การเปรียบเทียบความหนาของเหล็ก ภายหลังการกำจัดสนิมเหล็กด้วยมือขัดกับเครื่องพ่นทราย

A Comparative Study in Thickness of Steel after Rust Disposal Using Hand and Sand Blast Machine

ภาคภูมิ มงคลสังข์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
235 ถนนเพชรเกษม เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160
E-mail: phakphumm@yahoo.com

บทคัดย่อ

ในการเปรียบเทียบโครงสร้างเหล็ก ในบริเวณที่อยู่ริมทะเลหรือมีการสัมผัสกับสารเคมีโดยตรงโครงสร้างจะมีแนวโน้มของความเสื่อมสภาพรวดเร็ว ซึ่งความเสียหายเนื่องจากการกัดกร่อนเป็นสนิมของเหล็กโครงสร้างมีความสำคัญต่อความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้างเมื่อเหล็กโครงสร้างเกิดการกัดกร่อน (Corrosion) เนื่องจากสนิม ความหนา พื้นที่หน้าตัด ของเหล็กจะลดลงจนไม่เพียงพอต่อความปลอดภัยในการใช้งานและเกิดการวิบัติอย่างฉับพลันได้ หรือหากมีการบำรุงรักษาและซ่อมแซมโครงสร้างเหล็กนั้น ต้องมีการกำจัดสนิมที่พื้นผิวเหล็กออกก่อน ซึ่งจะทำให้ความหนา พื้นที่หน้าตัดของเหล็กจะลดลงไป ซึ่งในปัจจุบันวิธีการกำจัดสนิมจะใช้วิธีการขัดด้วยมือหรือใช้เครื่องพ่นทราย ที่ความดันต่างๆ กัน

งานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสนิมที่สูญหายไปภายหลังการกำจัดสนิมเหล็กออกด้วยมือขัดกับเครื่องพ่นทราย เพื่อหาวิธีการกำจัดสนิมเหล็กที่เหมาะสม และจากการวิจัยศึกษาสรุปผลได้ว่าเมื่อจำนวนชั่วโมงที่แช่อยู่ในตู้ Salt Spray Test มากขึ้น การกำจัดสนิมโดยใช้เครื่องพ่นทรายที่ความดัน 100 lb. จะสามารถลดค่าการสูญเสียความหนาได้ดีกว่าความดัน 120 lb., 140 lb. และการขัดสนิมด้วยมือ

Abstract

The comparison about the structure which made from iron especially when stay near the sea or directly contact to some chemical substance. They has tendency to deteriorate faster owing to the corrosion from iron oxide. They will reduce its thickness, section area until it has not enough strength to support the weight of the structure and suddenly collapse. However during maintenance in first step which have to remove the iron oxide from its surface by hand brush or sand blast machine it will reduce the thickness and section area also.

This research is to study the comparison about the quantity of iron oxide loss after has been removed by hand brush and sand blast machine to find which one is the suitable process. And from the study show that the hour of soaking in Salt Spray Test Cabinet is increase. The process done by sand blast machine with air pressure 100 lb. can save the thickness of iron better than the air operated at 120 lb., 140 lb. and removed by hand brush.

1. บทนำ

ในการออกแบบโครงสร้างเหล็ก โดยทั่วไปผู้ออกแบบจะคำนึงถึงแต่คุณสมบัติเชิงกล เช่นกำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง กำลังรับแรงดัด เป็นต้น คุณสมบัติดังกล่าวจะประเมินมาจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ แต่ในความเป็นจริงแล้วโครงสร้างเหล็กเหล่านี้มักอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการทำลาย และเอื้อต่อการเกิดสนิมตลอดเวลา เช่น โครงหลังคาที่อยู่ในบริเวณที่มีความชื้นสูง

อยู่ริมทะเลหรือมีการสัมผัสกับสารเคมีโดยตรงโครงสร้างจะมีแนวโน้มของความเสื่อมสภาพรวดเร็วขึ้น ซึ่งความเสียหายเนื่องจากการกัดกร่อนเป็นสนิมของเหล็กโครงสร้างมีความสำคัญต่อความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้างเมื่อเหล็กโครงสร้างเกิดการกัดกร่อน (Corrosion) เนื่องจากสนิม ความหนา พื้นที่หน้าตัด ของเหล็กจะลดลงจนกระทั่งไม่เพียงพอต่อความปลอดภัยในการใช้งานและเกิดการวิบัติอย่างฉับพลันได้ หรือหากมีการบำรุงรักษาและซ่อมแซมโครงสร้างเหล็กนั้น ก็จำเป็นที่จะต้องมีการกำจัดสนิมที่พื้นผิวเหล็กออกก่อน ซึ่งก็จะยิ่งทำให้ความหนา พื้นที่หน้าตัด ของเหล็กจะลดลงไปอีก โดยเฉพาะสำหรับงานซ่อมบำรุงรักษาที่ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษกับโครงสร้างเหล็กที่มีผลต่อการรับกำลังของโครงสร้างโดยตรง อาทิเช่น งานซ่อมแซมโครงสร้างเสาของท่าเทียบเรือในทะเลโดยส่วนใหญ่โครงสร้างหลักที่เป็นเสาจะก่อสร้างโดยใช้เสาเหล็กหุ้มคอนกรีต ดังรูปที่ 1 โดยโครงสร้างเสาเหล็กมัก

รูปที่ 1 ท่าเทียบเรือโรงกลั่นน้ำมัน

จะประสบปัญหาการเสื่อมสภาพและความเสียหายอันเนื่องมาจากการกัดกร่อน (Corrosion) ทั้งจาก คลอไรด์ อันเนื่องมาจากโครงสร้างในส่วนที่สัมผัสกับน้ำทะเลในช่วงน้ำขึ้นและสัมผัสกับอากาศในช่วงน้ำลง และปัญหาการกัดกร่อนอันเนื่องมาจากสิ่งมีชีวิตในทะเลซึ่งได้แก่ ตัวเพรียง ดังรูปที่ 2 ซึ่งการซ่อมบำรุงจำเป็นต้องมีการกำจัดสนิมเหล็กออกให้หมดก่อนที่จะดำเนินการในขั้นตอนอื่นต่อไป ดังนั้นการกำจัดสนิมเหล็กในงานดังกล่าวจึงต้องระมัดระวังเป็นอย่างมาก เนื่องจากความหนาของเหล็กที่สูญเสียไปจากการกำจัดสนิมจะมีผลต่อการรับกำลังและความมั่นคงของโครงสร้าง หรือแม้แต่ในงานโครงสร้างเหล็กแบบอื่นๆ เช่น

รูปที่ 2 สภาพเสาเหล็กท่าเทียบเรือที่เสื่อมสภาพจากการกัดกร่อน

งานซ่อมบำรุงรักษาโครงสร้างเหล็กรับไซโลโรงงานกระเบื้อง ดังรูปที่ 3 ก็เช่นเดียวกันต้องระมัดระวังเรื่องการกำจัดสนิมเหล็กเป็นพิเศษ เพราะมีผลต่อความมั่นคงของโครงสร้างโดยตรง

รูปที่ 3 สภาพเสาเหล็กรับไซโลที่เสื่อมสภาพจากการกัดกร่อน

งานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสนิมที่สูญหายไปภายหลังการกำจัดสนิมเหล็กออกด้วยมือขัดกับเครื่องพ่นทราย

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อหาความหนาของเหล็ก ภายหลังการกำจัดสนิมเหล็กออกด้วยมือขัดกับเครื่องพ่นทรายเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสนิมที่สูญเสียไปภายหลังการกำจัดสนิมเหล็กออกด้วยมือขัดกับเครื่องพ่นทราย

3. ขอบเขตของงานวิจัย

1. เหล็กที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ เหล็กแผ่น

2. ทดสอบเร่งอัตราการเกิดสนิมเหล็กโดยชุดทดสอบแบบพ่นไอเกลือ (Salt Spray Test Cabinet)

3. หาความหนาของเหล็ก ภายหลังการกำจัดสนิมเหล็กออกไปด้วยมือขัดกับเครื่องพ่นทราย

4. หาความสัมพันธ์เปรียบเทียบระหว่างปริมาณสนิมที่สูญหายไปภายหลังการกำจัดสนิมเหล็กออกด้วยมือขัดกับเครื่องพ่นทราย

4. วิธีการและมาตรฐาน ASTM Standards ในการทดสอบ

1. ศึกษาทฤษฎีการทดสอบการกัดกร่อนโดยเครื่องพ่นไอเกลือ โดยมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงได้แก่

American Society for Testing and Materials, ASTM B117 – 95, Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus Annual Book of ASTM Standards [3]

American Society for Testing and Materials, ASTM B 368, Method for Copper-Accelerated Acetic Acid-Salt Spray (Fog) Testing (CASS Test) Annual Book of ASTM Standards [4]

American Society for Testing and Materials, ASTM D 609,Practice for Preparation of Cold-Rolled Steel Panels for Testing Paint, Varnish, Conversion Coatings, and Related Coating Products Annual Book of ASTM Standards [5]

American Society for Testing and Materials, ASTM E 70,Test Method for pH of Aqueous Solutions with the Glass Electrode Annual Book of ASTM Standards [6]

American Society for Testing and Materials, ASTM G 85, Practice for Modified Salt Spray (Fog) Testing Annual Book of ASTM Standards [7]

2. ศึกษาหลักการทำงานต่างๆ และการใช้งานชุดทดสอบระบบเครื่องพ่นทราย (Sand Ejection Machine)

3. ศึกษาหลักการทำงาน และการใช้งานของเครื่องทดสอบวัดความหนาของโลหะด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic Thickness Measurement)

4. ขั้นตอนการทดสอบ

4.1 เตรียมชุดเครื่องมือทดสอบเร่งการกัดกร่อนโลหะ (Accelerated Corrosion Experiments) โดยจำลองชุดทดสอบแบบพ่นไอเกลือ (Salt Spray Test Cabinet) อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM B 117 – 95

4.2 นำชิ้นตัวอย่างเหล็กแผ่นทดสอบมาทำความสะอาดผิว และวัดความหนาด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic Thickness Measurement) จากนั้นนำไปล้างด้วยอะซิโตน

4.3 เตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5 % โดยนำไปต้มที่อุณหภูมิ 40 – 50 °C

4.4 วางตำแหน่งชิ้นตัวอย่างทดสอบในเครื่องพ่นไอเกลือ โดยตำแหน่งการวางชิ้นตัวอย่างทดสอบในเครื่องควรวางหรือแขวนเอียงทำมุม 35° จากแนวดิ่งเพื่อให้การไหลเวียนของไอเกลือที่พ่นออกจากหัวฉีดสัมผัสชิ้นตัวอย่างทดสอบอย่างทั่วถึง

4.5 ภายหลังจากการวางชิ้นตัวอย่างทดสอบในเครื่องเรียบร้อยแล้ว เริ่มเปิดเครื่อง โดยตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 35°C เมื่ออุณหภูมิถึง 35°C จึงเริ่มเปิดหัวฉีดพ่นไอเกลือรอจนถึงชั่วโมงการทดสอบแล้วจึงนำชิ้นตัวอย่างทดสอบออกมาจากเครื่องโดยทดสอบที่อายุ 1, 3, 6, 9, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

4.6 นำชิ้นตัวอย่างทดสอบมาขัดสนิมออกโดยใช้มือขัด และใช้ชุดเครื่องพ่นทรายขัดในแต่ละอายุการทดสอบที่ความดัน 100 lb., 120 lb. และ 140 lb.จากนั้นจึงนำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบหาค่าความหนาด้วยเครื่องอุลตร้าโซนิคอีกครั้ง

4.7 นำข้อมูลไปวิเคราะห์คำนวณหาการสูญเสียความหนาของเหล็ก และสร้างกราฟความสัมพันธ์เปรียบเทียบระหว่างปริมาณสนิมที่สูญหายไปภายหลังการกำจัดสนิมเหล็กออกด้วยมือขัดกับเครื่องพ่นทราย

5. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

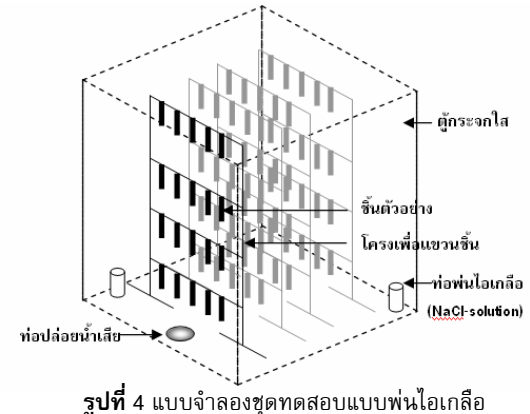
5.1หลักของการกัดกร่อน

โลหะจะเกิดการกัดกร่อนขึ้นเมื่อสภาพแวดล้อมทำตัวเป็นอิเลคโตรไลท์ (Electrolyte) และทำให้เกิดคะโทด

(Cathode) และอะโนด (Anode) ซึ่งที่ผิวโลหะเป็นผลทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลระหว่างคะโทดและอะโนดนั้นได้ปฏิกิริยาเคมีทางไฟฟ้าทางเคมีเช่นนี้ จะทำให้โลหะบริเวณที่เป็นอะโนดถูกกัดกร่อนไป การเกิดปฏิกิริยาหรือการกัดกร่อนที่สมบูรณ์ต้องมีการให้และรับอิเลคตรอน (Electron) ปฏิกิริยาที่มีการให้และรับอิเลคตรอนว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox Reaction) ขั้วอิเลคโทรด (Electrode) ที่ให้และสูญเสียอิเลคตรอน เรียกว่า อะโนด โดยที่ อะโนดจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) ขั้วอิเลคโทรดที่รับอิเลคตรอน เรียกว่าคะโทดและปฏิกิริยาที่เกิดที่ขั้วนี้เป็นปฏิกิริยารีดักชั่น (Reduction) สรุปคือการที่การกัดกร่อนจะเกิดขึ้นได้จะต้องเกิดเซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Cell) ที่สมบูรณ์ครบวงจร คือ ต้องมี อะโนด คะโทด อิเลคโตรไลท์ และตัวนำไฟฟ้า คะโทดและอะโนดอาจเป็นโลหะ 2 แท่งแยกกันหรืออาจเกิดขึ้นในโลหะแท่งเดียวกันหากส่วนผสมทางเคมีของโลหะนั้นไม่สม่ำเสมอ [1], [2]

5.2 ชุดทดสอบเร่งการกัดกร่อนโลหะแบบพ่นไอเกลือ (Salt Spray Test Cabinet)

ชุดเครื่องมือทดสอบเร่งการกัดกร่อนโลหะ (Accelerated Corrosion Experiments) โดยมีรูปแบบจำลองชุดทดสอบแบบพ่นไอเกลือ (Salt Spray Test Cabinet) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แบบจำลองชุดทดสอบแบบพ่นไอเกลือ (Salt Spray Test Cabinet)

5.3 ชุดทดสอบระบบเครื่องพ่นทราย (Sand Ejection Machine)

ชุดทดสอบระบบเครื่องพ่นทราย (Sand Ejection Machine) โดยมีรูปแบบดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 ชุดทดสอบระบบเครื่องพ่นทราย (Sand Ejection Machine)

5.4 การทดสอบวัดความหนาของโลหะด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic Thickness Measurement)

การทดสอบวัดความหนาของโลหะด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิคใช้เครื่องมือดังรูปที่ 6

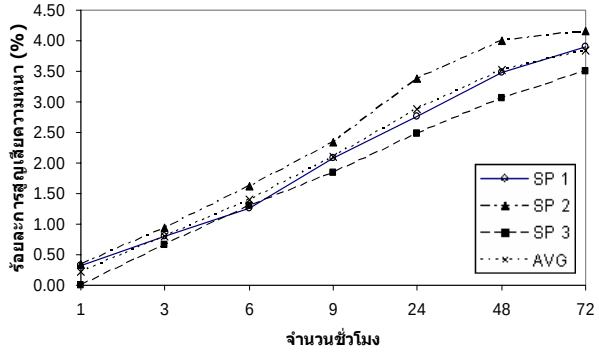
รูปที่ 6 เครื่องอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic Thickness Measurement)

6. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

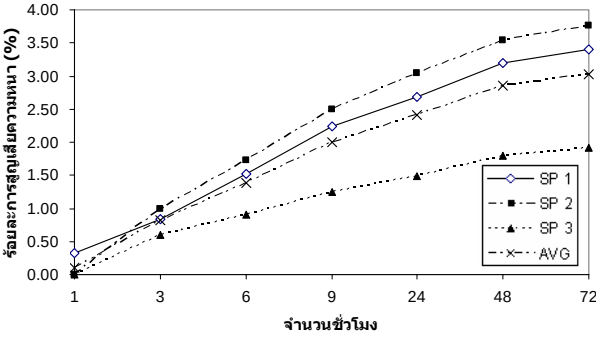
จากการทดสอบการกัดกร่อนของแผ่นเหล็กด้วยวิธีการพ่นไอเกลือโดยวิธี การเร่งปฏิกิริยาในการเกิดสนิมในแผ่นเหล็ก ผลการทดสอบการกำจัดสนิมด้วยวิธี การกำจัดสนิมด้วยมือ และขัดด้วยเครื่องพ่นทรายที่ความดัน 100 lb., 120 lb. และ 140 lb.

6.1 การสูญเสียความหนาของแผ่นเหล็กด้วยวิธีขัดด้วยมือและขัดด้วยเครื่องพ่นทรายที่ความดัน 100 lb., 120 lb. และ 140 lb.

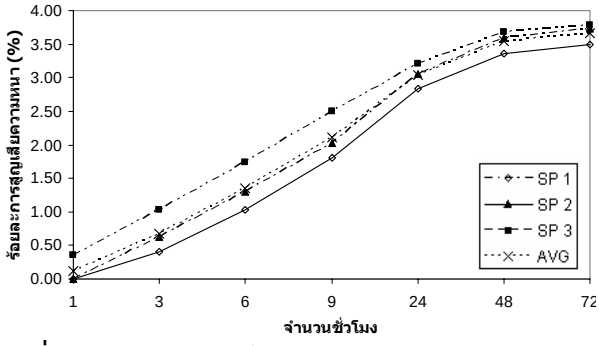
จากการทดสอบกัดกร่อนของสนิมบนแผ่นเหล็กด้วยวิธีการขัดด้วยมือ และขัดด้วยเครื่องพ่นทรายที่ความดัน 100 lb., 120 lb. และ 140 lb. เมื่อแช่ในตู้ Salt Spray Test ที่ 1, 3, 6, 9, 24, 48 และ 72 ชั่วโมงดังรูปที่ 7 - 10



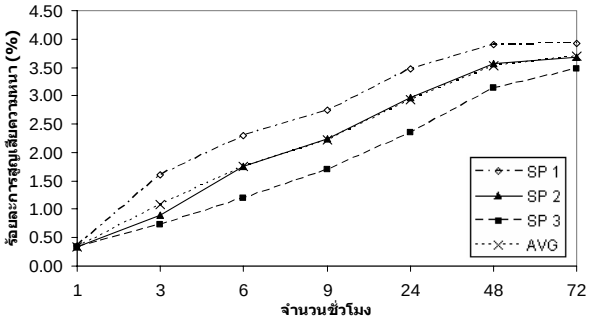
รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการสูญเสียความหนากับจำนวนชั่วโมงที่แช่ในตู้ Salt Spray Test ที่อายุ 1, 3, 6, 9, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยวิธีขัดสนิมด้วยมือ



รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการสูญเสียความหนากับจำนวนชั่วโมงที่แช่ในตู้ Salt Spray Test ที่อายุ 1, 3, 6, 9, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยวิธีใช้เครื่องพ่นทรายที่ความดัน 100 lb.



รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการสูญเสียความหนากับจำนวนชั่วโมงที่แช่ในตู้ Salt Spray Test ที่อายุ 1, 3, 6, 9, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยวิธีใช้เครื่องพ่นทรายที่ความดัน 120 lb.

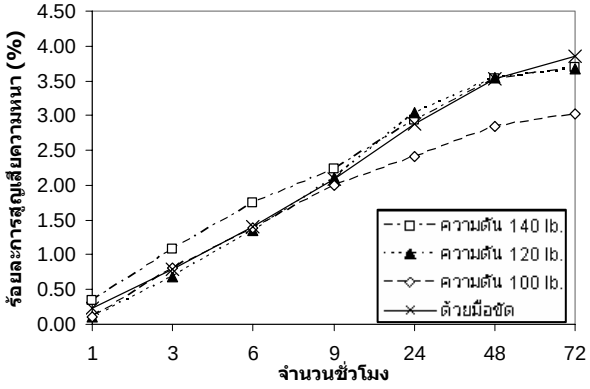


รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการสูญเสียความหนากับจำนวนชั่วโมงที่แช่ในตู้ Salt Spray Test ที่อายุ 1, 3, 6, 9, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยวิธีใช้เครื่องพ่นทรายที่ความดัน 140 lb.

จากการทดสอบการกัดกร่อนของสนิมบนแผ่นเหล็กด้วยวิธีการใช้เครื่องพ่นเกลือและกำจัดสนิมที่ความดัน 100 lb., 120 lb. และ 140 lb. แล้วแช่ในตู้ Salt Spray Test ที่มีระยะเวลาที่ต่างกันด้วยคือ 1, 3, 6, 9, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาที่แช่ในตู้ Salt Spray Test มากขึ้นค่าการสูญเสียความหนาของแผ่นเหล็กยิ่งมากขึ้นตามด้วยดังรูปที่ 7 - 10

6.2 การสูญเสียความหนาของแผ่นเหล็กโดยเฉลี่ย

จากการทดสอบกัดกร่อนของสนิมบนแผ่นเหล็กด้วยวิธีการขัดด้วยมือและเครื่องพ่นทรายที่ความดัน 100 lb., 120 lb. และ 140 lb. ที่แช่อยู่ในตู้ Salt Spray Test ที่ 1, 3, 6, 9, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยเฉลี่ย



รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการสูญเสียความหนาโดยเฉลี่ยกับจำนวนชั่วโมงที่แช่ในตู้ Salt Spray Test ที่อายุ 1, 3, 6, 9, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยวิธีใช้มือขัดกับเครื่องพ่นทรายที่ความดัน 100 lb., 120 lb. และ 140 lb.

จากรูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการสูญเสียความหนาของแผ่นเหล็กกับจำนวนชั่วโมงที่แช่ใน

ตู้ Salt Spray Test โดยการกำจัดสนิมด้วยมือ และขัดด้วยเครื่องพ่นทรายที่ความ 100 lb., 120 lb. และ 140 lb. โดยเฉลี่ย จะเห็นได้ว่า ความดันของเครื่องพ่นทราย (Sand Ejection Machine) แปรผันตรงกับค่าการสูญเสียความหนาของแผ่นเหล็กและเมื่อจำนวนชั่วโมงที่แช่ในตู้ Salt Spray Test ที่ 72 ชั่วโมง ความดันที่ 140 lb. จะสูญเสียความหนามากสุด และที่ความดัน 100 lb. แผ่นเหล็กจะสูญเสียความหนาน้อยสุด ดังนั้นจากผลกราฟแสดงให้เห็นว่า จำนวนชั่วโมงที่แช่อยู่ในตู้ Salt Spray Test มากขึ้น การกำจัดสนิมโดยใช้เครื่องพ่นทรายที่ความดัน 100 lb. สามารถลดค่าการสูญเสียความหนาได้ดีกว่า ความดัน 120 lb., 140 lb. และการขัดสนิมด้วยมือ

7. สรุปผลการทดสอบ

7.1 ความดันของเครื่องพ่นทราย (Sand Ejection Machine) ในการกำจัดสนิมแปรผันตรงกับค่าการสูญเสียความหนาของแผ่นเหล็ก

7.2 จำนวนชั่วโมงที่แช่อยู่ในตู้ Salt Spray Test มากขึ้น การกำจัดสนิมโดยใช้เครื่องพ่นทรายที่ความดัน 100 lb จะสามารถลดค่าการสูญเสียความหนาได้ดีกว่าที่ความดัน 120 lb., 140 lb. และการขัดสนิมด้วยมือ

7.3 การกำจัดสนิมเหล็กออกด้วยวิธีการขัดด้วยมือไม่เหมาะสำหรับงานซ่อมบำรุงรักษาที่ต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษกับโครงสร้างเหล็กที่มีผลต่อการรับกำลังของโครงสร้างโดยตรง

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 งานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสนิมที่สูญหายภายหลังการกำจัดสนิมเหล็กออกด้วยมือขัดกับเครื่องพ่นทราย จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดควรทดสอบที่ความดันต่างๆ ให้มีความถี่ของความดันมากกว่านี้จะทำให้ได้ค่าความหนาที่สูญเสียไปได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น เช่น ความดันที่ 96 lb., 98 lb., 102 lb. และ 104 lb. เพราะระยะห่างของความดันมีความถี่มากค่าการสูญเสียความหนาของแผ่นอาจจะมีการสูญน้อยกว่าที่ความดัน 100 lb.ได้

8.2 ควรนำชิ้นตัวอย่างทดสอบจริงมาดำเนินการทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

9. เอกสารอ้างอิง

[1] ร.ศ. ศิริลักษณ์ นิวิฐจรรยงค์ พ.ศ. 2545 การกัดกร่อนและการเลือกใช้วัสดุ พิมพ์ครั้งที่ 1 จัดพิมพ์โดย งานเอกสารและการพิมพ์กองบริการศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการกัดกร่อนและวิธีป้องกัน บทความโดย เกษม ขุดทอง, มงคล ศรีเรือง, ปัญญา ศรีจันทร์ สมาคมวัสดุและการกัดกร่อน

[3] American Society for Testing and Materials, ASTM B117 – 95, Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus Annual Book of ASTM Standards

[4] American Society for Testing and Materials, ASTM B 368, Method for Copper-Accelerated Acetic Acid-Salt Spray (Fog) Testing (CASS Test) Annual Book of ASTM Standards

[5] American Society for Testing and Materials, ASTM D 609,Practice for Preparation of Cold-Rolled Steel Panels for Testing Paint, Varnish, Conversion Coatings, and Related Coating Products Annual Book of ASTM Standards

[6] American Society for Testing and Materials, ASTM E 70,Test Method for pH of Aqueous Solutions with the Glass Electrode Annual Book of ASTM Standards

[7] American Society for Testing and Materials, ASTM G 85, Practice for Modified Salt Spray (Fog) Testing Annual Book of ASTM Standards