

การยืดอายุการใช้งานของเพลลาใบจักรด้วยกรรมวิธีการเชื่อมโดยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์

Prolonging of the Service Life of Propeller Shaft

by Flux Core arc Welding Process

ศิวะ สิทธิพงศ์^{1*} ประวิทย์ โตวัฒน์¹ อำนวย สิทธิเจริญชัย¹

ประวิทย์ พิพิธโกศลวงศ์¹ และประกาศ เมืองจันทร์บุรี²

¹สถาบันทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

²ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

*Email: mechmat.s@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยืดอายุการใช้งานของผิวเชื่อมพอกเพลลาใบจักรที่เตรียมจากกรรมวิธีการเชื่อมมิกแมกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด E71T-1C/T-9C และเกรด E110 T5-K4M H4 ตามลำดับ วิธีการศึกษา 1.สร้างผิวเชื่อมพอก 2.ขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ 3.ทำการทดสอบความแข็งแรงล้า และ 4.ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค ผลการศึกษาพบว่า ผิวเชื่อมพอกจากลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด E110 T5-K4M H4 ให้อายุการใช้งานยาวนานกว่าผิวเชื่อมพอกจากลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด E71T-1C/T-9C ถึง 2 เท่า และปริมาณโครงสร้างเฟอร์ไรท์รูปเข็มมีสูงถึง 85% สำหรับต่อต้านกลไกการล้า ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้งานลวดเชื่อมของช่างซ่อมบำรุงเรือประมงทะเลพื้นบ้านกอและท้ายตัด ชุมชนประมงเก่าแสง ชายฝั่งทะเลสาบสงขลา

คำสำคัญ : กรรมวิธีการเชื่อมซ่อม ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ ยืดอายุการใช้งาน เพลลาใบจักร เรือกอและท้ายตัด

Abstract

The aim of this research was to study the prolonging of service life efficiency of weld surfacing E71T-1C/T-9C grade and E110 T5-K4M H4 grade. The method of this research was (1) building up the welding surface E71T-1C/T-9C grade and E110 T5-K4M H4 grade, (2) forming specimen, (3) fatigue strength testing and (4) microstructure investigation. The results of this research showed that the weld surfacing E110 T5-K4M H4 grade could extend the lifespan of propeller shafts by 2 times longer than that of the weld surfacing E71T-1C/T-9C grade. The amount of Acicular Ferrite structure was 85% for resist fatigue mechanism. This research result is expected to benefit Marine Repair Technician at Kaoseng Community on the Coast of Songkla Lake.

Keywords: Welding Repair Process; Flux Core Wire; Prolonging of Service Life; Propeller Shaft; Cut-Stern Kolek Boats

บทนำ

ปัจจุบันเรือประมงทะเลพื้นบ้านกอและท้ายดัดตั้งรูปที่ 1 ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางในแถบพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคใต้ เนื่องด้วยความสะดวกในตัวในการใช้สอยหลายประการ อาทิเช่น น้ำหนักเรือที่เบา เครื่องยนต์เรือที่เล็ก การควบคุมเรือที่ง่าย อย่างไรก็ตามปัญหาข้อจำกัดที่เกิดขึ้นกับเรือกอและท้ายดัดมาโดยตลอดคือปัญหาอายุการใช้งานของเพลลาใบจักรเรือหลังผ่านกระบวนการเชื่อมซ่อม ก่อนหน้านี้นี้มีการวิจัยเพื่อหาสาเหตุรากในการชำรุดของเพลลาใบจักรเพื่อปรับปรุงกรรมวิธีการเชื่อมซ่อม [1,2] จากการวิจัยได้ข้อสรุปว่าการชำรุดของเพลลาใบจักรรูปที่ 2 เกิดจากกลไกการล้าและควรปรับเปลี่ยนกรรมวิธีการเชื่อมซ่อมจากกรรมวิธีการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์เป็นกรรมวิธีการเชื่อมมิกแมกด้วยลวดเชื่อมไร้ฟลักซ์จะให้อายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าคุ้มค่าในแง่เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม [3] แต่อายุการใช้งานนั้นมิได้ขึ้นกับกรรมวิธีการเชื่อมซ่อมเท่านั้นแต่ขึ้นกับชนิดจำกัดความแข็งแรงล้าของผิวเชื่อมพอกด้วย [4,5] และข้อมูลลวดเชื่อมที่ผู้วิจัยได้ศึกษาไปแล้วนั้นมีปริมาณไม่เพียงพอและไม่ครอบคลุมจึงต้องศึกษาชนิดลวดเชื่อมเพิ่มเติม ดังนั้นงานวิจัยนี้จะศึกษาประสิทธิภาพในการยืดอายุการใช้งานของผิวเชื่อมพอกต่างชนิดกันคือ ผิวเชื่อมพอกที่เตรียมจากลวดเชื่อมเกรด E71T-1C/T-9C และผิวเชื่อมพอกที่เตรียมจากลวดเชื่อมเกรด E110 T5-K4M H4 grade ตามลำดับ และเหตุผลที่เลือกใช้ลวดเชื่อม 2 เกรดนี้มาทำการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบกัน เนื่องจากลวดเชื่อมเกรด E71T-1C/T-9C เป็นลวดเชื่อมไร้ฟลักซ์ที่ให้ค่าความแข็งแรงใกล้เคียงกับลวดเชื่อมซ่อมเดิมคือ LB52 ที่ใช้สำหรับเชื่อมซ่อมเพลลาใบจักรเกรด scm 440 และเป็นลวดเชื่อมซ่อมที่มีขายทั่วไป ส่วน E110 T5-K4M H4 เป็นลวดเชื่อมไร้ฟลักซ์ที่เหมาะสมสำหรับการพอกผิวแข็งเหล็กกล้าผสม ลวดทั้งสองอยู่ในมาตรฐาน AWS/ASME:SFA 5.20 และ 5.29 ตามลำดับ



รูปที่ 1 เรือกอและท้ายดัด



รูปที่ 2 เพลลาใบจักร

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยประกอบด้วย

1. เครื่องเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (Gas Metal Arc Welding Machine)
2. เครื่องขึ้นรูปชิ้นงาน (Forming machine)
3. เครื่องทดสอบการล้า (Fatigue testing machine)
4. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical microscope)

วิธีดำเนินงานวิจัยเป็นไปตามขั้นตอนดังนี้

1. สร้างผิวเชื่อมพอกไร้ฟลักซ์เกรด E71T-1C/T-9C และ E110 T5-K4M H4 โดยตัดเหล็กกล้าผสมต่ำทนแรงดึงสูงเกรด SCM 440 รูปตัว C ขนาดพื้นที่หน้าตัด 3 นิ้ว ให้เป็นท่อน โดยให้มีความยาวท่อนละ 25 เซนติเมตร จำนวน 16 ท่อน จากนั้นทำการเชื่อมพอกผิวด้วยกรรมวิธีการเชื่อมมิกแมก

ดังรูปที่ 3 ในห้องเหล็ก C ด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด E71T-1C/T-9C จนผิวเชื่อมพอกสูง 25 มิลลิเมตร โดยใช้ลวดเชื่อมขนาด 1.2 mm เหตุผลที่ขึ้นรูปเหล็กเกรด scm 440 เป็นโลหะฐานรูปตัวซีเพื่อทำการเชื่อมพอก เพราะเป็นวัสดุเทียบเกรดเหล็กที่ใช้ทำเพลาลูกจักร



รูปที่ 3 การเชื่อมมิกแมกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์

ทั้งนี้ในแต่ละชั้นของแนวเชื่อมต้องเชื่อมสลับฟันปลา โดยไม่มีการอุ่นชิ้นงานก่อนและหลังการเชื่อม และไม่มีการกำหนดอุณหภูมิระหว่างที่เชื่อมเพราะต้องการให้สอดคล้องกับการเชื่อมซ่อมชิ้นงานซึ่งมีเวลาจำกัดและเพลามีขนาดค่อนข้างเล็กไม่จำเป็นต้องอุ่นก่อนเชื่อม จากนั้นเปลี่ยนลวดเชื่อมพอกเป็นเกรด E110 T5-K4M H4 และทำการสร้างผิวเชื่อมพอกในห้องเหล็ก C ตามขั้นตอนและกรรมวิธีการเดิมอีก 16 ท่อน พารามิเตอร์ควบคุมสำหรับการเชื่อมมิกแมกด้วยมือด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ได้ระบุไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผิวเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์

Parameter	Unit	MIG-MAG welding process	
		A1	A2
Electrode Type	-	A1	A2
Size diameter	mm	1.2	1.2
Welding current	A	140	220
Welding voltage	V	24.5	25
Welding speed	m/min	0.15	0.3
Heat input	KJ/mm	1.37	0.92

A1: ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด E71T-1CH8/T-9M-D

A2: ลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรด E110 T5-K4M H4

2. ชิ้นรูปชิ้นงานทดสอบจากผิวเชื่อมพอกไส้ฟลักซ์ โดยนำผิวเชื่อมพอกเกรด E71T-1C/T-9C และเกรด E110 T5-K4M H4 ในรูปที่ 4 มาตัดและใส่เป็นแท่งสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 12.5 เมตร ยาว 226 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปกลึง CNC ให้ได้ชิ้นงานทดสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.18 มิลลิเมตร ยาว 226 มิลลิเมตร ปลายสองข้างตบ่า 45 องศา 1 มิลลิเมตร โดยที่ระยะ 65 มิลลิเมตรวัดจากปลายสองข้างทำปาดโค้งรัศมี 30 ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยจำนวนชิ้นงานทั้งหมดจะได้ 96 ชิ้น ชิ้นงานทุกชิ้นจะถูกขัดผิวเรียบด้วยกระดาษทรายหยาบเบอร์หยาบ 600 และกระดาษทรายเบอร์ละเอียด 120 ตามลำดับ เพื่อให้ชิ้นงานสภาพสมบูรณ์เหมาะสำหรับการทำการทดลอง



รูปที่ 4 ผิวนเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์



รูปที่ 5 ชิ้นงานทดสอบ

3. นำชิ้นงานทดสอบทั้ง 96 ชิ้นที่ได้จากกรรมวิธีการเชื่อมมิกแมกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ทั้งสองชนิดที่แตกต่างกันไปทดสอบความต้านทานต่อการล้าตามมาตรฐานซึ่ง ASTM E739-91 [6] และนำไปใช้ 6 ชิ้นงานทดสอบต่อ 1 คำน้หนัก ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงล้าแบบคานหมุน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 เครื่องทดสอบความแข็งแรงล้าแบบคานหมุน

ในการทดสอบความแข็งแรงล้าได้ให้ภาชนะน้ำหนักแกคานเพื่อสร้างค่าโมเมนต์ดัดก่อให้เกิดความเค้นปกติแก่ชิ้นงานดังแสดงในตารางที่ 2 ในการทดสอบได้ทดสอบชิ้นงานทั้ง 2 กระบวนการ แต่ละกระบวนการเปลี่ยนน้ำหนัก 8 ค่า แต่ละค่าทดสอบ 6 ตัวอย่าง กระทั่งขาด

ตารางที่ 2 ผิวนเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์

Weight (kg)	Bending moment (N.m)	Normal stress (MPa)
15.372	7.54	150
18.450	9.05	180
21.259	10.56	210
24.587	12.06	240
27.666	13.57	270
30.744	15.08	300
35.861	17.59	350
40.999	20.11	400

4. ผิวนเชื่อมพอก E71T-1C/T-9C และ E110T5-K4M H4 ถูกนำมาเตรียมตัวอย่างชิ้นงานเพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคโดยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

ผลการวิจัย

จากการทดสอบโดยใช้ค่าตัวแปรในตารางที่ 2 สามารถหาค่าเฉลี่ยจากกลุ่มชิ้นงานทดสอบและบันทึกผลการทดลองได้ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยชิ้นงานที่หมุนเกิน 1 ล้านรอบขึ้นไป ให้ปรากฏสถานะไม่ขาดตามหลักการการวัดค่าความแข็งแรงล้าของวัสดุโดยผิวเชื่อมพอกเกรต E71T-1C/T-9C และเกรต E110 T5-K4M H4 เริ่มเข้าสู่กลไกความล้าที่ภาระความเค้น 190 MPa และ 380 MPa ตามลำดับ

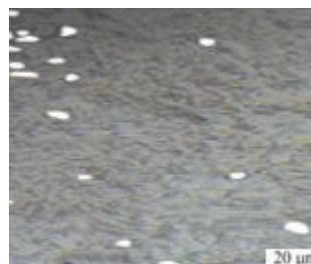
ตารางที่ 3 ตารางบันทึกผลการทดสอบความล้า

Stress testing	Life cycle of E71T-1C/T-9C	Life cycle of E110T5-K4M H4
150 MPa	ไม่ขาด	ไม่ขาด
180 MPa	ไม่ขาด	ไม่ขาด
210 MPa	713,021 cycle	ไม่ขาด
240 MPa	544,000 cycle	ไม่ขาด
270 MPa	347,166 cycle	ไม่ขาด
300 MPa	163,067 cycle	ไม่ขาด
350 MPa	80,048 cycle	ไม่ขาด
400 MPa	7,432 cycle	804,931 cycle

ผลการศึกษาโครงสร้างจุลภาคพบว่าผิวเชื่อมพอกทั้ง 2 ชนิดประกอบด้วย 2 โครงสร้างหลักคือ โครงสร้างเฟอร์ไรท์รูปเข็ม (สีดำ) และโครงสร้างเฟอร์ไรท์แบบแผ่นเกล็ด (สีขาว) ดังแสดงในรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 7 โครงสร้างจุลภาคของเนื้อเชื่อมที่ประกอบไปด้วยโครงสร้างเฟอร์ไรท์รูปเข็มและโครงสร้างเฟอร์ไรท์แบบแผ่นเกล็ดของผิวเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อม A1



รูปที่ 8 โครงสร้างจุลภาคของเนื้อเชื่อมที่ประกอบไปด้วยโครงสร้างเฟอร์ไรท์รูปเข็มและโครงสร้างเฟอร์ไรท์แบบแผ่นเกล็ดของผิวเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อม A2

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณของเฟอร์ไรท์แบบแผ่นเกล็ดพบว่า ผิวเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ E71T-1C/T-9C มีปริมาณเฟอร์ไรท์แบบแผ่นเกล็ดสูงกว่าผิวเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรต E110 T5-K4M H4 และมีค่าความแข็งแรงล้าที่ต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ Magudeesawaran [7-8] ที่พบว่าผิวเชื่อมพอกที่มีปริมาณโครงสร้างเฟอร์ไรท์รูปเข็มสูงกว่าจะมีความสามารถต้านทานต่อการล้ามากกว่า ด้วยเหตุผลที่ว่าโครงสร้างเฟอร์ไรท์รูปเข็มถักเรียงตัวกันเหนียวแน่นกว่าโครงสร้างเฟอร์ไรท์แบบแผ่นเกล็ด ปริมาณเฟอร์ไรท์แบบแผ่นเกล็ดที่ตรวจวัดได้จากผิวเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อม E71T-1C/T-9C และ E110T5-K4M H4 คือ 15% และ 5% ตามลำดับ

สรุปและเสนอแนะ

ผลการทดลองชี้ชัดว่าขีดจำกัดความแข็งแรงล้าของผิวเชื่อมพอกเกรต E110 T5-K4M H4 สูงกว่าผิวเชื่อมพอกเกรต E71T-1C/T-9C ประมาณ 2 เท่า และให้ผลสอดคล้องกับชนิดโครงสร้างจุลภาคและปริมาณสัดส่วนของโครงสร้างเฟอร์ไรท์แบบแผ่นเกล็ดที่ตรวจพบคือ 5% จึงมีเหตุผลที่ผิวเชื่อมพอกด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์เกรต E110 T5-K4M H4 จะถูกนำมาใช้เชื่อมซ่อมเพลลาใบจักรของเรือกอกและท้ายตัดที่ชำรุดจากกลไกของการล้าเพื่อยืดอายุและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศิวะ สิทธิพงษ์ ประวิทย์ ไตว์ณะ อำนวย สิทธิเจริญชัย และ ประวิทย์ พิพิธโกศลวงค์. 2558. ขอบเขตการวิบัติและความแข็งแรงล้าของเพลหางยาวเรือกอกและท้ายตัด. **ประชุมวิชาการระดับชาติ “การบูรณาการงานวิจัยสู่ความรู้ที่ยั่งยืน” มหาวิทยาลัยภาคตะวันออก**. ขอนแก่น 3:916-926.
- [2] Chainarong S., Sitthipong S. and Meengam C. 2016. Influence of stress to mechanical failure of long tail shaft in the power transmission system on local fishing boats. **SNRU Journal of science and Technology** 8(1):127-132.
- [3] ศิวะ สิทธิพงษ์ ประวิทย์ ไตว์ณะ อำนวย สิทธิเจริญชัย และ ประภาศ เมืองจันทร์บุรี 2559. การเปรียบเทียบอายุการล้าของผิวเชื่อมพอกไส้ฟลักซ์เกรด X111-T5-K4 และ E110T5-K4H4 วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร. 10(2): xx-xx
- [4] ศิวะ สิทธิพงษ์ ชัยยุทธ มิ่งาม และประภาศ เมืองจันทร์บุรี. 2554. การเปรียบเทียบกรรมวิธี การเชื่อมซ่อมเพื่อยืดอายุการใช้งานของเพลาสวิง. **วารสารการเชื่อมไทย**. 54: 11-18.
- [5] Sitthipong S. Towatana P. Sitticharoenchai A. Bibithkosolvongse P. Muangjunburee P. 2016. Fatigue life estimate of surfacing welding X111-T5-K4 and E71T-9M-D flux core wire. **Jurnal Teknologi**. xx(xx): xx-xx.
- [6] Schneider C., & Maddox S. 2003. **Best Practice guide on statistical analysis of fatigue data**. International institute of welding. TWI. Granta Park. Great Abington Cambridge UK.
- [7] Magudeesawaran G., Balasubramanian V. and Madhusudhan R. 2008. Effect of welding processes and consumables on high cycle fatigue life of high strength quenched and tempered steel joints. **Journal of Materials Processing Technology** 29:1821-1827.
- [8] Magudeesawaran G., Balasubramanian V. and Madhusudhan R. 2008. Effect of welding processes and consumables on tensile and impact of high strength quenched and tempered steel joints. **Journal of Iron and Steel Research** 15(6):87-94.