การวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบการทดสอบการกัดกร่อนแบบเร่งสำหรับการพัฒนาผิวเคลือบต้านทานการกัดกร่อนและการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ของชิ้นส่วนรถไฟ

Data analytics and accelerated corrosion test design for railway anti-corrosion coating development and predictive maintenance

แหล่งทุน ฝ่ายบริหารวิจัยเพื่อสนับสนุนยุทธศาสตร์ชาติ สวทช.

หน่วยงานความร่วมมือ การรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟท.)

ระยะเวลา 3 ปี (15 กันยายน 2562– 14 กันยายน 2565)

หัวหน้าโครงการ วนิดา พงศ์ศักดิ์สวัสดิ์

ผู้ร่วมวิจัย

ปราณปรียา วังจินา	ปิยะ คำสุข
หทัยพัฒน์ ค่อยประเสริฐ	เฉลิมชัย สุคนเขตร์
กิตติชัย นิลอ่อน	เมทีย์ ไขลายหงส์
สิริวุฒิ เพ็ชร์สันทัด	ปนัดดา เซ็พเพิร์ด
ปิติชน กล่อมจิต	ศิขริน ศรโชติ
ทวี ป๊อกฝ้าย	กลวัชร บุญฉ่ำ
นาวิน อินทร์น้อย	เบญจวรรณ มูลศรี
ผศ.ดร.ชัยสิทธิ์ บรรจงประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

สภาพอากาศที่รถไฟวิ่งผ่านและความเร็วรถไฟมีอิทธิพลต่อการกัดกร่อนของชิ้นส่วนรถไฟ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ และอาจนำไปสู่จุดเริ่มต้นของรอยแตกที่ก่อให้เกิดความเสียหายของโครงสร้างได้ เช่น โครงสร้างช่วงใต้ท้องรถไฟสัมผัสกับสภาพเปียกชื้นต่อเนื่องแม้ฝนหยุดตกและไม่มีแสงแดดช่วยในการระเหยของหยดน้ำ การกัดกร่อนอาจเกิดอย่างรวดเร็ว เป็นต้น ปัจจัยดังกล่าวแตกต่างจากการกัดกร่อนในบรรยากาศของโครงสร้างที่อยู่นิ่ง และยังไม่เคยมีการศึกษาพฤติกรรมดังกล่าวตามเส้นทางรถไฟในประเทศไทยมาก่อน การประยุกต์ใช้เซนเซอร์ติดตามการกัดกร่อนร่วมกับอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วรถ และชิ้นงานตัวแทน ณ ตำแหน่งที่สนใจสามารถให้ข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการกัดกร่อน เพื่อออกแบบการทดสอบการกัดกร่อนแบบเร่งที่เหมาะสมกับสภาวะการใช้งานจริงได้ นอกจากชิ้นส่วนรถไฟ การคาดการณ์อายุการใช้งานโลหะที่เป็นโครงสร้างตามสถานีรถไฟก็สามารถดำเนินการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลในแนวทางเดียวกัน โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการทดสอบการกัดกร่อนแบบเร่งที่เทียบเท่าบรรยากาศเส้นทางรถไฟสายชายทะเล รวมถึงบรรยากาศของประเทศไทยต่อยอดจากข้อมูลที่มีอยู่ และพัฒนาผิวเคลือบป้องกันการกัดกร่อนที่มีความต้านทานการกัดกร่อนได้ดีขึ้นสำหรับโครงสร้างใต้ท้องรถไฟ เทคนิคที่ใช้พ่นเคลือบ ได้แก่ การพ่นเคลือบด้วย

อาร์คไฟฟ้า การพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิง ผลการวิจัยด้านการทดสอบแบบเร่ง จะช่วยในลดระยะเวลาและต้นทุนการทดสอบเพื่อเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งาน และคาดการณ์อายุการใช้งานได้ ส่วนผลวิจัยด้านการเคลือบผิวจะสามารถยืดอายุการใช้งานของชิ้นส่วนโครงใต้ท้องรถไฟ หรือใช้เป็นเทคนิคการซ่อมแซมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ความสำคัญของโครงการ

ปัญหาด้านการกัดกร่อนของรถไฟ (Pain point) ได้แก่ การไม่มีฐานข้อมูลด้านความต้านทานการกัดกร่อนของวัสดุในบรรยากาศประเทศไทย การไม่มีเครื่องมือสำหรับคัดเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งานในบรรยากาศที่มีฤทธิ์กัดกร่อน ทำให้ชิ้นส่วนบางอย่าง เช่น รถไฟสายใกล้ชายทะเลประสบปัญหาท่อลมใต้ท้องรถไฟที่ทำจากเหล็กกล้าและสเตนเลสมีอายุการใช้งานสั้นเนื่องจากการกัดกร่อน ภายหลังจึงต้องปรับเปลี่ยนเป็นวัสดุทองแดงที่มีราคาสูง ทำให้ยังขาดข้อมูลในการเลือกวัสดุเพื่อกำหนดสเปคของรถไฟที่ต้องจัดซื้อในอนาคต

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบวิธีการทดสอบแบบเร่งที่เหมาะสมกับบรรยากาศประเทศไทย โดยจำลองจากข้อมูลสภาพแวดล้อมจริงขณะรถไฟวิ่งไปตามเส้นทางชายทะเล และบรรยากาศโครงสร้างตามสถานีรถไฟ จากการประยุกต์ใช้เซนเซอร์ติดตามการกัดกร่อนและสภาพอากาศพร้อมกับชิ้นงานตัวแทน เป็นกรณีศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบความต้านทานการกัดกร่อนในบรรยากาศของวัสดุต่าง ๆ รวมถึงผิวเคลือบสีแบบที่ใช้ในปัจจุบันกับผิวเคลือบโลหะกันกร่อน (sacrificial anode) ที่เคลือบด้วยอาร์คไฟฟ้าและผิวเคลือบด้วยเปลวเพลิงสำหรับใช้งานใต้ท้องรถไฟ รวมถึงทองแดงซึ่งเป็นตัวแทนวัสดุท่อลมที่ใช้ในปัจจุบัน เป็นกรณีศึกษา
3. เพื่อสร้างฐานข้อมูลความต้านทานการกัดกร่อนในบรรยากาศของวัสดุประกอบรถไฟและสถานีรถไฟ และแนวทางการคาดการณ์อายุการใช้งาน ทำให้สามารถเลือกใช้วัสดุหรือผิวเคลือบที่ต้านทานการกัดกร่อนได้ดีขึ้น
4. เพื่อนำเสนอผลการเปรียบเทียบความต้านทานการกัดกร่อนของชั้นเคลือบในท้องตลาดเบื้องต้นด้วยเทคนิคการกัดกร่อนแบบเร่งตามมาตรฐานที่มีอยู่ สำหรับเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาจัดซื้อหรือกำหนดสเปครถดีเซลรางรอบต่อไป

เป้าหมายของโครงการ

พัฒนาเทคนิคการตรวจสอบติดตามการกัดกร่อนในบรรยากาศ เทคนิคการซ่อมบำรุง และการสร้างฐานข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในการทำนายอายุการใช้งานและวางแผนการซ่อมบำรุงชิ้นส่วนโครงสร้างของตู้รถไฟบนพื้นฐานของสภาพการใช้งาน (Condition-based) และบนพื้นฐานของความเสี่ยง (Risk-based) โดยมีผลของรถไฟสายชายทะเลที่ทดสอบ และสถานีรถไฟ 4 สถานีเป็นกรณีศึกษา

ผลลัพธ์ของโครงการ

- ต้นแบบกระบวนการจำลองการกัดกร่อนในบรรยากาศชายทะเลประเทศไทยด้วยเครื่องทดสอบแบบเร่งประกอบการใช้งานมาตรฐาน ISO 16539 โดยคำนึงถึงปัจจัยระยะเวลาเปียกชื้นและปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศ
- ข้อมูลความต้านทานการกัดกร่อนในบรรยากาศของวัสดุต่าง ๆ รวมถึงผิวเคลือบสีแบบที่ใช้ในปัจจุบันกับผิวเคลือบโลหะกันกร่อน (sacrificial anode) ที่เคลือบด้วยอาร์คไฟฟ้าและผิวเคลือบด้วยเปลวเพลิงสำหรับใช้งานใต้ท้องรถไฟ
- การคาดการณ์อัตราการเกาะของคลอไรด์บนผิวใต้ท้องรถไฟจากผลเซนเซอร์ และการยืนยันผลด้วยการทดสอบแบบเร่งตามมาตรฐาน ISO 16539
- ฐานข้อมูลความต้านทานการกัดกร่อนในบรรยากาศของวัสดุประกอบรถไฟและสถานีรถไฟ และแนวทางการคาดการณ์อายุการใช้งาน
- ได้ผลการเปรียบเทียบความต้านทานการกัดกร่อนของชั้นเคลือบในท้องตลาดเบื้องต้นด้วยเทคนิคการกัดกร่อนแบบเร่งตามมาตรฐานที่มีอยู่และผลทดสอบจริง

สรุป

งานวิจัยโครงการนี้ทำการติดตามพฤติกรรมการกัดกร่อนทั้งบนรถไฟสายแม่กลอง-บ้านแหลม และสถานีรถไฟ 4 แห่ง พบว่าการกัดกร่อนเกิดรุนแรงเรียงจากมากไปน้อย ดังนี้ หลังคา > ใต้ท้องรถ > โครงรถด้านใน แต่ระบบสีเคลือบที่ รฟท. ใช้ในปัจจุบันสำหรับโครงรถด้านในมีความต้านทานการกัดกร่อนมากกว่าใต้ท้องรถ สีเคลือบใต้ท้องรถเกิดการเสื่อมสภาพภายใน 2 ปี ซึ่งเร็วกว่ารอบการซ่อมบำรุง แนะนำใช้การเคลือบตามมาตรฐาน ISO 12944 เกรด C3 หรือมากกว่าสำหรับชิ้นส่วนใต้ท้องรถไฟ นอกจากนี้ได้พัฒนาผิวเคลือบ Zn-

15Al ด้วยเทคนิคการเคลือบแบบอาร์คไฟฟ้า ซึ่งมีอัตราการกัดกร่อนช้ากว่าเหล็กและคาดว่ามีอายุการใช้งานได้ 30 ปี หากเคลือบหนา 80 ไมครอน

การทดสอบ ณ สถานีรถไฟ พบว่าสถานีที่อยู่ห่างจากทะเล 5 กิโลเมตรขึ้นไป สามารถใช้เหล็กเคลือบสีเกรด C2 ตามมาตรฐาน ISO 12944 ได้ หากห่างจากทะเล 1-5 กิโลเมตร ควรทาสีเกรด C3 ขึ้นไป เปรียบเทียบต้นทุนการกัดกร่อนกับเหล็กชุบสังกะสี หากใกล้ทะเลระยะ 1 กิโลเมตร ควรใช้เหล็กชุบสังกะสีผสมอะลูมิเนียม แมกนีเซียม การทาสีเพิ่มจะช่วยยืดอายุการใช้งานได้แต่เป็นการเพิ่มต้นทุน

การทดสอบการกัดกร่อนแบบเร่ง ได้กระบวนการทดสอบสำหรับบรรยากาศโดยคำนึงถึงปริมาณ การเกาะของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ น้อยกว่า 5 mg/m2/day การทดสอบเหล็กกล้าคาร์บอนสามารถปรับปริมาณเกลือตามสมการที่คำนวณจากปริมาณเกลือในบรรยากาศจริง 1 ปี และ normalize ด้วยค่า time of wetness และ ปริมาณการเกาะของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากผลทดสอบจะทราบระดับความรุนแรงของการกัดกร่อน เพื่อเลือกใช้การป้องกันการกัดกร่อนที่เหมาะสม

ผลงานบทความวิชาการ

- W. Pongsaksawad, B. Moonsri, S. Sorachot, P. Wangjina, P. Khamsuk, N.S. Palsson, E. Viyanit, Accelerated corrosion test based on ISO 16539 for life prediction of carbon steel in tropical coastal areas, CORROSION. 79(6), (2023). https://doi.org/doi/10.5006/4130