บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของงานวิจัย

แผนภูมิพอร์เบซ์ เป็นแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ไฟฟ้าของโลหะ และค่าพีเอช (Potential / pH Diagram) แผนภูมิพอร์เบซ์มีความสำคัญในการนำไปประยุกต์ใช้งานให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานและโลหะที่นำไปใช้งาน อีกทั้งยังใช้แผนภูมิพอร์เบซ์ในการทำนายการกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้นได้ตามค่าความต่างศักย์และค่าพีเอช

แผนภูมิพอร์เบซ์นี้นำเสนอโดย ศาสตราจารย์ ดร. Marcel Pourbaix [1] เพื่อใช้แสดงสภาวะสมดุลทางเทอร์โมไดนามิกส์ หรือเสถียรภาพของระบบเคมีไฟฟ้าที่ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างโลหะบริสุทธิ์กับสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายหลักที่ค่าพีเอชต่าง ๆ แผนภูมิพอร์เบซ์ ได้ถูกสร้างสำหรับโลหะหลาย ๆ ชนิด เช่น เหล็ก โครเมียม นิกเกิล หรือแม้แต่เหล็กกล้าไร้สนิม ปัจจุบันความต้องการในการนำไปใช้งาน และเป็นที่ทราบกันว่าของโลหะผสมมีมากขึ้น อีกทั้งยังต้องป้องกันผลกระทบ จากสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการกัดกร่อนของโลหะผสมดังกล่าว จึงได้มีการคิดค้นพัฒนาชนิดของโลหะผสมใหม่ ๆ ขึ้นเพื่อให้เหมาะกับสภาพการใช้งานดังกล่าว ยกตัวอย่าง เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งโดยทั่วไปจะเห็นว่าในปัจจุบันพัฒนาคุณภาพโลหะผสมต่าง ๆ เพื่อให้มีความต้านทานการกัดกร่อนดีขึ้นอยู่มาก โดยเฉพาะเหล็กกล้าไร้สนิมเองก็มีหลายเกรด แต่ในที่นี้ขอกล่าวเพียงเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ ซึ่งปัจจุบันเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรดหนึ่งที่นิยมนำไปใช้งานในสภาวะการกัดกร่อนที่รุนแรง (Corrosive Environment)

Pourbaix ทำการสร้างแผนภูมิ จากข้อมูลที่ได้จากอิเล็กโตรโพเทนเชียลของสารทั้งหมดในระบบ แล้วจึงนำมาเตรียมสมการของปฏิกิริยาที่น่าจะเป็นไปได้ จากนัยหนึ่งทำการคำนวณโดยกำหนดขอบเขตให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ไฟฟ้าและค่าพีเอชของปฏิกิริยาที่เสถียรที่สุด กล่าวคือ การใช้ค่าคงที่สมดุลของการละลายมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับวิธีการคำนวณที่ง่ายขึ้น จากสมการของเนอร์ส (สมการที่ 1.1)

$$E = E^0 + 2.3\ RT/nF\ [\log a_{ox}/a_{re}] \qquad (1.1)$$

เมื่อ E = ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของปฏิกิริยา

E^0 = ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของปฏิกิริยา

a_{ox} = ค่าแอคติวิตี้ (activity)ของตัวออกซิไดซ์

a_{re} = ค่าแอคติวิตี้ของตัวรีดิวซ์

n = จำนวนอิเล็กตรอนของปฏิกิริยา

F = ค่าคงที่ฟาราเดย์ (96,500 คูลอมบ์ / สมมูล)

แผนภูมิพอร์เบซ์เป็นแผนภูมิแสดงสภาวะสมดุลทางเทอร์โมไดนามิกส์ หรือ ความสมดุลทางไฟฟ้าเคมี กล่าวโดยรวมแล้วด้วยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ไฟฟ้าของโลหะ และค่าความเป็นกรดเป็นเบส ของสารละลายโดยแผนภูมิที่ได้แสดงพื้นที่ต่างกัน 3 บริเวณ ได้แก่ บริเวณสภาวะเสถียร บริเวณสภาวะที่โลหะเกิดการผุกร่อน และบริเวณที่สภาวะที่โลหะเกิดฟิล์มบนผิวหรือเรียกว่า "พาสซิเวชัน" ซึ่งแผนภูมิพอร์เบซ์ที่ได้นี้ได้ใช้วิธีการคำนวณทางเทอร์โมไดนามิกส์ หรือวิธีทางไฟฟ้าเคมี อย่างไรก็ตามในการสร้างแผนภูมิที่ได้จากการคำนวณ มีข้อยุ่งยาก เนื่องจากโลหะผสมประกอบด้วยธาตุอยู่หลายชนิด เป็นผลให้เกิดสมการของเนร์สหลายสมการซึ่งต้องมีการคำนวณค่าต่าง ๆ ดังนั้นวิธีการใช้เทคนิคทางไฟฟ้าเคมีจะง่ายกว่าการคำนวณ เพราะโลหะผสมที่ละลายออกมาในสารละลาย สามารถทำการตรวจสอบไอออนได้ โดยวิธีการตรวจสอบวิเคราะห์ทางเคมี อีกนัยหนึ่งสามารถนำผลการคำนวณทางเทอร์โมไดนามิกส์ มายืนยันผลการทดลองจากเทคนิควิธีทางไฟฟ้าเคมีได้อีกด้วย

แผนภูมิพอร์เบซ์ แสดงพื้นที่แตกต่างกัน 3 บริเวณ [13] ได้แก่

1. บริเวณโลหะเสถียร (Immunity) หมายถึง บริเวณที่โลหะอยู่ในสภาวะเสถียรโดยโลหะอยู่ในสภาพถูกรีดิวซ์ คือ โลหะอยู่ในเสถียรภาพสูงทางเทอร์โมไดนามิกส์ โดยไม่เกิดการกัดกร่อน

2. บริเวณการกัดกร่อน (Corrosion) หมายถึง บริเวณที่โลหะเกิดการกัดกร่อนหรือถูกออกซิไดซ์และสารละลายของไอออนโลหะที่เกิดขึ้นอยู่ในสภาวะเสถียร

3. บริเวณพาสซิวิตี้ (Passivity) หมายถึง บริเวณที่โลหะสามารถต้านทานการกัดกร่อนได้เพราะเกิดสารประกอบออกไซด์ของโลหะนั้นที่ผิวและอยู่ในสภาพเสถียร

การที่เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ถูกนำไปในงานอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความแข็งแรงสูงและคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนที่ดีกว่าเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติคที่นิยมใช้กันทั่วไป (AISI 304 และ AISI 316) เพราะเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ มีโครงสร้างทางจุลภาคที่ประกอบไปด้วยโครงสร้างเฟอร์ไรต์ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ทำให้ได้ความแข็งแรงสูง และโครงสร้างออสเตนไนต์ซึ่งทำให้ได้ความเหนียวและความแกร่ง นิยมนำไปใช้งานเป็นชิ้นส่วนทางวิศวกรรมที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงต่อการกัดกร่อน [2] อย่างไรก็ตามในการนำไปใช้งานเป็นชิ้นส่วนงานอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้มีความปลอดภัยสูง ซึ่งอุปกรณ์ที่อยู่ในสภาพการใช้งานในกรดหรือสารเคมีที่มีความเข้มข้นมาก ๆ นั้น เหล็กกล้าไร้สนิมทั่วไปเกรด AISI304 และ 316 ยังมีข้อจำกัด เช่นการทำงานในสภาวะที่มีการกัดกร่อนรุนแรงของบริเวณที่ต้องสัมผัสกับบรรยากาศที่มีปริมาณคลอไรด์สูง ดังนั้นเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์จึงเป็นอีกเกรดหนึ่งซึ่งเป็นที่น่าสนใจ และถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้มีสมบัติต้านทานการกัดกร่อนดีขึ้น อีกทั้งสมบัติทางกลบางประการที่สูงกว่าเหล็กกล้าไร้สนิมทั่ว ๆ ไป แต่ยังไม่มีการศึกษาและสร้างแผนภูมิพอร์เบซ์ สำหรับเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เพื่อใช้ประโยชน์ในการนำไปผลิตเป็นถัง ท่อ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ซึ่งต้องสัมผัสกับน้ำต่างสภาพกัน [1,2] ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องสร้างแผนภูมิพอร์เบซ์สำหรับเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดนี้เพื่อประโยชน์ในการเป็นข้อมูลประกอบการใช้งานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างแผนภูมิพอร์เบซ์ ของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ ในสภาวะของสารละลายที่มีคลอไรด์ผสมในระดับต่าง ๆ ของความเข้มข้น 4,975, 9,900, 19,607, 33,816 พีพีเอ็ม และช่วงพีเอช 2 ถึง 12 ซึ่งสอดคล้องกับสภาวะแวดล้อมที่มีความรุนแรงของการกัดกร่อน ที่เกิดขึ้นกับตัวอย่างท่อหรือแผ่นเหล็กที่หุ้มท่อซึ่งใช้ในสภาวะแวดล้อมที่มีคลอไรด์สูง โดยใช้วิธีเทคนิคทางไฟฟ้าเคมี

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 หาพื้นที่การกัดกร่อน พาสซิวิตี้ และโลหะเสถียร จากเส้นโพลาไรเซชันของตัวอย่างเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีคลอไรด์ผสมที่ความเข้มข้น 4,975, 9,900, 19,607 และ 33,816 พีพีเอ็ม จากช่วงพีเอช 2 ถึง 12 ด้วยเครื่องโพเทนชิโอสแตท

1.3.2 เปรียบเทียบข้อมูลพื้นที่ในแผนภูมิพอร์เบซ์ ที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลที่ทำการทดลองจากการวัดด้วยเครื่องโพเทนชิโอสแตท กับแผนภูมิพอร์เบซ์ของโลหะผสมเหล็ก – โครเมียม – นิกเกิล ที่ได้จากการคำนวณ

1.3.3 วิเคราะห์หาชนิดของไอออนที่ละลายออกจากผิวโลหะจากสารละลายที่ผ่านการวัดด้วยเครื่องโพเทนชิโอสแตท เพื่อประเมินกลไกการกัดกร่อน

1.3.4 ศึกษาช่วงพีเอช ระหว่าง 2 ถึง 12 เพื่อตรวจสอบผลกระทบต่อการต้านทานการกัดกร่อนของฟิล์มพาสซีฟ

1.3.5 แผนภูมิพอร์เบซ์สร้างขึ้นที่อุณหภูมิห้องประมาณ 25 องศาเซลเซียสเพื่อหลีกเลี่ยงปัจจัยของอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อการกัดกร่อน ซึ่งควบคุมด้วยเครื่องให้ความร้อน (Hot Plate Controller)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้แผนภูมิพอร์เบซ์ ของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ ที่สัมผัสกับสารละลายที่มีคลอไรด์ผสม ณ ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

1.4.2 เพื่อใช้เป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ทำนายการกัดกร่อน และสอบสวนกรณีความเสียหายที่เกิดจากปัญหาการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ ในสภาวะที่มีความเป็นกรด ความต่างศักย์ระหว่างโลหะกับสารละลายและความเข้มข้นของคลอไรด์ในสารละลายในระดับต่าง ๆ กันได้

1.4.3 ความรู้ที่ได้จากแผนภูมิพอร์เบซ์ของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ สามารถนำไปส่งเสริมในการพัฒนาคุณภาพในการผลิตเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์

1.4.4 แผนภูมิที่ได้จะใช้ใช้ข้อมูลเป็นแนวทางการป้องกันหรือหลีกเลี่ยงปัญหาการกัดกร่อน เพื่อยืดอายุการใช้งานของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงที่เกิดจากการกัดกร่อน รวมทั้งเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุประเภทเหล็กกล้าไร้สนิมมาใช้งาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย