

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

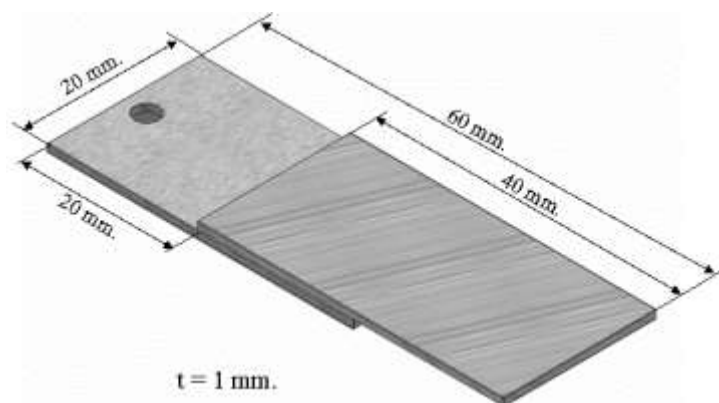
3.1 แผนการดำเนินการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. การจัดเตรียมข้อมูล ทฤษฎีเบื้องต้น ในการดำเนินงานวิจัย	↔											
2. การจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์การทดลอง		↔										
3. เก็บตัวอย่างแหล่งน้ำทะเลลึกกำหนดและวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี		↔	↔									
4. ทำการทดสอบอัตราการกัดกร่อนของรอยต่อเกล		↔	↔									
5. วิเคราะห์อัตราการกัดกร่อน			↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔			
6. วิเคราะห์ผิวและรูปแบบการกัดกร่อน				↔	↔	↔	↔	↔	↔			
7. วิเคราะห์ผลการทดลอง					↔	↔	↔	↔	↔			
8. สรุปผลการทดลองและเผยแพร่งานวิจัย										↔	↔	↔

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ คือ เหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 (คาร์บอน 0.13 - 0.18% แมงกานีส 0.3-0.6% ฟอสฟอรัส 0.04% ซัลเฟอร์ 0.05%) และอลูมิเนียม AA1100 (อลูมิเนียม 99.0% ทองแดง 0.05-0.2% ซิลิกอน 0.5-0.65% แมงกานีส 0.05% สังกะสี 0.10% และอื่นๆ 0.15%) วัสดุทั้งสองมีขนาดความกว้าง 20 มม. ยาว 40 มม. และหนา 1 มม. ใช้จำนวนชนิดละ 41 ชิ้น ทดสอบ/ 1 น้ำทดสอบ โดยแต่ละสภาวะการทดสอบได้ทำการทดสอบซึ่งเป็นจำนวน 5 ครั้ง เพื่อการ



รูปที่ 3.1 มิติของชิ้นงานทดสอบ

วิเคราะห์ข้อมูลที่เที่ยงตรง ทำการต่อเกลที่ระยะ 20 มม. แสดงดังรูปที่ 3.1 ทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มม. ที่เหล็กเพื่อใช้สำหรับแขวนชิ้นงานทดสอบ

3.2.2 สารละลายที่ใช้ในการทดสอบ

ใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2.5% 3.5% และ 4.5% ตามลำดับ ในน้ำกรองบริสุทธิ์ ซึ่งคำนวณปริมาณสารละลายได้โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM G2-88 [23] หาได้จากพื้นที่ผิวของวัสดุทดสอบขณะทำการต่อเกลเรียบร้อย แล้วดังรูปที่ 3.1 คำนวณจาก

พื้นที่ผิวของชิ้นงานทดสอบ 1 ชิ้น

$$= 2(20 \times 40) + 2(20 \times 20) + 4(1 \times 20) + 4(1 \times 40) \text{ มม.}$$

$$= 2640 \text{ ตารางมิลลิเมตร}$$

$$= 26.4 \text{ ตารางเซนติเมตร}$$

ใช้สารละลายในการทดสอบ โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM สามารถคำนวณได้จาก

$$V = A \cdot n \cdot r \quad \text{เมื่อ} \quad V = \text{ปริมาณของน้ำในการทดสอบ}$$

$$A = \text{พื้นที่ผิวของชิ้นงานทดสอบต่อเกล}$$

$$n = \text{จำนวนชิ้นงานทดสอบ}$$

$$r = \text{อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวชิ้นงานทดสอบต่อสารละลาย}$$

ใช้ชิ้นงานทดสอบทั้งหมด 41 ชิ้น จะได้พื้นที่ผิวรวมทั้งหมด

$$= 41 \times 26.4 \text{ ตารางเซนติเมตร}$$

$$= 1082.4 \text{ ตารางเซนติเมตร}$$

ซึ่งการทดสอบการกัดกร่อนแบบจุ่มใช้สารละลายอย่างน้อย 20 มิลลิลิตรต่อตารางเซนติเมตร (r)

ดังนั้น การทดสอบนี้ใช้สารละลายทั้งสิ้น $1082.4 \times 20 = 21.648$ ลิตร

3.2.3 การออกแบบชุดทดสอบอัตราการกัดกร่อนแบบจุ่ม

จากการออกแบบชุดควบคุมตัวแปรการทดสอบการกัดกร่อนแบบจุ่มนี้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM G31-72 [21] ได้มีการนำชุดทดสอบนี้มาทำการประยุกต์เพื่อให้เหมาะสมกับงานวิจัยนี้และให้มีความใกล้เคียงกับมาตรฐานเพื่อให้เกิดความแม่นยำกับผลการทดลองมากที่สุด จึงได้มีการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบอัตราการกัดกร่อนแบบจุ่มได้ดังนี้

1) ชุดควบคุมตัวแปร

- ตู้กระจก เป็นตู้ที่ทำจากกระจกใสมีขนาดสามารถบรรจุน้ำได้ในปริมาณ 21.648 ลิตร โดยได้จากการคำนวณสารละลายที่ใช้ในการทดสอบตามข้อที่ 3.2.2 ซึ่งมีขนาดกว้าง 210 มม. ยาว 410 มม. สูง 260 มม. และหนา 5 มม. สามารถบรรจุน้ำทดสอบได้สูงสุด 22.386 ลิตร จำนวน



รูปที่ 3.2 ตู้กระจกที่ติดแผ่นยางเรียบร้อยแล้ว

2 ตู้ จากนั้นใช้แผ่นยางหนา 1 มม. กว้าง 40 มม. ตัดรอบๆขอบตู้ด้านบนของตู้กระจกเพื่อใช้รองฝาปิดป้องกันไม่ให้อากาศเข้าสู่ภายในตู้กระจกได้แสดงดังรูปที่ 3.2

- ฝาปิดตู้กระจก ทำจากแผ่นอะคลิลิกหนา 7 มม. เป็นวัสดุที่คงทนต่อการกัดกร่อนในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ตัดให้มีขนาดที่สามารถปิดตู้กระจกได้พอดี ซึ่งมีความกว้าง 204 มม. และยาว 404 มม. จากนั้นทำการเจาะรูให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดเท่ากับจุกยางที่จะนำมาสวมใส่ได้อย่างแน่นพอดี จำนวน 5 รู (ท่อลม 3 รู ท่ออากาศ 1 รู และเทอร์โมมิเตอร์ 1 รู) ซึ่งแต่ละรูมีระยะห่าง แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ฝาปิดตู้กระจก

- ท่อลม ทำจากหลอดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 มม. และมีความยาว 350 มม. ใช้สำหรับส่งผ่านลมเข้าไปในตู้ควบคุมตัวแปร นำไปสวมกับจุกยางที่เตรียมไว้สำหรับนำไปสวมกับฝาปิดใช้จำนวน 3 ท่อ / 1 ตู้ควบคุม แสดงดังรูปที่ 3.4 (ก) ซึ่งต่อเข้ากับสายยางที่เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 มม. ยาว 750 มม. และเครื่องปั๊มลมขนาดเล็ก ดังรูปที่ 3.4 (ข) และ (ค) ตามลำดับ



(ก) ท่อลม

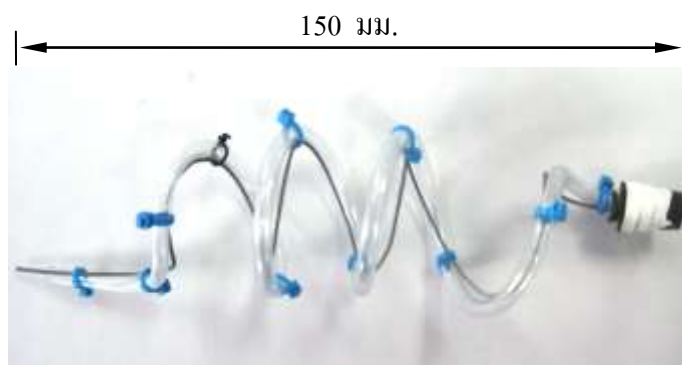


(ข) สายยาง



(ค) เครื่องปั๊มลมขนาดเล็ก
รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ส่งผ่านลม

- ท่อระบายอากาศ ทำจากสายยางขนาดเล็กใช้สำหรับระบายอากาศภายในตู้ควบคุมตัวแปรออกหลังจากการส่งลมเข้าไปจากท่อลม ทำให้มีลักษณะเป็นเกลียวมีความสูง 150 มม. เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียโดยตรงจากการระเหยออกไปกับอากาศภายในตู้ทดสอบ แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ท่อระบายอากาศ

- เทอร์โมมิเตอร์ สวมจุกยางเข้าไปในเทอร์โมมิเตอร์เพื่อใช้อ่านค่าอุณหภูมิภายในตู้ทดลองตามที่ตั้งไว้ตามตู้ควบคุมอุณหภูมิ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เทอร์โมมิเตอร์

- ที่แขวนชิ้นงานทดสอบ ทำจากวัสดุที่เป็นอะคลีลิกเนื่องจากอะคลีลิกเป็นวัสดุที่มีสมบัติทนต่อการกัดกร่อนและทนต่ออุณหภูมิที่สูงได้ [24] เนื่องจากต้องแช่อยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นตลอดระยะเวลาการทดสอบ ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

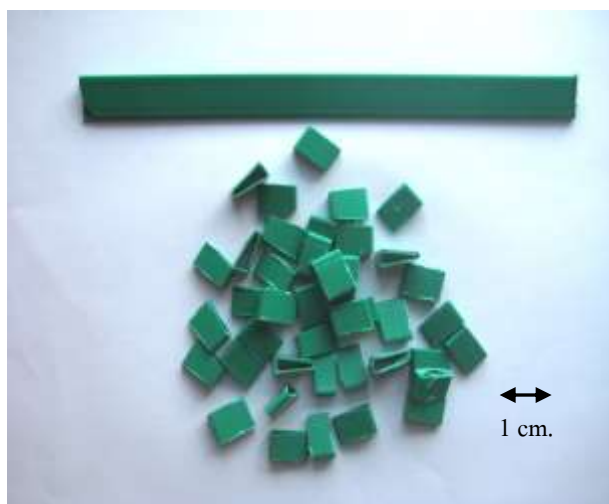
- ขาดั่ง มีขนาดความกว้าง 10 มม. ยาว 140 มม. และหนา 10 มม. จำนวน 4 ชิ้น/ 1 ตู้ควบคุม
- จานรองที่แขวน มีขนาดกว้าง 20 มม. ยาว 195 มม. และหนา 2 มม. จำนวน 2 ชิ้น/ 1 ตู้ควบคุม และขนาดกว้าง 10 มม. ยาว 38 มม. จำนวน 2 ชิ้น/ 1 ตู้ควบคุม
- กานสำหรับแขวน มีขนาดกว้าง 2 มม. ยาว 400 มม. และหนา 2 มม. จำนวน 2 ชิ้น/1 ตู้ควบคุม ทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.2 มม.

โดยวัดจากขอบตามยาวเข้าไป 4 มม. และวัดจากขอบความกว้างเข้าไป 4 มม. แต่ละรูห่างกัน จากศูนย์กลางรูเจาะ 32 มม. ทำการเจาะรูจำนวน 11 รู/ 1 ด้านสำหรับแหวนชิ้นงาน 1 ด้าน



รูปที่ 3.7 ที่แขวนชิ้นงานพร้อมแหวนชิ้นงานทดสอบ

- คลิปหนีบชิ้นงานทดสอบ ใช้คลิปหนีบชิ้นงานทดสอบขณะทำการต่อเกยทำจากวัสดุอะคริลิกตัดให้มีขนาดกว้าง 10 มม. หรือขนาดที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้ชิ้นงานหลุดออกจากกัน จำนวน 82 ชิ้น/ 1 น้ำทดสอบ ดังรูปที่ 3.8

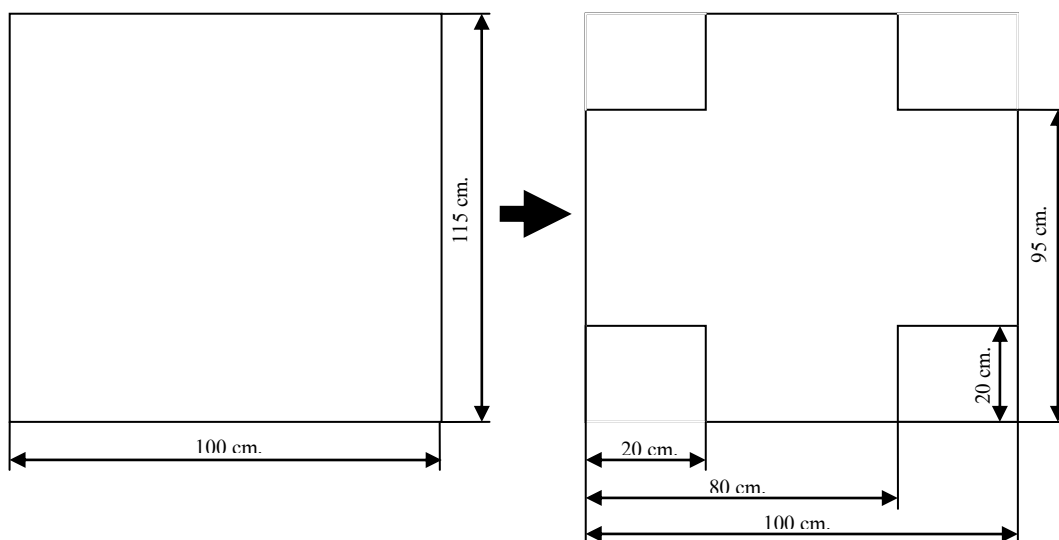


รูปที่ 3.8 คลิปหนีบรอยต่อเกย

2) ชุดควบคุมอุณหภูมิ

ชุดควบคุมอุณหภูมิการทดสอบอัตราการกัดกร่อนของรอยต่อเกาะระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 และอลูมิเนียม AA 1100 โดยทำการออกแบบตามมาตรฐาน ASTM G31-72 [21] มีส่วนประกอบและขั้นตอนดังนี้

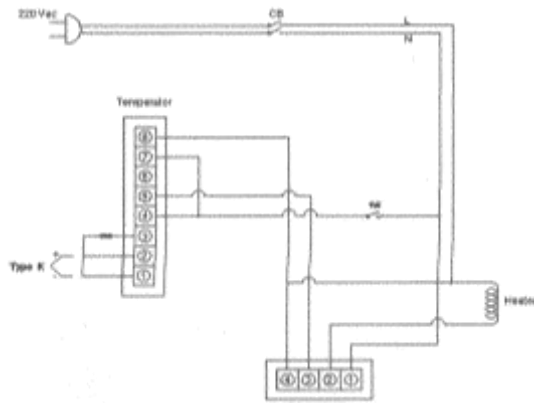
- ชุดอ่างให้ความร้อน ทำจากแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนหนา 1 มม. กว้าง 100 ซม. และยาว 115 ซม. ตัดมุมทั้ง 4 ออกขนาด 20 x 20 ซม. ตามรูปที่ 3.9 ทำการพับให้มีลักษณะเป็นกล่องขนาดยาว 75 ซม. กว้าง 60 ซม. และสูง 20 ซม. ทำการเชื่อมจุดที่มุมของขอบอ่างด้วยเครื่องเชื่อมจุดและทำการบัดกรีขอบด้านในเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำที่จะใส่เข้าไปภายใน จากนั้นทำการติดตั้งขดลวดทำความร้อนเพื่อทำการให้น้ำในอ่างมีอุณหภูมิที่ต้องการแสดงดังรูป 3.10 จะได้ชุดอ่างให้ความร้อนตามที่ออกแบบไว้อย่างสมบูรณ์



รูปที่ 3.9 แผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนพร้อมทำการพับขึ้นรูปอ่างให้ความร้อน



รูปที่ 3.10 อ่างให้ความร้อนที่พับขึ้นรูปและติดตั้งขดลวดให้ความร้อนเรียบร้อยแล้ว



(ก) แผนวงจร



(ข) ตู้ควบคุม



(ค) ติดตั้งตู้ควบคุมเข้ากับอ่างให้ความร้อน

รูปที่ 3.11 ชุดควบคุมอุณหภูมิในการทดสอบ

- ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

ทำการต่อแผงวงจรไฟฟ้าในตู้ควบคุมมาตรฐานขนาด 20x25x15 ซม. โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับควบคุมดังนี้ ตัวตัดอุณหภูมิ (Thermostat) เครื่องวัดอุณหภูมิโซลิดสเตตรีเลย์ หลอดไฟแสดงการทำงานต่างๆ ต่อโยงเข้ากับขดลวดให้ความร้อนกับอ่างให้ความร้อนเพื่อใช้ควบคุมความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอ่างให้ความร้อนจะได้ชุดควบคุมการทดสอบการกัดกร่อนที่ทำการติดตั้งเข้ากับชุดอ่างให้ความร้อนแสดง แสดงดังรูปที่ 3.11 (ก) (ข) และ (ค) ตามลำดับ เมื่อได้ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ทำการต่อกับชุดอ่างให้ความร้อนเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจึงนำชุดควบคุมตัวแปรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ ตู้ควบคุมตัวแปร ฝาปิด ท่อระบายอากาศ ท่อลม เทอร์มิเตอร์

สายยาง เครื่องปั๊มลมขนาดเล็ก และ ตัวตัดอุณหภูมิ ประกอบเข้าด้วยกัน แล้วนำไปใส่ไว้ในอ่างให้ ความร้อน จะได้ชุดทดลองอัตราการกัดกร่อนที่พร้อมทดสอบ แสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ชุดควบคุมตัวแปรพร้อมทำการทดสอบที่สร้างขึ้นอ้างอิงตาม ASTM G31-72

3.3 กระบวนการทดสอบ

จากกระบวนการทดลองการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และอิทธิพลของอุณหภูมิต่ออัตราการกัดกร่อนของรอยต่อเกาะระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 กับอลูมิเนียม AA1100 ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้

3.3.1 จัดชิ้นงานทดสอบที่เตรียมไว้ด้วยกระดาษทรายเบอร์ 240 และ 500 ตามลำดับ ให้ทั่ว บริเวณพื้นผิวของเหล็กและอลูมิเนียมล้างในอ่างอะซิโตนและวาล์วในเครื่องล้างชิ้นงานอัลตรา โซนิคเป็นเวลา 10 นาที เพื่อกำจัดเศษที่เกิดจากการขัดแล้วนำไปเป่าด้วยลมร้อน เพื่อให้ชิ้นงานแห้งสนิทก่อนนำไปชั่งน้ำหนักก่อนนำไปแช่ในน้ำทดสอบ ดังรูปที่ 3.13 (ก) (ข) และ (ค) ตามลำดับ

3.3.2 นำชิ้นงานทดสอบไปทำการต่อเกลียวโดยที่เหล็กจะอยู่ด้านบนเพื่อใช้สำหรับแขวน ชิ้นงานที่ทำการต่อเกลียวแล้วทำการต่อเกลียวที่ระยะ 20 มม. จากนั้นหนีบด้วยคลิปหนีบที่เตรียมไว้ 2 ข้าง เพื่อไม่ให้ชิ้นงานหลุดออกจากกัน ดังรูปที่ 3.14

3.3.3 นำชิ้นทดสอบทั้งหมดใส่ที่แขวนชิ้นงานข้างนอกตู้ควบคุมตัวแปรโดยเรียงลำดับตาม ผลการบันทึกข้อมูลของน้ำหนักที่ทำการชั่งเก็บข้อมูลก่อนทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว เพื่อความ สะดวกต่อการเก็บข้อมูลในการวัดค่าอัตราการกัดกร่อนต่อไป ดังรูปที่ 3.15



(ก) จัดชิ้นงานทดสอบ

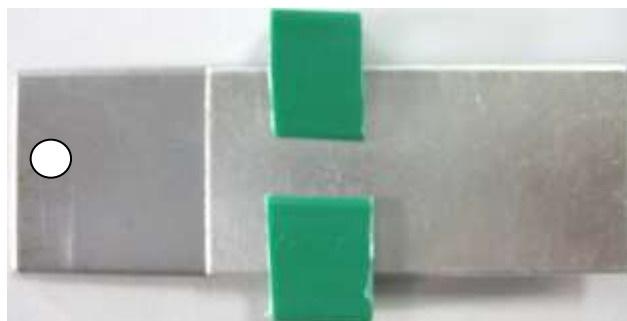


(ข) เป่าชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องเป่าลมร้อน

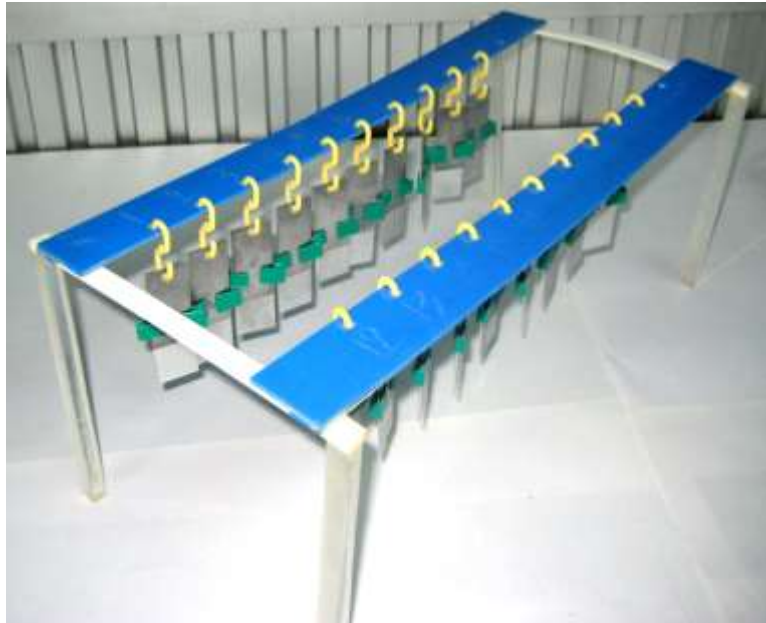


(ค) ชั่งน้ำหนักชิ้นงานทดสอบ

รูปที่ 3.13 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ



รูปที่ 3.14 ชิ้นงานทดสอบขณะหนีบด้วยคลิปพร้อมแขวนเตรียมลงแช่น้ำทดสอบ



รูปที่ 3.15 ชั้นทดสอบที่แขวนพร้อมทำการทดสอบ

3.3.4 นำชั้นทดสอบที่ได้เตรียมไว้ตามข้อ 3.3.2 ใส่งลงไปในตู้ควบคุมตัวแปรจากชุดควบคุมตัวแปรที่ได้ตั้งค่าตัวแปรต่างๆ ไว้เรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการปิดฝาตู้ควบคุมตัวแปรให้มิดชิดแล้วทำการเปิดสวิทช์เพื่อเปิดเครื่องอัดลมเข้าสู่ภายในตู้ควบคุมตัวแปรปล่อยทิ้งไว้ 3 วัน นับตั้งแต่ที่เริ่มใส่ชิ้นงานทดสอบลงไปในน้ำทดสอบ ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การประกอบสายลมและทำการทดสอบชั้นทดสอบ

3.3.5 ทำการเก็บชิ้นงานทุกๆ 3 วัน เมื่อครบ 3 วันตามกำหนด ทำการเก็บชั้นทดสอบครั้งละ 4 ชั้น แล้วนำชั้นทดสอบไปเป่าลมให้ชั้นทดสอบแห้งสนิทก่อนที่จะนำไปถ่ายภาพเพื่อคุณลักษณะของสัณนิษฐานที่เกิดขึ้นบนผิวของชิ้นงานที่ระยะเวลาต่างๆ ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การเป่าลมชิ้นทดสอบให้แห้ง

3.3.6 การล้างสนิมของชิ้นงานทดสอบโดยทำตามมาตรฐาน ASTM G1-90 [22] ได้ดังนี้

- ทำความสะอาดชิ้นทดสอบโดยขัดด้วยขนแปรง (Bristle brush) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด เพื่อปรับพื้นผิวของชิ้นงานให้มีความเรียบสม่ำเสมอ
- นำชิ้นทดสอบมาทำสะอาดด้วยวิธีการทางเคมีซึ่งเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 จะทำความสะอาดในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับเกล็ดสังกะสีและกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้น 40% และทำความสะอาดอลูมิเนียม 1100 ในสารละลาย กรดไนตริกซึ่งมีวิธีการล้างที่แตกต่างกัน แสดงดังรูปที่ 3.18 (ก) และ (ข)



(ก) การล้างสนิมเหล็ก

(ข) การล้างสนิมอลูมิเนียม

รูปที่ 3.18 วิธีการล้างสนิมของเหล็กและอลูมิเนียม

- นำชิ้นทดสอบที่ทำการล้างสนิมเรียบร้อยแล้วไปทำความสะอาดอีกครั้งด้วยอะซิโตนเพื่อกำจัดเศษสนิมที่หลงเหลืออยู่บนชิ้นทดสอบให้หมดไป นำไปเป่าลมให้แห้งทันทีแล้วนำไปชั่งน้ำหนักหลังการทดสอบ

ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 3 วัน ครั้งละ 4 ชิ้นทดสอบ แล้วทำการล้างสนิมตามขั้นตอนข้างต้นหลังการเก็บชิ้นทดสอบทันที

3.3.7 น้ำชิ้นงานทดสอบที่ได้จากการทดลองที่เกิดการกัดกร่อนดีที่สุดที่สุดไปทำการตรวจสอบหาปริมาณธาตุที่เกิดขึ้นด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (SEM) ต่อไป