



บทที่ 3

ขั้นตอน และวิธีดำเนินการทดลอง

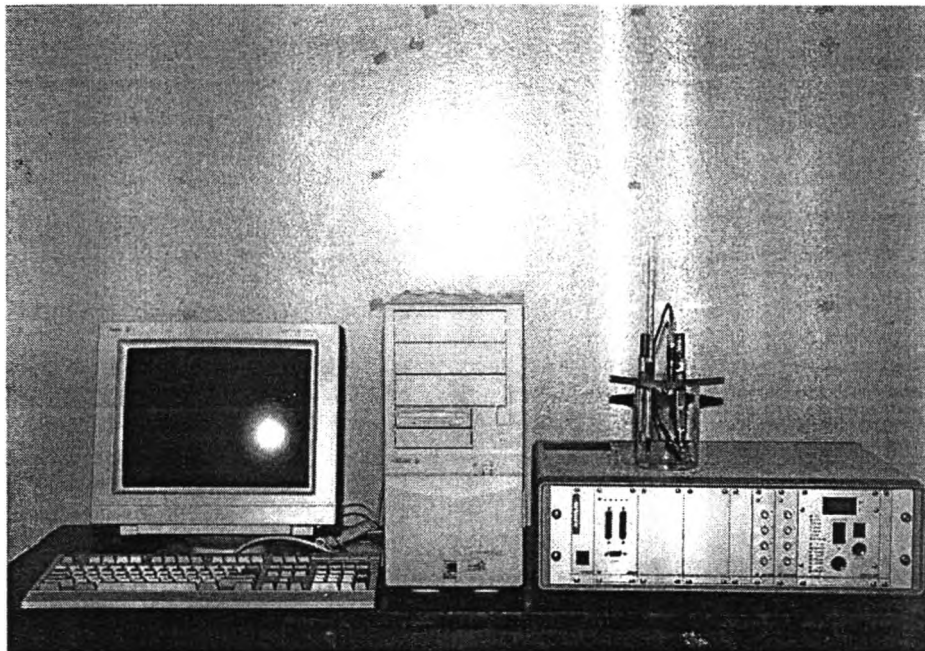
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง เพื่อสร้างแผนภูมิพอร์เบซของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

3.1 เตรียมวัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 เตรียมอุปกรณ์

3.1.1.1 เครื่องโพเทนชิโอสแตท

เครื่องโพเทนชิโอสแตท ที่ใช้เป็นระบบทำงานได้หลายวัตถุประสงค์ (General Purpose Electrochemical System; GPES) รุ่น PGSTAT 20 ของบริษัท ออโต้แลป จำกัด รูปที่ 3.1

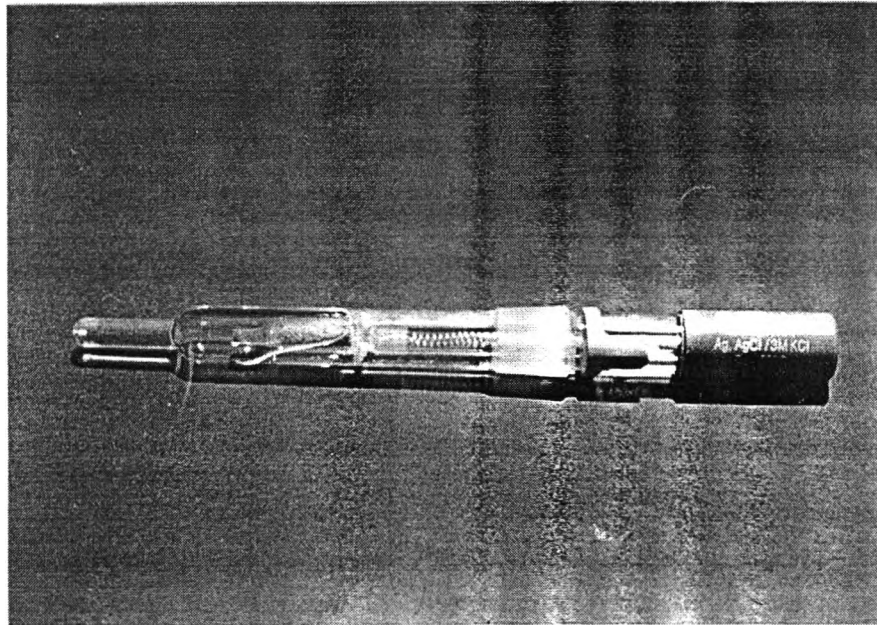


รูปที่ 3.1 แสดงเครื่อง โพเทนชิโอสแตทรุ่น PGSTAT 20

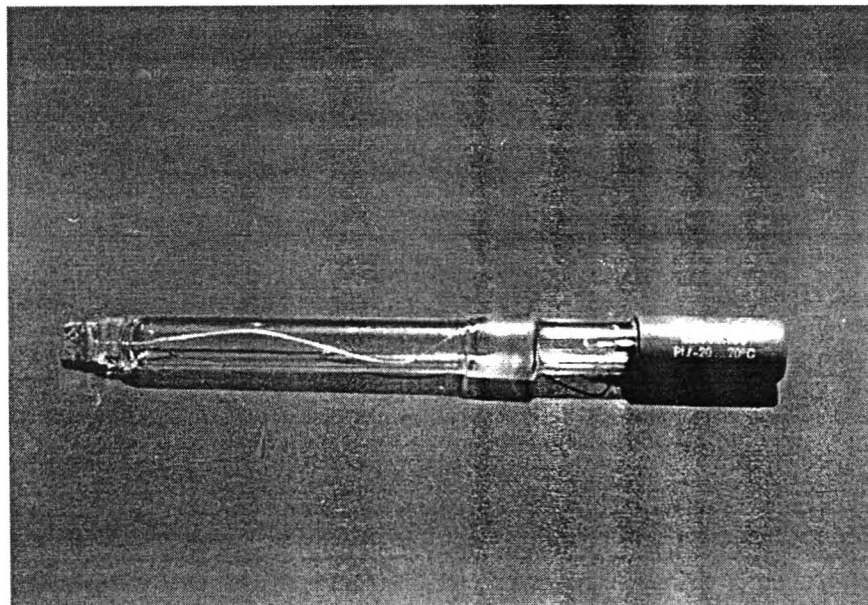
3.1.1.2 อิเล็กโทรดที่ใช้

- อิเล็กโทรดอ้างอิง (reference electrode) คือ Ag/AgCl (3 M KCl) ของบริษัท Metrohm AG รูปที่ 3.2

- อิเล็กโทรดวัดกระแส (counter electrode) คือ แพลทินัม (Pt) ของบริษัท Metrohm AG รูปที่ 3.3
- อิเล็กโทรดตัวอย่าง (working electrode) คือ ชี้นำงานทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิม 316L



รูปที่ 3.2 แสดงอิเล็กโทรดอ้างอิง (Ag/AgCl 3M KCl)



รูปที่ 3.3 แสดงอิเล็กโทรดวัดกระแส (Pt)

3.1.1.3 เครื่องกวน

เครื่องกวนแม่เหล็กที่ใช้คือ เครื่องกวนรุ่น VARIOMAG สามารถปรับอัตราเร็วในการกวนและควบคุมอุณหภูมิของสารละลายได้ โดยในการทดลองจะใช้น้ำที่สำหรับกวนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกันตลอดการทดลอง

3.1.1.4 เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ใช้คือ ออกซิเจนมิเตอร์ รุ่น YSI

3.1.1.5 เครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นอุลตราโซนิก (Ultrasonic Cleaning)

เครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นอุลตราโซนิกที่ใช้คือ Metason 60

3.1.2 เตรียมสารละลาย

3.1.2.1 เตรียมสารละลายสำหรับการหาเส้นโพลาริเซชัน

น้ำที่ใช้สำหรับการทดลองเป็นน้ำก้ำจัดแร่ธาตุ มีค่าความนำไฟฟ้าต่ำกว่า 0.2 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร นำไปเตรียมเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีความเข้มข้นของคลอไรด์ค่าต่างๆ กัน คือ 0, 50, 500 และ 5,000 พีพีเอ็ม โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นตัวปรับความเข้มข้นและปรับค่าพีเอชที่ค่า 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 ที่แต่ละค่าความเข้มข้นคลอไรด์ด้วยกรดซิตริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.1.2.2. เตรียมสารเคมีและสารละลายที่ใช้ตรวจสอบหาอิออนที่ละลายจากผิวโลหะใช้น้ำก้ำจัดแร่ธาตุเป็นตัวทำละลายสารละลายดังรายการต่อไปนี้

1. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร
2. สารละลายแอมโมเนีย (NH₄OH) 30 % โดยปริมาตร
3. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H₂O₂) 28 % โดยปริมาตร
4. สารละลายโพแทสเซียมไซยาไนด์ 0.2 โมลต่อลิตร
5. สารละลายกรดตาร์ทาริก 1.0 โมลต่อลิตร
6. สารละลายอิมิตัวโซเดียมคาร์บอเนต
7. สารละลายอิมิตัวโซเดียมคาร์บอเนต
8. สารละลาย 1% ไดเมทิลไกลออกซิมในแอลกอฮอล์
9. สารละลายอิมิตัวของนิเกิลไดเมทิลไกลออกซิม
10. สารละลาย 0.0012% เมททีลินบลู
11. สารละลายโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ 0.1 โมลต่อลิตร
12. สารละลายแอมโมเนียมคอลลิจลเวอร์ไนเตรท
13. สารละลายเลดทูไนเตรท 1 โมลต่อลิตร

14. กระจกบรอน

15. ไฮดรอกซีซิลิเกต

3.1.2.3 เตรียมสารละลายอิออนสำหรับเปรียบเทียบผลอิออนจากการทดลอง สารละลายดังรายการต่อไปนี้ให้นำกำจัดแร่ธาตุเป็นตัวทำละลาย

1. สารละลายเฟอร์รัสไนเตรท	1	พีพีเอ็ม
2. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์	0.5	พีพีเอ็ม
3. สารละลายโครเมียมซัลเฟต	1	พีพีเอ็ม
4. สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต	1	พีพีเอ็ม
5. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต	1.0	พีพีเอ็ม
6. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต	5	พีพีเอ็ม
7. สารละลายนิกเกิลซัลเฟต	1	พีพีเอ็ม
8. สารละลายโพแทสเซียมโมลิบเดต	1	พีพีเอ็ม

3.1.3 เตรียมชิ้นงานทดลอง

ชิ้นงานทดลองเตรียมโดยใช้แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติกเกรด 316L ความหนา 1.2 มิลลิเมตร มาตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 10 x 50 มิลลิเมตร ส่วนผสมทางเคมีของแผ่นเหล็ก แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L เป็น % โดยน้ำหนัก

	C	P	S	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N
ผลการวิเคราะห์	0.03	0.023	0.002	0.55	1.62	17.44	11.05	2.09	0.032
ค่ากำหนดส่วนผสมตามมาตรฐานเหล็ก 316L	0.03	0.045	0.003	1.00	2.00	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	-

นำแผ่นเหล็กที่ตัดได้ตามขนาดดังกล่าวไปขัดแต่งขอบชิ้นงานจนได้ขนาด 8 x 50 มิลลิเมตร และขัดผิวเพื่อทำความสะอาดด้วยกระดาษทรายหยาบและละเอียดจนถึงเบอร์ 1200 หลังจากนั้นทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ เพื่อล้างคราบไขมันโดยใช้เครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นอุลตราโซนิค แล้วเก็บชิ้นงานไว้ในเดสซิคเคเตอร์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดชั้นฟิล์มออกไซด์ที่เสถียร

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

เนื่องจากขอบเขตของการทดลอง เพื่อสร้างแผนภูมิพอร์เบิร์ตจากเส้นโพลาริเซชัน จำเป็นต้องควบคุมสภาวะการทดลองให้คงที่ จึงต้องทดลองเพื่อกำหนดค่าตัวแปรต่างๆที่เหมาะสม ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ ได้แก่

3.2.1 การหาเวลาที่ใช้ทำให้ออกซิเจนจากอากาศอิ่มตัวในสารละลาย

3.2.2 การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับแช่ชิ้นงานก่อนการสแกน

3.2.3 การหาอัตราการสแกนที่เหมาะสมในการหาเส้นโพลาริเซชัน

3.2.4 การหาเส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L เพื่อนำไปสร้างแผนภูมิพอร์เบิร์ต

3.2.5 การหาอ็อนของโลหะในพื้นที่การกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ (general corrosion)

และในพื้นที่การกัดกร่อนแบบรูเข็ม (pitting corrosion)

3.2.1 การหาเวลาที่ใช้ทำให้ออกซิเจนจากอากาศอิ่มตัวในสารละลาย : เป็นการทดลองเพื่อหาเวลาที่ใช้ทำให้ออกซิเจนอิ่มตัวในสารละลายเนื่องจากออกซิเจนจะมีผลต่อรูปร่างของโพลาริเซชันเพราะออกซิเจนเป็นตัวออกซิไดซ์เอเจนต์ ดังนั้นจะต้องควบคุมให้ปริมาณออกซิเจนในสารละลายคงที่เท่ากันทุกการทดลอง โดยทำให้ออกซิเจนอิ่มตัวในสารละลาย ซึ่งจะสอดคล้องกับสภาวะการใช้งานจริงที่ย่อมมีออกซิเจนละลายอยู่ในสารละลาย การทดลองที่ 3.2.1 จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเวลาที่ทำให้ออกซิเจนในสารละลายอิ่มตัวซึ่งจะนำไปใช้สำหรับการทดลองต่อไป

3.2.2 การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับแช่ชิ้นงานก่อนการสแกน : ในการสแกนศักย์ไฟฟ้าจำเป็นต้องทำให้ชิ้นงานอยู่ในสภาวะนิ่ง (steady state) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการหาเวลาที่เหมาะสมในการแช่ชิ้นงานก่อนการสแกนหลังจากนำชิ้นงานทดสอบจุ่มลงในสารละลายที่มีออกซิเจนละลายจนอิ่มตัวแล้ว โดยการจับเวลาหลังการจุ่มชิ้นงานลงในสารละลาย และบันทึกค่า E_{ocp} (Open Circuit potential) จนกระทั่งค่า E_{ocp} เริ่มคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเวลาเปลี่ยนไป แสดงว่าสภาวะของผิวชิ้นงานเข้าสู่สภาวะนิ่ง (steady state) ในสารละลายแล้วจึงสามารถเริ่มต้นสแกนได้ โดยการเริ่มต้นสแกนควรเริ่มจากจุดที่มีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าค่า E_{ocp} ประมาณ 50 มิลลิโวลต์ (mV) เพื่อไม่ให้ชิ้นงานเกิดโพลาริเซชันมากเกินไป จนทำให้ค่า E_{corr} ต่างจากค่า E_{ocp} มาก ซึ่งจะทำให้ได้ผลผิดพลาด นอกจากนั้นการจุ่มชิ้นงานลงในสารละลายที่มีค่าพีเอช และความเข้มข้นของคลอไรด์ต่างกันอัตราการเปลี่ยนแปลง E_{ocp} จะต่างกัน ดังนั้นหากเริ่มสแกนที่ศักย์ไฟฟ้าขณะที่ชิ้นงานยังไม่เข้าสู่สภาวะนิ่งกับสารละลายแล้วจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเวลาสำหรับเริ่มสแกนที่เหมาะสม

3.2.3 การหาอัตราการสแกนที่เหมาะสมในการหาเส้นโพลาริเซชัน : ในการหาเส้นโพลาริเซชันด้วยวิธีไซคลิกโวลตาเมตริโพเทนชิโอดนามิก (Cyclic voltametry potentiodynamic) โดยใช้เครื่อง โพลเทนชิโอสแตท อัตราการสแกนจะมีผลต่อรูปร่างของเส้นโพลาริเซชัน การใช้อัตรา

การสแกนที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ได้ข้อมูลคลาดเคลื่อน ในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราการสแกนที่เหมาะสม คือ เป็นอัตราการสแกนที่เร็วที่สุดที่ให้ค่า E_{corr} คงที่แม้จะเปลี่ยนอัตราสแกนให้ช้ากว่านี้ค่า E_{corr} จะไม่เปลี่ยนแปลง

3.2.4 การหาเส้นโพลาริเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L เพื่อนำไปสร้างแผนภูมิพอร์เบิร์ต : มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผนภูมิพอร์เบิร์ต ของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติก 316L ในสารละลายที่มีคลอไรด์ผสมและมีปริมาณออกซิเจนในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 25 °C โดยอาศัยข้อมูลจากการทดลองข้อ 3.2.1, 3.2.2 และ 3.2.3 (เวลาที่ใช้ทำให้ออกซิเจนจากอากาศอิ่มตัวในสารละลาย เวลาที่ใช้แช่ชิ้นงานในสารละลายก่อนการสแกน และอัตราการสแกนที่เหมาะสม) ทำให้สามารถเตรียมสภาวะการทดลองที่ถูกต้องได้

ผลที่ได้จากการทดลองนี้จะทำให้ได้แผนภูมิพอร์เบิร์ต ซึ่งสามารถทำนายการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติก 316L ในสารละลายที่มีออกซิเจนในอากาศอิ่มตัว ที่ค่าพีเอช ความต่างศักย์ระหว่างโลหะกับสารละลายและความเข้มข้นของคลอไรด์ในสารละลายต่างกัน

3.2.5 การหาอีออนของโลหะในพื้นที่การกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอและในพื้นที่การกัดกร่อนแบบรูเข็ม : เป็นการทดลองเพื่อหาอีออนของโลหะในพื้นที่การกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ (general corrosion) และพื้นที่การกัดกร่อนแบบรูเข็ม (pitting corrosion) ในขณะที่ชิ้นงานเกิดการกัดกร่อนในสภาวะดังกล่าว เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณ

3.3 วิธีทดลอง

3.3.1 การหาเวลาที่ใช้ทำให้ออกซิเจนจากอากาศอิ่มตัวในสารละลาย

1. เตรียมสารละลายที่มีคลอไรด์ผสม 0 และ 5,000 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 25 °C ปริมาตร 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร (เท่ากับปริมาตรสารละลายที่ใช้ในการทดลอง) ค่าพีเอช 2 และ 12
2. วัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในสารละลายแต่ละตัวอย่าง
3. ใช้เครื่องฟองอากาศพ่นลงในสารละลาย จับเวลาและบันทึกค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในสารละลายทุกๆ 1 นาที จนกระทั่งมีค่าคงที่ (อิ่มตัว)
4. นำผลการทดลองที่ได้ไปใช้สร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนกับเวลา และเลือกเวลาที่ทำให้ออกซิเจนอิ่มตัวเพื่อนำไปใช้สำหรับการทดลองต่อไป

3.3.2 การหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับแช่ชิ้นงานก่อนการสแกน

1. แช่ชิ้นงานลงในสารละลายที่ความเข้มข้นคลอไรด์ 0 และ 5,000 พีพีเอ็ม ค่าพีเอช 2 และ 12 และมีออกซิเจนอิ่มตัวแล้วโดยให้พื้นที่ของชิ้นงานจุ่มในสารละลาย 4 ตารางเซนติเมตร และใช้อัตราการสแกนสารละลาย 450 รอบต่ออนาที

2. บันทึกค่า E_{ocp} ที่เป็นช่วงๆ ได้แก่ 0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120 นาที และสังเกตค่า จนพบว่าค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเวลาผ่านไปจึงหยุดการทดลอง
3. นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า E_{ocp} กับเวลา และเลือกเวลาที่เหมาะสม คือเวลาที่ค่า E_{ocp} เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเพื่อใช้ในการทดลองต่อ ๆ ไป

3.3.3 การหาอัตราการสแกนที่เหมาะสมในการหาเส้นโพลาไรเซชัน

1. เตรียมสารละลายที่มีคลอไรด์ผสม 0 และ 5,000 พีพีเอ็ม อุณหภูมิ 25 °C ปริมาตร 400 ลูกบาศก์เซนติเมตรและพ่นอากาศจนกระทั่งสารละลายมีปริมาณออกซิเจนอิ่มตัว จุ่มชิ้นงานให้พื้นที่ของชิ้นงานจุ่มในสารละลาย 4 ตารางเซนติเมตร และค่าพีเอช 2 และ 12 แล้วกววนด้วยอัตราการกววนสารละลาย 450 รอบต่อนาที

2. ทดลองสแกนแต่ละสภาวะในอัตราการสแกนเท่ากับ 1 , 0.5 , 0.1 และ 0.05 มิลลิโวลต์ต่อวินาที เพื่อหาอัตราการวัดที่เร็วที่สุดที่ให้ค่า E_{corr} คงที่ แม้จะเปลี่ยนอัตราการสแกนที่ช้ากว่านี้ค่า E_{corr} จะไม่เปลี่ยนแปลง

3. เมื่อได้อัตราการสแกนที่เหมาะสมแล้ว ทำการทดลองซ้ำที่อัตราการสแกนนั้นอีก 2 ครั้ง เพื่อยืนยันว่าได้ค่าที่ถูกต้อง

4. นำผลการทดลองที่ได้ไปใช้ในการทดลองที่ 3.3.4

3.3.4 การหาเส้นโพลาไรเซชันของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L เพื่อนำไปสร้างแผนภูมิพอร์เบธ

1. นำชิ้นงานไปทดลองหาเส้นโพลาไรเซชันด้วยวิธี Cyclic Potentiodynamic โดยใช้สภาวะการทดลองดังนี้

- ค่าพีเอช มีค่าเท่ากับ 2, 4, 6, 8, 10 และ 12
- ปริมาตรของสารละลาย 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ความเข้มข้นของคลอไรด์มีค่าเท่ากับ 0, 50, 500 และ 5,000 พีพีเอ็ม
- สารละลายอิ่มตัวด้วยออกซิเจนจากอากาศ
- อัตราการกววนสารละลาย 450 รอบต่อนาที
- อุณหภูมิของสารละลาย 25 องศาเซลเซียส
- พื้นที่ของอิเล็กโทรดวัดกระแสจุ่มในสารละลายเท่ากับ 4 ตารางเซนติเมตร
- พื้นที่ของชิ้นงานจุ่มในสารละลายเท่ากับ 4 ตารางเซนติเมตร
- อัตราการสแกนมีค่าเท่ากับ 0.1 มิลลิโวลต์ต่อวินาที
- การสแกนกลับเมื่อกระแสมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 4 มิลลิแอมแปร์

การปรับค่าพีเอชที่ค่า 8, 10 และ 12 จำเป็นต้องทำให้สารละลายมีสภาพเป็นสารละลายบัฟเฟอร์โดยใช้กรดซิตริกผสมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปนอยู่ในอากาศจะละลายในสารละลายกลายเป็นกรดคาร์บอนิกทำให้ค่าความเป็นกรดลดลงได้และลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศที่จะใช้ฟุ้งลงในสารละลาย โดยนำอากาศไปผ่านสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 30 % โดยน้ำหนักเสียก่อนใช้ฟุ้งลงในสารละลายที่ใช้ในการทดลอง

2. ทำการทดลองซ้ำที่แต่ละสภาวะความเป็นกรด และความเข้มข้นของคลอไรด์อย่างน้อย 3 ครั้ง
3. นำข้อมูลที่ได้มาสร้างแผนภูมิพอร์เบิร์ต ด้วยวิธีของ Verink [10] โดยกำหนดจุด E_{corr} , E_{pp} , E_i และ E_{pr}

3.3.5 การหาอ็อกอนของโลหะในพื้นที่การกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ (general corrosion) และในพื้นที่การกัดกร่อนแบบรูเข็ม (pitting corrosion)

สารละลายที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ สารละลายที่มีความเข้มข้นคลอไรด์ 0, 50, 500 และ 5,000 พีพีเอ็ม ที่ค่าพีเอช เท่ากับ 2, 6, 8 และ 12

3.3.5.1 การทดลองหาอ็อกอนในพื้นที่การกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ

1. แ่ชขึ้นงานลงในสารละลาย ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วตั้งค่าศักย์ไฟฟ้าของเครื่องโพเทนชิโอสแตทไปที่ค่า $E_{ocp} + 100$ มิลลิโวลต์ และทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง
2. เก็บตัวอย่างสารละลายในขณะที่ยังป้อนศักย์ไฟฟ้าแก่เซลล์ทดสอบอยู่และนำไปตรวจสอบอ็อกอนของโลหะตามวิธีที่อธิบายไว้ในภาคผนวก ค โดยทดสอบเปรียบเทียบกับสารละลายอ็อกอนสำหรับเปรียบเทียบผลที่เตรียมไว้แล้ว

3.3.5.2 การทดลองหาอ็อกอนในพื้นที่การกัดกร่อนแบบรูเข็ม

1. ตั้งค่าศักย์ไฟฟ้าของเครื่องโพเทนชิโอสแตทให้สูงกว่าค่า E_p ที่ได้จากผลการทดลองที่ 3.3.4 ในสภาวะที่ค่าความเข้มข้นของคลอไรด์และค่าความเป็นกรดเดียวกัน 100 มิลลิโวลต์
2. จุ่มชิ้นงานลงในสารละลายและปรับค่ากระแสให้มีค่า 4 มิลลิแอมป์ ทิ้งไว้ที่ค่านี้ 1 ชั่วโมง
3. ชักตัวอย่างสารละลายขณะยังให้ศักย์ไฟฟ้ากับเซลล์ทดสอบอยู่และนำไปตรวจสอบหาอ็อกอนตามวิธีที่อธิบายไว้ในภาคผนวก ค โดยทดสอบเปรียบเทียบกับสารละลายอ็อกอน สำหรับเปรียบเทียบผลที่เตรียมไว้แล้ว

จากผลการวิเคราะห์ไอออนที่ได้ ระบุชนิดของไอออนในแผนภูมิจากข้อ 3.3.4 แต่ละจุดให้สอดคล้องกัน แล้วเปรียบเทียบแผนภูมิพอร์เบซของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ในน้ำบริสุทธิ์ที่ได้ มาเปรียบเทียบกับแผนภูมิพอร์เบซ แผนภูมิพอร์เบซของโลหะผสม Fe - Cr - Ni ที่ได้จากการคำนวณ