http://journal.rmutp.ac.th/

การประเมินอัตราการกัดกร่อนของผิวเชื่อมพอกไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 และ E71T-1CH8/T/9M-D

ศิวะ สิทธิพงศ์[1]* ประวิทย์ โตวัฒนะ[1] อำนวย สิทธิเจริญชัย[1] และ ประวิทย์ พิพิธโกศลวงศ์[2]

[1] สถาบันทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
15 ถนนกาญจนวณิชย์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

รับบทความ 30 กรกฎาคม 2016; ตอบรับบทความ 31 ตุลาคม 2016

บทคัดย่อ

เพลาใบจักรเรือที่เสียหายจากการกัดกร่อนของคลอไรด์ในน้ำทะเลเมื่อถูกเชื่อมซ่อมด้วยกรรมวิธีการเชื่อมแมกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์มีอายุการใช้งานหลังผ่านการเชื่อมซ่อมขึ้นกับความสามารถต้านทานต่อการกัดกร่อนของผิวเชื่อมพอก งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาประเมินความสามารถในการต้านทานต่อการกัดกร่อนของผิวเชื่อมพอกที่แตกต่างกันสองชนิด คือ ผิวเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 และลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด E71T-1CH8/T/9M-D ตามลำดับ วิธีการศึกษา เตรียมชิ้นงานตามมาตรฐาน ASTM G1-103 และทดสอบด้วยหมอกเกลือตามมาตรฐาน ASTM B 117 ผลการศึกษาวิจัยพบว่าอัตราการกัดกร่อนของผิวเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 ต่ำกว่าเกรด E71T-1CH8/T/9M-D คือ 0.21 และ 0.32 ตารางมิลลิเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ มวลสูญเสียที่เวลา 48 ชั่วโมงของลวดเชื่อมไส้ ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 และเกรด E71T-1CH8/T/9M-D คือ 0.32 และ 0.48 กรัม ตามลำดับ ดังนั้นเพื่อยืดอายุการใช้งานจากการกัดกร่อนของโซเดียมคลอไรด์ต่อเพลาใบจักร แนะนำให้ใช้ลวดเชื่อมพอกผิวเกรด X111-T5-K4

คำสำคัญ : เพลาใบจักรเรือ; อัตราการกัดกร่อน; ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์

**** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 3195 1382, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: mechmat.s@gmail.com***

http://journal.rmutp.ac.th/

Corrosion Rate Assessment between X111-T5-K4 and E71T-1CH8/T/9M-D Flux Cored Wire

Siva Sitthipong[1]* Prawit Towatana[1] Amnuay Sitticharoenchai[1]
and Prawit Bibithkosolvongse[2]

[1] Marine and Coastal Resources Institute, Prince of Songkla University
[2] Faculty of Engineering, Prince of Songkla University
15 Karnjanavanich Road, Hat Yai, Songkhla, 90110

Received 30 July 2016; accepted 31 October 2016

Abstract

After a propeller shaft was damaged from chloride in sea water, it has been fixed by MAG welding process with flux cored wire. Its service life after welded depends on the corrosion resistance of the weld metal. This research aimed to compare the corrosion resistance of two different weld metals between X111-T5-K4 and E71T-1CH8/T/9M-D flux core wire. The test specimens were prepared according to the ASTM G1-103 standard and tested by salt spray test, conforming to the ASTM B 117 standard. The result of the test showed that the corrosion rate of the weld metal using X111-T5-K4 flux cored wire is lower than the weld metal of E71T-1CH8/T/9M-D flux cored wire, which was 0.21 and 0.32 mm^2/hr., respectively. The mass loss at 24 hours of E71T-1CH8/T/9M-D, X111-T5-K4 flux core wire were 0.32 and 0.48 grams, respectively. Therefore, enhancing the service life of propeller shaft from chloride corrosion should use X111-T5-K4 flux core as weld metal

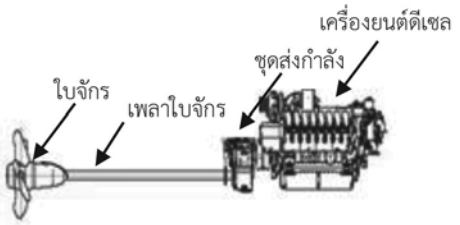
Keywords : Propeller Shaft; Corrosion Rate; Flux Core Wire

** Corresponding Author. Tel.: +668 3195 1382, E-mail Address: mechmat.s@gmail.com*

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เพลาใบจักรเป็นชิ้นส่วนสำคัญในระบบส่งกำลังทางกลของเรือ ทำหน้าที่ขับเคลื่อนเรือในทิศทางตามการบังคับควบคุมของผู้ขับ เพลาใบจักรทำงานสัมผัสกับน้ำทะเลทั้งทางตรงและทางอ้อมจึงถูกกัดกร่อนอยู่เสมอ การสึกหรอของเพลาเนื่องจากการกัดกร่อนของน้ำทะเลมีผลต่อการทำงานของระบบส่งกำลังของเรือในรูปที่ 1 ระบบส่งกำลังที่ขาดประสิทธิภาพทำให้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันต่อหนึ่งหน่วยระยะทางเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการทำประมงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 1 ระบบส่งกำลังของเรือ

การกัดกร่อนของเพลาใบจักร คือ การสูญเสียเนื้อโลหะเพลาจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีและไฟฟ้าเคมีกับน้ำทะเล ปัจจัยที่มีผลต่อการกัดกร่อน อาทิเช่น ปริมาณคลอไรด์ ปริมาณออกซิเจน ปริมาณและชนิดของอิออนลบ อุณหภูมิ อัตราไหล ความเป็นกรดด่างของน้ำทะเล เป็นต้น [1] คลอไรด์ทำให้การนำไฟฟ้าของน้ำสูงขึ้นและทำลายฟิล์มออกไซด์ที่ปกป้องผิวเหล็ก เหล็กกล้าคาร์บอนเมื่อสัมผัสกับน้ำทะเลในช่วงแรกอัตราการกัดกร่อนจะสูงแต่เมื่อมีสนิมเข้ามาหุ้มอัตราการกัดกร่อนจะลดลง และน้ำทะเลที่นิ่งจะมีอัตราการกัดกร่อนสูงกว่าน้ำทะเลที่ไหล ด้วยเหตุผลข้างต้นดังที่กล่าวมานี้การปรับปรุงประสิทธิภาพของเพลาใบจักรเรือจึงเป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจและมีการศึกษาวิจัยมาอย่างต่อเนื่อง [2] – [6] การเชื่อมซ่อมพอกผิวเป็นวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันสำหรับซ่อมแซมเพลาใบจักรที่สึกหรอ การเชื่อมซ่อมพอกผิวสามารถยืดอายุการใช้งานของเพลาใบจักรเรือได้ยาวนานเท่าใดขึ้นอยู่กับ กรรมวิธีการเชื่อม ทักษะของช่างเชื่อม อุปกรณ์ในการเชื่อม การเลือกใช้ลวดเชื่อม และพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการเชื่อมบางครั้งมีความจำเป็นต้องนำ FMEA มาใช้ในการวิเคราะห์การชำรุดเบื้องต้น [7] ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นที่มาของโครงการวิจัยนี้ ซึ่งจะศึกษาประเมินอัตราการกัดกร่อนของผิวพอกแข็งที่ได้จากกรรมวิธีการเชื่อมแมกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ที่แตกต่างกันสองชนิดระหว่างลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 กับลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด E71T-1CH8/T/9M-D ผลของการศึกษาวิจัยจะทำให้สามารถเลือกใช้ลวดเชื่อมซ่อมพอกผิวเพลาใบจักรได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ สามารถยืดอายุการใช้งาน

2. วิธีการทดลอง

2.1 การสร้างผิวเชื่อมพอก

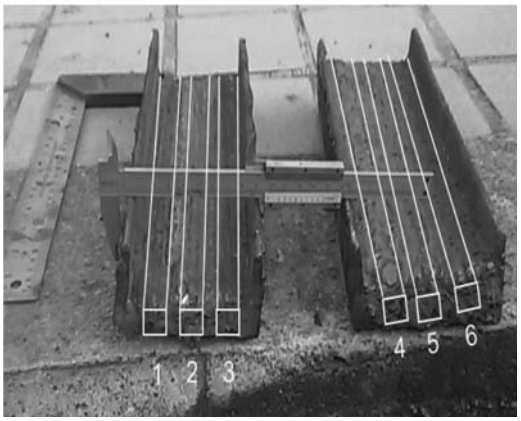
ขั้นตอนแรกทำการกัดขึ้นรูปเหล็กกล้าผสมเกรด SCM 440 ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 เป็นรูปตัว C ขนาดหน้าตัด 76.2 มิลลิเมตร หนา 6 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าผสมเกรด SCM 440

ชนิดของธาตุผสม	ชนิดเหล็กฐาน SCM 440 ร้อยละของธาตุผสม (Weight %)
C	0.35-0.43
Mn	0.75-1.00
Cr	0.75-0.80
Mo	0.15-0.25
Si	0.23-0.26
V	0.0025-0.0027
Fe	Balanced

ขั้นตอนที่สองใช้ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 และเกรด E71T-1CH8/T/9M-D เชื่อมพอกในร่องเหล็ก C จนเนื้อเชื่อมสูง 20 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยใช้พารามิเตอร์ควบคุมที่แสดงในตารางที่ 2 แต่ละชั้นของแนวเชื่อมจะเชื่อมสลับฟันปลา ให้เวลาเย็นตัวที่สม่ำเสมอและมีการเคาะสแลกที่ปกคลุมแนวเชื่อมทุกครั้งก่อนเชื่อมแนวถัดไป จากนั้นระบุบริเวณผิวเชื่อมพอกที่จะตัดไปทำการศึกษา ดังแสดงในภาคตัดขวางรูปที่ 3

รูปที่ 2 ผิวเชื่อมพอกจากกรรมวิธีการเชื่อมแมกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 และ E71T-1CH8/T/9M-D



รูปที่ 3 ผิวเชื่อมพอกจากกรรมวิธีการเชื่อมแมกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 และ E71T-1CH8/T/9M-D

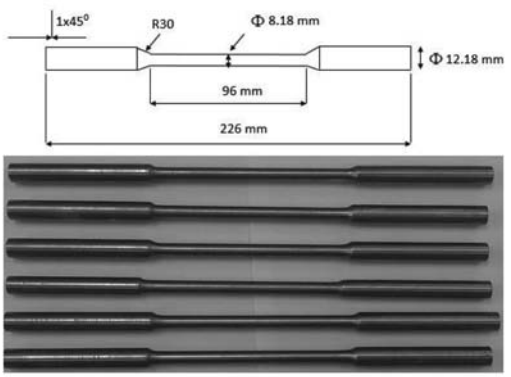
ตารางที่ 2 ตัวแปรสำหรับกรรมวิธีการเชื่อมแมกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 (A_1) และเกรด E71T-1CH8/T/9M-D (A_2)

ตัวแปร	หน่วย	ค่าตัวแปร	
ชนิดลวดเชื่อมพอก		A1	A2
แก๊สผสม	%	80%Ar 20%CO_2	80%Ar 20%CO_2
อัตราการไหลของแก๊สผสม	l/min	12	12
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเชื่อม	mm	1.2	1.2
กระแสเชื่อม	A	149	041
แรงดันเชื่อม	V	21	5.42
ความเร็วเดินเชื่อม	mm/min	150	051
ความร้อนป้อนเข้า	kJ/mm	1.00128	1.0976

การที่ใช้ค่าตัวแปรไม่เท่ากันเนื่องจากการพิจารณาใช้ค่าตัวแปรต้องการให้มีความสอดคล้องเป็นไปตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตลวดเชื่อม

2.2 การขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ

นำผิวเชื่อมพอกที่ได้จากกรรมวิธีการเชื่อมแมกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 และเกรด E71T-1CH8/T/9M-D มาตัดและไสเป็นแท่งสี่เหลี่ยมขนาดกว้างคูณยาว 12.5 x 226 มิลลิเมตร ขั้นตอนที่ 2 กัดปาดหน้าชิ้นงานให้เรียบ ขั้นตอนที่สามนำไปกลึง CNC ให้ได้ชิ้นงานทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.18 มิลลิเมตร ยาว 226 มิลลิเมตร ปลายสองข้างตกบ่า 45 องศา 1 มิลลิเมตร โดยที่ระยะ 65 มิลลิเมตร วัดจากปลายสองข้างทำบ่าโค้งรัศมี 30 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยจะได้จำนวนชิ้นงานเนื้อเชื่อมชนิดละ 3 ชิ้น รวมทั้งหมด 6 ชิ้น ชิ้นงานเหล่านี้จะถูกเตรียมผิวด้วยการขัดกระดาษทรายเบอร์ 80, 120, 180, 360, 600, 800 และ 1,200 ตามลำดับ ขั้นตอนสุดท้ายทำความสะอาดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิคเป็นเวลา 5 นาที ตามมาตรฐาน ASTM G1-103 [8]



รูปที่ 4 ชิ้นงานทดสอบการกัดกร่อน

2.3 การทดสอบการกัดกร่อนของชิ้นงานทดสอบ

นำชิ้นงานทดสอบที่เตรียมผิวแล้วทั้ง 6 ชิ้นไปทดสอบความต้านทานต่อการกัดกร่อนตามมาตรฐาน ASTM B 117 [9] ด้วยเครื่องทดสอบการกัดกร่อนแบบหมอกเกลือ The Singleton Corporation: SCCH21 ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยใช้เงื่อนไขการทดสอบคือ ความเข้มข้นสารละลายเกลือ 5 ± 0.5% (w/w) ความเป็นกรดด่าง 6.5-7.2 อุณหภูมิ chamber 34-36 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ Tower 46-49 องศาเซลเซียส ความดันอากาศ 12-18 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ปริมาณหมอกเกลือ 1.0-2.0 มิลลิลิตร/ชั่วโมง/80 ตารางเซนติเมตร ระยะเวลาในการทดสอบทั้งสิ้น 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก 4 ช่วงเวลา คือ ก่อนทดสอบ ชั่วโมงที่ 4 ชั่วโมงที่ 8 และชั่วโมงที่ 24 ตามลำดับ ข้อมูลน้ำหนักสูญเสีย สามารถนำมาหาค่าอัตราการกัดกร่อนตามมาตรฐาน ASTM G1-90 [10] และจดบันทึกร้อยละการเกิดสนิมแดงจากการตรวจพินิจด้วยตาเปล่า ชั่วโมงที่ 8 และชั่วโมงที่ 24 ของการทดสอบ เป็นข้อมูลประกอบ จากนั้นขัดผิวสนิมล้างและชั่งน้ำหนักใหม่ ประมาณการความลึกของชั้นสนิมและหาพื้นที่กัดกร่อนต่อหน่วยเวลาจากสมการหาพื้นที่ผิวทรงกระบอก

รูปที่ 5 เครื่องทดสอบการกัดกร่อนแบบหมอกเกลือ

2.4 การเชื่อมซ่อมเพลาใบจักรชิ้นงานจริง

นำเพลาเหล็กกล้าผสมเกรด SCM 440 มาเชื่อมพอกผิวแข็งด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 กับเกรด E71T-1CH8/T/9M-D ดังแสดงในรูปที่ 6 [11] กลึงแต่งผิว จากนั้นนำไปใช้งานจริง ตรวจติดตามผลการเกิดสนิมบริเวณรอยเชื่อมของเพลาดังแสดงในรูปที่ 7 ตรวจวัดและประเมินผล ใช้สมการ (1) คำนวณหา

อัตราการกัดกร่อนของผิวเชื่อมพอกดังได้ผลลัพธ์แสดงในสมการ (2) และ (3)

อัตราการกัดกร่อน (มิลลิเมตรต่อปี)

$$\frac{K*W}{A*T*D} \quad (1)$$

โดย

K = ค่าคงที่ (8.76×10^4)

T = เวลา (ชั่วโมง)

A = พื้นที่ (ตารางเซนติเมตร)

W = น้ำหนักที่สูญเสีย (กรัม)

D = ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ความหนาแน่นของ X111-T5-K4 คือ 7.83 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ความหนาแน่นของ E71T-1CH8/T/9M-D คือ 7.71 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

อัตราการกัดกร่อนของ X111-T5-K4

$$\frac{K*W}{A*T*D} = \left(\frac{(8.76*10^4)*0.07\,g}{1.6\,cm^2*120\,hr*7.83\,g/cm^3} \right)$$

= 4.078 มิลลิเมตรต่อปี (2)

อัตราการกัดกร่อนของ E71T-1CH8/T/9M-D

$$\frac{K*W}{A*T*D} = \left(\frac{(8.76*10^4)*0.09\,g}{1.6\,cm^2*120\,hr*7.71\,g/cm^3} \right)$$

= 5.326 มิลลิเมตรต่อปี (3)

รูปที่ 6 การเชื่อมพอกผิวแข็งเพลาเหล็กกล้าผสมเกรด SCM 440 [11]

การกัดกร่อนของเพลาบริเวณรอยเชื่อมแสดงให้เห็นในรูปที่ 7

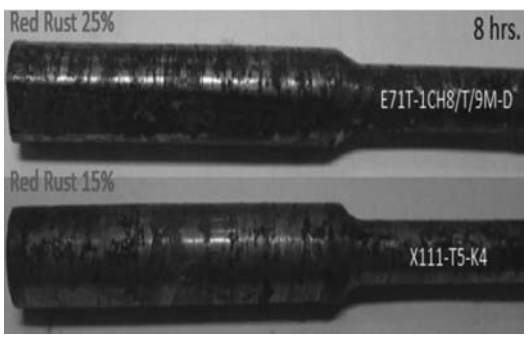
รูปที่ 7 การกัดกร่อนของเพลาบริเวณรอยเชื่อม

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

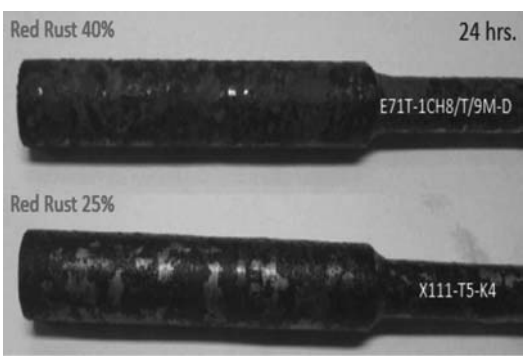
3.1 ผลการทดสอบอัตราการกัดกร่อนของชิ้นงานทดสอบ

การตรวจพินิจพื้นที่ผิวการเกิดสนิมแดงด้วยตาเปล่าเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนเป็นกลไกการกัดกร่อนสม่ำเสมอทั่วผิวหน้า (Uniform Corrosion) ดังแสดงในรูปที่ 8 ที่เวลา 8 ชั่วโมง ผิวเชื่อมพอกไส้ฟลักซ์เกรด E71T-1CH8/T/9M-D และผิวเชื่อมพอกไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 มีร้อยละของค่าเฉลี่ย

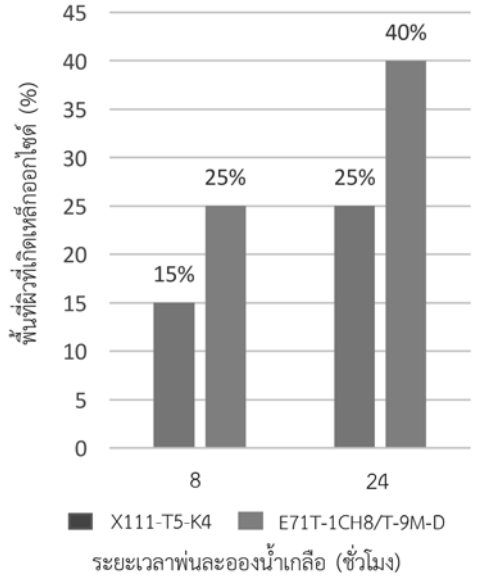
การเกิดสนิมแดงเท่ากับ 25 และ 15 ตามลำดับ และที่เวลา 24 ชั่วโมง ชิ้นงานมีร้อยละของค่าเฉลี่ยการเกิดสนิมแดง 40 และ 25 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 9 เมื่อใช้ข้อมูลกราฟแท่งในรูปที่ 10 พิจารณาประกอบสามารถหาอัตราการกัดกร่อนของพื้นที่ผิวเทียบกับเวลาได้ ผิวเชื่อมพอกไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 ให้อัตราการกัดกร่อน 0.21 ตารางมิลลิเมตรต่อชั่วโมง ผิวเชื่อมพอกไส้ฟลักซ์เกรด E71T-1CH8/T/9M-D ให้อัตราการกัดกร่อน 0.32 ตารางมิลลิเมตรต่อชั่วโมง ปริมาณน้ำหนักสูญเสียต่อหน่วยเวลาแสดงในรูปที่ 11 ผิวเชื่อมพอก ไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 ชั้นสนิมลึกไม่เกินกว่า 4.8 มิลลิเมตร ปริมาตรสนิม 16.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ประเมินจากน้ำหนักสูญเสีย 32 กรัม ผิวเชื่อมพอกไส้ฟลักซ์เกรด E71T-1CH8/T/9M-D ชั้นสนิมลึกไม่เกินกว่า 5.85 มิลลิเมตร ปริมาตรสนิม 24.2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ประเมินจากน้ำหนักสูญเสีย 48 กรัม



รูปที่ 8 ร้อยละการเกิดเหล็กออกไซด์ที่เวลา 8 ชั่วโมง

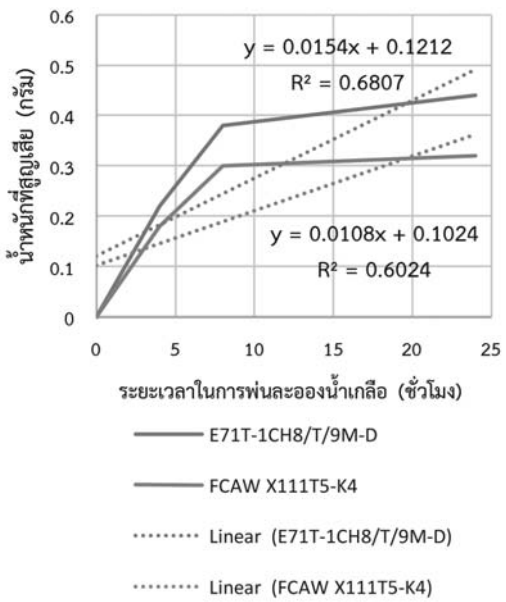


รูปที่ 9 ร้อยละการเกิดเหล็กออกไซด์ที่เวลา 24 ชั่วโมง

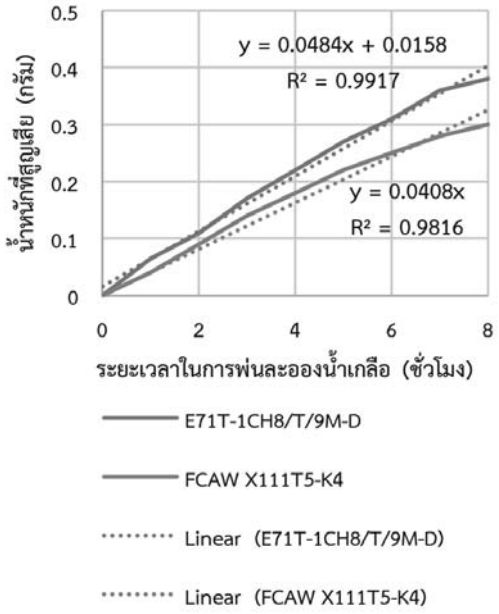


รูปที่ 10 เปรียบเทียบพื้นที่ผิวที่สูญเสียกับเวลาที่ใช้และชนิดของลวดเชื่อม

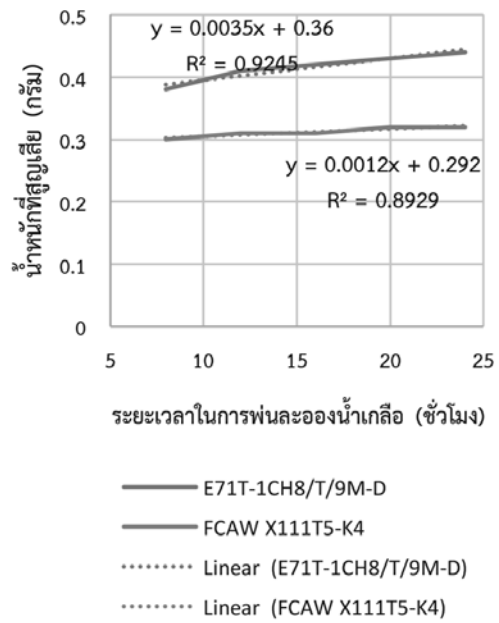
กราฟรูปที่ 11 ให้ค่าความเชื่อมั่นต่ำเนื่องจากช่วงในการวิเคราะห์กว้าง ความแปรปรวนมีสูง ดังนั้นจึงแยกกราฟเป็นสองช่วงดังแสดงในรูปที่ 12 และ 13 เพื่อความแม่นยำในการวิเคราะห์



รูปที่ 11 เปรียบเทียบน้ำหนักที่สูญเสียกับเวลาที่ใช้และชนิดของลวดเชื่อม



รูปที่ 12 เปรียบเทียบน้ำหนักที่สูญเสียกับเวลาที่ใช้และชนิดของลวดเชื่อม ช่วงที่ 1



รูปที่ 13 เปรียบเทียบน้ำหนักที่สูญเสียกับเวลาที่ใช้และชนิดของลวดเชื่อม ช่วงที่ 2

3.2 ผลการประเมินอัตราการกัดกร่อนของชิ้นงานจริงเพลาใบจักร

เพลาใบจักรของเรือประมงทะเลพื้นบ้านจำนวนทั้งสิ้น 3 ชุด เมื่อทำการเชื่อมซ่อมพอกผิวด้วยกรรมวิธีการเชื่อมแมกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 ซึ่งมีราคา 210 บาทต่อกิโลกรัม และเกรด E71T-1CH8/T/9M-D ซึ่งมีราคา 140 บาทต่อกิโลกรัม คำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรอบปีพบว่าต้นทุนในการซ่อมบำรุงด้วยลวดเชื่อมพอกทั้งสองชนิดแตกต่างกัน 2,100 บาทต่อลำเรือ ค่าใช้จ่ายส่วนต่างที่เกิดขึ้นเป็นเพราะราคาชนิดลวดเชื่อมที่แตกต่างกันเท่านั้น ไม่ขึ้นกับทักษะของผู้เชื่อม เนื่องจากเชื่อมด้วยกรรมวิธีการเดียวกันและในการศึกษาวิจัยใช้ผู้เชื่อมคนเดียวกัน การอ้างอิงข้อมูลประมาณการณ์การชำรุดของเพลาเรือกอและท้ายตัดของ [5] - [7] ถูกนำมาวิเคราะห์ คณะผู้วิจัยพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมประกอบทั้งนี้เพื่อเลือกใช้ลวดเชื่อมซ่อมที่เหมาะสม ผลการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการกัดกร่อนและค่าใช้จ่ายในการเชื่อมซ่อมด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 และเกรด E71T-1CH8/T/9M-D ด้วยกรรมวิธีการเชื่อมแมกสามารถช่วยในการประเมินเลือกใช้ลวดเชื่อมซ่อมพอกผิวเพลาใบจักรได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

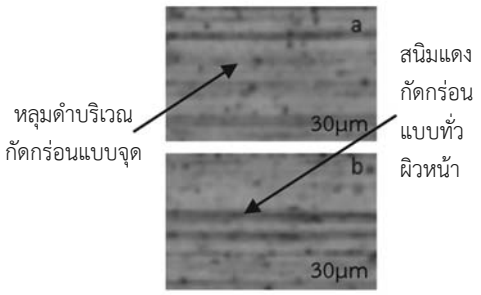
ตารางที่ 3 ส่วนผสมทางเคมีของลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์

ชนิดของธาตุผสม	% ของธาตุผสมในลวดเชื่อม X111-T5-K4 (Weight %)	E71T-1CH8/T/9M-D (Weight %)
C	0.06	0.02
Mn	1.45	1.30
Si	0.45	0.5
Mo	0.45	-
Ni	2.20	-
Cr	0.50	-
S	0.025	0.013
P	0.025	0.010

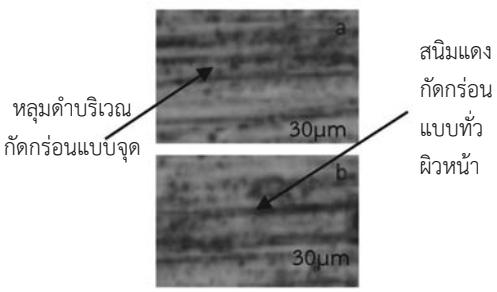
ตารางที่ 4 สมบัติเชิงกลของลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรดเกรด X111-T5-K4 (A2) เปรียบเทียบกับสมบัติเชิงกลของเนื้อโลหะเพลา (A1) เหล็กเกรด SCM 440

สมบัติเชิงกล	หน่วย	A1	A2
ความแข็งวิกเกอร์	Hv	207	280
ความแข็งแรงดึง	N/mm^2	650-880	900
ความแข็งแรงคราก	N/mm^2	350-550	750
ความแข็งแรงกระแทก	J/cm^2	22	27
การยืดตัว	%	8-25%	19%

ความเข้ากันได้ของผิวเชื่อมพอกเพลาใบจักรกับวัสดุเพลาใบจักรเหล็กกล้าผสมเกรด SCM 440 เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ผู้วิจัยทำการศึกษาควบคู่มาโดยตลอด ทั้งโครงสร้างมหภาคและโครงสร้างจุลภาค [12] โครงสร้างชั้นผิว X111-T5-K4 ชั่วโมงที่ 8 และชั่วโมงที่ 24 ที่ชั้นฟิล์มถูกขัดออกไปแสดงในรูปที่ 14 โครงสร้างชั้นผิว E71T-1CH8/T/9M-D ชั่วโมงที่ 8 และชั่วโมงที่ 24 ที่ชั้นฟิล์มถูกขัดออกไปแสดงในรูปที่ 15 การกัดกร่อนของผิวเชื่อมพอก E71T-1CH8/T/9M-D เห็นขอบเกรนบางบริเวณ แต่บริเวณที่เห็นปรากฏเด่นชัดเป็นการกัดกร่อนสม่ำเสมอทั่วทั้งผิวหน้า เกิดเหล็กออกไซด์เห็นเป็นสนิมแดง และพบการกัดกร่อนแบบจุดปริมาณมาก แต่การกัดกร่อนของ X111-T5-K4 เห็นขอบเกรนไม่ชัดเจน เนื่องจากเกรด X111-T5-K4 มีส่วนผสมของโครเมียม นิกเกิล และ โมลิบดินั่มที่มากกว่าจึงมีผลต่อความแข็งของโครงสร้างและมีผลต่ออัตราการลดลงของการกัดกร่อน [13] ทั้งแบบสม่ำเสมอทั่วผิวหน้าและแบบจุด สมบัติเชิงกลของผิวเชื่อมพอกเป็นข้อมูลสนับสนุนการเลือกใช้ผิวเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อมเกรด X111-T5-K4 ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากความแข็งและความแข็งแรงล้าของผิวเชื่อมพอกใกล้เคียงเนื้อโลหะเดิมดังแสดงในตารางที่ 4



รูปที่ 14 โครงสร้างผิว X111-T5-K4 หลังขัดชั้นฟิล์มที่เวลา a) 8 ชั่วโมง b) 24 ชั่วโมง



รูปที่ 15 โครงสร้างผิว E71T-1CH8/T/9M-D หลังขัด ชั้นฟิล์มที่เวลา a) 8 ชั่วโมง b) 24 ชั่วโมง

องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยสู่ผลการทดลองใช้งานจริงเป็นที่น่าพอใจ เพลาใบจักรหลังผ่านการเชื่อมซ่อมด้วยกระบวนการที่ถูกต้อง และลวดเชื่อมที่เหมาะสม ทำให้เพลาใบจักรยังใช้งานได้แม้เวลาผ่านไป 1 ปี ซึ่งเป็นขั้นต่ำ 2 เท่าของอายุการใช้งานเดิมของเพลาใบจักรหลังผ่านการเชื่อมซ่อม ทั้งนี้สามารถศึกษาแนวทางป้องกันการกัดกร่อนวิธีการอื่นได้จากงานวิจัยของกรมอู่ทหารเรือ [14] ซึ่งเน้นวิธีการป้องกันการกัดกร่อนด้วยการเคลือบผิวเป็นแนวทางหลัก

4. สรุป

4.1 กรรมวิธีการเชื่อมแมกด้วยลวดเชื่อม ไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 ควรถูกพิจารณานำมาใช้แทนกรรมวิธีการเชื่อมแมกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด E71T-1CH8/T/9M-D เพราะจากผลประเมินอัตรา

การกัดกร่อนชี้ชัดว่าผิวเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 ให้สมบัติการต้านทานต่อการกัดกร่อนดีกว่าผิวเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด E71T-1CH8/T/9M-D อย่างไรก็ตามลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด E71T-1CH8/T/9M-D มีต้นทุนในการเชื่อมซ่อมถูกกว่าถึง 70 บาทต่อกิโลกรัม

4.2 การวิเคราะห์อัตราการกัดกร่อนของผิวเชื่อมพอกด้วยการทดสอบหมอกเกลือนั้นเพียงเพื่อให้เห็นแนวโน้ม และประเมินเปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานต่อการกัดกร่อนของผิวเชื่อมพอกเท่านั้น อัตราการกัดกร่อนที่คำนวณจากผิวเชื่อมพอกเพลาใบจักรจริงเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากกว่า โดยอัตราการกัดกร่อนของผิวเชื่อมพอก X111-T5-K4 และ E71T-1CH8/T/9M-D ที่คำนวณได้ คือ 4.078 มิลลิเมตรต่อปี และ 5.326 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความร่วมมือจากกลุ่มชาวประมงชุมชนเก้าเส้ง ทะเลสาบสงขลา ได้รับการสนับสนุนเครื่องมือเชื่อมและบุคลากรเชี่ยวชาญ งานเชื่อมจาก ผศ.ดร.ประภาศ เมืองจันทร์บุรี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และได้รับการอนุเคราะห์ขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบจากทาง ผศ.ยงยุทธ ดุลยกุล และ รศ.เดช เหมือนขาว ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และได้รับการรองผลการทดสอบการกัดกร่อนจากบริษัท โบรเม่เคมิเคิล ทางคณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] N. Jankhow, "Corrosion rate comparison of aluminum and steel lab joint in Thai marine environment," M.S. thesis, Dept, Industrials. Eng., Rajamangala Technology Thanyaburee University, Pathum Thani, Thailand, 2010.

[2] S. Sitthipong, P. Towatana, A. Sitticharoenchai, P. Bibithkosolvongse and P. Muangjunburee, "Fatigue life estimates of surface hardfacing X111-T5-K4 and E1T-1CH8/T/9M-D," *Journal of Engineering and Applied Science*, vol. 11, no. 7, pp. 1623-1627, Nov. 2016.

[3] S. Sitthipong, P. Towatana, A. Sitticharoenchai and C. Meengam, "Life extension of propeller shaft by hardfacing welding," *Materials Science Forum*, vol. 872, pp. 62-66, Sep. 2016.

[4] S. Sitthipong, P. Towatana, A. Sitticharoenchai and C. Meengam, "Abrasive wear behavior of surface hardfacing on propeller shafts AISI 4140 alloy steel," *Materials today: proceedings*, 2017.

[5] S. Sitthipong, P. Towatana, A. Sitticharoenchai and P. Muangjunburee, "A Comparative Study of Fatigue Life of Surface Welding X111-T5-K4 and E110T5-K4H4 Flux Cored Wire," *RMUTP Research Journal*, vol. 10, no. 2, pp. 11-21, Sep. 2016.

[6] S. Chainarong, S. Sitthipong and C. Meengam, "Influence of stress to mechanical failure of long tail shaft in the power transmission system on local fishing boat," *SNRU Journal of Science and Technology*, vol 8, no.1, pp. 127-132, 2016.

[7] S. Sitthipong, P. Towatana, A. Sitticharoenchai and C. Meengam, "Failure Analysis of Metal Alloy Propeller Shafts," Materials today: proceedings, International Conference on Science and Technology of Emerging Materials (STEMa 2016) July 27-29. Holiday Inn, Pattaya, Thailand. 2016.

[8] July 27-29. Holiday Inn, Pattaya, Thailand. 2016.

[9] *Practice for preparing, cleaning and evaluating corrosion test specimens Conshohocken*, G1-03 Standard, 2003.

[10] *Practice for operating salt spray (fog) apparatus*, B117 Standard, 2009.

[11] *Practice for preparing, cleaning and evaluating corrosion test specimens Conshohocken*, G1-90 Standard, 2003.

[12] S. Sitthipong, P. Towatana, A. Sitticharoenchai and P. Muangjunburee, "Propeller Shafts Hardfacing by Semi-Automation Welding Repair Process," *MSU Journal of Science and Technology*, vol. 12, Special Issue, pp. 23-28. 2016.

[13] S. Sitthipong, P. Towatana and A. Sitticharoenchai, "Investigation of Microstructure and Hardness Properties of Hardfacing Surface on SCM 440 Alloy Steel by Using Metal active Gas and Flux Cored Arc Welding." *Key Engineering Materials*, vol. 728, pp. 31-35. 2017.

[14] W. Walke and J. Przondziono, "Physicochemical properties of Cr-Ni-Mo steel and Co-Cr-W-Ni alloy applied in urology," *Journal of achievements in materials and manufacturing engineering*, vol. 39 no. 1, pp. 27-34. 2010.

[15] N. Poompuang, "Guidelines for the prevention of corrosion inside the hull," *Department of Navy Journal*, vol. 90, pp. 99-111. 2012.