet Condenser

2.3.1.13.ลูกยางปิดขวดรูปชมพู่

2.3.1.14.ชุดประกอบน้ำหล่อเย็น

2.3.2. **การหลอมโลหะเชื่อมในแม่พิมพ์ทองแดง [13]**

วัสดุที่ได้กำหนดการเจือจางตามเงื่อนไขการทดลอง จะถูกนำมาใส่ในแม่พิมพ์ทองแดง โดยจะยึดติดกับโต๊ะทำงานเชื่อม หลังจากนั้นวัสดุจะถูกหลอมละลายโดยเปลวอาร์คกระบวนการเชื่อมทิก และปล่อยให้เย็นตัวภายในแม่พิมพ์ทองแดงเพื่อให้ได้เป็นโลหะเชื่อม ความเจือจางของโลหะเชื่อมสามารถควบคุมได้โดยการกำหนดส่วนผสมระหว่างวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 และ โลหะเติม ER 308L โดยการช่างน้ำหนักของวัสดุ แสดงดังตารางที่ 2 และมีค่าตัวแปรในการเชื่อมหลอมโลหะเชื่อมดังตารางที่ 3

**ตาราง 2** กำหนดการเจือจางโลหะเชื่อมหลอมในแม่พิมพ์ทองแดง

| No. of dilution | C | Mn | P | S | Si | Cr | Ni | Mo | N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100:0 (AISI 304) | 0.08 | 2 | 0.045 | 0.03 | 1 | 19 | 9.25 | 0 | 0 |
| 80:20 (20% ER309L) | 0.07 | 1.95 | 0.042 | 0.03 | 0.895 | 20 | 10 | 0.15 | 0 |
| 60:40 (40% ER309L) | 0.06 | 1.9 | 0.039 | 0.03 | 0.79 | 21 | 10.75 | 0.3 | 0 |
| 40:60 (60% ER309L) | 0.05 | 1.85 | 0.036 | 0.03 | 0.685 | 22 | 11.5 | 0.45 | 0 |
| 20:80 (80% ER309L) | 0.04 | 1.8 | 0.033 | 0.03 | 0.58 | 23 | 12.25 | 0.6 | 0 |
| 0:100 (ER 309L) | 0.03 | 1.75 | 0.03 | 0.03 | 0.475 | 24 | 13 | 0.75 | 0 |

**ตาราง 3** ตัวแปรในการหลอมโลหะเชื่อมจำลองในแม่พิมพ์ทองแดง

| No. Of Dilution | Current (A) | Voltage (V) | Travel Speed (cm/min) | Heat Input (kj/cm) | Preheat /Interpass °C |
|---|---|---|---|---|---|
| 100:0 (AISI 304) | 150 | 15.5 | 2.5 | 930 | 37 |
| 80:80 (20% ER309L) | 150 | 15.5 | 2.5 | 930 | 200-300 |
| 60:40 (40% ER309L) | 150 | 15.5 | 2.5 | 930 | 200-300 |
| 40:60 (60% ER309L) | 150 | 15.5 | 2.5 | 930 | 200-300 |
| 20:80 (80% ER309L) | 150 | 15.5 | 2.5 | 930 | 250-300 |
| 0:100 (ER 309L) | 150 | 15.5 | 2.5 | 930 | 250-300 |

2.3.3. การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

หลังการโลหะเชื่อมหลอมในแม่พิมพ์ทองแดงเสร็จแล้วนำมากเตรียมชิ้นทดสอบ เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาค และทดสอบการกัดกร่อน โดยนำไปกลึงขึ้นรูปมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8-10 มิลลิเมตร หนาประมาณ 2-4 มิลลิเมตร

2.3.4. การทดสอบความไวต่อการเกิดการกัดกร่อนที่ขอบเกรนตามมาตรฐาน ASTM A262: Practice A [14]

ทดลองด้วย Oxalic Acid Test เตรียมผิวชิ้นทดสอบด้วยกระดาษทรายเบอร์ 220, 500, 800, 1200, ผ้าสักราดความละเอียด 3 um, 1 um, 0.05 um, Electrolyte-Oxalic Acid, ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) Reagent Grade, 10 Weight % Solution ใช้กระแส 1.5 $Am/cm^2$ ศึกษาโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์

2.3.5. การวัดพื้นที่การเกิด Ditching

หลังจากการทดลองความไวในการเกิดการกัดกร่อนตามขอบเกรน ชิ้นทดสอบที่มีการกัดกร่อนแบบเฉพาะที่ นำมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณของพื้นที่ Ditching โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า "Scientis" เปอร์เซ็นต์พื้นที่จำกำหนดด้วยมาตรฐาน ASTM E1245 [15] แต่ไม่เคร่งครัดมากเกี่ยวกับการกัดกร่อนแบบเฉพาะที่ (Local Corrosion)

2.3.6. การทดสอบการกัดกร่อนตามขอบเกรนตามมาตรฐาน ASTM A262: Practice B[14]

การทดลอง Ferric Sulfate – Sulfuric Acid Test ต้มเดือดชิ้นทดสอบในสารละลายกรดที่มีส่วนผสมของ Ferric Sulfate 25 g, Sulfuric Acid 236 ml, น้ำกลั่น 400 ml ในที่มีระบบการกลั่นตัวของไอน้ำดังรูปที่ 4 ใช้เวลาในการต้มเดือด 120 ชั่วโมง ตรวจสอบน้ำหนักที่สูญเสีย (Weight Loss) ของชิ้นทดสอบ ด้วยเครื่องช่างความละเอียด 0.0001 กรัม

**2.4. การดำเนิการทดสอบการกัดกร่อนภายใต้การจำลองแบบสภาวะการใช้งาน**

**2.4.1. เครื่องมือและวัสดุ**

2.4.1.1. รอยต่อที่ผ่านการเตรียมชิ้นงานมาแล้วทั้งการเชื่อมทิก และการบัดกรี

2.4.1.2. สายละลายโซเดียมคลอไรด์ 5 กรัมต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร

2.4.1.3. สายละลายกรดอะซิติก (กรดน้ำส้มสายชูเทียม 5%)

2.4.1.4. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ความจุ 1 ลิตร

2.4.1.5. เตาไฟฟ้า 220 V / 1000 W

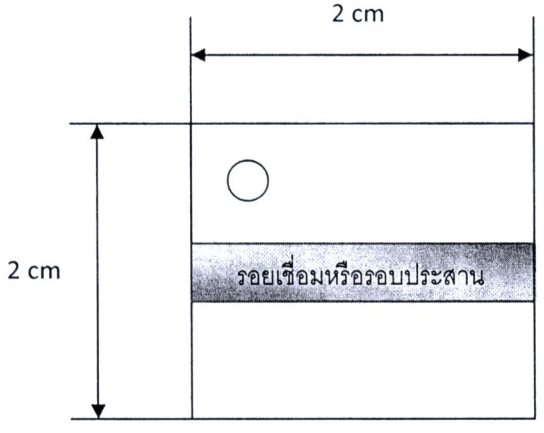
2.4.1.6. Soxhlet Condenser

2.4.1.7. ลูกยางปิดขวดรูปชุมพู่

2.4.1.8. ชุดประกอบน้ำหล่อเย็น

**2.4.2. การเตรียมชิ้นงานทดสอบ**

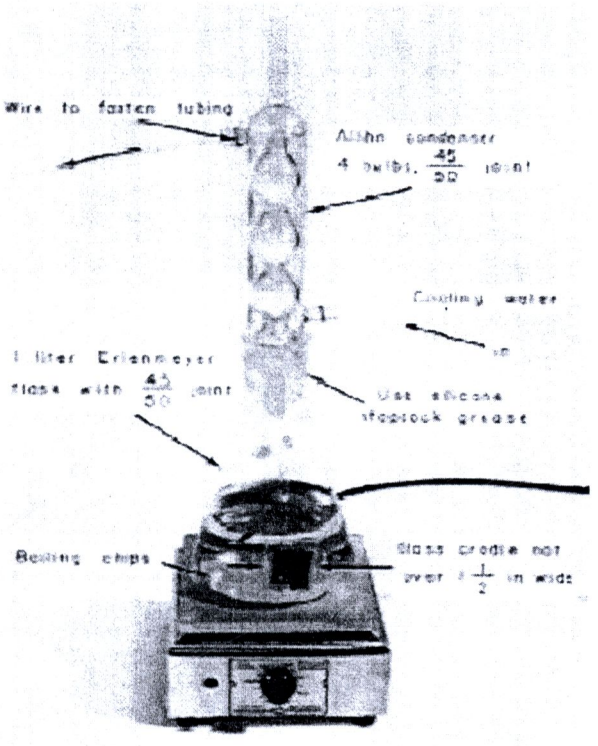
การตัดตัวอย่างชิ้นทดสอบที่จะนำไปทดสอบ เป็นส่วนของรอยเชื่อมประสานบนรอยต่อ ขนาด 2 เซนติเมตร x 2 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้นต่อรอยต่อหนึ่งชนิดต่อการทดสอบหนึ่งการทดลองดังรูป 3




**รูป 3** ลักษณะของชิ้นงานทดสอบการวัดการสูญเสียน้ำหนัก

**2.4.3. การทดสอบการกัดกร่อนภายใต้สภาวะลายละลายโซเดียมคลอไรด์ 5%**

การทดสอบจะกระทำโดยการต้มตัวอย่างชิ้นทดสอบในสภาวะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ที่อุณหภูมิจุดเดือด ในภาชนะที่มีระบบการกลั่นตัวของไอน้ำเพื่อรักษาความเข้มข้นของสารละลายให้คงที่ตลอดการทดลองมีลักษณะดังรูปที่ 4 ชิ้นทดสอบจะถูกเจาะรูที่มุมเพื่อใช้แขวนในภาชนะที่ใช้ต้มเพื่อให้ผิวหน้าสัมผัสกับสารละลายได้สม่ำเสมอกัน ตรวจสอบน้ำหนัก ทำภายหลังทำความสะอาดชิ้นทดสอบในแต่ละ วัฏจักรการทดลองดังตารางที่ 3 การทำความสะอาด ทำความสะอาดด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิดเป็นเวลาประมาณ 20 นาที, ล้างด้วยน้ำยาล้างจานกน้ำสะอาด, เมทิวแอลกอฮอล, เป่าด้วยลมร้อนแล้วทิ้งไว้ที่อากาศ จากนั้นนำไปช่างด้วยเครื่องช่างความละเอียด 0.0001 กรัม




**รูป 4** อุปกรณ์ทดลองการกัดกร่อน รักษาความเข้มข้นของสารละลาย [14]

2.4.4. **การทดสอบการกัดกร่อนภายใต้สภาวะสารละลายกรดอะซิติก 5% (กรดน้ำส้มสายชูเทียม 5%)**

การทดสอบจะกระทำโดยการต้มตัวอย่างชิ้นทดสอบในสภาวะสารละลายกรดอะซิติก ที่อุณหภูมิจุดเดือด ในอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเหมือนกับการทดสอบการกัดกร่อนในสภาวะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ดังรูปที่ 4 มีวัฏจักรการทดลองดังตารางที่ 4

**ตาราง 4** กลุ่มชิ้นงานทดสอบและวัฏจักรในการทดลอง

| สารละลาย | ชื่อกลุ่มชิ้นทดสอบ | กระบานการประกอบรอยต่อ | สถานะ | เวลาใช้ต้ม(ช.ม.) |
|---|---|---|---|---|
| NaCl 5 % | ต้ม 8 ชั่วโมง-ล้าง (Na Cl 8C) | Welding | Cleaning | 8 |
| | | Soldering | | |
| | ต้ม 8 ชั่วโมง-แช่-ล้าง (Na Cl 8I) | Welding | Immerging 8 hr-Cleaning | |
| | | Soldering | | |
| | ต้ม 40 ชั่วโมง-ล้าง (Na Cl 40C) | Welding | Cleaning | 40 |
| | | Soldering | | |
| | ต้ม 40 ชั่วโมง-แช่-ล้าง (Na Cl 40I) | Welding | Immerging 8 hr-Cleaning | |
| | | Soldering | | |
| Acitic 5% | ต้ม 8 ชั่วโมง-ล้าง (Acitic A8C) | Welding | Cleaning | 8 |
| | | Soldering | | |
| | ต้ม 8 ชั่วโมง-แช่-ล้าง (Acitic A8I) | Welding | Immerging 8 hr-Cleaning | |
| | | Soldering | | |
| | ต้ม 40 ชั่วโมง-ล้าง (Acitic A40C) | Welding | Cleaning | 40 |
| | | Soldering | | |
| | ต้ม 40 ชั่วโมง-แช่-ล้าง (Acitic A40I) | Welding | Immerging 8 hr-Cleaning | |
| | | Soldering | | |