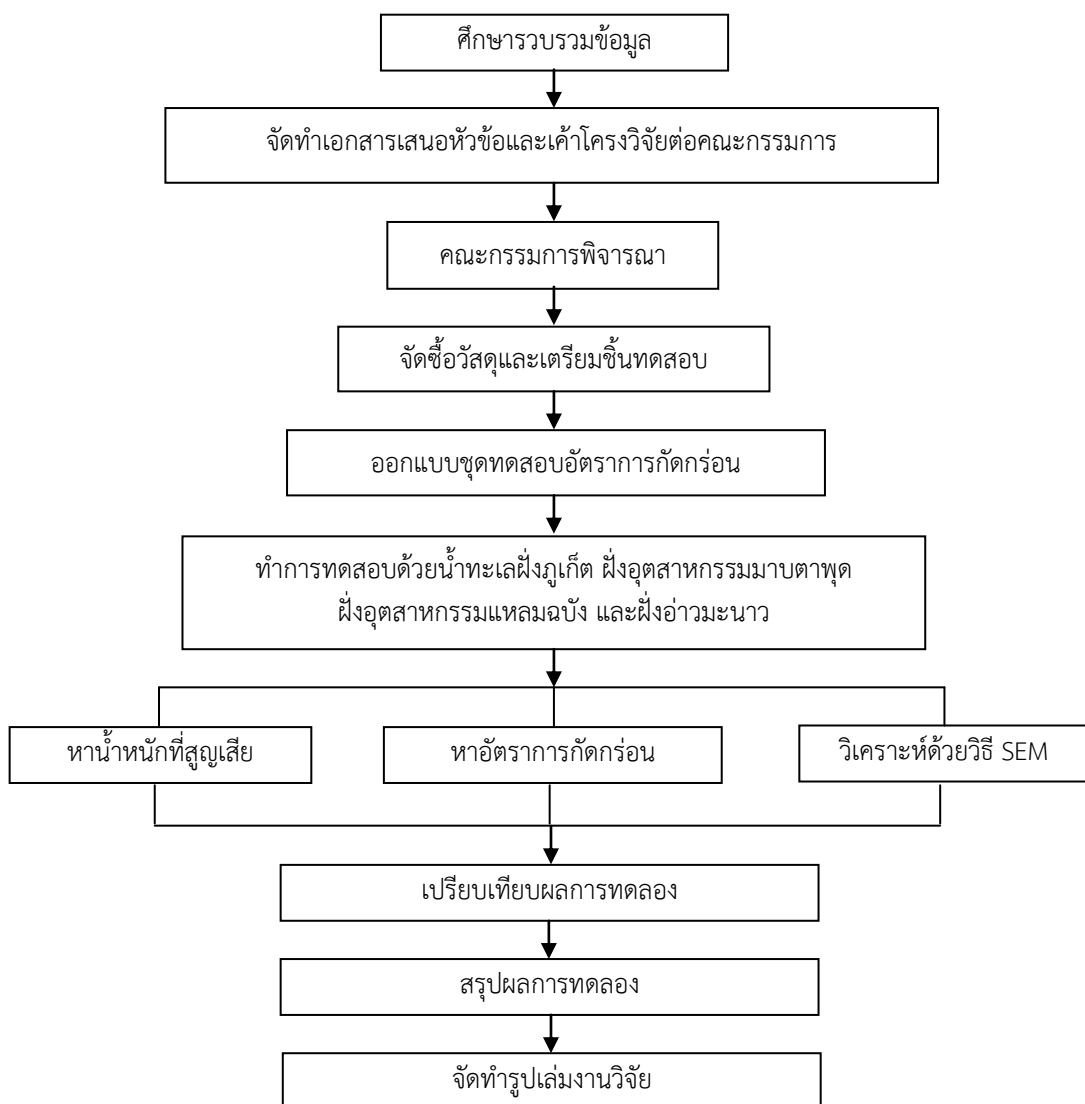


บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานการทดสอบอัตราการกักต่อนของรอยต่อเกราะหว่างเหล็กกล้าคาร์บอนกับอะลูมิเนียมในแหล่งน้ำทะเลต่างๆ ได้แก่ น้ำทะเลฝั่งภูเก็ต น้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมมาบตาพุด น้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมแหลมฉบัง และน้ำทะเลฝั่งอ่าวมะนาว ซึ่งการทดลองนี้ได้ใช้ระยะเวลาในการทดสอบค่อนข้างเหมาะสม จึงได้กำหนดแผนการดำเนินงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เสร็จตามซึ่งรายละเอียดของการวางแผนการดำเนินงานโดยมีแผนภาพการไหลกระบวนการการทดลองดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพการไหลกระบวนการในการทำวิจัย

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

วัสดุที่ใช้ในการทดสอบอัตราการกัดกร่อนคือ อะลูมิเนียมเกรด AA 1100 และเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด AISI 1015 ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมี แสดงดังตารางที่ 3.1

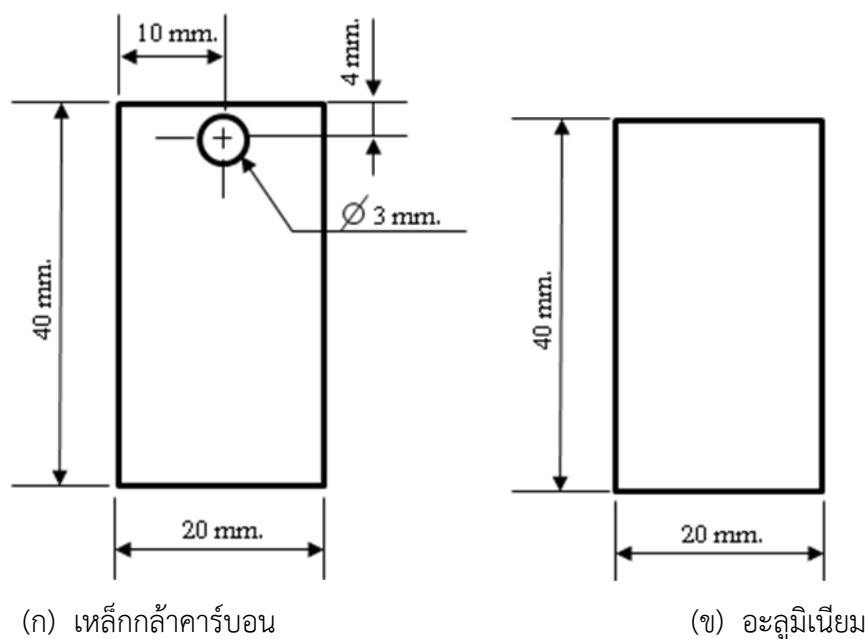
ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมทางเคมีของวัสดุทดสอบ

อะลูมิเนียม AA1100	เหล็กกล้าคาร์บอน AISI1015
อะลูมิเนียม	เหล็ก
ทองแดง 0.20 %	คาร์บอน 0.18%
ซิลิกอน 0.65 %	แมงกานีส 0.60 %
แมงกานีส 0.05 %	ซิลเฟอร์ 0.05 %
สังกะสี 0.10 %	ฟอสฟอรัส 0.04 %
อื่นๆ 0.15 %	อื่นๆ 0.13 %

3.2.1 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

ขนาดของอะลูมิเนียมและเหล็ก มีขนาดความกว้าง 20 มม. ยาว 40 มม. และหนา 1 มม. ทำการเจาะรูที่เหล็กเพื่อใช้ในการแขวนชิ้นงานทดสอบจุ่มในน้ำทดสอบ ซึ่งกำหนดขนาดของวัสดุตามมาตรฐาน ASTM G2-88 [19] แสดงดังรูป 3.2

ก) นำเหล็กและอะลูมิเนียมไปทำการขัดขอบชิ้นงานที่เกิดรอยเย็นจากการตัด และทำการขัดที่ผิวทั้งหมดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 เพื่อกำจัดออกไซด์ที่ผิวของชิ้นงานและคราบสกปรก แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 ขนาดของชิ้นงานทดสอบ

ข) ทำความสะอาดชิ้นงานอีกครั้งด้วยอะซิโตนเพื่อล้างคราบสกปรกที่เกิดจากการขัด แล้วนำไปเป่าด้วยเครื่องเป่าลมร้อน เพื่อให้ชิ้นงานแห้งสนิทก่อนนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าของวัสดุทั้งสองชนิดก่อนนำไปทำการจุ่มแช่ในน้ำทดสอบ ดังรูปที่ 3.4 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ

ค) ทำการต่อเกยเหล็กและอะลูมิเนียมที่ระยะผิวสัมผัสของชิ้นงานทดสอบทั้งสอง 20 มม.หนีบด้วยคลิปพลาสติก 2 ข้างเพื่อไม่ให้ชิ้นงานทั้งสองหลุดออกจากกัน ใช้ชิ้นงานทดสอบทั้งสอง 41 ชิ้น/ 1 น้ำทดสอบ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.3 ขัดผิวของชิ้นงานทดสอบ



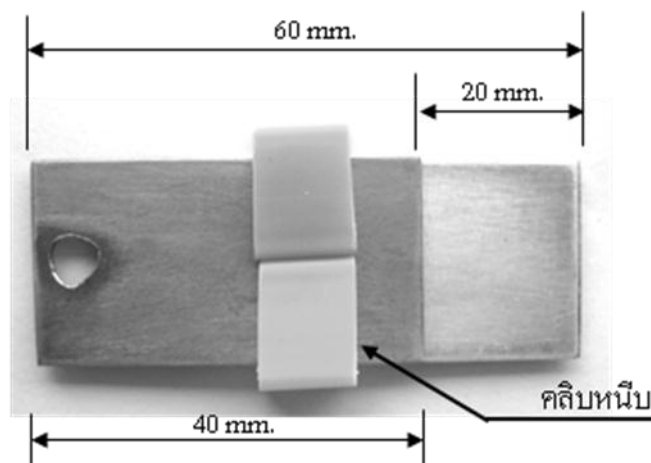
รูปที่ 3.4 ล้างชิ้นงานด้วยอะซิโตน



รูปที่ 3.5 เป่าชิ้นงานด้วยเครื่องเป่าลมร้อน



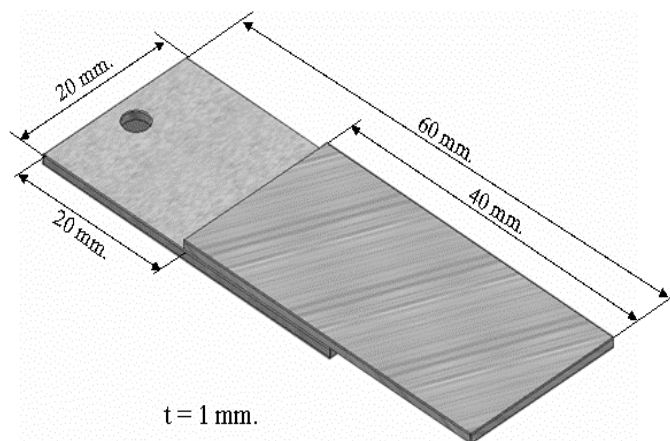
รูปที่ 3.6 ชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนทำการทดสอบ



รูปที่ 3.7 ลักษณะการต่อเกยวัสดุพร้อมทำการทดสอบ

3.2.2 การออกแบบอุปกรณ์ชุดทดสอบ

คำนวณหาปริมาณน้ำทดสอบโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM G2-88 [19] พื้นที่ผิวชิ้นงานทดสอบที่ทำการต่อเกยเรียบร้อยแล้ว 1 ชิ้น แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การหาพื้นผิวชิ้นงานทดสอบ

$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ผิว} &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} & (3.1) \\
 \text{พื้นที่ผิวหลัก} &= (20 \times 20) + (20 \times 40) + 2(1 \times 20) + 2(1 \times 40) \\
 &= 1440 \quad \text{ตารางมิลลิเมตร} \\
 \text{พื้นที่ผิวอะลูมิเนียม} &= (20 \times 20) + (20 \times 40) + 2(1 \times 20) + 2(1 \times 40) \\
 &= 1440 \quad \text{ตารางมิลลิเมตร} \\
 \text{พื้นที่ผิวรวม (A)} &= 1440 + 1440 \quad \text{ตารางมิลลิเมตร} \\
 &= 2880 \quad \text{ตารางเซนติเมตร}
 \end{aligned}$$

$$\text{ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดสอบ (V)} = A \cdot n \cdot r \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned}
 \text{เมื่อ } V &= \text{ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดสอบ} \\
 A &= \text{พื้นที่ผิวชิ้นงานทดสอบ} \\
 n &= \text{จำนวนชิ้นงานทดสอบ (41 ชิ้น/ 1 น้ำทดสอบ)} \\
 r &= \text{อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวชิ้นงานทดสอบต่อสารละลาย} \\
 &\quad (20 \text{ มม./ตร.ซม.})
 \end{aligned}$$

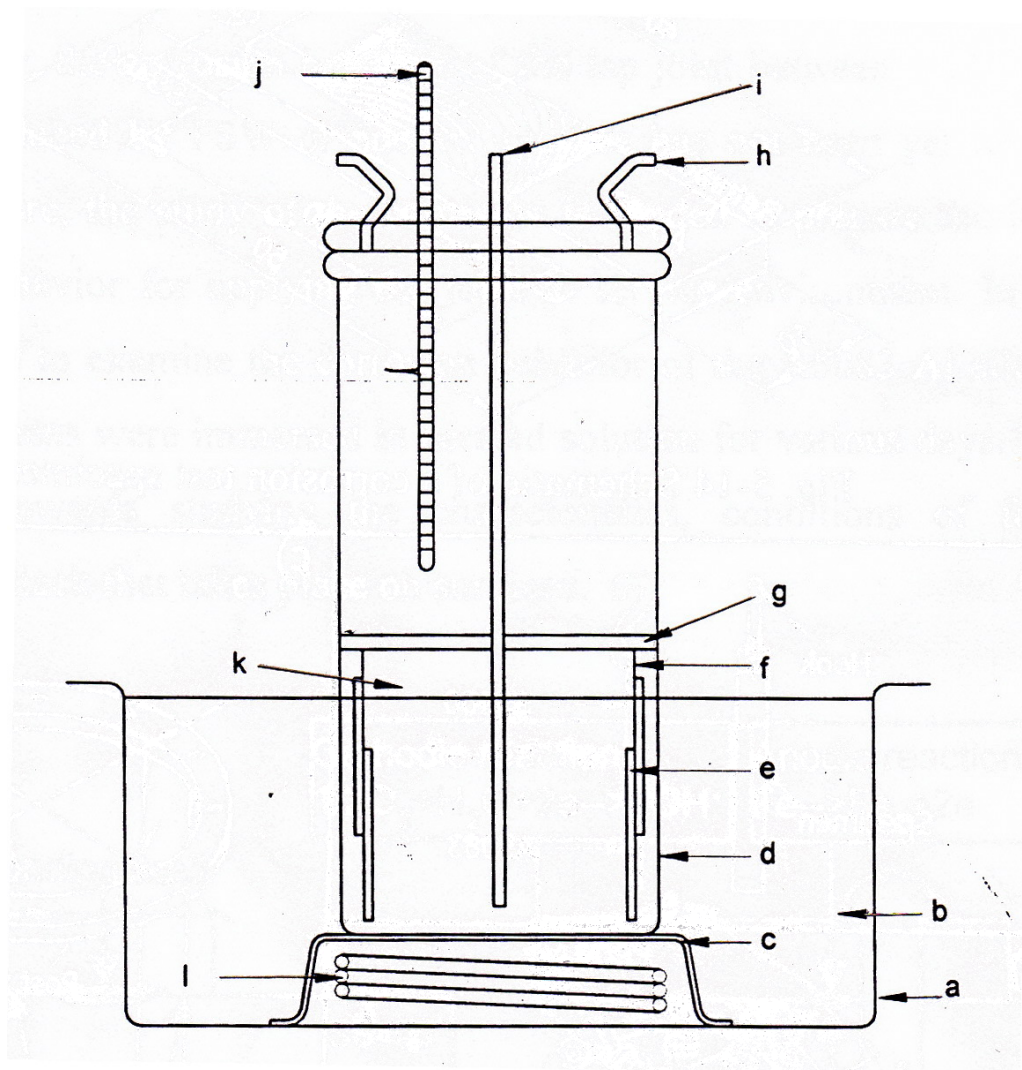
$$\text{แทนค่า } V = 2880 \times 41 \times 20$$

$$\text{ดังนั้น ปริมาณน้ำที่จะใช้ในการทดสอบ (V)} = 23.616 \text{ ลิตร}$$

ก) หลักการออกแบบอุปกรณ์ทดสอบการกัดกร่อน

ทำการออกแบบชุดทดสอบการหาอัตรากัดกร่อนในแหล่งน้ำทะเลไทยตามมาตรฐาน ASTM G31-72[20] ดังรูปที่ 3.9

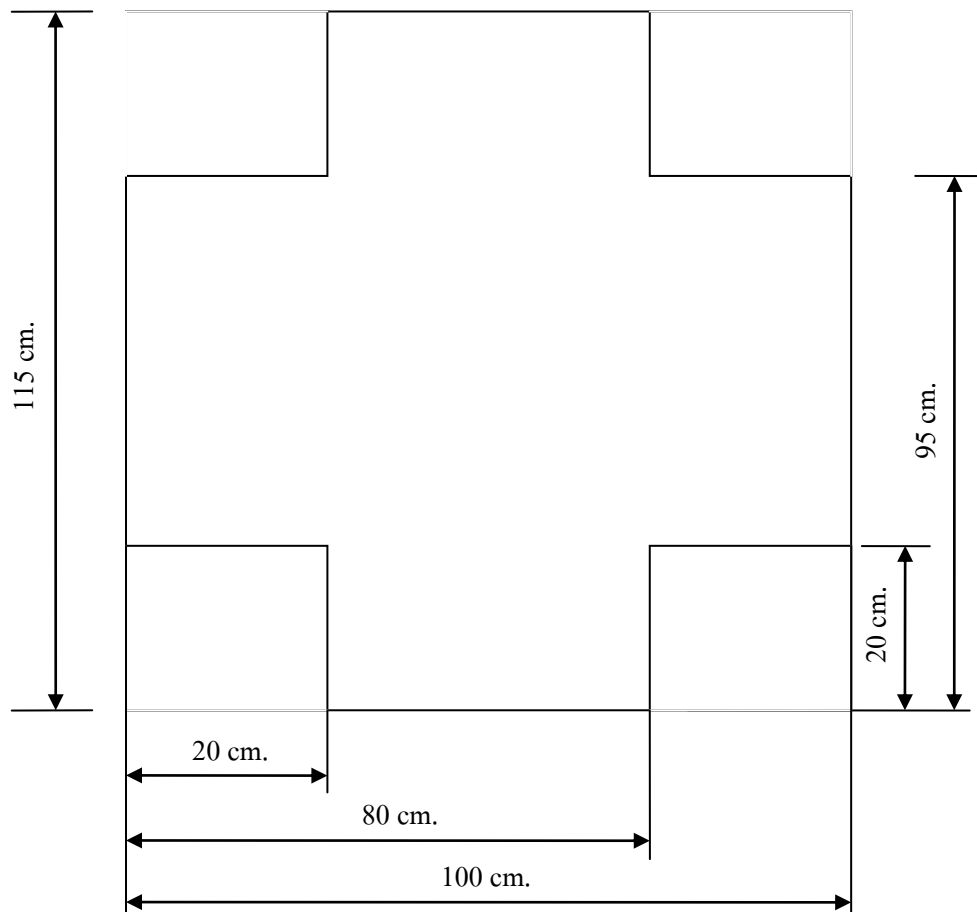
จากการออกแบบชุดควบคุมตัวแปรการทดสอบการกัดกร่อนแบบจุ่มนี้ตามมาตรฐาน ASTM ได้มีการนำชุดทดสอบมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ เพื่อให้การทดสอบเกิดความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด ซึ่งได้ทำการออกแบบวัสดุและอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับมาตรฐาน เพื่อใช้ในการทำการทดสอบอัตราการกัดกร่อนระหว่างรอยต่อเกลียวของเหล็กและอะลูมิเนียมจากน้ำทะเล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.9 ชุดทดสอบการกักความร้อน (a) อ่างให้ความร้อน (b) น้ำร้อน (c) ขารองตู้ (d) ตู้ทดสอบ (e) วัสดุตัวอย่าง (f) ตะขอแขวน (g) ที่แขวนชิ้นงาน (h) ท่อระบายอากาศออก (i) ท่อลมเข้า (j) เทอร์โมมิเตอร์ (k) น้ำทดสอบ และ (l) ขดลวดให้ความร้อน [18]

- อ่างให้ความร้อน

- นำแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีขนาดกว้าง 100 มม. ยาว 115 ซม. และหนา 0.5 มม. มาตัดมุมทั้ง 4 ข้างออกขนาดกว้าง 20 ซม. และยาว 20 ซม. โดยวัดจากขอบนอกที่มุม แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ขนาดของแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีก่อนทำการพับขึ้นรูป

- ทำการพับขึ้นรูปแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีที่ได้เตรียมไว้ จะได้อ่างแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีขนาดกว้าง 60 ซม. ยาว 75 ซม. สูง 20 ซม. แล้วทำการเชื่อมจุดที่บริเวณมุมทั้งสี่ด้านของขอบอ่าง จากนั้นนำไปบัดกรีที่ขอบด้านในเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำภายในอ่าง และเจาะรูที่ผนังด้านล่าง 2 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 มม. ระยะห่างระหว่างรูในขนาดที่เหมาะสม ดังรูปที่ 3.11

- ใช้ขดลวดให้ความร้อน (Heater) บริเวณรูที่เจาะเพื่อเตรียมต่อเข้ากับตู้ควบคุมอุณหภูมิ แสดงดังรูปที่ 3.12

- ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

- ใช้ตู้โลหะมาตรฐานขนาด 20 × 25 × 15 ซม.
- ติดตั้งเครื่องตัดอุณหภูมิ (Thermostart)
- ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermostart)
- ติดตั้งโซลิตสตอร์รี่เลย์
- ติดตั้งหลอดไฟแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ

ทำการต่อตู้ควบคุมอุณหภูมิ เข้ากับอ่างให้ความร้อนที่ได้เตรียมไว้เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของขดลวดให้ความร้อน (Heater) ซึ่งมีการต่อวงจรไฟฟ้าภายในตู้ควบคุมและการต่อเข้ากับอ่างให้ความร้อน อธิบายดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.11 อ่างให้ความร้อนที่เจาะรูเรียบร้อยแล้ว



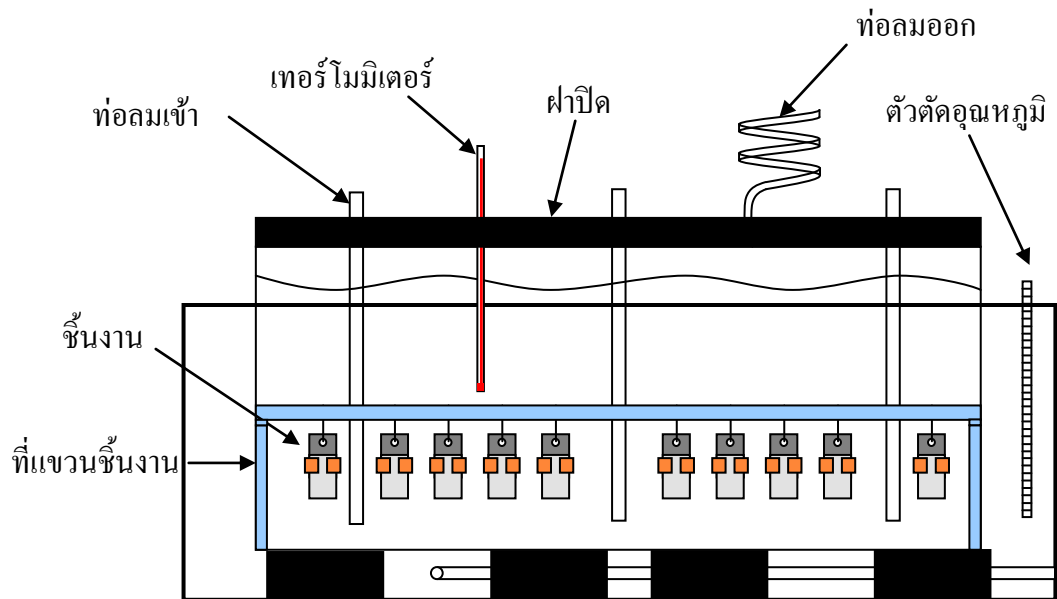
รูปที่ 3.12 อ่างให้ความร้อนที่ทำการติดตั้ง (Heater) แล้ว



รูปที่ 3.13 ชุดควบคุมอุณหภูมิในการทดสอบการกัดกร่อน

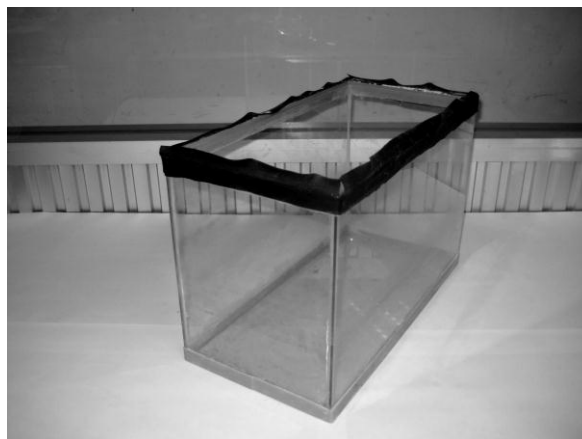
- ตัวควบคุมตัวแปร

ออกแบบตู้ทดสอบการกัดกร่อนตามมาตรฐาน ASTM G31-72[20] ดังรูปที่ 3.14



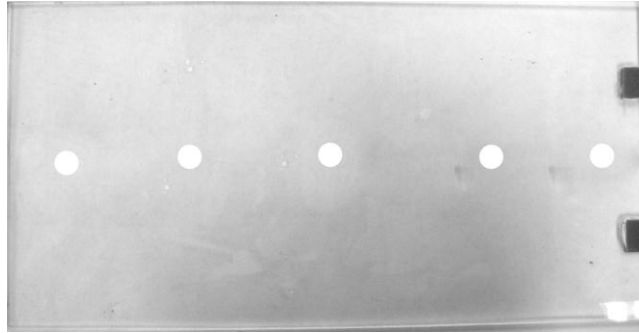
รูปที่ 3.14 แบบตู้ทดสอบการกัดกร่อน

- เตรียมตู้กระจกขนาด 25.830 ลิตร กว้าง 210 มม. ยาว 410 มม. สูง 300 มม. ตู้มีความหนา 5 มม. พร้อมติดแผ่นยางบางๆ ที่ขอบเพื่อป้องกันอากาศเข้า และการระเหยของน้ำออก บริเวณขอบตู้ แสดงดังรูปที่ 3.15

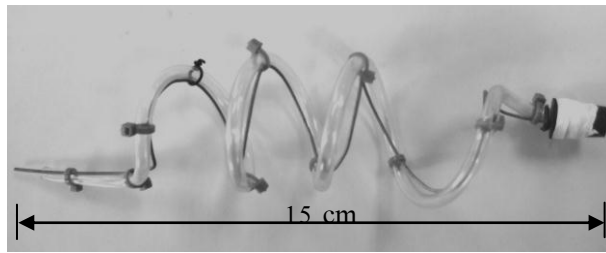


รูปที่ 3.15 ตู้กระจกที่ติดแผ่นยางกันอากาศเข้าออก

- นำฝาของตู้กระจก ใช้แผ่นอะคริลิกขนาดกว้าง 20 ซม. ยาว 40 ซม. หนา 0.5 ซม. ทำการเจาะรูเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. จำนวน 5 รู เพื่อใช้สำหรับติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ 1 รู ท่อน้ำอากาศเข้า 3 รู และท่อระบายอากาศ 1 รู ดังรูปที่ 3.16

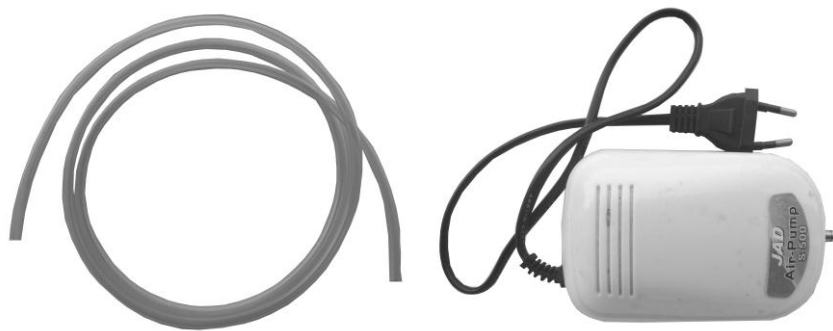


รูปที่ 3.16 ฝาปิดตู้กระจก



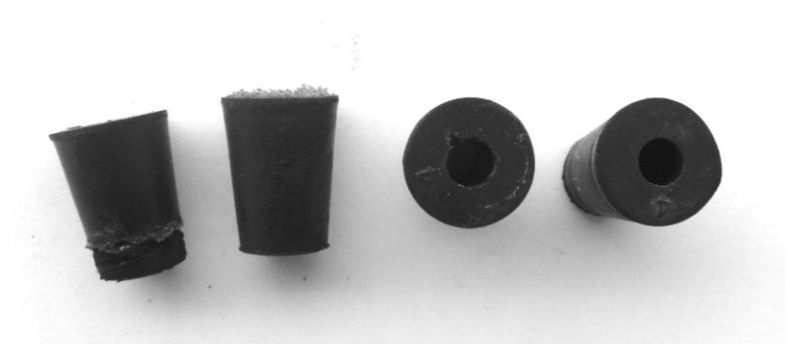
รูปที่ 3.17 ท่อระบายอากาศ

- ท่อระบายอากาศ ใช้สายยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มม. ตัดตามลวดขดเป็นเกลียวเพื่อป้องกันการระเหยออกมาของไอน้ำ ดังรูปที่ 3.17
- ตัดสายยางยาว 50 ซม. จำนวน 6 เส้น เพื่อนำไปรวมกับเครื่องปั๊มลมขนาดเล็กมีขนาดความดันเท่ากับ 0.012 MPa กับท่ออากาศเข้า ดังรูปที่ 3.18



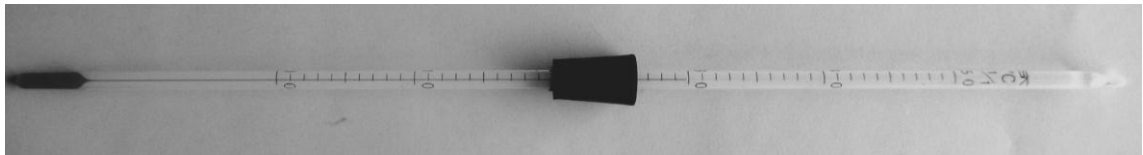
รูปที่ 3.18 เครื่องปั๊มลมขนาดเล็กกับท่ออากาศเข้า

- จุกยาง ใช้สวมอัดเข้ากับรูที่ฝาปิดที่ทำการเจาะเรียบร้อยแล้วจำนวน 5 รู ดังรูปที่ 3.19

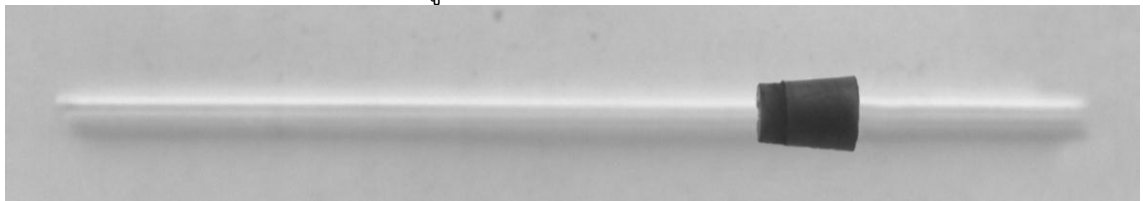


รูปที่ 3.19 จุกยาง

- นำเทอร์โมมิเตอร์และท่อแก้ว (ท่ออากาศเข้า) รวมเข้ากับจุกยาง เพื่อนำไปรวมกับฝาปิด ดังรูปที่ 3.20 และรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.20 เทอร์โมมิเตอร์



รูปที่ 3.21 ท่ออากาศเข้า



รูปที่ 3.22 อุปกรณ์สำหรับแขวนชิ้นงานทดสอบ



รูปที่ 3.23 ลักษณะตะขอแขวนชิ้นงาน

- อุปกรณ์สำหรับแขวนวัสดุทดสอบ โดยทำการตัดแผ่นอะคริลิก [22] ขนาดกว้าง 5 ซม. ยาว 38 ซม.หนา 3 มม. จำนวน 4 ชิ้น แล้วนำมาทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มม. จำนวน 22 รู และทำขาตั้งขนาดกว้าง 1.5 ซม. ยาว 1.5 ซม. สูง 10 ซม. ดังรูปที่ 3.22
- ที่แขวนชิ้นงาน ทำจากพลาสติกชนิด PVC [23] มีลักษณะเป็นรูปตัวเอส หรือสามารถแขวนชิ้นงานทดสอบได้สะดวกต่อการสวมใส่ชิ้นงานและแขวนชิ้นงาน ดังรูปที่ 3.23
- ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดเข้ากับอ่างให้ความร้อน จะได้ชุดทดสอบอัตราการกัดกร่อนดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 3.24 ชุดทดสอบการกัดกร่อน

3.2.3 กระบวนการทดสอบ

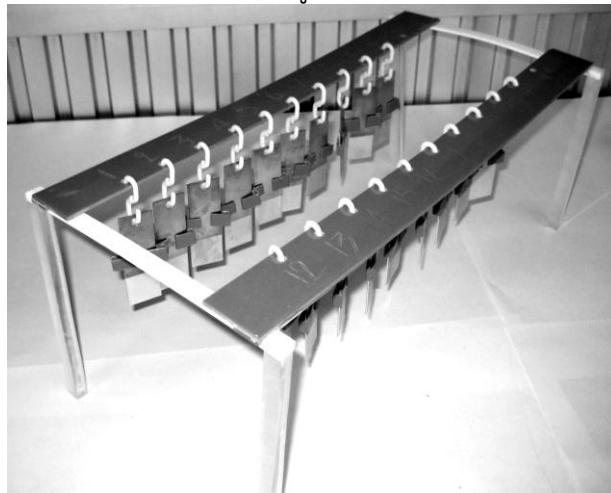
วิธีการทดสอบการศึกษาอิทธิพลของน้ำทะเลไทยต่ออัตราการกัดกร่อนของรอยต่อระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 กับอะลูมิเนียม AA1100 โดยเริ่มจากขั้นตอนตามลำดับดังนี้

ก) นำชิ้นงานทดสอบที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้วมาทำการแขวนบนอุปกรณ์แขวนวัสดุทดสอบ โดยเรียงลำดับตามผลการบันทึกข้อมูลของน้ำหนักที่ทำการชั่งเก็บข้อมูลก่อนทำการทดสอบเรียบร้อยแล้วดังรูปที่ 3.25 เพื่อความสะดวกต่อการเก็บข้อมูลในการหาค่าอัตราการกัดกร่อน

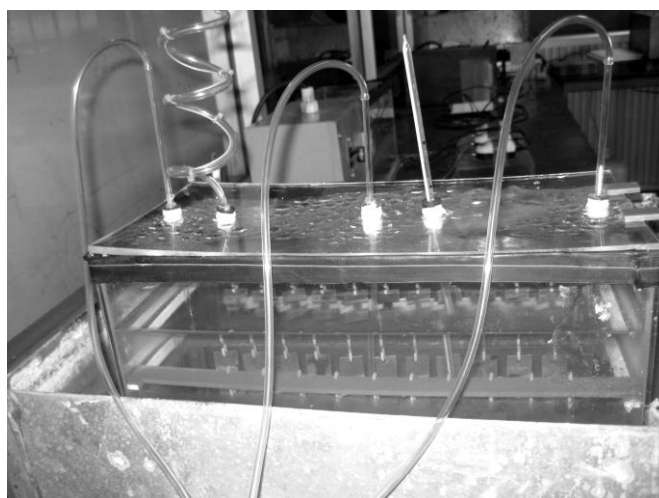
ข) นำวัสดุที่แขวนเรียบร้อยแล้วแช่ในน้ำทะเลที่ตั้งอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยการปรับตั้งให้แล้วเสร็จจากชุดควบคุมความร้อน เป็นระยะเวลา 30 วัน/ 1 น้ำทะเลทดสอบ จากนั้นปิดฝาตู้ทดสอบให้สนิท แล้วเปิดเครื่องปั๊มลมทั้งหมดเพื่อให้ น้ำทะเลในตู้กระจายมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา ดังรูปที่ 3.26

ง) ทำการเก็บชิ้นงานทุกๆ 3 วัน เมื่อครบตามระยะเวลาการเก็บชิ้นงาน แล้วนำมาเป่าลมด้วยเครื่องเป่าลมร้อนดังรูปที่ 3.27 เพื่อให้ชิ้นงานแห้งสนิทก่อนนำไปกำจัดออกไซด์ตามกระบวนการของแต่ละวัสดุทดสอบ

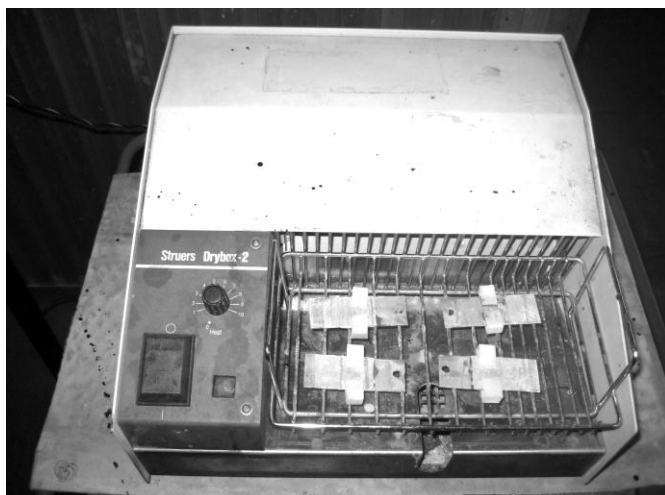
จ) เหล็กกล้าคาร์บอน จะทำการกำจัดออกไซด์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ กับสังกะสีที่มีขนาดเล็ก ส่วนอะลูมิเนียมถูกกำจัดออกไซด์ด้วยกรดไนตริกจนออกไซด์ที่ผิววัสดุทดสอบหมดเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM G1-90 [21] แสดงดังรูปที่ 3.28 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



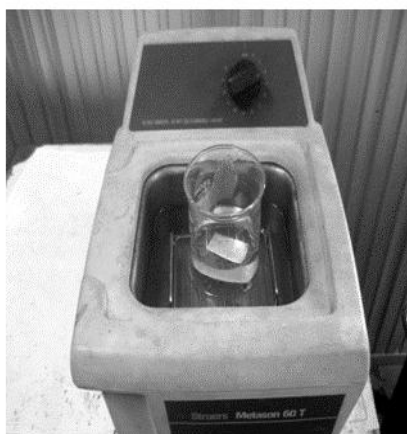
รูปที่ 3.25 ชิ้นงานทดสอบที่แขวนพร้อมทำการทดสอบ



รูปที่ 3.26 ชุดทดสอบการกัดกร่อน



รูปที่ 3.27 การเป่าลมขึ้นงานทดสอบให้แห้ง



(ก) การล้างออกไซด์ของเหล็ก (ข) การล้างออกไซด์ของอะลูมิเนียม

รูปที่ 3.28 การกำจัดออกไซด์ของวัสดุทดสอบ

ฉ) นำชิ้นงานทดสอบที่ทำการกำจัดออกไซด์เรียบร้อยแล้วไปทำความสะอาดด้วยอะซีโตนอีกครั้งหนึ่งแสดงดังรูปที่ 3.29 เพื่อกำจัดเศษออกไซด์ที่ติดบนชิ้นงานทดสอบขณะล้างให้หมดไป แล้วนำไปเป่าให้แห้งก่อนนำไปชั่งน้ำหนักหลังการทดสอบ



รูปที่ 3.29 ทำความสะอาดด้วยอะซีโตนหลังกำจัดออกไซด์

3.2.4 กระบวนการทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด

นำชิ้นงานทดสอบในวันที่ 30 ทุกน้ำทะเลทดสอบไปทำการตรวจสอบหาปริมาณธาตุที่เกิดขึ้นด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (SEM) โดยการแยกเหล็กและอะลูมิเนียมออกจากกันแล้วเป่าด้วยเครื่องเป่าลมร้อนให้ชิ้นงานทดสอบแห้งสนิทจากนั้นนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าในการส่องที่ 20 KV ระยะในการส่อง 200 เท่า และขนาด 100 μm .