บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของงานวิจัย

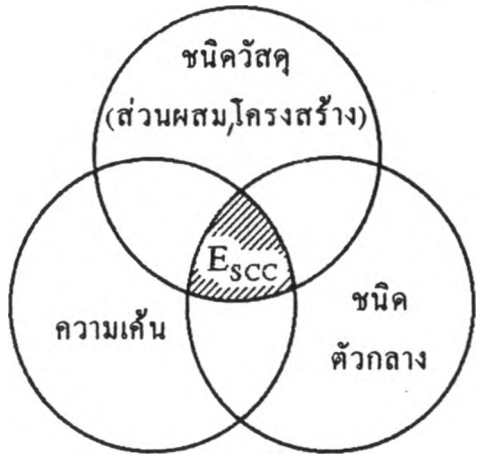
การผุกร่อนภายใต้ความเค้น (Stress corrosion cracking : SCC) เป็นรูปแบบหนึ่งของการผุกร่อนของโลหะที่สร้างความเสียหายแก่อุตสาหกรรมอย่างมาก จากรายงานความเสียหายเนื่องจากการผุกร่อนแบบนี้ที่เกิดกับเหล็กกล้าไร้สนิมในโรงงานอุตสาหกรรมเคมีในสหรัฐอเมริกา [1] ระบุว่า ความเสียหายที่เกิดจากการผุกร่อนภายใต้ความเค้นมีประมาณ 24% เกิดจากการผุกร่อนตามขอบเกรนมีประมาณ 14% และเกิดจากการผุกร่อนแบบทั่วไปมีประมาณ 28% จะเห็นได้ว่าสาเหตุของความเสียหายจากการผุกร่อนภายใต้ความเค้นคิดเป็นประมาณ 1/4 บ่อยครั้งไม่สามารถตรวจพบรอยแตกร้าวเนื่องจากการผุกร่อนภายใต้ความเค้นโดยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-destructive testing) ก่อให้เกิดการแตกหักเสียหายแก่ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเหล่านั้นและบางครั้งเกิดความหายนะอย่างรุนแรงตามมา

ปรากฏการณ์การผุกร่อนภายใต้ความเค้นเกิดขึ้นได้เมื่อมีปัจจัย 4 ประการร่วมกัน [2] คือ ความเค้น ชนิดของวัสดุ ชนิดของสารตัวกลางหรือสภาวะแวดล้อมและค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดการผุกร่อน (E_{corr}) รูปที่ 1.1 เป็นแผนภาพของเวนน์ (Venn's diagram) ซึ่งแสดงปัจจัยทั้งสี่ ที่มีความสัมพันธ์ต่อการผุกร่อนภายใต้ความเค้นสามารถสรุปอิทธิพลของปัจจัยทั้ง 4 ประการได้ดังนี้

1.1.1 การผุกร่อนภายใต้ความเค้นเกิดขึ้นเฉพาะในโลหะผสมเท่านั้น

1.1.2 ความเค้นแรงดึงที่มาจากภายนอกหรือภายใน เช่น มาจากการขึ้นรูป การเชื่อม การตัดแต่ง ฯลฯ จะทำให้เกิดการผุกร่อนภายใต้ความเค้น ส่วนความเค้นแรงอัดไม่ทำให้เกิดการผุกร่อนแบบนี้

1.1.3 สารละลายมีอิทธิพลต่อการผุกร่อนภายใต้ความเค้นของวัสดุแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน เช่น การผุกร่อนภายใต้ความเค้นของโลหะผสมทองแดงในสารละลายเกลือแอมโมเนีย การผุกร่อนภายใต้ความเค้นของเหล็กกล้าคาร์บอนในสารละลายของโซดาไฟ (NaOH) และการผุกร่อนภายใต้ความเค้นของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเตนนิติกในสารละลายคลอไรด์



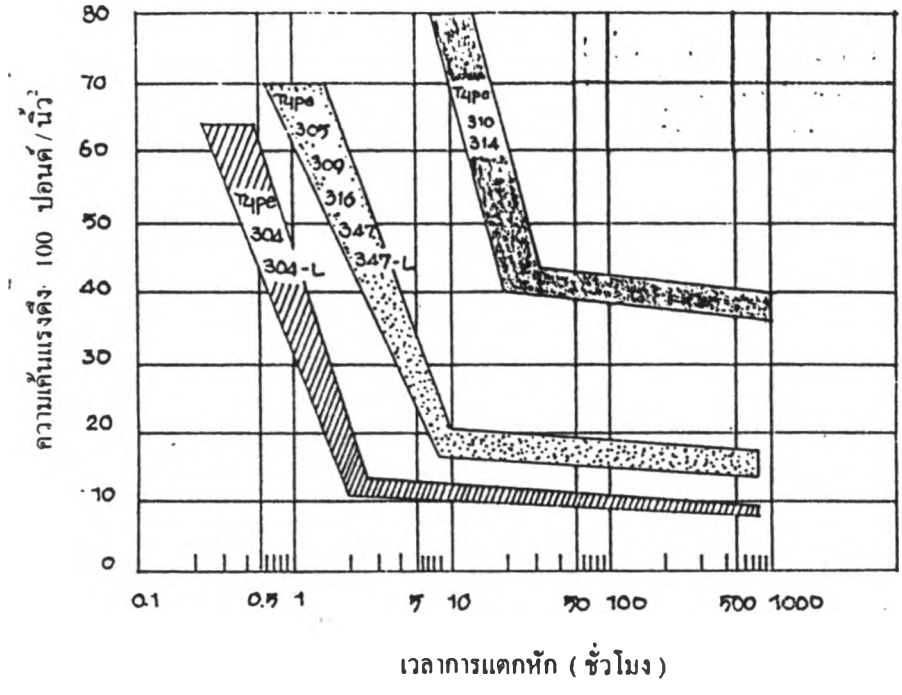
รูปที่ 1.1 แผนภาพของเวนน์ แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัย 4 ประการต่อการผุกร่อนภายใต้ความเค้น ส่วนที่แรเงา คือ ส่วนที่จะเกิดการผุกร่อน [2]

1.1.4 ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการผุกร่อนภายใต้ความเค้นจะอยู่ในช่วงแคบ ๆ

1.1.5 สามารถป้องกันการผุกร่อนภายใต้ความเค้นของเหล็กได้ โดยการทำ Cathodic Protection และ Shot Blast ผิวเหล็ก

1.1.6 อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเกิดการผุกร่อนภายใต้ความเค้น

ความยากง่ายต่อการเกิดการผุกร่อนภายใต้ความเค้นของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเตนนิติกเกรดต่าง ๆ ในสารละลายคลอไรด์ สามารถศึกษาได้โดยการแช่วัสดุที่มีความเค้นแรงดึงคงที่ในสารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$) 42% โดยน้ำหนัก ขณะเดือด (154°C) รูปที่ 1. 2 แสดงให้เห็นว่าเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 มีความต้านทานต่อการเกิดการผุกร่อนภายใต้ความเค้นดีกว่าเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 และเกรด 304L เมื่อพิจารณาจากส่วนผสมทางเคมีจะพบข้อแตกต่างที่เด่นชัดระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 กับ 304 และ 304L คือ ในเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 มีธาตุโมลิบดีนัม (Mo) 2 – 3 % หมายความว่า การเติมธาตุโมลิบดีนัมในปริมาณที่มากพอในเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเคนนิติกมีบทบาทในการช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการเกิดการผุกร่อนภายใต้ความเค้นในสารละลายคลอไรด์



รูปที่ 1.2 กราฟความต้านทานการผุกร่อนภายใต้ความเค้นของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเตนนิติก เกรดต่าง ๆ ในสารละลาย $MgCl_2$ 42% โดยน้ำหนัก ขณะเดือด (154°C) [2]

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและความเข้มข้นสารละลายผสมระหว่างกรดไฮโดรคลอริกและเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการผุกร่อนภายใต้ความเค้นของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเตนนิติกเกรด 316L โดยทำการทดสอบการผุกร่อนตามวิธี U - bend test (ASTM G 30) ในสภาวะของอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิสูง ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายผสมระหว่างกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) โดยศึกษาลักษณะของการผุกร่อน (Mode) ที่เกิดขึ้นบนผิวส่วนโค้งด้านนอกของชิ้นทดสอบรูปตัวยู ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความเข้มข้นของความเค้นสูงสุด นอกจากนี้ยังวัดอัตราการผุกร่อนและใช้ผลจากการวัดลักษณะเส้นโพลาไรเซชั่นมาอธิบายลักษณะการผุกร่อนที่เกิดขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารละลายผสมระหว่างกรดไฮโดรคลอริกและเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อลักษณะการเกิดการผุกร่อนภายใต้ความเค้นของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเตนนิติกเกรด 316L

1.2.2 วัดอัตราการผุกร่อนภายใต้ความเค้นของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเทนนิติกเกรด 316L ในสารละลายผสมระหว่างกรดไฮโดรคลอริกและเกลือโซเดียมคลอไรด์

1.2.3 เปรียบเทียบลักษณะการผุกร่อนระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304L และเกรด 316L

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 วิเคราะห์ลักษณะการผุกร่อนที่เกิดขึ้น บนผิวเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเตนนิติกเกรด 316L ตรงบริเวณส่วนโค้งของชิ้นทดสอบรูปตัวยู ซึ่งมีความเข้มข้นของความเค้นสูงสุด หลังจากแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดไฮโดรคลอริกและเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่มีความเข้มข้นและอุณหภูมิต่าง ๆ ภายใต้ระยะเวลาคงที่

1.3.2 สร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการผุกร่อนที่ตรวจพบกับปริมาณกรดไฮโดรคลอริกและเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

1.3.3 สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผุกร่อนกับปริมาณกรดไฮโดรคลอริกและเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

1.3.4 สร้างกราฟแสดงลักษณะเส้นโพลาไรเซชั่น

1.3.5 สรุปผลการทดลองที่ได้จากหัวข้อ 1.3.1, 1.3.2. 1.3.3 และ 1.3.4 พร้อมวิเคราะห์ผลโดยอาศัยข้อมูลทางโลหะวิทยา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ช่วยให้เกิดความเข้าใจในกลไกและพฤติกรรมการเกิดการผุกร่อนภายใต้ความเค้นของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติกเกรด 316L ในสารละลายผสมระหว่างกรดไฮโดรคลอริกและเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นและที่อุณหภูมิต่าง ๆ

1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันการผุกร่อนภายใต้ความเค้นของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเตนนิติกเกรด 316L ในสภาพแวดล้อม ที่มีความเข้มข้นสารละลายผสมระหว่างกรดไฮโดรคลอริกกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิสูง

1.4.3 เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้เหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติกเกรด 316 L ในสภาพแวดล้อมของการใช้งานที่ต้องทนต่อการผุกร่อนภายใต้ความเค้นซึ่งคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้

1.4.4 เป็นข้อมูลพื้นฐานของการวิจัย ลักษณะการผุกร่อนภายใต้ความเค้นของเหล็กกล้าไร้สนิมโดยวิธีอื่น ๆ ต่อไป